



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Sledování účinku rázové vlny v léčbě
tendinopatie patelární šlachy (Skokanského
kolene) u sportovců**

**Observation of the effect of shockwave
therapy on patellar tendinopathy (Jumpers
knee) in sportsmen**

Diplomová práce

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie
Autor diplomové práce: Bc. Petra Poklopová
Vedoucí diplomové práce: MUDr. Tomáš Nedělka, Ph.D.
Konzultant diplomové práce: Mgr. Jakub Katolický

Kladno 2023



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Poklopová** Jméno: **Petra** Osobní číslo: **473829**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Aplikovaná fyzioterapie**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Sledování účinků rázové vlny v léčbě tendinopatie patelární šlachy (Skokanského kolene) u sportovců

Název diplomové práce anglicky:

Observation of the Effect of Shockwave Therapy on Patellar Tendinopathy (Jumpers Knee) in Sportsman

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce je observační studie hodnotící efektivitu nízkoenergetické fokusované rázové vlny v léčbě tendinopatie patelární šlachy u sportovců starších 18 let s jednostrannou symptomatikou. Práce bude zpracována formou komparace výsledků symptomatické a asymptomatické dolní končetiny po třech měsících od doby poslední aplikace rázové vlny. Pro hodnocení efektu terapie rázovou vlnou budou využity specifické klinické testy a vyšetření pomocí ultrazvuku s následnou prostorovou frekvenční analýzou, přičemž jako referenční budou využity hodnoty druhé asymptomatické dolní končetiny. Teoretická část bude věnována dosavadním poznatkům o anatomii, histologii, kineziologických a biomechanických aspektech patelární šlachy. Dále zde budou popsány patologické procesy, které lze označit za tendinopatie patelární šlachy, jejich diferenciální diagnostika a možnosti terapie. Na závěr teoretické části budou uvedeny aktuální poznatky o fyzikálních principech a biologických účincích rázové vlny nejen v problematice skokanského kolene, ale i v léčbě jiných onemocněních. Speciální část diplomové práce bude věnována vstupnímu a výstupnímu kineziologickému rozboru probandů. Důraz bude kladen kromě sledování klinického účinku terapie, rovněž na zjištění makro i mikro morfologických strukturálních změn patelární šlachy. Výsledky budou statisticky porovnány s druhou asymptomatickou dolní končetinou bez využití aplikace fyzikálních léčebných metod.

Seznam doporučené literatury:

- [1] RYCHLÍKOVÁ, Eva, Funkční poruchy kloubů končetin: diagnostika a léčba, ed. 2., doplněné vydání, Praha: Grada Publishing, 2019, ISBN 978-80-271-2096-3
- [2] NAVRÁTIL, Leoš, Fyzikální léčebné metody pro praxi, Praha: Grada Publishing, 2019, ISBN 978-80-271-0478-9
- [3] LÉAL, Carlos, Silvia RAMON, John FURIA, Arnold FERNANDEZ, Luis ROMERO a Leonor HERNANDEZ-SIERRA, Current concepts of shockwave therapy in chronic patellar tendinopathy, online, International Journal of Surgery, [Citováno 2022-08-22], ročník 24, 160-164, 2015, Přístupné z: doi:10.1016/j.ijisu.2015.09.066, 17439191

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

MUDr. Tomáš Nedělka, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Mgr. Jakub Katolický

Datum zadání diplomové práce: **15.02.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Sledování účinku rázové vlny v léčbě tendinopatie patelární šlachy (Skokanského kolene) u sportovců“ vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 16.05.2023

.....
Bc. Petra Poklopová

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce panu MUDr. Tomáši Nedělkovi za odborné vedení práce, umožnění realizaci výzkumu v jeho rehabilitačním zařízení a za využití diagnostických prostředků. Dále bych také chtěla poděkovat svému konzultantovi práce Mgr. Jakubovi Katolickému za jeho ochotu, vstřícný přístup, cenné rady a trpělivost, které byly nezbytné pro sepsání diplomové práce. V neposlední řadě velké díky patří panu profesorovi Bashfordovi za poskytnutí inovativního speciální programu hodnotící mikro-morfologickou analýzu šlachy. A jako poslední bych moc ráda poděkovala všem probandům, kteří byli ochotni se výzkumu zúčastnit.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zaměřuje na sledování účinku nízkenergetické fokusované rázové vlny (ESWT) v léčbě tendinopatie patelární šlachy (Skokanského kolene) u sportovců starších 18 let s jednostrannou symptomatikou. V kapitole Současný stav jsou uvedeny základní informace o klinicky relevantní anatomii, kineziologii a biomechaniky patelární šlachy. Dále jsou zde uvedeny stěžejní informace o samotné tendinopatii patelární šlachy, její etiologie, patofyziologie, možnosti léčby a diferenciální diagnostika. Následně je v práci stručně charakterizována ESWT, její fyzikální principy, parametry, způsoby aplikace, různé druhy generátorů, žádoucí a nežádoucí účinky, indikace a kontraindikace.

Kapitola Metodika je z části věnována diagnostickým postupům, které byly využity na základě odborné rešerše literárních zdrojů. Dále je zde uveden popis zapůjčeného poměrně nového programu pro kvantitativní rozbor mikromorfologické analýzy šlachy, fungující na principu prostorové frekvenční analýzy (SFA). V Metodice je také charakterizován samotný přístroj fokusované ESWT a zvolené parametry aplikace.

Po podepsání informovaného souhlasu s podmínkami zařazení do výzkumu a po důkladném vstupním vyšetření, bylo vybráno 14 sportovců s jednostrannou symptomatikou patelární tendinopatie. Druhá asymptomatická dolní končetina sloužila pro referenční hodnoty. Probandům byla celkem čtyřikrát aplikována nízkenergetická fokusovaná ESWT s předem stanovenými parametry. Klinické vyšetření zahrnovalo hodnocení bolesti na NRS v námi daných situacích a při zátěžových testech šlachy, palpační vyšetření a vyplnění VISA – P dotazníku. Uvedené testy byly provedeny při vstupním vyšetření, po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a s tří měsíčním odstupem od poslední intervence ESWT (po 16. týdnu od poslední aplikace ESWT). Při vstupním a výstupním vyšetření bylo také provedeno USG, kde byla změřena tloušťka šlachy ve třech místech, zhodnocena echostruktura šlachy a byl vytvořen snímek pro následnou mikromorfologickou analýzu pomocí SFA.

V kapitole Výsledky jsou mezi sebou porovnávána data ze všech vyšetření. Následně z nich byla vytvořena statistická analýza pro prezentaci výsledků. Z výsledků lze soudit, že nízkenergetická fokusovaná ESWT po čtyřech aplikacích statisticky významně ovlivnila symptomatologii patelární tendinopatie (stupeň bolesti a VISA – P

skóre). Dále měla pozitivní vliv na makromorfologii a mikromorfologii šlachy (tloušťka šlachy a uspořádání kolagenních vláken).

Klíčová slova

Patelární tendinopatie, Skokanské koleno, šlacha, rázová vlna, ultrasonografie, prostorová frekvenční analýza

ABSTRACT

This master thesis focuses on the observation of the effects of the low energy-focused shock wave therapy (ESWT) on the treatment of patellar tendinopathy (Jumper's knee) in athletes over 18 years of age with unilateral symptomatology. Basic information on clinically relevant anatomy, kinesiology, and biomechanics of the patellar tendon is provided in the Current State chapter. Following the key information on the patellar tendinopathy itself, its etiology, pathophysiology, treatment options, and differential diagnosis. Subsequently, the physical principles of ESWT, parameter settings, different types of generators, side effects, main indications, and contraindications are briefly characterized in the chapter.

The Methodology chapter deep dives into relevant diagnostic procedures based on literature research. Further, a new program on quantitative analysis of tendon micromorphology operating on the principles of spatial frequency analysis (SFA) is presented in this chapter. A specific description of chosen application parameters and focused ESWT device itself are also recognized in the Methodology chapter.

Fourteen athletes were recruited with unilateral symptomatic patellar tendinopathy based on thorough initial examination and their signed informed consent. The second asymptomatic knee served as a reference variable. A total of four applications of ESWT were deployed to the probands. Clinical examination included pain assessment which was determined on the NRS in different types of situations and a completion of the VISA – P questionnaire. These tests were performed during week 0, week 4, and after week 16 of the investigation. USG together with SFA assessment of the macroscopic and microscopic structure of the tendon was performed at the initial as well as last examination.

In the final part of the thesis, data from all examinations were compared with each other, and statistically analyzed. From these results it can be concluded that four applications of low-energy focused ESWT on the tendinopathic patellar tendon affected the symptomatology (level of pain and VISA-P score) as well as macroscopic (tendon thickness) and microscopic (arrangement of collagen fibers) structure of the patellar tendon.

Keywords

Patellar tendinopathy, Jumper's knee, tendon, extracorporeal shock wave therapy, ultrasonography, spatial frequency analysis

Obsah

1	ÚVOD	10
2	CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	11
2.1	Hlavní cíle práce	11
2.2	Hypotézy	11
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU	12
3.1	Ligamentum Patellae	12
3.1.1	Klinicky relevantní anatomie patelární šlachy	12
3.1.2	Klinicky relevantní kineziologie a biomechanika lig. patellae	14
3.1.3	Ultrasonografické zobrazení patelární šlachy	16
3.2	Tendinopatie patelární šlachy	17
3.2.1	Patofyziologie	18
3.2.2	Etiologie	18
3.2.3	Možnosti léčby	19
3.2.4	Diferenciální diagnostika	22
3.3	Léčba rázovou vlnou	25
3.3.1	Fyzikální principy rázové vlny	26
3.3.2	Parametry a aplikace ESWT	27
3.3.3	Generátory ESWT	28
3.3.4	Účinky rázové vlny	29
3.3.5	Nežádoucí účinky	30
3.3.6	Indikace rázové vlny	31
3.3.7	Kontraindikace rázové vlny	31
4	METODIKA	33
4.1	Popis sledovaného souboru a pracoviště	33
4.1.1	Vyhodnocení dat a statistická analýza	34
4.2	Použité vyšetřovací metody	35

4.2.1	Royal London Hospital test	35
4.2.2	Škála bolesti.....	36
4.2.3	Funkční zátěžové testy.....	36
4.2.4	Modifikovaný VISA-P dotazník	37
4.2.5	Ultrasonografické vyšetření patelární šlachy.....	38
4.2.6	Spatial Frequency Analysis.....	38
4.3	Aplikace nízko-energetické fokusované ESWT	39
5	VÝSLEDKY	41
5.1	Charakteristika výzkumného souboru	41
5.2	Rozdíl parametrů mezi sympt. a asympt. DK při vstup. vyšetření.....	42
5.3	Rozdíl sledovaných parametrů po intervenci fokusovanou ESWT	43
5.3.1	Změny z ultrasonografického vyšetření a mikromorfologické analýzy	45
5.3.2	Změny v hodnotách bolesti.....	46
5.3.3	Změny ve VISA – P skóre.....	47
5.3.4	Změny ve funkčních zátěžových testech	48
5.3.5	Změny při ultrasonografickém vyšetření	49
5.4	Vyhodnocení Hypotéz	50
6	DISKUZE.....	51
6.1	Limity práce.....	64
7	ZÁVĚR.....	66
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	67
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
10	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	77
11	SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	78
12	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	79
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

1 ÚVOD

Pojem tendinopatie je nadřazený termín pro jakýkoliv patologický stav šlachy různé etiologie. V oblasti kolenního kloubu se u sportovců nejčastěji jedná o patelární tendinopatii, která při její progresi může výrazně omezovat výkon jedince a případně vést k ukončení jeho kariéry. V názvu této patologie existují nejasnosti, a tak se stává předmětem mnoha diskuzí. Přesná etiopatogeneze jednotlivých příčin zapříčiňující symptomatologii není doposud objasněna. I přesto, že až 30 % sportovců (zejména volejbalistů a basketbalistů) je postiženo tímto onemocněním, klinický management se mezi autory liší, a to jak z diagnostického, tak terapeutického přístupu.

V teoretické části se tato práce věnuje klinicky relevantním nejnovějším poznatkům patelární šlachy a samotné diagnóze Skokanského kolene. Jsou zde sjednoceny nejčastěji využívané vyšetřovací postupy a následné způsoby léčby této diagnózy. Je tady zmíněn poměrně nový diagnostický prostředek pro objektivní hodnocení mikromorfologické analýzy šlachy, pomocí kterého je možné kvantitativně analyzovat uspořádání kolagenních vláken. Dále je kladen zřetel na popis samotné nízkoenergetické fokusované rázové vlny a jejich nejnovějších poznatků v oblasti aplikace, účinků, indikací a kontraindikací.

O problematiku patelární tendinopatie a efektivitu nízkoenergetické ESWT na symptomatické, klinické, mikromorfologické a makromorfologické aspekty šlachy jsem se začala zajímat po absolvování mezinárodní konference rázové vlny (ISMST2022) v roce 2022. Na konferenci byly představeny výzkumy na podobné téma, ale žádný z nich neobsahoval objektivní hodnocení intratendinózního stavu šlachy. Autoři se především věnovali subjektivním příznakům pacientů. Možnost využití ultrasonografie a programu pro mikromorfologickou analýzu jsem vzala jako výzvu k objektivnímu hodnocení účinnosti ESWT na případné klinické změny patelární šlachy. Výsledná práce může posloužit jako ucelený přehled nejnovějších poznatků o patelární tendinopatii a představení inovativního způsobu kvantitativního hodnocení případných intratendinózních změn zapříčiněných intervencí nízkoenergetickou fokusovanou ESWT.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 Hlavní cíle práce

Hlavním cílem práce je zjistit efektivitu nízkoenergetické fokusované rázové vlny v léčbě patelární tendinopatie u sportovců s jednostrannou symptomatikou v komparaci s referenčními hodnotami jejich druhé asymptomatické dolní končetiny. A to jak sledováním subjektivních, tak klinických projevů i za pomoci ultrasonografického zobrazení a prostorové frekvenční analýzy (SFA).

2.2 Hypotézy

H1: Při vstupním vyšetření hodnota PSFR (peak spatial frequency radius) symptomatické DK bude nižší oproti asymptomatické DK.

H2: Po ošetření symptomatické DK nízkoenergetickou fokusovanou ESWT se intenzita bolesti na NRS (numeric rating scale) významně redukuje v komparaci s hodnotami před intervencí.

H3: PSFR hodnota patelární šlachy se s tříměsíčním odstupem od poslední aplikace ESWT výrazně zvýší oproti hodnotám před ESWT intervencí.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Ligamentum Patellae

3.1.1 Klinicky relevantní anatomie patelární šlachy

Ligamentum patellae je jednotka muskuloskeletární tkáně, přenášející sílu z kosti přes šlachu a zpět do kosti. Šlacha představuje pokračování musculus (dále pouze m.) quadriceps femoris z distálního pólu patelly (apex patellae) a upíná se na drsnatinu holenní kosti (tuberositas tibiae). M. quadriceps femoris obaluje téměř celou stehenní kost a je hlavním vykonavatelem extenze v kolenním kloubu. Část tohoto mohutného svalu, m. rectus femoris, se také účastní flexe kyčelního kloubu. Sval je tvořen ze čtyřech částí: m. rectus femoris, m. vastus lateralis, m. vastus medialis a m. vastus intermedius. Začátek jednotlivých svalů se od sebe odlišuje. M. rectus femoris začíná jednou šlachou od spina iliaca anterior inferior a druhou od horního okraje jamky kyčelního kloubu. Mm. vasti své origo mají v oblasti linea aspera a v okolí stehenní kosti. Všechny svaly poté sestupují v následujícím uspořádáním: m. rectus femoris je uprostřed a obklopují ho m. vastus medialis et lateralis. M. intermedius je uložen pod nimi. Sval je inervován společným nervem n. femoralis ze segmentu L2 – L4. Dle Dylevského (2009), 15 cm nad patellou ze svalů vzniká společná trojúhelníková šlacha, která se poté upevňuje na laterální stranu patelly a upíná se do tuberositas tibiae (Dylevský, 2009, s.290). Reider et al (1981) však uvádí, že pouze vlákna m. rectus femoris pokračují přes přední povrch česky a stávají se tak součástí lig. patellae.

Patelární šlacha je bikonkávního tvaru a svojí strukturou se podobá Achillově šlaše. Šlachu nepokrývá šlachové pouzdro, ale pouze paratenon, který ji obaluje a je jakousi náhradou synoviální vrstvy šlachové pochvy. Paratenon je složen z kolagenního vaziva vyskytující se u extraartikulárních šlach postrádající synoviální pochvu, jako např. Achillova šlacha. Umožňuje šlachám volnější pohyb vůči přilehlým tkáním a zásobuje šlachu krví. Samotný paratenon se během pohybu může protáhnout až o 2–3 cm (Wong et al, 2022; Kim et al, 2022; Hacking, 2021). Protože přední plochu lig. patellae pokrývá pouze fascie, šlacha prominuje ihned pod kůží. Dorzální strana šlachy je oddělena od kloubní dutiny naléhajícím Hoffovým tělesem a mezi vazem a tibií je konstantní burza infrapatellaris profunda (Čech, 1986).

Klinicky relevantní je také cévní zásobení šlachy, které bylo zmapováno v kadaverózní studii na 20 kolenních kloubech. Patelární šlacha je zásobena ze tří hlavních tepenných pediklů (horní, spodní a střední). Mediální skupina pediklů je složena z větve arteria (a.) genus descenens a a. genus inferior medialis. Laterální stopky vznikají propojením větví z a. genus lateralis superior et inferior spolu s a. tibialis recurrens. Bylo prokázáno, že mezi mediálním a laterálním krevním zásobením patelární šlachy se vyskytují anastomózy a dva cévní oblouky tzv. supratuberkulární oblouk a retropatelární oblouk. Supratuberkulární oblouk je situován na ventrální straně šlachy blíže k jejímu úponu. Retropatelární oblouk je na dorzální ploše šlachy v místě přechodu šlachy do kosti poblíž čéšky. Oblouky vytvářejí paratendinózní síť, která obsahuje počátky arterií zásobující patelární šlachu krví. Vzhledem k tomuto uspořádání, zásobení lig. patellae lze rozdělit na dvě části. Spodní část šlachy, která je zásobena povrchovými cévami ze supratuberkulárního oblouku a horní část, která je zásobena hlubokými cévami z retropatelárního oblouku. Paratenon obalující patelární vaz, je zásoben jak z výše zmíněných oblouků, tak má také přímé krevní zásobení z mediální a laterální tepny. Výskyt krevních cév byl vypořádan vyšší v paratenonu než v samotné patelární šlaše. Jednotlivá vlákna lig. patellae jsou nejvíce vaskularizována ve střední třetině své délky (Bennett et al., 2022; Soldado et al., 2002).

Aferentní nervové signály jsou zajišťovány Ruffiniho, Vater – Paciniho a Golgiho šlachovými tělísky a volným nervovým zakončením. Receptory jsou převážně umístěny v úponovém místě šlachy a obstarávají informace o mechanoreceptci, propioceptci a nociceptci (Dylevský, 2009). Hlavní nerv vedoucí vygenerované informace pro patelární šlachu je infrapatelární větev (ramus infrapatellaris) z nervus saphenus, která senzitivně inervuje přední stranu kolene (Čihák, 2016). Ramus infrapatellaris má pestrú anatomickou variabilitu a její umístění je v blízkosti patelární šlachy. To představuje rizikový faktor u anteriorních operacích kolene, při kterých je větev vystavena nebezpečí poranění (Bennett, 2021; James et al., 2019). Následkem poranění nervu může vzniknout senzorický deficit a parestezie. V rámci jedné studie, 60 pacientů podstoupilo rekonstrukci předního zkříženého vazů pomocí autograftu z patelární šlachy. Po zákroku mělo 77 % pacientů sníženou citlivost na přední straně kolene (Haviv et al., 2017). Pro minimalizaci rizika lze využít ultrasonografického zobrazení průběhu nervu před a v některých případech i během samotného operačního výkonu (Bennett et al., 2021; Trescot et al., 2013).

Z histologického hlediska se šlacha skládá z navzájem paralelních kolagenních vláken, jež jsou tvořeny z fibril tropokolagenu. Elastických vláken uvnitř šlachy je poměrně málo, do 5 % (Dylevský, 2009). Dalšími komponenty šlachy jsou kmenové buňky, tzv. stem cells (TSCs), tenocyty, fibroblasty, elastin a proteiny extracelulárního matrixu jako např. glykosaminoglykany (GAGs). Šlachu obklopuje již výše zmíněné uvolněné pouzdro pojivové tkáně. Ve šlaše je přítomen kolagen I. a III. typu, který je vylučován tenocyty a fibroblasty. Dle histologických vlastností Benjamin et al. (1986) rozdělil proximo – distálně patelární šlachu do čtyřech zón skládající se z: čisté šlachy, nekalcifikované vazivové chrupavky, vazivové chrupavky s kalcifikacemi a kosti. Vazivová chrupavka snižuje kompresi a rozpínání kolagenových vláken během pohybu. Bylo zaznamenáno rozdílné množství této chrupavky v průběhu m. quadriceps femoris i patelární šlachy. Vrchní vlákna patelární šlachy na svém úponu k česce obsahují více kalcifikací než hlouběji uložená vlákna, což značí, že rozdílná síla je přenášena jednotlivými vlákny (Bennett et al., 2021; Evans et al., 1991).

3.1.2 Klinicky relevantní kineziologie a biomechanika lig. patellae

Hlavní funkcí šlachy je zabezpečovat pružný přenos svalové síly na skelet. Z biomechanického hlediska šlachy utvářejí tzv. sekundární systém mechanických efektorů tzn., že představují pasivní a pohyblivý nosný systém.

Šířka patelární šlachy je zhruba 30 milimetrů a tloušťka čtyři až pět milimetrů (Peers and Lysens, 2005). Tloušťka šlachy se mění ve svém průběhu. Nejtlustší je v blízkosti apexu pately, naopak při jejím úponu na tuberositas tibiae je mnohem užší. Délka patelární šlachy hraje zásadní význam v souvislosti s luxacemi česky a chirurgickými komplikacemi při rekonstrukci předního zkříženého vazy (Gonokroj et al., 2019). Tři studie zaznamenaly rozdílný průměr délky šlachy v rozmezí 40,2 až 45,4 mm (Ganokroj et al., 2019; McAllister et al., 2001; Yoo et al., 2007). Silná korelace mezi tělesnou váhou a body mass indexem (BMI) nebyla ve studiích potvrzena. Výsledky však poukázaly na značnou souvislost mezi délkou vazy a výškou jedince (Campbell et al., 2021; Gonokroj et al., 2019; Yoo et al., 2007). Tento fakt Campbell et al. (2021) však ve své studii vyvrací. Porovnával délku patelární šlachy u mužů a žen stejného věku a BMI. Výška žen byla menší než u mužů, a přesto výsledky studie poukazují, že patelární šlacha byla delší u žen v průměru o 3.47 mm. Hodnota průřezové plochy neboli cross

sectional area (CSA), je další parametr, který může být na šlaše změřen pomocí ultrazvuku nebo magnetické rezonance (Ganokroj et al., 2019). Největší hodnoty CSA jsou v distální části šlachy na tibii ($127 \pm 2 \text{ mm}^2$) a nejmenší hodnoty v proximální části šlachy při úponu na patelu ($104 \pm 4 \text{ mm}^2$) (Bennett et al., 2021; Pearson et al., 2014). Pokud dojde k hypertrofii lig. patellae v důsledku chronické mechanické zátěže, průřezová plocha na tento děj reaguje zvětšením svého objemu. S tím souvisí fakt, že CSA šlachy u sportovců je objemnější v dominantní dolní končetině, která podstupuje větší mechanické zatížení (Couppé et al., 2008). Bylo také prokázáno, že CSA lig. patellae je vyšší u mužů v souvislosti s tělesnou hmotností a sportovní aktivitou (Bennett et al., 2021).

Šlachová vlákna mají ve stavu relaxace (0-2 % napětí) vlnitý tvar. Jakmile dojde k jejich natažení zhruba o 2 %, vlákna se navzájem stanou paralelní. Pokud napětí na šlachu nepřesáhne 4 %, šlacha se vrátí do původního tvaru. Jakmile by napětí přesáhlo 8 % nastane totální ruptura šlachy. Při klasické chůzi síla působící na patelární šlachu je okolo 0,5 kN. Během dopadu při běhu, může působící síla dosáhnout až okolo 9 kN (Stanish et al., 1986; Zernicke et al., 1977). Pevnost šlachy závisí na pevnosti kolagenních vláken, které zauímají 80-90% šlachy (Dylevský, 2009).

Další biomechanickou vlastností patelární šlachy je její tuhost neboli tzv. shear modulus, kterou lze změřit podílem míry deformace působící vnější síly na šlachu. Dle Pearsona et al. (2014) tuhost v průběhu celé šlachy může být variabilní, a ne ve všech částech jednotná. Tuhost ligamenta je většinou předmětem zkoumání u atletů, kteří v rámci jejich sportu trénují především výbušnost spodní poloviny těla. V jedné studii u skupiny profesionálních fotbalistů, průměrná tuhost šlachy v dominantní končetině byla $1138.0 \pm 100.8 \text{ N/m}$. V opačné dolní končetině byla tuhost $1118.0 \pm 1881 \text{ N/m}$. Kontrolní skupina jedinců se zdravou patelární šlachou měla průměrnou tuhost šlachy $888.7 \pm 190.1 \text{ N/m}$ a $871.1 \pm 178.5 \text{ N/m}$ v dominantní a nedominantní dolní končetině (Christi-Sánchez et al., 2019). Studie poukazují, že tuhost lig. patellae se mění dle vykonávané pohybové aktivity spodní části těla (Bennett et al., 2021; Christi-Sánchez et al., 2019). Hardy et al. (2017), měřil shear modulus patelární šlachy ve třech pozicích kolenního kloubu (dále jen KOK): v extenzi, semiflexi (30°) a v devadesáti stupňové flexi pomocí nové neinvazivní diagnostické zobrazovací metody s názvem Shear Wave Elastografie. Ze studie vyplývá, že při extenzi KOK průměrný shear modulus byl nejnižší a to $50.9 \pm 33.1 \text{ kPa}$, v semiflexi

137.5 ± 50.7 kPa a v devadesáti stupňové flexi 226.5 ± 60.3 kPa. Výsledky shear modulu této studie se shodují s hodnotami naměřených pro Achillovu šlachu a m. triceps surae (Hardy et al., 2017).

Pružnost je další součástí mechanických vlastností šlachy a úzce souvisí s tuhostí. Lze ji stanovit pomocí Youngova modulu pružnosti. Rozdíl mezi tuhostí a Youngovým modelem je taková, že tuhost představuje sílu, která je zapotřebí k deformaci tělesa. Youngův model však definuje velikost síly a deformace, při které se struktura již nemůže vrátit do své původní podoby. Z toho vyplývá, že čím je vyšší Youngův model pružnosti, tím je šlacha více odolná vůči poškození (Wiesinger et al., 2020). Ze studií pramení, že průměrná hodnota pružnosti pro patelární šlachu je okolo 2000 ± 500 N/m² (Svensson et al., 2012).

3.1.3 Ultrasonografické zobrazení patelární šlachy

Pro hodnocení strukturálního stavu měkkých tkání pohybového aparátu, nervů nebo orgánů, je ultrasonografie (USG) nejpoužívanější zobrazovací metodou. Je to z důvodu její dostupnosti, finanční nenáročnosti, rychlosti provedení a možnosti okamžitého porovnání obrazu v reálném čase s druhostrannou končetinou pacienta. Při diagnostice patelární tendinopatie přesnost USG je 83 % se senzitivitou 87 % a specificitou 82 %. Dle Rosen et al. (2022) v diagnostice Skokanského kolene USG překonal magnetickou rezonanci, která měla přesnost pouze 70 % se specificitou 82 % a senzitivitou 57 % (Rosen et al. 2022; Trnavský et al, 2006, s.59).

Patelární šlacha je v celém svém průběhu velmi dobře přístupná pro vyšetření ultrazvukem. V rámci diagnostiky se používá lineární sonda s vysokou frekvencí (5 - 18MHz) pro přesné zobrazení povrchových tkání. Mezi sondou a povrchem kůže pacienta musí být aplikován sonografický gel, aby se zabránilo případným artefaktům ve výsledném obraze. Pro další zamezení artefaktů, je důležité měnit sklon sondy a nepřikládat ji pouze staticky na vyšetřované místo. Zobrazení lze provádět v longitudinální (s osou končetiny) nebo v transverzální projekci.

Infrapatelární longitudinální projekce ligamentum patellae se provádí vleže na zádech s flexí vyšetřovaného KOK 20–30 °. Ultrazvuková sonda je přiložena ventrálně nad průběh patelární šlachy. Orientačním bodem je apex pately a kontura tuberositas tibiae.

Na zobrazení USG kostní struktury jsou hyperechogenní, Hoffovo tukové těleso je středně echogenní a vlastní ligamentum patellae vykazuje vysokou echogenitu v kolmém záchytu a nízkou v šikmých řezech (Trnavský et al., 2006, s. 59; Muskuloskeletal Ultrasound Technical Guidelines - Knee). Paratenon obalující šlachu je hyperechogenní.

Na sonogramu se ověřuje fyziologická kontura lig. patellae a popřípadě její patologické odchylky. Ty mohou představovat částečné či kompletní přerušení kontinuity šlachy nebo její edematózní prosáknutí. Dále se na obrazu mohou vyskytovat hypoechogenní místa, zvětšená CSA a tloušťka šlachy. Při těžším poškození ligamenta lze místy zobrazit hyperechogenní kalcifikace. (Rosen et al., 2022; Trnavský et al., 2006). Při vyšetření je důležité vždy porovnat postiženou stranu s kontralaterální DK.

Pro zobrazení neovaskulárních změn samotné šlachy a jejího okolí lze využít Power Doppler Mode. Pomocí tohoto módu můžeme identifikovat probíhající akutní reakce ve šlaše v podobě poranění či zánětu.

3.2 Tendinopatie patelární šlachy

Tendinopatie patelární šlachy neboli Skokanské koleno představuje úponovou bolest lokalizovanou na přední části kolene v oblasti apexu pately, v průběhu samotného ligamenta nebo v jeho úponu na tuberositas tibiae (Kolář, 2020). Je charakterizována bolestí přední strany kolene při zátěži a později i v klidu, palpační citlivostí šlachy a prosáknutí vazů a měkkých tkání v místě postižení. Dále bývá bolestivá extenze KOK proti odporu nebo při provedení a vstávání ze dřepu. Součástí nálezu je i změna svalového napětí v m. quadriceps femoris a zkrácení ischiokrurálního svalstva (Kolář, 2020, s.500). Termín „Skokanské koleno“ poprvé použil Blazina et al. (1973) při popisu stavu vyskytujícího se nejčastěji u sportovců, u kterých dochází k extrémnímu přetěžování extenzorového aparátu kolenního kloubu (Kolář, 2020; Rocco et al., 2020). Postižení jsou zejména basketbalisté a volejbalisté, ale rizikovou skupinou se stávají i jedinci, kteří zatěžují patelu prostřednictvím rychlého zrychlení či zpomalení, náhlou změnou směru, prováděním opakovaného pohybu nebo kombinace všech zmíněných. Tendinopatie patelární šlachy se vyskytuje až u 10 % diagnóz kolenního kloubu a stává se jednou z nejčastějších patologií bolesti kolene (Rosen et al, 2022).

3.2.1 Patofyziologie

Etiopatogeneze patelární tendinopatie není doposud správně objasněna. Existuje mnoho teoretických a mechanických modelů, které se pokouší vysvětlit vzniklý patologický proces. Nejvíce klinicky ověřený je kontinuální model (viz Příloha A), který rozděluje patologii šlachy do třech stádií: reaktivní tendinopatie (zvýšená tloušťka šlachy v důsledku jejího přetěžování), rozpad šlachy (změny v integritě kolagenu a v organizaci extracelulárního matrixu) a degenerativní tendinopatie (větší desorganizace extracelulárního matrixu a vznik apoptózy). Poslední stádium, degenerativní tendinopatie, je ve většině případů ireverzibilní. Dle Rudavského (2014) šlacha může vykazovat kombinaci reaktivní a degenerativní fáze. Tyto fáze mohou mezi sebou přecházet. V degenerativní fázi, postižená plocha šlachy nedostačuje svojí strukturou danému zatížení, což vede k přetěžování již doposud neporušené oblasti šlachy a v tomto místě k rozvoji reaktivní tendinopatie. (Lohrer a Nauck et al, 2018, s. 222; Rudavsky a Cook, 2014).

Je konstatováno, že porušení ligamenta v tahu podporuje reparaci a adaptaci šlachy na tahové zatížení. Opakované tahové poškození brání ve šlachovém hojení a dochází tak k produkci a hromadění degenerativní tkáně, což může být příčina bolesti. Tuto teorii ve své studii vyvrací Hamilton a Purdam (2004), v které představili tzv. adaptivní model patelární tendinopatie. Tento model udává, že na vzniku tendinopatie se nepodílejí degenerativní procesy, ale adaptivní reakce na různé typy sil uvnitř šlachy (Hamilton a Purdam, 2004).

3.2.2 Etiologie

Patelární tendinopatie představuje multifaktoriální onemocnění na jejímž vzniku se podílí několik faktorů. Doposud však stále nebylo objasněno, který z nich se na etiologii účastní nejvíce (Rudavsky a Cook, 2014).

Nadměrné přetěžování extenzorového aparátu kolene, nejčastěji při opakovaném skákání, doskocích, zrychlení či zpomalení při sportu, vede ke vzniku Skokanského kolene. Mezi vnější faktory řadíme frekvenci a intenzitu sportovních aktivit (tréninků), tvrdost tréninkového povrchu a druh sportovní obuvi. Z toho lze vysvětlit vyšší incidenci patelární tendinopatie u elitních sportovců (Norris, 2011).

Biomechanické změny v extenzorovém mechanismu kolene, hypermobilita kloubu, změna Q – úhlu, varozita, valgozita či rekurvace kolene, se řadí mezi vnitřní faktory korelující se vznikem patelární tendinopatie. Dalšími faktory této skupiny jsou hmotnost jedince, výška klenby, délka dolních končetin a souhra mezi svalovou skupinou flexorů a extenzorů kolenního a kyčelního kloubu (Schwartz et al. 2015; Rudavský a Cook, 2014; Norris, 2011). Norris (2011) uvádí, že narušená schopnost sportovce generovat nebo absorbovat sílu zátěže může způsobovat patologický pohybový stereotyp výskoku či dopadu. Tento stereotyp může následně vést k vyústění v patelární tendinopatie.

3.2.3 Možnosti léčby

V literatuře je popsáno mnoho způsobů, jakými lze patelární tendinopatii řešit. Dle současného vědeckého poznání stále neexistuje ucelený favorizovaný přístup a postup, který by zaručoval její dokonalé vyléčení. Studie popisují konzervativní a intervenční metody pro léčbu Skokanského kolene. Žádná z nich neprokázala dostatečnou úspěšnost, aby sportovce nevyřadila z jeho tréninkového režimu a byl tak dále schopný podávat maximální výkon bez příznaků bolesti (Zwerver, 2010).

3.2.3.1 Léčba v jednotlivých stádiích onemocnění

Heyman (2019) a Norris (2011) ve svých studiích popsali způsob léčby patelární tendinopatie odvíjející se dle stádia onemocnění. Součástí terapie prvního stádia skokanského kolene je regenerace, modifikace sportovní zátěže, důkladné rozehrátí před sportovní aktivitou, protažení flexorů a extenzorů kolene a kyčle a v neposlední řadě edukace jedince. Je zde zapotřebí také udržení svalové síly postižené DK pomocí symetrického čistého posilování či motorického tréninku. Z analgetik lze použít kryoterapii a protizánětlivé léky, ale u mladých sportovců farmakoterapie z dlouhodobého hlediska není doporučována (Heyman, 2019; Norris, 2011).

Ve druhém stádiu se bolest objevuje již během sportovní aktivity i po jejím dokončení. Sportovec je stále schopen se účastnit sportu. Terapie se podobá předchozímu stádiu s vyřazením činností, které více zatěžují patelární šlachy (např. skákání, běhání, rychlé změny směru). Po zmírnění bolesti je dbáno na rozsahy pohybu v kyčli, kolenu i kotníku a do cvičebního programu se přidává excentrický trénink. Pokud příznaky přetrvávají,

někteří lékaři volí aplikaci kortikosteroidů. Tato forma léčby by se měla zvážit z důvodu možného způsobení progresivní degenerace a následné ruptury šlachy (Heyman, 2019).

Třetí stádium je označováno za chronické, protože jedinec pociťuje bolesti i v klidu. Sportovec je výrazně omezen v provádění dané aktivity. Terapeutický postup je stejný (viz výše) s kompletním vynecháním sportovní aktivity po dobu tří až šesti týdnů. Jakmile bolest bude rezistentní vůči těmto opatřením, volí se intervenční způsob léčby (Heyman, 2019; Norris, 2011).

Ve čtvrtém stádiu, po vyčerpání všech konzervativních přístupů, se volí chirurgické řešení. Dle Heymana (2019) zde dochází k častým rupturám šlachy. Operačních postupů je mnoho, od přemístění úponu šlachy až po excizi patologické tkáně (Heyman, 2019, Norris, 2011).

3.2.3.2 Metody konzervativní terapie

Dle literatury patelární tendinopatie vzniká při opakovaném přetěžování patelární šlachy během sportovních či každodenních aktivit. Proto v prvních stádiích onemocnění, hraje důležitou roli stanovení optimální tréninkové zátěže sportovce s následnou adekvátní léčbou (Carro et al., 2022).

Excentrické cvičení zapadá mezi nejvíce probádaný způsob terapie Skokanského kolene. Několik studií prokázalo snížení bolesti a zlepšení funkce kolene po provádění unilaterálního dřepu na nakloněné rovině o 25 stupňů. Cvičení pomocí excentrické kontrakce má analgetický efekt v prvních fázích onemocnění a stimuluje kolagenní vlákna, díky čemuž dochází k remodelaci tkáně. Navzdory širokému klinickému využití excentrického cvičení, tento způsob terapie postrádá kvalitní sběr dat prokazující jeho pozitivní klinické výsledky (Carro et al, 2022; Malliaras a Cook, 2015; Rudavský a Cook, 2014). Využití pomalého silového odporu (z anglického názvu heavy slow resistance – HSR) mělo také pozitivní efekt v léčbě patelární tendinopatie. Studie porovnávaly HSR s excentrickým cvičením. Po dvanácti týdenním programu skupina s HSR měla lepší výsledky VISA – P dotazníku a VAS hodnocení v porovnání s excentrickým programem (Carro et al, 2022; Malliaras a Cook, 2015; Rudavský a Cook, 2014). Dále Rio et al. (2016) poukázal na okamžitou úlevu od bolesti po jedné izometrické kontrakci

m. quadriceps femoris u aktivních sportovců. Analgetický efekt vydržel po dobu 45 minut (Carro et al., 2022; Čobec et al., 2022; Challoumas et al., 2021).

Extracorporeal shock wave therapy (dále jen ESWT) je jedna z metod fyzikální terapie, která se na základě pozitivních výsledků studií dostala do popředí léčby Skokanského kolene. Dokáže nastartovat reparační mechanismy šlachy a oddálit tak případné operační řešení patelární tendinopatie. Po aplikaci ESWT je prokázáný krátkodobý analgetický efekt a zlepšení funkce kolene. I přesto, že se ESWT stává rozšířenou metodou volby pro léčbu tendinopatií, je zapotřebí vytvořit ucelený protokol a postup, cílený pouze na patelární tendinopatii. Van der Worp et al. (2014) nenašel rozdíl v efektivitě radiální terapie v komparaci s fokusovanou rázovou vlnou (dále pouze RV). ESWT zatím působí jako doplněk pro léčbu tohoto onemocnění, a proto je vhodné ji kombinovat s jinými postupy konzervativní terapie (Carro et al., 2022; Challoumas et al., 2021; Leal et al., 2015). Kombinaci přístupů prokázala ve své studii Lee et al. (2020), potvrzující zlepšení symptomů a VISA – P skóre patelární tendinopatie po aplikaci nízkoenergetické RV jednou týdně v kombinaci s excentrickým cvičením (Čobec et al., 2022).

Nové invazivní přístupy terapie také potvrdily pozitivní výsledky v léčbě patelární tendinopatie. Řadí se sem např. ultrazvukem řízená elektrolýza, perkutánní neuromodulace (PNM), použití injekcí z kmenových buněk tukové tkáně (z anglického názvu adipose tissue stem cell injections – ASC), aplikace kyseliny hyalurové a plazmy bohaté na krevních destičkách (z anglického názvu platelet-rich plasma (PRP)). Některé z těchto voleb terapie mohou provádět pouze specializovaní lékaři. Injekční přípravek s kyselinou hyalurovou a ultrazvukem řízená elektrolýza docílily snížení bolesti, pokles v neovaskularizace tkáně, redukci otoku a snížení tloušťky patelární šlachy. Dále ve studiích zkoumající účinky PRP bylo prokázáno zvýšení hladiny makrofágů a kolagenu prvního a třetího typu a tím uspíšení regenerace a reparace tkáně. Vetrano et al. (2013) porovnával PRP s ESWT. Výsledky studie konstatují, že PRP a ESWT mají stejný krátkodobý účinek, avšak po ročním odstupu, PRP se jeví jako efektivnější metoda volby. Pro lepší objektivní hodnocení jsou stále zapotřebí další odborné studie (Čobec et al., 2022; Carro et al., 2022; Challoumas et al., 2021)

Z výše uvedených mnoha přístupů konzervativní terapie je vidět, že existuje opravdu mnoho principů léčby, které byly prokázány jako efektivní. Pokud však konzervativní terapie selže a pacient stále bude trpět klinickými příznaky patelární tendinopatie, je zapotřebí přistoupit k operačnímu řešení (Čobec et al., 2022; Carro et al., 2022; Norris et al., 2011).

3.2.4 Diferenciální diagnostika

Pro diferenciální diagnostiku je důležité si ujasnit terminologii obecně pro tendinopatie, které v aktuální době představují až 30 % muskuloskeletárních diagnóz. Jedná se o označení pro poruchy šlach, způsobené jejich přetěžováním. Maffulli et al. (1998) byl jeden z prvních, který tento pojem použil. Stále se však v jeho definici vyskytují nejasnosti. Dříve patelární tendinopatie byla označována za patelární tendinitidu. Domnívalo se, že hlavním indikátorem bolesti je zánětlivá reakce ve šlaše. Několik studií zkoumající histopatologii patelární šlachy prokázalo, že bolest je způsobena degenerativními změnami šlachy, nikoliv probíhající zánětlivou reakcí. V nynější době se mnohem častěji klinické příznaky tendinopatie patelární šlachy připisují tendinóze, jenž představuje chronické nezápětlivé degenerativní onemocnění šlachy (Rosen et al., 2022; Canosa-Carro et al., 2022; Nayak, 2019; Maffulli et al., 1998).

Klinický obraz patelární tendinopatie je charakterizován lokalizovanou bolestí patelární šlachy, jejím otokem a zhoršenou funkcí kolenního kloubu, zejména do pokrčení a natažení. Takové to projevy mohou být způsobeny jednak patologickými procesy uvnitř šlachy, ale také v sousedních tkáních. Pro stanovení diagnózy je důležitá historie projevů a důkladné klinické vyšetření zahrnující i některé zobrazovací metody. V rámci diferenciální diagnostiky při symptomatologii patelární tendinopatie je třeba brát v úvahu tyto patologické stavy:

- Infrapatelární bursitida
- Patelofemorální syndrom
- Osgood – Schlatter syndrom
- Sinding – Larsen – Johansson syndrom
- Fat pad impingement (Hoffův syndrom)
- Fraktury pately

- Poranění menisků
- Tendinopatie m. quadriceps femoris
- Plica syndrom (Physiopedia, 2022; Kuwabara, 2021)

Bolest patelární šlachy mohou z morfologického hlediska způsobovat některá revmatická onemocnění. Dále také metabolické poruchy zvyšující hodnoty kyseliny močové nebo postižení nervus saphenus způsobené zánětem, útlakem nebo pooperačními komplikacemi (Cibulčík, 2015).

Klinické příznaky tendinopatie či obecně bolesti přední strany KOK mohou napodobovat funkční poruchy nesouvisející s patologickými strukturálními změnami patelární šlachy. Nejčastěji je tím myšlena přenesená bolest z aktivitních myofasciálních spoušťových bodů (TrPs), zejména z m. rectus femoris, m. vastus medialis a m. adductor longus et brevis. Příznaky se také mohou objevit při narušení myofasciálních řetězců, které jsou stále předmětem mnoha diskuzí (Travell and Simons, 1993).

Mezi základní klinické vyšetření patelární tendinopatie patří palpace. Cook et al. (2001) hodnotil validitu palpce patelární šlachy u jedinců se skokanským kolenem v komparaci s ultrasonografickým vyšetřením. Výsledkem studie byla senzitivita palpce 68 %. Efektivitou palpačního vyšetření patelární tendinopatie se též zabýval Maffulli et al. (2017) s výsledky sensitivity testu 98 % a specificity 94 %. Palpce je určena k ozřejmění si teploty, citlivosti, ztlustění či zduření šlachy nebo přítomnosti krepitace (Maffulli et al. 2017; Cook et al., 2001).

Dalším klinickým vyšetření patelární tendinopatie je tzv. Royal London Hospital test se senzitivitou 88 % a specificitou 98 %. Jeho provedení spočívá v palpačním zjištění nejcitlivějšího místa na patelární šlaše při natažené dolní končetině, kdy patelární šlachy je uvolněná. Následně se provede opět palpce již zjištěného nejcitlivějšího místa na šlaše v 90 ° pokrčení kolenního kloubu. Test je označen za pozitivní, pokud se bolest ve flexi výrazně redukuje či plně zmizí (Maffulli et al., 2017).

Hoffův Test je vhodným doplňkem pro diferenciální diagnostiku patelární tendinopatie od Hoffova syndromu, který může způsobovat bolesti na přední straně kolene. Hodnoty senzitivity a specificity pro tento test nebyly stanoveny. Provedení Hoffova testu je

podobné jako u Royal London Hospital test, jen výchozí pozice je v 90stupňové flexi kolenního kloubu. Provádí se palpací po obou stranách patelární šlachy při pokrčeném KOK a poté při extendovaném KOK. Test je pozitivní, pokud je bolest výrazně větší při palpaci natažené dolní končetiny (Physiotutors, 2022).

Pro hodnocení funkční zdatnosti a fyzické výkonnosti patelární šlachy u pacientů se dále využívají tzv. Single leg – decline squat test (SLDS), endurance hop test a test extenze KOK proti odporu. SLDS test se provádí na nakloněné rovině o úhlu 25 stupňů. Pacient provede dřep na postižené DK do projevení bolesti nebo do maximálního možného rozsahu pohybu. Během testu dochází k maximálnímu zatížení patelární šlachy. Test je pozitivní, pokud se objeví bolest v oblasti šlachy. I přesto, že SLDS test se zdá být jako dostatečně intenzivní a zároveň přesný pro diagnostiku Skokanského kolene, je doporučeno ho kombinovat i s dalším vyšetřením (Rosen et al., 2022; Mendonça et al., 2016).

Celosvětově aplikovanou metodou pro hodnocení patelární šlachy ve smyslu bolesti, tuhosti a vlivu její patologie na kvalitu života jedince je dotazník „The Victorian Institute of Sports Assessment for the patellar tendon“ (VISA – P) nebo jeho modifikace. Skládá se z otázek a úkonů hodnotící bolest, funkci a frekvenci aktivity jedince. Obsahuje osm otázek. Šest z nich hodnotí bolest během každodenních činností, zbylé dvě otázky se zabývají schopností jedince se zapojit do sportovních aktivit. Otázky se hodnotí na desetistupňové škále s celkovým maximálním počtem 100 bodů. VISA – P dotazník byl prohlášen nejenom za vhodnou diagnostickou metodu, ale i jako dobrým ukazatelem změn v průběhu terapie (Mendonça et al., 2016).

Další hojně využívanou metodou pro hodnocení aktuální intenzity bolesti je Vizuální analogová škála (Visual Analogue Scale – VAS). Škála obsahuje stupnici od 0 (žádná bolest) až 10 (nesnesitelná bolest), na které pacient hodnotí míru bolesti. Z důvodu své jednoduchosti, srozumitelnosti, rychlosti a možnosti opakovaného měření je v praxi vhodným nástrojem pro vyšetření.

Ke zjištění, co způsobuje klinické symptomy patelární tendinopatie, zda se jedná o patologické strukturální změny šlachy či funkční poruchy, je na místě provést vyšetření pomocí některých zobrazovacích metod. Z diferenciální diagnostiky je patrné, že klinické

příznaky často způsobují patologie v měkkých tkáních v oblasti KOK. Z tohoto důvodu je nejdostupnější a nejrychlejší ultrasonografické vyšetření. Dnes již mnoho USG přístrojů má minimalizaci technologií a jsou zcela přenosné, což je velkou výhodou obzvláště ve sportovní medicíně, kde umožňují tzv. bed side vyšetření. Dalším benefitem USG je také možnost dynamického zobrazení tkáně v reálném čase pro lepší odhalení vyskytující se patologie. Magnetická rezonance je v diagnostice měkkých tkáních přesnější, avšak z důvodu vysokých nákladů je pro mnoho zdravotnických pracovišť nedostupná (Kolář, 2020, s. 425). Výskyt patologických odchylek ve šlaše neznámá, že tyto patologie vyvolávají klinickou bolest. Bylo prokázáno, že hypoechogenické změny (patologické odchylky) v patelární šlaše jsou běžně přítomné zejména u asymptomatických vrcholových sportovců (Rosen et al., 2022; Rudavsky and Cook, 2014).

„Cílem vyšetření je odlišit zánětlivou a degenerativní složku onemocnění, event. odhalit parciální rupturu šlachy v terénu degenerace. Výsledek vyšetření zohledňujeme při volbě terapie“ (Kolář, 2020, s. 425).

Rentgenové vyšetření je obvykle jedna z prvních zobrazovacích metod pro vyšetření kostěných struktur kolene, zejména pro zobrazení entezofytů, které se mohou vytvořit v dolní oblasti pately. Využívá se pro diferenciální diagnostiku patelární tendinopatie od Osgood – Schlatter syndromu nebo intratendinózních kalcifikací (Rosen et al. 2022).

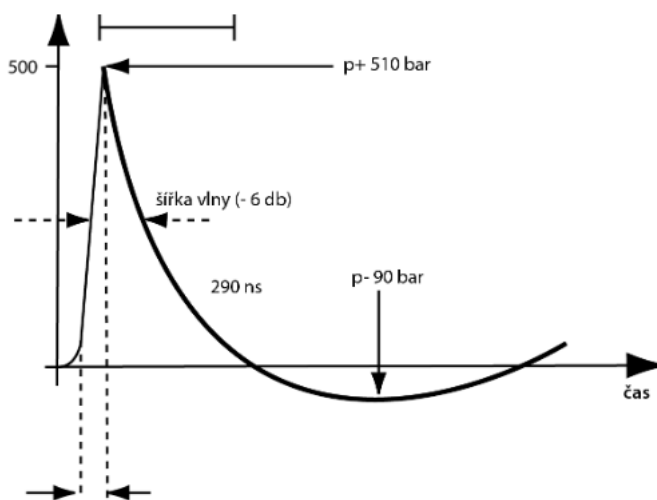
3.3 Léčba rázovou vlnou

Léčba rázovou vlnou, známá pod anglickým názvem extracorporeal shockwave therapy (ESWT), je stále poněkud mladou metodou v kategorii fyzikální terapie s rostoucím počtem nových evidence based studií. První aplikace rázové vlny byla v literatuře zaznamenána v 80. letech pro léčbu pacientů s paklouby. Později vlivem nespočet odborných studií a publikací, ESWT našla své uplatnění u mnoha ortopedických onemocnění (ostruha kosti patní, kalcifikující tendinitis ramene nebo aseptické kostní nekrózy). V aktuální době se léčba rázovou vlnou volí jako jedna z prvních voleb léčby u diagnóz vyžadující neinvazivní přístup terapie, jak u nás, tak i v zahraničí. Jedná se o neinvazivní přístup ošetření s rychlou aplikací, účinností a minimem nežádoucích účinků. Dnes se s ESWT můžeme setkat nejenom v ortopedii, ale také v traumatologii,

kardiologii, estetické medicíně, rehabilitaci a mnoho dalších odvětví medicíny (Nedělka et. al, 2019, s. 60; Lohrer a Nauck, 2018, s. 25-27).

3.3.1 Fyzikální principy rázové vlny

Rázová vlna (RV) je jakýmsi akustickým pulzem o trvání cca 1 mikrosekundu. Je charakterizována extrémně rychlým náběhem, vysokou amplitudou a jejím následným poklesem běžně do negativních hodnot. Časový průběh RV je rozdělen do dvou fází s výškou amplitudy v rozpětí od 35 do 120 MPa. V těchto fázích se navzájem vyměňují pozitivní a negativní vývoj tlaku. Průběh RV způsobuje stlačení, díky kterému dochází k výrazné změně napětí, hustoty, teploty tkáně či materiálu, čímž se významně odlišuje od klasických zvukových vln. Odlišují se také v rychlosti jejich šíření, kdy RV mají nadzvukovou rychlost, která je přímo úměrná velikosti amplitudy tlaku (Auesperg et al., 2019; Nedělka et al., 2019).



Obrázek 1 - průběh RV v čase [Nedělka et al., 2019, s. 61]

První fáze průběhu RV je označována za pozitivní a je charakteristická svým velmi krátkým trváním cca 10 nanosekund. Nejvyšší hodnoty tlaku tzv. peaku dosahují až do 120 MPa. Druhá fáze průběhu RV, označována jako tensile wave, je negativní, při které amplituda křivky v čase nejprve náhle strmě klesá, posléze sestupně pokračuje do negativních hodnot s minimem až -10 MPa (Nedělka et al., 2019, s.61).

V průběhu negativní fáze lze pozorovat specifický fyzikální fenomén známý pod pojmem „kavitace“. Tvorba kavitace je způsobena náhlou expanzí prostoru, který byl předtím stlačený. Doba trvání kavitace je velmi krátká, zhruba 100 ms. Jelikož v místě průchodu RV je výrazně nižší tlak, dochází tak k expanzi a pohybu bublin v prostoru. Ve chvíli, kdy dojde ke kolapsu kavitační bubliny, vzniká nová lokální sférická rázová vlna, která předává energii do okolních cílových tkání (Nedělka et al., 2019, s. 61; Nedělka et al., 2009).

Důležitý pojem při aplikaci RV je tzv. „energy flux density“ (EFD), neboli hustota toku energie, představující množství energie transportované pomocí RV do ošetřovaného místa pacienta. Hraje nezaměnitelnou roli pro biofyzikální vzájemné působení RV s cílovou tkání (Nedělka et al., 2019, s. 61).

Z hlediska nomenklatury existuje také rozdíl mezi radiální a fokusovanou rázovou vlnou. Radiální rázová vlna se z fyzikálního hlediska spíše podobá tlakové či pulzní vlně. Pulzní vlny mají své maximální EFD v místě vstupu do cílené tkáně a dosahují do hloubky 2 až 2,5 cm což znamená, že mají spíše povrchový účinek. Oproti fokusované RV, pulzní vlny nemají nadzvukovou rychlost šíření a dokážou vyvinout svůj maximální tlak pouze do 30MPa. Dále nemají tak strmý náběh impulzu a jejich vlnová délka je okolo 2-20 cm, v komparaci s fokusovanou RV s vlnovou délkou 2 mm (měřeno ve vodě s rychlostí zvuku zhruba 1500 m/s). Tento rozdíl ve vlnových délkách vysvětluje, proč pulzní radiální vlny nemohou být zaostřeny (focused) a tím mají menší průnik do tkáně a odlišné účinky (Auesperg et al., 2019; Dreisilker et al., 2020, s. 24).

3.3.2 Parametry a aplikace ESWT

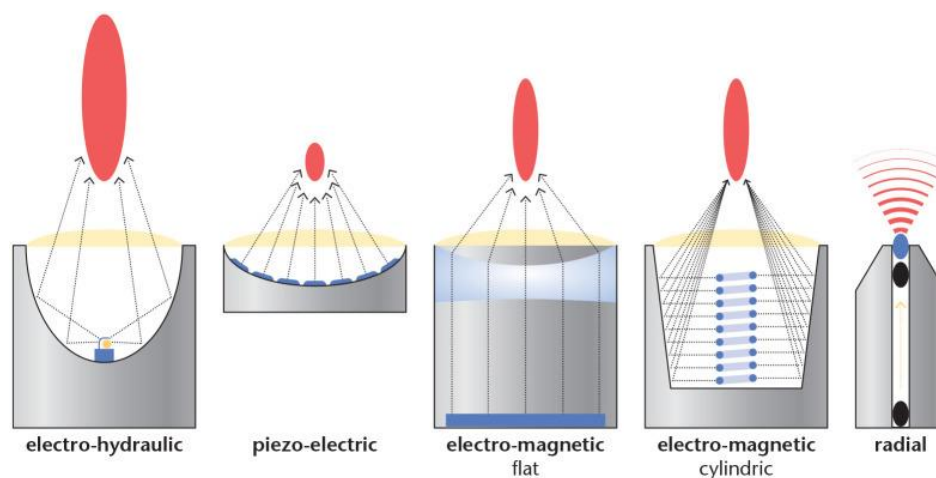
Rázová vlna se pomocí velikosti EFD rozděluje na nízkoenergetickou (LESWT) a vysokoenergetickou (HESWT). HESWT obsahuje hustotu toku energie v rozmezí 0,3 – 0,6 mJ/mm². Hlavní indikační skupinou jsou zejména onemocnění kostí. HESWT je pacienty hůře tolerována a její aplikace je více riziková v komparaci s LESWT, proto frekvence jejího využití je poněkud menší. Jako prevence případného poškození tkáně je vhodné před aplikací HESWT provést důkladné vyšetření, např. pomocí sonografie, které zajistí přesnou lokalizaci ošetřované oblasti. Nízkoenergetická rázová vlna má EFD 0,08 – 0,3 mJ/mm² a je bezpečným, lépe tolerovaným způsobem ošetření. U LESWT nehrozí poškození tkáně, a proto je lékaři častěji indikována k terapii poruch pohybového

aparátu (entezopatie, tendinopatie, ostruha kosti patní atd..). Moderní přístroje nám umožňují i jiné nastavení, než je EFD a výstupní tlak např. počet aplikovaných rázů pohybujících se v průměru od 600 do 2000 rázů v závislosti na ošetřované ploše. Méně významným parametrem je frekvence aplikovaných rázů, která se obvykle pohybuje v rozmezí 6-10 Hz (Nedělka et al., 2019, s. 60-61).

Nezbytnou součástí ESWT je přítomnost sonografického gelu umožňující přímý kontakt aplikátoru s kůží pacienta pro efektivitu terapie. Dle International Society for Medical Shockwave Treatment (ISMST) léčbu fokusovanou rázovou vlnou by měl indikovat výhradně lékař společně s jeho supervizí či jeho samotnou aplikací.

3.3.3 Generátory ESWT

Rázové vlny se také rozlišují dle druhu jejich generátoru. V praxi se nejvíce setkáváme s elektromagnetickými, piezoelektrickými a elektrohydraulickými pohony. To, co mají všechny generátory společné jsou: zdroj elektrické energie, elektroakustická konvergence a zařízení pro koncentrování rázových vln do daného místa. U všech generátorů dochází k přeměně elektrické energie na akustickou vlnu. Přístroje pro lékařské použití mají rázovou vlnu generovanou uvnitř terapeutické hlavičky. Pro správný přenos rázové vlny do cílové tkáně, je zapotřebí mezi hlavicí a danou tkáň umístit vazebné médium (sonografický gel), protože jakákoliv vrstva vzduchu účinně zabraňuje šíření RV (Auesperg et al., 2019). Vzhledem k tomu, že v této práci byla použita RV na bázi piezoelektrického generátoru, bude níže tento typ generátoru podrobněji popsán.



Obrázek 2 - Příklady využívaných generátorů pro pulzní a rázové vlny [Auesperg et al., 2020]

Piezoelektrický princip je založený na soustředění tlakových vln, které jsou vytvořeny elektrickou aktivací piezoelektrických krystalů. Krystaly jsou uloženy na povrchu hlavice, která je sférického tvaru. Vlivem elektrické energie dochází k rozšíření, smrštění a synchronnímu rozkmitání všech krystalů. Počáteční elektrická energie se mění na mechanickou. V rámci tohoto procesu pomocí čoček jsou generovány akustické vlny, které se posléze koncentrují a vytváří jednu vlnu. Díky velké apertuře a nízkému výstupnímu tlaku na kůži, ošetření tímto generátorem je téměř bezbolestivé (Auesperg et al., 2019).

Dle typu generátoru rozlišujeme RV na radiální a fokusovanou. Jsou rozdílné v působení tlaku, velikosti plochy a hloubky aplikace. Společná vlastnost přístrojů generujících fokusovanou RV spočívá v tom, že dokážou koncentrovat nejvyšší energii do zaostřeného místa aplikace (Auesperg et al., 2020). Radiální RV je generována pneumaticky a proniká pouze do maximální hloubky 35 mm. Její impulsy jsou nejprve orientovány v jednom směru, ale s hlubší penetrací do tkáně se začnou rozbíhat, a z toho důvodu je účinek radiální RV spíše povrchový. Oproti fokusované RV, radiální RV generuje maximální energii přímo v místě vstupu do ošetřované oblasti, proto při ošetření hlubších a cílených tkání je vhodné použít fokusovanou ESWT (Auesperg et al., 2020; Nedělka et al., 2019).

3.3.4 Účinky rázové vlny

Důležitou roli v působení RV na ošetřovanou tkáň hraje tzv. mechanotrandukce. Jedná se o proces působení vnějších mechanických sil na cílovou tkáň, a tím i k ovlivnění buněčného systému s výslednou syntézou několika biologicky aktivních proteinů. Během mechanotrandukce dochází k zásadním strukturálním a funkčním modifikacím tkáně (Nedělka et al., 2019). Nedělka (2009) účinky RV rozděluje na biologické a fyzikální.

Fyzikální neboli mechanické účinky se prokázaly již v 80. letech při léčbě ledvinových kamenů. Dnes se RV v destrukci vápenatých konkrementů a útvarů aplikuje zejména na různé kalcifikace, které spadají mezi hlavní indikace terapie rázovou vlnou. K navození fyzikálních účinků jsou zapotřebí obě fáze RV vedoucí k destrukci povrchu tkáně a podporující resorpci kalciových depozit. Dnes je však diskutováno, že z dlouhodobého hlediska resorpci zvápenatělých struktur umožňují biologické účinky jako je neovaskularizace (Nedělka et al., 2019; Nedělka et al., 2009).

Biologické účinky zahrnují změny v makroskopickém a mikroskopickém uspořádání tkáně. Bylo prokázáno, že ESWT svým působením zvyšuje hojivé procesy, zahrnující neovaskularizaci, růst buněk a přestavbu tkáně. Předpokládá se, že nedílnou součástí těchto procesů je zvýšená syntéza angiogenních a osteogenních faktorů (Dreisilker et al., 2020, s. 31; Nedělka et al., 2019). V systematické studii Poenaru et al. (2023) sledovali biologické účinky ESWT na zvířecích a lidských šlachách. Výsledky poukazují, že po aplikaci ESWT došlo k nárůstu růstových faktorů, transforming growth factor – beta (TGF – β 1) a insulin-like growth factor (IGF – I), které rovněž se zvýšenou expresí proliferujícího buněčného jádra (PCNA) podporují biosyntézu extracelulárního matrixu tenocytů. Po aplikaci RV byla také vyzorována zvýšená genová exprese genů pro kolagen s následnou produkcí TGF – β 1 a syntézou kolagenních vláken. Lze tedy konstatovat, že tato přeměna mechanické stimulace na biochemické signály je důležitou součástí pro hojivé procesy šlachy (Poenaru et al., 2023; Dreisilker et al., 2020; Nedělka et al., 2019; Nedělka et al., 2009).

Analgetický efekt je dalším biologickým účinkem ESWT. Existuje mnoho teorií, jakým principem úleva od bolesti funguje. Nedělka et al. (2009) uvádí, že RV vyřazuje či potlačuje aktivitu nemyelinizovaných senzitivních nervových vláken. V zadních míšních rozích byla vyzorována dlouhotrvající zvýšená koncentrace proteinu ATF3 (activation transcription factor 3) a GAP43 (grow – associated phosphoprotein43). Tento nálezný značí počáteční poškození periferního nervového vlákna s desenzitizací (Nedělka et al., 2009). Dále je mezi experty diskutováno, že ESWT pracuje na principu hyperstimulační analgezie. Zde se předpokládá zpětnovazebná stimulace mozku se současnou serotoninergní aktivací zadních rohů míšních inhibující signál bolesti. V neposlední řadě se také uvádí, že opakovaná aplikace ESWT zabraňuje nemyelinizovaným nervovým vláknům v produkci substance P a calcitonin gene – related peptide (CGRP), který je spojen s přenosem bolesti (Dreisilker et al., 2020; Nedělka et al., 2009).

3.3.5 Nežádoucí účinky

Nežádoucí účinky se vždy nemusí po aplikaci ESWT objevit. Lze jim předejít správně zvolenou diagnózou a korektním přístupem aplikace RV. Výskyt nežádoucích účinků je v aktuální době zcela minimální a většinou se jedná o ne tak závažné potíže. Auersperg (2020) udává, že během aplikace se může vyskytnout bolest či zarudnutí ošetřovaného

místa. Také se po aplikaci ESWT ojediněle může objevit malý hematom nebo přechodné zhoršení obtíží v dané oblasti. Dle literatury do méně častých obtíží spadají spontánní ruptury šlach zapříčiněné předchozí aplikací steroidů nebo použitím nadměrné energie (Nedělka et al., 2019, s.66).

3.3.6 Indikace rázové vlny

Jak již bylo několikrát zmíněno výše, rostoucí počet nových indikací ESWT se každým rokem stále zvyšuje, a to díky pozitivní výsledkům evidence based studií v medicínské mezioborové spolupráci. Nejenomže se ESWT využívá v léčbě pohybového systému, ale můžeme se s ní setkat v kardiologii, neurologii, traumatologii, estetické medicíně, a dokonce i v sexuologii. ESWT má stále největší uplatnění v léčbě onemocnění pohybového aparátu, kde u některých diagnóz je diskutována jako metoda první volby (plantární fascitida, epikondylopatie, tendinopatie, ošetření svalových spoušťových bodů, únavové zlomeniny) (Nedělka a Knobloch, 2022; Auersperg et al., 2020; Nedělka et al., 2019).

Dle studií ESWT se hojně využívá v oblasti sportovní medicíny. Ukázalo se, že např. u stresových zlomenin sportovců dokáže uspošit hojení kostí, snížit bolestivost, působit jako prevence před operačním řešením a zajistit tak rychlejší návrat jedince ke sportu (Lohrer a Nauck, 2018, s. 268). ESWT je také důležitým pomocníkem při léčbě popálenin, různých druhů jizev, poranění způsobených diabetem a vředů (Dreisilker et al., 2020, s.21; Auersperg et al., 2020).

3.3.7 Kontraindikace rázové vlny

Kontraindikace rázové vlny lze rozdělit na absolutní a relativní. Počet kontraindikací se za poslední léta pomocí nových studií s dostatečně relevantním množstvím dat výrazně snížil. Do absolutních kontraindikací bezpodmínečně stále patří růstové zóny u dětí, výskyt tumorů v aplikační dráze a břišní a bederní oblast u těhotných. Mezi relativní kontraindikace řadíme poruchu srážlivosti krve (hemofilie, jaterní selhání s poruchou koagulopatie) nebo antiagregační léčbu pacienta. Dále sem řadíme také oblast plic (vzdušných orgánů), nervových a cévních struktur (ošetření pouze s LESWT), známky horečky, septického stavu nebo akutního infektu, aplikace kortikosteroidů šest týdnů před

ESWT a předchozí radioterapii (Auersperg et al., 2020; Nedělka et al., 2019, s. 66; Nedělka et al., 2009).

4 METODIKA

Diplomová práce je zpracována formou observační studie, hodnotící efektivitu nízkoenergetické fokusované ESWT v léčbě tendinopatie patelární šlachy u sportovců starších 18 let s jednostrannou symptomatikou. Výsledky byly získány komparací symptomatické a asymptomatické dolní končetiny po poslední aplikaci RV a následně po uběhnutí třech měsíců.

Výzkumná část v rámci jednoho pacienta trvala 4 + 12 týdnů a zahrnovala následující části:

1. První týden proběhlo odebrání vstupního kineziologického rozboru probanda, vyšetření ultrasonografií, SFA, vyplnění dotazníku, podepsání informovaného souhlasu a následně mu byla aplikována ESWT na symptomatickou DK.
2. V dalších třech týdnech byla vždy pacientovi aplikována ESWT za dodržení rozestupu mezi aplikacemi alespoň pěti dnů.
3. Celkem byla symptomatická končetina čtyřikrát ošetřena pomocí ESWT. Při poslední aplikaci byly provedeny klinické testy a pacient byl dotázán na intenzitu bolesti.
4. Výstupní vyšetření proběhlo tři měsíce po poslední aplikaci ESWT. Bylo provedeno výstupní kineziologické vyšetření, které zahrnovalo stejné postupy jako při vstupním vyšetření.

4.1 Popis sledovaného souboru a pracoviště

Výzkum probíhal od října 2022 do začátku března 2023 na Poliklinice Řepy – Rehabilitace MUDr. Nedělka. Klinika byla v roce 2012 certifikována Mezinárodní společností pro léčbu rázovou vlnou (ISMST – The International Society for Medical Shockwave Treatment), kde MUDr. Tomáš Nedělka, Ph.D. působí jako vicepresident. Studie se zúčastnilo celkem 14 probandů, kteří museli splňovat následující podmínky:

- pacient (dále pouze pac.) musí být sportovec starší 18 let
- pac. má převážně obtíže pouze s jedním kolenem (patelární šlachou)

- pac. v posledních třech měsících nepodstoupil kortikoterapii ani RTG terapii, neužívá léky na ředění krve a neměl by být onkologickým pacientem
- pac. si není vědom žádného mechanického postižení na symptomatickém kolenu
- pac. nepodstupuje jinou rehabilitační či farmakologickou léčbu
- pac. na základě jeho klinických příznaků byla stanovena diagnóza Skokanského kolene bez potvrzení nálezu na USG
- pac. nemá žádné kontraindikace pro léčbu ESWT
- pac. hodlá pokračovat ve své běžné sportovní aktivitě po dobu výzkumu

Výsledná data probandů pro zjištění efektivity ESWT na patelární tendinopatii byla získána formou komparace jejich symptomatické a asymptomatické dolní končetiny.

4.1.1 Vyhodnocení dat a statistická analýza

Data byla zpracována a následně vyhodnocena programem *Jamovi* (<https://www.jamovi.org>). V rámci hodnocení statistické významnosti rozdílů ve velikosti tloušťky šlachy mezi symptomatickou a asymptomatickou DK při vstupním vyšetření, byl vybrán dvou výběrový nezávislý t-test. Během vstupního vyšetření se dále porovnávaly hodnoty z mikromorfologické analýzy (PSFR a P6) mezi symptomatickou a asymptomatickou DK, pro které byl vybrán t-test pro nezávislé podsoubory (tzv. Independent sample t-test), nebo v případě nenormální distribuce dat, která se ověřila Shapiro-Wilk testem normality se použil Mann-Whitney test.

Pro statistické porovnání změn tloušťky šlachy a výsledků z mikromorfologické analýzy mezi vstupním a výstupním vyšetřením byl vybrán párový t-test a v momentě nenormální distribuce dat se provedl Wilcoxonův párový test. Pro sledování statistické významnosti ve změně stupně bolesti zaznamenané na NRS v daných situacích a zátěžových testech ve třech časových úsecích (vstupní vyšetření, po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a výstupní vyšetření (tři měsíce od poslední aplikace ESWT)) byly vybrány ANOVA testy (Welchův test pro normální distribuci dat a Kruskal–Wallis v případě nenormální distribuce dat). V kapitole Výsledky je také uvedena deskriptivní statistika popisující sledovaný soubor pacientů.

4.2 Použité vyšetřovací metody

Vstupní a výstupní kineziologické vyšetření zahrnovalo odebrání anamnestických údajů jedince, goniometrické vyšetření aktivního a pasivního rozsahu pohybu, odporový test na extenzory KOK a testy pro vyloučení jiného postižení KOK např. poranění menisků, předního a zadního zkříženého vazů a poškození číšky. Testy, které byly využity v rámci diferenciální diagnostiky jsou: přední a zadní zásuvkový test, Payrův příznak, Appley test, distrakce a Grind test pately. Dále byl využit Royal London Hospital test, který je specifický pro ozřejmění si patelární tendinopatie. V testech je také použito palpační vyšetření nejbolestivějšího místa symptomatické šlachy.

Z klinických testů hodnotící funkční zdatnost a fyzickou výkonost patelární šlachy na danou zátěž byl využit Single leg – decline squat test (SLDS) a endurance hop test (test poskoků na jedné noze). Testovala se vždy asymptomatická a symptomatická DK. V rámci těchto vyšetření pro objektivní zaznamenání intenzity bolesti se použila Numerická škála bolesti (NRS) se stupnicí 0 (žádná bolest) až 10 (maximální bolest).

Hodnocení bolesti bylo také zaznamenáno pomocí vyplnění modifikovaného VISA – P dotazníku (viz Příloha D). Pro účel této práce byla vytvořena přeložená česká verze tohoto dotazníku. Probandi dotazník vyplnili při vstupním vyšetření, v den poslední aplikace RV a po tříměsíčním odstupu od posledního ošetření ESWT.

Důležitým aspektem kineziologického rozboru bylo vyšetření pomocí ultrasonografie, které pacienti podstoupili před první aplikací a tři měsíce po poslední ESWT. Vyšetření bude podrobněji popsáno dále. Všechny vyšetřovací metody a testy byly zvoleny na základě literární rešerše a jejich ověřené reliability v rámci diagnostiky Skokanského kolene.

4.2.1 Royal London Hospital test

Royal London Hospital test je specifický test pro odhalení patelární tendinopatie. Pro provedení testu je pacientova výchozí pozice vleže na zádech s extendovanými DKK. Pomocí palpačního vyšetření je zjištěno nejvíce bolestivé místo na symptomatické patelární šlaše. Po zjištění bolestivého místa, terapeut provede jeho opětovnou palpaci,

nyňí ale v 90stupňovém pokrčení KOK. Test je pozitivní v případě výrazné redukce bolesti při palpaci šlachy pokrčeného kolene (Physiotutors, 2022; Maffuli et al., 2017).

4.2.2 Škála bolesti

Pro hodnocení bolesti se použila standardizovaná numerická škála bolesti (z anglického názvu Numeric rating scale – NRS), která reprezentuje část vizuální analogové stupnice (VAS). Pacient hodnotí bolest na jedenácti stupňové škále (0-10), kdy 0 označuje žádnou bolest a 10 maximální bolest. Pacienti byli dotazováni na intenzitu bolesti v klidu, v maximální zátěži, při změnách směrů, a i v rámci některých klinických testů (Nugent et al., 2021).

4.2.3 Funkční zátěžové testy

Funkční zdatnost a fyzická výkonost šlachy byla testována pomocí tří testů: Single leg – decline squat test (SLDS), endurance hop test na jedné DK a test extenze KOK proti odporu. Tyto testy se dle studií jeví jako vyvolávací faktory bolesti a patří mezi několik způsobů, jak si ozřejmit správnou diagnózu patelární tendinopatie.

SLDS ukázal reliabilitu jako test provokace bolesti patelární šlachy. K jeho provedení je zapotřebí nakloněná rovina (deska) o úhlu 25 stupňů. Jakmile si pacient stoupne na desku, je požádán o provedení dřepu nejdříve na symptomatické DK a poté na asymptomatické DK. V momentě, kdy se u pacienta objeví bolest, její intenzitu zaznamená na NRS. Bolest by měla zůstat lokalizovaná na šlaše a neměla by nikam vyzařovat. Nejenže SLDS je vhodnou diagnostickou metodou, ale také je určen pro hodnocení progresu reakce šlachy na zátěž (Rosen et al., 2022; Rudavsky a Cook, 2014).

Test poskoků na jedné DK u pacientů se Skokanským kolenem opět vyprovokuje lokalizovanou bolest v oblasti patelární šlachy. Test hodnotí schopnost elastických vlastností šlachy reagovat na opakovanou zátěž. Pacient je vyzván provést dvacet poskoků na jedné DK a případnou bolest hodnotí na NRS. Hodnotí se symptomatická a asymptomatická DK (Rosen et al. 2022; Aicale et al., 2020; Rudavsky a Cook, 2014).

Odporový test extenze KOK klasifikuje svalovou sílu extenzorového aparátu kolene. Imituje silové aktivity každodenních činností jako např. chůze ze schodů, při kterých

jedinec s patelární tendinopatií pociťuje lokalizovanou bolest pod čéškou. Test lze provést dle funkčního svalového testu podle Jandy pro m. quadriceps femoris. Výchozí poloha pacienta je vleže na zádech, testovaná DK je v 90° flexi v KOK a její bérec visí mimo lehátko. Terapeut fixuje zespoda distální část femuru a druhou rukou klade odpor proti vyšetřovanému pohybu. Pohyb pacient opakuje třikrát. Vyvolanou bolest pacient zaznamená do NRS. Je otestována symptomatická i asymptomatická DK (Rosen et al., 2022, Rudavský a Cook, 2014; Janda et al., 2004).

4.2.4 Modifikovaný VISA-P dotazník

The Victorian Institute of Sports Assessment for the patellar tendon (VISA – P) a jeho modifikace je celosvětově aplikovanou formou hodnocení bolesti, tuhosti a patologických změn patelární šlachy ovlivňující kvalitu života jedince. Jedná se o jistou formu dotazníku, kterým lze zhodnotit závažnost a progresi patelární tendinopatie a zároveň sledovat jisté změny stavu v průběhu terapie. Z původní anglické verze vzniklo několik modifikací do cizích jazyků. V rámci této diplomové práce byla vytvořena neoficiální přeložená česká verze, jenž je uvedena v seznamu příloh (příloha D). Korakakis et al. (2021) ve své studii hodnotil spolehlivost a platnost VISA dotazníků pro tendinopatie DKK a konstatuje, že z důvodu střední spolehlivosti VISA – P dotazníku ve smíšené populaci, je zapotřebí se řídit i jinými diagnostickými metodami pro Skokanské koleno.

Dotazník obsahuje osm otázek, šest z nich hodnotí bolest při každodenních aktivitách. Zbylé dvě otázky se zabývají schopností jedince se zapojit do sportovních aktivit. Hodnotící stupnice je desetistupňová škála, kde čím vyšší číslo znamená menší bolest. Maximální skóre, které lze na dotazníku dosáhnout je 100 bodů. Wilgen et al. (2011) ve své studii hodnotil VISA-P skóre u asymptomatických volejbalistů a u sportovců s příznaky patelární tendinopatie. Ze studie vyplývá, že pacienti se Skokanským kolenem mají VISA – P skóre v rozmezí 50–75 bodů. Zdraví/asymptomatictí jedinci se pohybují v hodnotách 80 bodů a výš. Z dotazníku vyplývá, že čím je bodové skóre nižší, tím závažnější jsou symptomy tendinopatie (Abilitylab, 2016; Wilgen et al., 2011).

V této diplomové práci pacienti byli požádáni o vyplnění dotazníku při vstupním vyšetření, v den poslední aplikace ESWT a s tříměsíčním odstupem po poslední aplikaci RV.

4.2.5 Ultrasonografické vyšetření patelární šlachy

Ultrasonografické vyšetření bylo provedeno přístrojem Mindray DC – 70 lineární sondou typu L12-3E v přednastaveném režimu MSK (viz příloha B). Patelární šlacha byla sledována v celém svém průběhu, od apexu pately po její úpon na tuberositas tibiae. V rámci diferenciální diagnostiky bylo také provedeno longitudinální zobrazení nad čéškou v místě napojení vláken extenzorů KOK.

Z provedených snímků byla hodnocena echogenita šlachy, přítomnost kalcifikací, případných mikro ruptur a kontinuita šlachy. Číselně byla zaznamenána tloušťka šlachy ve třech místech: u apexu pately, uprostřed šlachy a v inerčním místě na tuberositas tibiae. Pro přesnější výsledek, tloušťka šlachy byla vždy změřena třikrát pro jednu oblast a poté byl z hodnot vypočítán průměr. Pomocí Dopplerovského módu byla dále sledována vaskularizace v nejvíce bolestivém místě a jeho okolí.

V neposlední řadě byl proveden snímek v oblasti apexu pately, opět v přednastaveném režimu, tentokrát pod názvem SFA study. Tento režim je určen pro mikromorfologickou analýzu šlachy pomocí speciálního programu od profesora Grega Bashforda. Podrobnější popis programu bude popsán dále.

Pro zvýšení relevance a redukci chybné diagnostiky při USG vyšetření, všechny snímky byly konzultovány se specialistou na USG diagnostiku.

4.2.6 Spatial Frequency Analysis

Spatial Frequency analysis (SFA), přeloženo jako prostorová frekvenční analýza, je kvantitativní ultrasonografická metoda charakterizující strukturální uspořádání tkáně. Poprvé byla představena ve studii Grega Bashforda (2008). Studie zkoumala rozlišnost tendinopatií Achillovy šlachy u 20 mužů pomocí parametrů z prostorové frekvenční analýzy na USG snímcích. Výsledky studie poukázaly, že tento způsob odhalení patologických procesů ve šlaše je víc než z 80 % spolehlivý. SFA reprezentuje program vyhodnocující koherentní distribuci vláken z ultrasonografického snímku vytvořeného v B – módu. Výsledné parametry získané pomocí SFA úzce souvisejí s mechanickými vlastnostmi a organizací kolagenních vláken šlachy. Peak spatial frequency radius (PSFR), neboli vrchol prostorové frekvenční analýzy, je jeden z nejdůležitějších

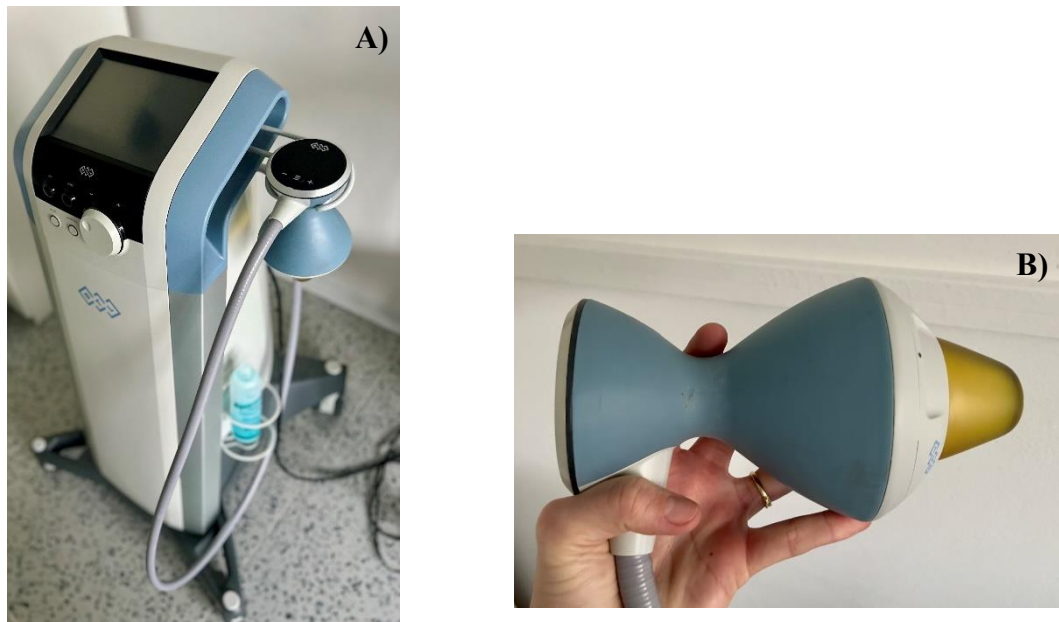
parametrů určujících velikost rozestupů mezi kolagenovými svazky. Vysoké hodnoty PSFR indikují zdravou tkáň, naopak nižší hodnoty značí přítomnost patologického procesu. PSFR se osvědčil jako dobrým ukazatelem v rozlišení zdravé tkáně od přítomnosti tendinopatie. Dalším užitečným parametrem získaným SFA je parametr P6 hodnotící homogenitu uspořádání vláken šlachy. Zde platí, že čím nižší je hodnota P6, tím jsou vlákna uvnitř šlachy uspořádanější což opět značí známky zdravé tkáně. V neposlední řadě je dobré brát zřetel na parametr Mmax%, který hodnotí velikost síly nejvíce prominentních hyperechogenních pruhových svazků vláken vůči celkovému jasu obrazu. I přesto, že výše uvedené parametry SFA byly původně určeny pro šlachovou tkáň, nové výzkumy poukázaly na možnost jejich využití i u svalové tkáně s pozitivními výsledky (Crawford et al., 2021). Mikromorfologická analýza pomocí SFA poskytuje kvantitativní způsoby hodnocení stupně rozvláknění kolagenových vláken a detekci zánětlivého procesu uvnitř šlachy. (Crawford et al., 2021; Kulig et al., 2013; Bashword et al., 2008).

V diplomové práci se využil zapůjčený oficiální program SFA od profesora Bashworda k hodnocení mikromorfologické přestavby patelární šlachy po jejím ošetření ESWT. V rámci vstupního USG vyšetření byly vytvořeny snímky symptomatické a asymptomatické šlachy v přednastaveném zobrazení určeném pro SFA. Následně snímky byly z USG přístroje staženy na externí disk v JPEG formátů a poté importovány do MATLAB (Mathworks, Natick, MA) pro frekvenční analýzu. Pro analýzu (ohraničení) hlavní sledované oblasti patelární šlachy na USG snímku tzv. region of interest (ROI), bylo zapotřebí si vytvořit vlastní kód v MATLABU. ROI byla zvolena 1 cm od apexu pately v místech, kde všichni pacienti udávali největší bolest. Následně byl program spuštěn na několik hodin k vyhodnocování parametrů. Druhé hodnocení mikromorfologické přestavby šlachy pomocí SFA proběhlo tři měsíce po poslední aplikaci ESWT. Výsledky parametrů byly následně porovnány mezi symptomatickou a asymptomatickou DK.

4.3 Aplikace nízko-energetické fokusované ESWT

Po důkladném vstupním kineziologickém vyšetření a ultrazvukovém zobrazení, pacienti byli čtyřikrát ošetřeni pomocí ESWT. Mezi jednotlivými aplikacemi RV musel být dodržen alespoň pěti denní časový rozestup.

K terapii patelární tendinopatie byla zvolena fokusovaná rázová vlna od společnosti BTL. Konkrétně se jednalo o přístroj BTL – 6000 s nástavcem umožňující regulaci hloubky průniku do 35 mm. Parametry pro ošetření byly zvoleny dle ISMST guidelines dostupné z: <https://www.shockwavetherapy.org/about-eswt/ismst-guidelines/>. EFD se regulovala v rozmezí 0,14 – 0,18 mJ/mm² dle tolerance pacienta (Auesperg et al., 2019). Frekvence rázů byla nastavena na 5 Hz s celkovým počtem 2000 impulsů pro ošetřovanou oblast. Po celou dobu aplikace parametry zůstaly neměnné.



Obrázek 3 – Přístroj BTL - 6000 (obrázek A) s nástavcem regulující hloubku průniku (obrázek B) [vlastní zdroj].

Před aplikací ESWT byli pacienti požádáni o odhalení ošetřované oblasti. Zaujmuli polohu vleže na zádech s vypodloženou symptomatickou DK pod KOK. Na ošetřovanou oblast se pacientům nanesl sonografický gel. Gel také musel být přítomen v hlavici aplikátoru RV (na vnitřní straně silikonové spojky). Nejprve pacientům pomocí ESWT byly ošetřeny případné trigger pointy v m. quadriceps femoris s dávkou 2000 impulsů. Poté se přešlo na cílené ošetření apexu pately s důrazem na nejbolestivější místo na patelární šlaše opět s dávkou 2000 impulsů.

5 VÝSLEDKY

Studie se zúčastnilo celkem 14 probandů, kteří museli splňovat předem stanovená hlavní kritéria výzkumu: potvrzená diagnóza patelární tendinopatie pouze jedné DK, žádné jiné mechanické či strukturální postižení symptomatického KOK, věk starší než 18 let, sportovec a nepřítomnost kontraindikací pro léčbu ESWT. Po důkladném vstupním vyšetření, všech 14 pacientů splňovalo daná kritéria a mohli tak být zařazeni do výzkumu, který také v plném počtu dokončili.

Statistická analýza vybraného souboru pacientů byla získána ze vstupního vyšetření, z vyšetření po čtyřech aplikacích ESWT (po 4. týdnech) a z výstupního vyšetření, které se konalo s tří měsíčním odstupem od poslední aplikace rázové vlny.

5.1 Charakteristika výzkumného souboru

V rámci výzkumu byla využita pouze jedna skupina 14 pacientů (N=14) s jednostrannou symptomatikou patelární tendinopatie. Jako referenční hodnoty byly využity data asymptomatické DK. Skupinu utvořilo 11 mužů a 3 ženy. Devět z jedenácti pacientů mělo symptomatický pravý KOK (64,3 %). Zbýlých 35,7 % trpělo patelární tendinopatií levého kolene. Věkový průměr skupiny byl $30 \pm 11,1$ let (medián 25 let) s průměrem BMI $24,4 \pm 3,49$ kg/m² (medián 24,4 kg/m²). Probandi se průměrně věnovali své sportovní aktivitě $5,79 \pm 3,89$ hodin/týden (medián 5 h/týdně). Sedm pacientů (50 %) se věnovalo fotbalu, tři (21 %) basketbalu a zbytek (29 %) běhu, tanci nebo posilovně. Průměr doby obtíží pacientů činil $24,9 \pm 17,4$ měsíců (medián 28 měsíců), čili se jednalo spíše už o chronický stav tendinopatie patelární šlachy.

Deskriptivní statistika anamnestických dat je uvedena v Tabulce 1.

Tabulka 1 - Popisná statistika anamnestických dat při vstupním vyšetření

	Věk (let)	BMI (kg/m ²)	Hod. sportu/týden	Doba obtíží (měsíce)
N	14	14	14	14
Průměr ± SD	30 ± 11.1	24.4 ± 3.49	5.79 ± 3.89	24.9 ± 17.4
Medián	25	24.4	5	28

Legenda: počet probandů (N), směrodatná odchylka (SD) [vlastní zdroj].

5.2 Rozdíl měřených parametrů mezi symptomatickou a asymptomatickou DK při vstupním vyšetření

Rozdíl sledovaných parametrů mezi symptomatickou a referenční DK byl statisticky signifikantní pouze během ultrasonografického vyšetření (tloušťka šlachy) a mikromorfologické analýzy (hodnoty PSFR a P6). Tloušťka šlachy (z anglického názvu tendon diameter – TD) se měřila ve třech oblastech: apex pately, střed šlachy a úpon šlachy na tuberositas tibiae. Naměřená tloušťka šlachy u apexu pately symptomatické DK dosahovala průměru $4,6 \pm 0,67$ mm (medián 4,6 mm). Dále průměry tloušťky středu a oblasti úponu šlachy na tuberositas tibiae symptomatické DK byly $3,8 \pm 0,63$ mm (medián 3,9 mm) a $3,9 \pm 0,68$ mm (medián 4,1 mm). Průměr tloušťky v oblasti apexu pately, středu a úponu šlachy asymptomatické DK byl následující: $3,6 \pm 0,7$ mm (medián 3,7 mm), $3,3 \pm 0,66$ mm (medián 3,3 mm) a $3,4 \pm 0,68$ mm (medián 3,5 mm). Z hlediska mikromorfologické analýzy se hodnotily parametry PSFR a P6. Výsledky PSFR a P6 pro symptomatickou DK představovaly průměr $1,540 \pm 0,121$ mm⁻¹ (medián 1,53 mm⁻¹) a $0,811 \pm 0,032$ (medián 0,81). Průměrné hodnoty předchozích sledovaných parametrů u asymptomatické DK byly zaznamenány s výsledky $1,661 \pm 0,106$ mm⁻¹ (medián 1,65 mm⁻¹) pro PSFR a $0,790 \pm 0,037$ (medián 0,78).

Souhrnná popisná statistika rozdílných parametrů symptomatické a asymptomatické DK během vstupního vyšetření je zobrazena v Tabulce 2.

Tabulka 2 - Rozdíl hodnot mezi symptomatickou a referenční dolní končetinou

	DK	TD apex pately (mm)	TD střed šlachy (mm)	TD úpon na tibiai (mm)	PSFR (mm ⁻¹)	P6
Průměr ± SD	Sym.	4.6± 0.67	3.8± 0.63	3.9± 0.68	1.540±0.12	0.811±0.03
	Asym.	3.6± 0.70	3.3± 0.66	3.4± 0.68	1.661±0.11	0.790±0.04
Hodnota - p		<.001***	0.041*	0.023*	0.005**	<u>0.032*</u>
Medián	Sym.	4.6	3.9	4.1	1.53	0.81
	Asym.	3.7	3.3	3.5	1.65	0.78

Poznámka: Statisticky významné hodnoty jsou označeny () pro $p = <0,05$, (**) pro $p = <0,01$ a (***) pro $p = <0,001$. Podtržená hodnota - p byla hodnocena Mann – Whitneovým testem z důvodu nenormální distribuce dat, Legenda: dolní končetina (DK), tendon diameter (TD), směrodatná odchylka (SD), symptomatická (Sym.), asymptomatická (Asym.) [vlastní zdroj].*

Nejvíce statisticky signifikantní rozdíl na hladině významnosti $p = <.001$ (viz Tabulka 2), byl zaznamenán při naměřené tloušťce v oblasti apexu pately. Tento výsledek naznačuje, že symptomatická tendinopatie lig. patellae se častěji projevuje rozšířením

šlachy v její kraniální části. Dále také difference u parametru PSFR ($p = 0,005$) se jeví jako statisticky významný údaj.

5.3 Rozdíl sledovaných parametrů po intervenci nízkoo-energetickou fokusovanou ESWT

Pro zjištění efektivity nízkooenergetické fokusované ESWT na patelární tendinopatii z hlediska významnosti byly zdůrazněny tyto sledované parametry: TD u apexu pately, TD ve středu šlachy, TD v oblasti úponu šlachy na tuberositas tibiae, PSFR, P6, bolest při maximální zátěži, v klidu, při náhlé změně směru a při palpaci, VISA – P skóre a bolest v rámci zátěžových testů pro lig. patellae. Změny při USG vyšetření a mikromorfologické analýze byly sledovány od vstupního vyšetření po výstupní vyšetření. Výstupní vyšetření se konalo s odstupem tří měsíců po poslední aplikaci ESWT, tedy po 16. týdnu výzkumu. Současně byly změny obou DKK porovnávány mezi sebou. Hodnocení bolesti při výše zmíněných situacích a VISA – P skóre se hodnotilo celkem třikrát, a to při vstupním vyšetření, v den po dokončení poslední ESWT (4.týden) a v rámci výstupního vyšetření čili po 16. týdnu. Změny týkající se bolesti byly porovnávány pouze v časovém horizontu symptomatické DK, u které probandi pociťovali bolest.

V Tabulce 3 je uveden rozdíl sledovaných parametrů mezi vstupním a výstupním vyšetření pro symptomatickou a referenční dolní končetinu. Tabulka 4 poté obsahuje hodnoty bolesti objektivizované na NRS symptomatické DK. Data byla získána ze třech časových úseků (vstup, 4. týden a po 16. týdnu). Rozdíly hodnot parametrů zátěžových testů (EXT proti odporu, SLDS a Endurance hop test) jsou znázorněny v samostatné Tabulce 5.

Tabulka 3 - Rozdíl sledovaných parametrů při vstupním a výstupním vyšetření mezi symptomatickou a referenční dolní končetinou

Párové testy	Doba vyšetření	Symptomatická DK		Asymptomatická DK	
		Průměr ± SD	Hodnota - p	Průměr ± SD	Hodnota - p
TD apex pately (mm)	Vstup vyš.	4.6 ± 0.7	<u>0.001***</u>	3.6 ± 0.7	0.459
	Po 16. tt	4.1 ± 0.6		3.6 ± 0.7	
TD střed šlachy (mm)	Vstup vyš.	3.7 ± 0.6	0.079	3.3 ± 0.7	0.459
	Po 16. tt	3.6 ± 0.6		3.4 ± 0.7	
TD úpon na tibií (mm)	Vstup vyš.	39.1 ± 0.7	0.117	3.4 ± 0.7	0.609
	Po 16. tt	37.6 ± 0.7		3.4 ± 0.6	
PSFR (mm ⁻¹)	Vstup vyš.	1.54 ± 0.1	0.082	1.66 ± 0.1	0.744
	Po 16. tt	1.58 ± 0.1		1.66 ± 0.1	
P6	Vstup vyš.	0.81 ± 0.0	<.001***	0.79 ± 0.0	0.336
	Po 16. tt	0.77 ± 0.0		0.78 ± 0.0	

Poznámka: Statisticky významné hodnoty jsou označeny (*) pro $p < 0,05$, (**) pro $p < 0,01$ a (***) pro $p < 0,001$. Podtržená hodnota - p byla hodnocena Wilcoxonovým testem z důvodu nenormální distribuce dat, Legenda: tendon diameter (TD), vyšetření (vyš.), týdny (tt), směrodatná odchylka (SD), dolní končetina (DK), [vlastní zdroj].

Tabulka 4 – Změny v hodnotách stupni bolesti zaznamenané na numeric rating scale (NRS) symptomatické dolní končetiny a jejich statistická významnost při vstupním vyšetření, po čtyřech týdnech a po šestnácti týdnech (s tříměsíčním odstupem od poslední intervence).

ANOVA testy	Doba vyš.	v max. zátěž	v klidu	př. změ. směru	př.palpaci	VISA - P
Průměr ± SD	Vstup. vyš	4.50 ± 2.44	3.86 ± 2.60	4.43 ± 2.21	6.29 ± 1.68	68.41 ± 7.81
	Po 4 tt.	2.79 ± 1.89	1.93 ± 1.77	2.21 ± 1.93	3.57 ± 1.45	79.21 ± 7.37
	Po 16 tt	1.86 ± 1.70	0.93 ± 1.33	1.00 ± 1.18	1.64 ± 1.45	82.62 ± 7.03
Hodnota - p		<u>0.007**</u>	<.004**	<u><.001***</u>	<u><.001***</u>	<u><.001***</u>

Poznámka: Statisticky významné hodnoty jsou označeny (*) pro $p < 0,05$, (**) pro $p < 0,01$ a (***) pro $p < 0,001$. Podtržené hodnoty byly vyhodnoceny Kruskal – Wallis testem z důvodu nenormální distribuce dat. Legenda: směrodatná odchylka (SD), vyšetření (vyš.), maximální (max.), při změně (př. změ.), při (př.), [vlastní zdroj].

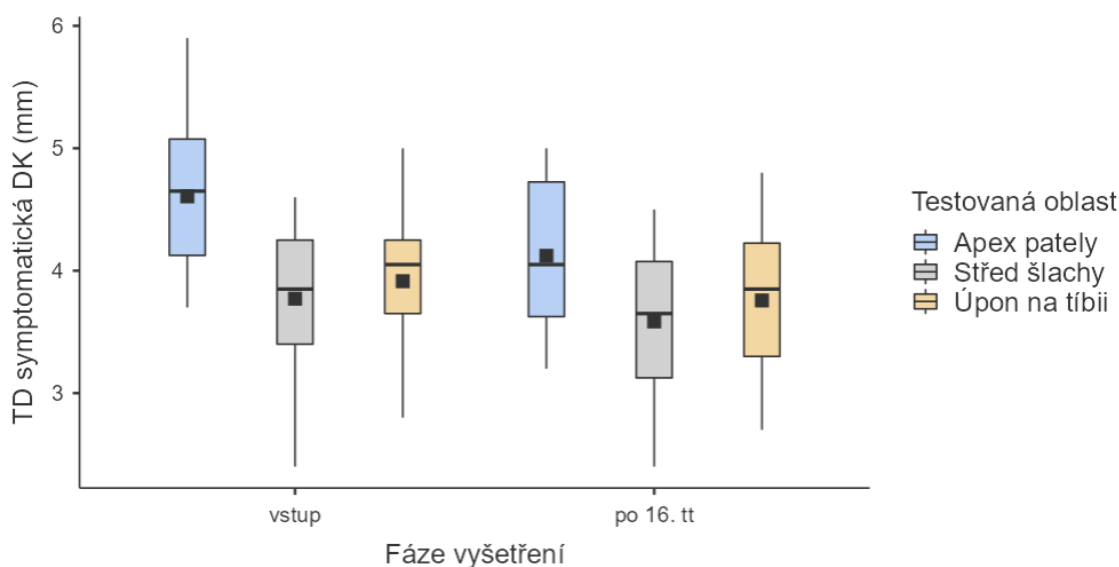
Tabulka 5 - Rozdíl naměřených hodnot v rámci zátěžových testů symptomatické dolní končetiny a jejich statistická významnost mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po čtyřech týdnech a po výstupním vyšetření (po 16. týdnu)

ANOVA testy	Doba vyš.	EXT. proti odporu	SLDS test	End. hop. test
Průměr ± SD	Vstup. vyš	2.29 ± 1.98	4.43 ± 2.17	2.79 ± 2.44
	Po 4 tt.	1.14 ± 1.27	2.21 ± 1.89	1.57 ± 1.57
	Po 16 tt	0.43 ± 0.74	1.00 ± 1.16	1.07 ± 1.36
Hodnota - p		<u><.001***</u>	<u><.001***</u>	<u>0.016*</u>

Poznámka: Statisticky významné hodnoty jsou označeny (*) pro $p < 0,05$, (**) pro $p < 0,01$ a (***) pro $p < 0,001$. Podtržené hodnoty byly vyhodnoceny Kruskal – Wallis testem z důvodu nenormální distribuce dat. Legenda: vyšetření (vyš.) směrodatná odchylka (SD), single leg decline squat (SLDS), endurance hop (End. hop.), [vlastní zdroj].

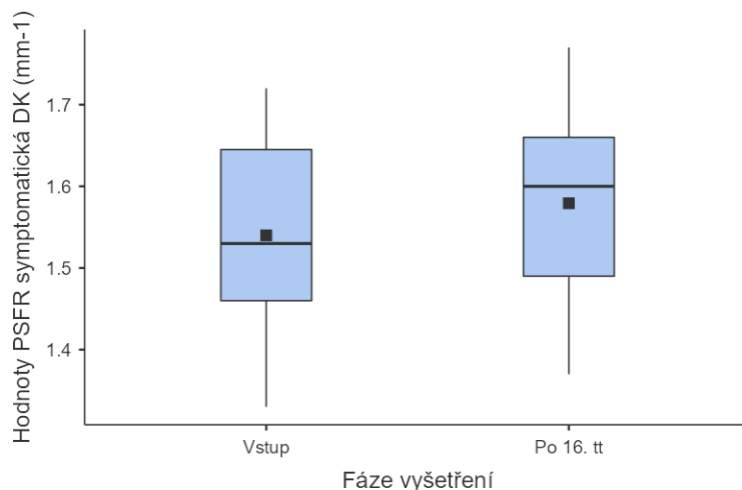
5.3.1 Změny z ultrasonografického vyšetření a mikromorfologické analýzy

Výsledky této práce poukazují (viz Graf 1 a Tabulka 3), že námi stanovené parametry ESWT měly pozitivní efekt na snížení tloušťky symptomatické šlachy hodnocené při vstupním vyšetření a následně tři měsíce po poslední aplikaci ESWT. Nejvíce statisticky významný rozdíl byl zjištěn u naměřené šířky šlachy v oblasti apexu pately s hladinou významnosti $p = 0.001$ (viz Tabulka 3). Statistická významnost byla také vyzorována v druhé lokalitě měření tloušťky (prostředek šlachy) s hodnotou $p = 0,039$. Hodnoty tloušťky asymptomatické šlachy zůstaly po dobu výzkumu výrazně neměnné (viz Příloha C Graf A).

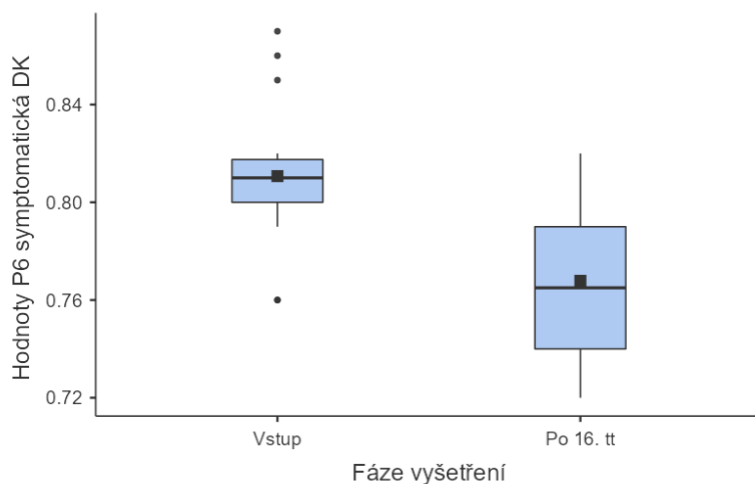


Graf 1 - Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti tloušťky naměřené ve třech oblastech (apex pately, střed šlachy a úpon šlachy na tuberositas tibiae) při vstupním a výstupním vyšetření symptomatické DK, [vlastní zdroj].

Z oblasti mikromorfologické analýzy se sledovaly hodnoty PSFR a P6. Z výsledků práce (Tabulka 3) lze konstatovat, že intervence nízkoenergetickou fokusovanou ESWT měla pozitivní efekt na hodnoty obou parametrů. Velikost PSFR symptomatické DK se po tři měsíčním odstupu od poslední aplikace ESWT mírně zvýšila s hladinou významnosti $p = 0,082$ (viz Graf 2). Hodnoty P6 se naopak po intervenci výrazně snížily se statistickou významností $p < .001$ (viz Graf 3). Výsledky vstupního a výstupního vyšetření mikromorfologické analýzy pro asymptomatickou DK jsou uvedeny v příloze C (Graf B a D).



Graf 2 - Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot PSFR z mikromorfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) symptomatické DK, [vlastní zdroj].

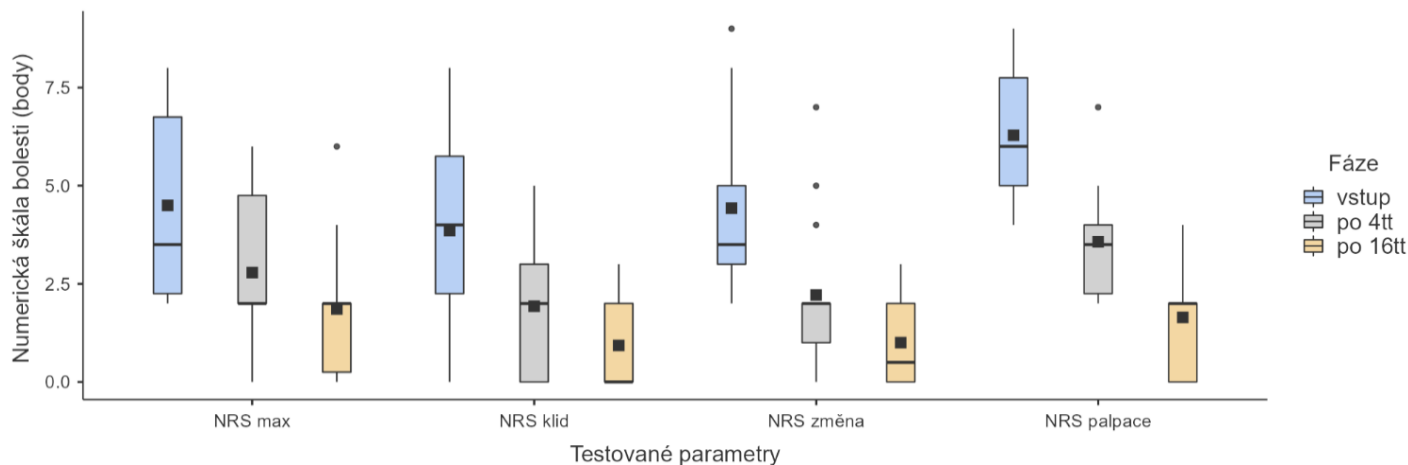


Graf 3 - Zobrazení min. a max. hodnoty, odlehých hodnot, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot P6 z mikromorfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) symptomatické DK, [vlastní zdroj].

5.3.2 Změny v hodnotách bolesti

Na základě výsledků z Tabulky 4 a Grafu 4 lze konstatovat, že ESWT má také významný vliv na redukci bolesti v námi daných situacích: při maximální zátěži (NRS max), v klidu (NRS klid), při náhlé změně směru (NRS změna) a při palpaci (NRS palpce). Graf 4 znázorňuje, jak se stupeň bolesti na NRS měnil v průběhu časového rozmezí více jak tří měsíců od počátečního vyšetření. Průměr a směrodatná odchylka jsou

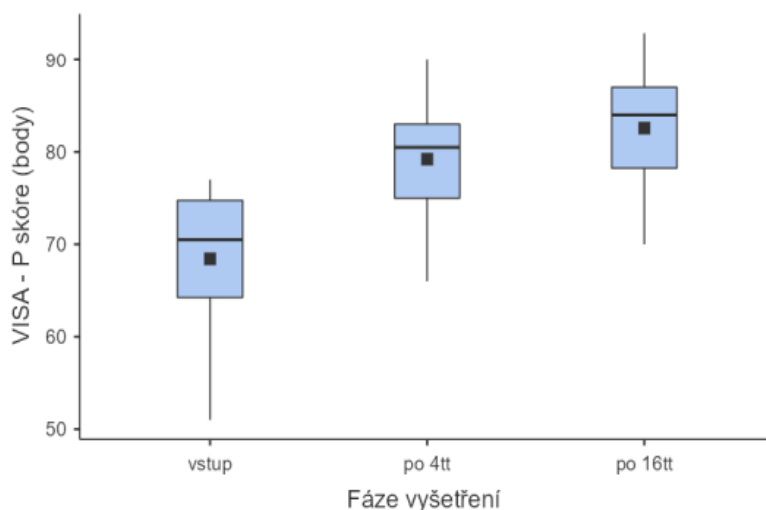
pro hodnocené parametry bolesti uvedeny v Tabulce 4. Z Grafu 4 je patrné, že se bolest nejvíce snížila v období mezi vstupním vyšetřením a čtvrtým týdnem výzkumu po absolvování ošetření ESWT. Statistická významnost testovaných parametrů je následující: NRS max $p = 0,007$, NRS klid $p = 0,004$, NRS změna $p = <.001$ a NRS palpce $p = <.001$.



Graf 4 - Porovnání stupně bolesti na NRS při maximální zátěži, v klidu, při náhlé změně směru a při palpaci mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a výstupním vyšetřením (tři měsíce po poslední intervenci ESWT) symptomatické DK [vlastní zdroj].

5.3.3 Změny ve VISA – P skóre

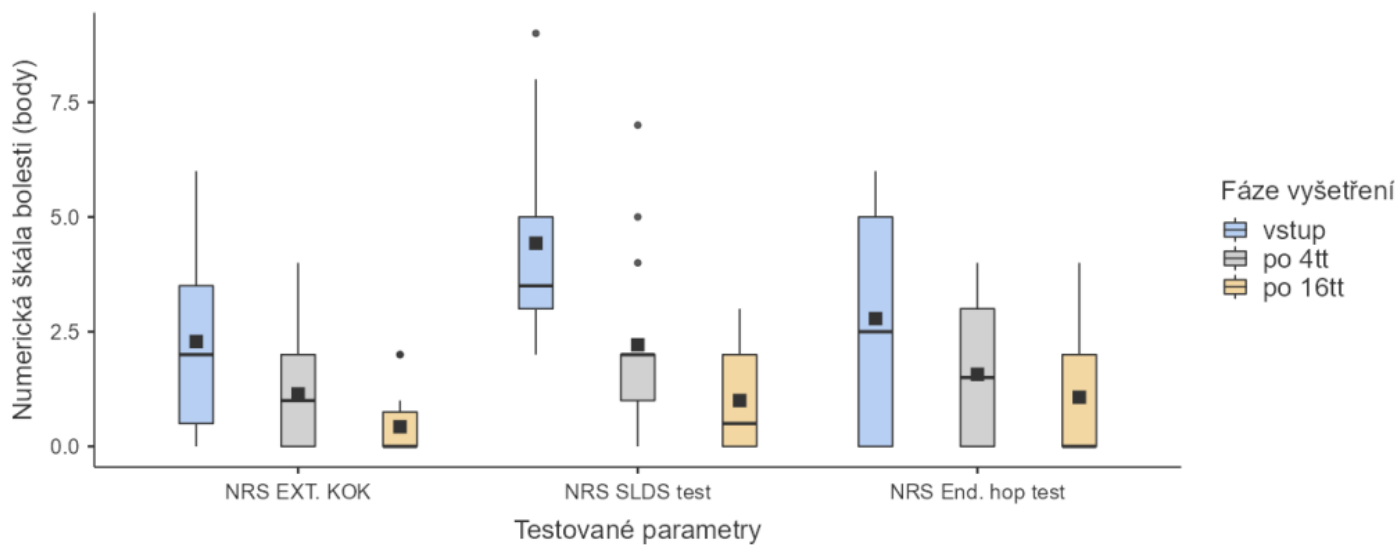
Probandi byli požádáni o vyplnění VISA – P dotazníku při vstupním vyšetření, po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a s odstupem tří měsíců (po 16. týdnu). Graf 5 poukazuje na průběh korelace VISA – P skóre, která má výrazně rostoucí tendenci. Opět nejvyšší změna v bodovém hodnocení dotazníku nastala v prvních čtyřech týdnech výzkumu, poté již nebyla tak markantní. Průměr a směrodatná odchylka jsou uvedeny v Tabulce 4. Výsledky znovu potvrzují efektivitu nízkoenergetické fokusované ESWT na skóre VISA – P dotazníku.



Graf 5 - Porovnání VISA – P skóre mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a výstupním vyšetřením (tři měsíce po poslední intervenci ESWT) [vlastní zdroj].

5.3.4 Změny ve funkčních zátěžových testech

Schopnost šlachy tolerovat zátěž byla testována extenzí KOK proti odporu (EXT. KOK), dřepem na symptomatické DK na nakloněné rovině (SLDS test) a testem poskoků na jedné DK (endurance hop test). Hodnotil se maximální stupeň bolesti na NRS vyvolaný během provedení těchto testů. Počet opakování v rámci jednotlivých testů byl následující: SLDS test (jedenkrát), EXT. KOK (třikrát) a endurance hop test (20 poskoků). Všichni pacienti dokončili plný počet opakování. Graf 6 poukazuje na redukci bolesti během provádění daných testů ve třech časových úsecích. Statistická významnost u všech testovaných parametrů byla prokázána s hodnotami: EXT. KOK $p = <.001$, SLDS test $p = <.001$ a endurance hop test $p = 0,016$. Číselné hodnoty průměru a směrodatné odchylky ve všech třech naměřených obdobích jsou znázorněny v Tabulce 5.



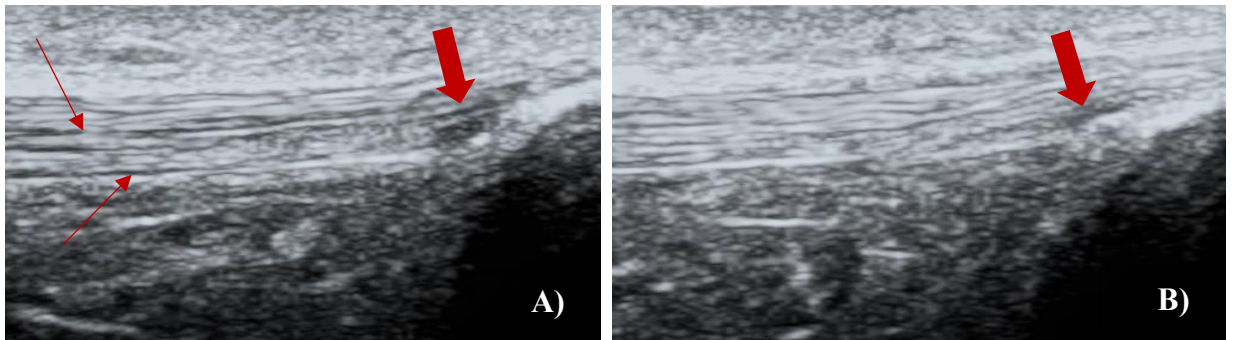
Graf 6 - Porovnání stupně bolesti na NRS při provádění zátěžových testů šlachy (extenze KOK proti odporu, single leg decline squat test (SLDS) a endurance hop test (End. hop test) symptomatické DK mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a výstupním vyšetřením (tři měsíce po poslední intervenci ESWT) symptomatické DK [vlastní zdroj].

5.3.5 Změny při ultrasonografickém vyšetření

Z odebraných USG snímků se také hodnotil vizuální stav šlachy. Dle vstupního vyšetření 10 (71 %) z celkového počtu probandů mělo pozitivní alespoň jeden z patologických nálezů (hypoechoenní místa, parciální rupturu, zvýšenou neovaskularizaci nebo vřetenovité rozvláknění šlachy). Zbytek pacientů (29 %) USG nález mělo negativní, avšak skóre z VISA – P dotazníku, výsledky z klinických testů a přítomnost subjektivních symptomů potvrzovalo diagnózu patelární tendinopatie. U pacientů s pozitivním USG nálezem převahovaly hypoechoenní oblasti (80 %) spojené s vřetenovitým rozvlákněním šlachy. Všechny nálezy byly lokalizovány v oblasti apexu pately a odpovídaly nejcitlivějšímu místu na šlaše při palpačním vyšetření. V rámci využití Dopplerova módu měly neovaskularizační změny pozitivní pouze dva pacienti (20 %) z toho u jednoho z nich byla přítomna i parciální ruptura šlachy v blízkosti apexu pately.

Výstupní USG vyšetření proběhlo s tříměsíčním odstupem od poslední aplikace ESWT. Z výsledků nebylo v žádném z výše uvedených patologických nálezů diagnostikováno zcela kompletní uzdravení a vymizení patologických změn. Přesto však došlo k mírnému zlepšení v echostruktuře a rozvláknění šlachy u šesti z osmi pacientů

(75 %). Dříve výrazně hypoechogenní místa nebyla po intervenci ESWT již tak intenzivní jako při vstupním vyšetření. Velikost a intenzita neovaskularizace se zlepšila u jednoho pacienta (50 %). Druhý pacient i při výstupním vyšetření měl stejný patologický nálezn na Dopplerově módu jako před intervencí ESWT. Což bylo pravděpodobně způsobeno parciální rupturou šlachy. I přes stejný vizuální nálezn na USG u pacienta s parciální rupturou došlo ke zlepšení subjektivního hodnocení i klinických testů nehledě na závažnost či změnu patologického nálezu.



Obrázek 4 - Pacient 3: A) na USG snímku jsou znázorněny hypoechogenní místa a vřetenovité rozvláknění šlachy při vstupním vyšetření, B) znázorňuje stav echostruktury šlachy po ESWT intervenci s tříměsíčním odstupem po poslední aplikaci rázové vlny [vlastní zdroj].

5.4 Vyhodnocení Hypotéz

H1: Z výsledků práce lze konstatovat, že hodnota PSFR vyhodnocena programem pro prostorovou frekvenční analýzu, je významně větší u tendinopatie patelární šlachy v komparaci s referenční asymptomatickou DK ($p = <.005$). Hypotéza H1 se tímto potvrzuje.

H2: Intenzita bolesti symptomatické DK zaznamenaná na NRS a hodnocená v daných situacích se po ošetření nízkoenergetickou fokusovanou ESWT významně snížila v porovnání se vstupními hodnotami. Statistická významnost osciluje v rozmezí 0,007 do $<.001$. Hypotéza H2 této práce se potvrzuje.

H3: Hodnota PSFR parametru patelární šlachy se s tříměsíčním odstupem od poslední aplikace ESWT výrazně nezvýšila oproti hodnotám před ESWT intervencí ($p = 0,082$). I přesto, že Graf 2 znázorňuje vzestupně se měnící tendenci hodnot PSFR mezi vstupním a výstupním vyšetřením, výsledek statistického hodnocení je za hranicí statistické významnosti a z tohoto důvodu se hypotéza H3 zamítá.

6 DISKUZE

Patelární tendinopatie (Skokanské koleno) je klinicky charakterizovaný stav, při kterém pacient může pociťovat bolest v kterékoliv části ligamentum patellae. V mnoha případech bývá nejcitlivější a bolestivé místo v oblasti distálního pólu česky (apex patellae). Tento fakt se potvrdil i v této diplomové práci, kdy při palpačním vyšetření a zátěžových testech všech 14 probandů (100 %) pociťovalo bolest přímo pod česku. Bolest však může být také lokalizována v oblasti úponu na tuberositas tibiae, ve středu samotného ligamenta nebo v kraniální části pately (Rosen et al., 2022; Kolář, 2020; Stasinopoulos, 2014). Stasinopoulos (2014) konstatuje, že z důvodu čtyř možných lokalizací bolesti je zapotřebí vhodný diagnostický termín pro každou konkrétní oblast. Z tohoto důvodu termín „patelární tendinopatie“ slouží spíše jako nadřazený pojem pro širší spektrum onemocnění, která vykazují převážně klinické projevy tendinopatie (bolest, otok, narušení funkce šlachy) bez znalosti jejich přímé patologie (Peers et al., 2005; Khan et al., 1998, Maffulli et al., 1998). V literatuře se proto můžeme setkat s několika rozdílnými názvy pro danou diagnózu jako např. patelární *tendinosis*, *tendinitis*, *tendinopathy*, *peritendinitis*, *paratendinitis*, parciální nebo intratendinózní ruptury či přítomnost kalcifikací.

Neshody v názvosloví pro onemocnění patelární šlachy se objevily již v roce 1994, kdy základní patologie patelární tendinopatie nebyla dozajista jasně definována (Khan et al., 1998). Dříve se k patelární tendinopatii přistupovalo jako k probíhajícímu zánětu uvnitř šlachy, tedy *tendinitidě* nebo také pod jiným názvem *tendonitidě*. Tendinitida je široce používaný pojem za předpokladu potvrzeného zánětu uvnitř šlachy. Často bývá spojována s probíhající reaktivní *paratendinitidou* (Rosen et al., 2022). Postupem času novější výzkumy zkoumající histologii a biochemické změny šlachy prokázaly absenci skutečného zánětlivého procesu (přítomnost zánětlivých buněk a prostaglandinů uvnitř šlachy) a z toho důvodu tento název se stal nevhodným označením pro diagnózu Skokanského kolene. Z makroskopického hlediska dle Khan et al. (1998) a Leal et al. (2015) patologická šlacha u Skokanského kolene představuje měkkou, žluto-hnědě zbarvenou, dezorganizovanou tkáň. Tento makroskopický vzhled tkáně je označován jako mukoidní degenerace. Mikroskopicky se šlacha u Skokanského kolene jeví zvýšenou koncentrací fibroblastů, glykosaminoglykanů, abnormálních tenocytů a kolagenu třetího typu. Dále se tendinopatická šlacha jeví neuspořádanou strukturou kolagenních vláken,

kteře jsou později nahrazeny zdegenerovanou až nekrotickou tkání (Obst et al., 2018; Stasinopoulos, 2014; Leal et al., 2015; Khan et al., 1998).

Makroskopický a mikroskopický popis šlachy naznačuje, že většina pacientů s patelární tendinopatií mají ve skutečnosti tzv. *tendinózu*. Tendinóza byla navržena jako termín charakterizující degenerativní a chronicky bolestivý stav šlachy (Rosen et al., 2022; Peers et al., 2005; Khan et al., 1998). Dochází zde k selhání hojivé reakce vedoucí k degenerativním změnám, narušení uspořádaní kolagenních vláken, nahromadění tenocytů, lipidů a kalciových depozit. Patologická šlacha se stává méně pevná, hůře cévně zásobená a zvětšená ve svém objemu a tloušťce, čímž se stává více zranitelná pro případné mechanické poškození (kompletní či parciální ruptury) (Rosen et al. 2022; Aicale et al., 2020; Khan et al., 1998).

Samotná etiologie tendinózy zatím není zcela úplně objasněna. V aktuální době, mnoho odborných publikací je toho názoru, že porucha regenerace a nástup degenerativních procesů uvnitř šlachy je zapříčiněna opakovaným přetěžováním dané oblasti s nedostatečným časem pro zotavení. Stále se však můžeme setkat s názory, že tendinóza je zapříčiněna předchozí tendinitidou neboli proběhlým zánětem šlachy. Pokud by tendinitida byla předchůdcem tendinózy, předpokládá se, že parciální ruptury a aktivní zánět jsou prekurzorem degenerace kolagenních vláken. Histopatologické nálezy však poukazují, že parciální ruptury, zjizvená tkáň a přítomnost kalcifikací se pouze vyskytují ve spojení s tendinózou čili u degenerativních změn šlachy. Dále také potvrzení zánětlivého procesu na USG pomocí Dopplerova módu nemusí vždy indikovat aktivní zánět (Snellenberg et al., 2007). Zvýšená neovaskularizace je často přítomna v závislosti s nálezem parciálních ruptur či akutním stádiem degenerace (Rosen et al., 2022). Z výše uvedeného textu vyplývá, že pro vhodné označení patologického stavu šlachy je zapotřebí použít zobrazovací metodu (USG nebo magnetickou rezonanci) či biopsii tkáně, které odhalí histopatologické změny uvnitř šlachy (Rosen et al., 2022; Zhang et al., 2014; Maffuli et al., 1998). Zhang et al. (2014) na základě své studie „Changes in Morphology and Elastic Properties of Patellar Tendon in Athletes with Unilateral Patellar Tendinopathy and Their Relationship with Pain and Functional Disability“ konstatuje, že důležité je vždy vyšetřit i druhostrannou DK pomocí USG z důvodu včasného odhalení abnormálních změn šlachy, které by později mohly vyústit v symptomatickou tendinopatii.

I přesto, že je Skokanské koleno spojováno převážně se sportovci, lze se s ním setkat i v běžné populaci, a to až z 15 % (Bennet et al., 2021). Rosen et al. (2022) uvádí, že patelární tendinopatie tvoří 10 % klinických diagnóz kolenního kloubu, a tak se stává jednou z nejčastějších patologií kolene. Nejvyšší výskyt tendinopatie patelární šlachy byl zaznamenán u profesionálních volejbalistů (45–55 %) a basketbalistů (32 %), u kterých pohybový stereotyp tvoří převahu vysokých výskoků a dopadů. Je patrné, že při těchto pohybech, značné síly působí na extenzorový mechanismus kolenního kloubu. Síla působící na patelární šlachu na rovném povrchu při běžné chůzi je okolo 0,5 kN, která se zvýší na 8 kN během dopadu ze skoku a na 9kN při rychlejším běhu. Odhaduje se, že basketbalista za jeden zápas vyskočí v průměru 70krát, přičemž se reakční síla zvýší až na osminásobek tělesné váhy jedince (Mayur et al., 2019; Stanish et al., 1986; Zernicke et al., 1977). I přesto že etiologie Skokanského kolene je stále diskutabilní, je zřejmé že velikost zatížení na patelární šlachu hraje důležitou roli ve vzniku tohoto onemocnění, a proto by na to měl být brán zřetel. Z dostupných studií lze říci, že velikost působících sil na patelární šlachu při skokovém mechanismu je ovlivněna technikou samotného skoku. Co se týče ostatních sportů, např. fotbal, ve kterém výskoky nejsou tak časté, zátěž vyvolaná během této aktivity (výbušné zrychlení či zpomalení a náhlá změna směru) také mohou vést ke vzniku patelární tendinopatie. Bylo zaznamenáno že 2,4 % profesionálních fotbalistů je postiženo Skokanským kolenem během jedné fotbalové sezóny (Figuroa et al. 2016, Leal et al., 2015; Norris, 2011). Zwerver et al. (2011) ve své studii zkoumal prevalenci Skokanského kolene u neprofesionálních sportovců v několika sportech. Výsledky studie potvrzují diagnózu patelární tendinopatie u 8,5 % rekreačních sportovců. Sporty jako je basketbal a volejbal měly opět vyšší prevalenci (11,3 - 14,4 %) oproti fotbalu (2,5 %). U běžců byla patelární tendinopatie zaznamenána jako třetí nejčastější bolestivý stav kolenního kloubu. Je zřejmé, že tento patologický stav postihující patelární šlachu vysoce souvisí se zvýšenou sportovní aktivitou a zátěží, nicméně byl také zaznamenán u jedinců se sedavým stylem života. V rámci této diplomové práce z důvodu nízkého počtu probandů je těžké posoudit vysokou spojitost patelární tendinopatie a daného sportu. I přes nízký počet zúčastněných splňující kritéria výzkumu, výsledky poukazují na vzájemný vztah mezi sporty jako je fotbal a basketbal s diagnózou Skokanského kolene.

Specifická sportovní aktivita není pouze jediným zevním faktorem ovlivňující stav patelární šlachy. Dle dostupných zdrojů byla zaznamenána souvislost mezi vysokým

indexem tělesné hmotnosti (BMI), věkem, míry zkrácení ischiokrurálních svalů, omezenou pohyblivostí hlezenního kloubu, slabostí čtyřhlavého stehenního svalu, plochonoží a nesouměrností délky dolních končetin. Diagnóza Skokanského kolene postihuje jedince převážně mladého věku. Muži bývají častěji postiženi patelární tendinopatií než ženy. Stále tento fakt není zcela zdůvodněn, ale existuje několik hypotéz, proč tomu tak je (Rosen et al., 2022; Bennett et al., 2021; Figueroa et al., 2016). Udává se, že ženy mají slabší m. quadriceps femoris a tím pádem nemohou vyvinout tak velkou sílu např. při skocích a výbušných pohybech v komparaci s muži. Z toho vyplývá, že u žen na patelární šlachu nepůsobí tak velká síla jako u mužů. Dalším důvodem je vyšší hladina estrogenu u žen související s nižší tuhostí patelární šlachy, která koreluje s rozvojem patelární tendinopatie. S tímto názorem se výsledky jiných studií rozporují a tvrdí, že patelární tendinopatie postihuje obě pohlaví ve stejné míře (Figueroa et al., 2016). U žen bylo zjištěno, že estrogen inhibuje syntézu kolagenu uvnitř šlachy, která nastává během cvičení. To ovlivňuje rychlost regenerace šlachové tkáně což může být počátečním faktorem vzniku tendinopatie (Bennett et al., 2021; Zwerver et al., 2011). Stále však nejrelevantnějším zevním faktorem a pravděpodobně hlavní příčinou rozvoje patelární tendinopatie je nevhodný tréninkový plán, frekvence cvičení a nekvalitní technika daných aktivit (Rosen et al., 2022; Leal et al. 2015; Norris, 2011).

Výsledky tohoto výzkumu odpovídají faktu, že postižení patelární šlachy tendinopatií se jeví častěji u mužů než u žen. V případě této diplomové práce se domnívám, že určitý druh sportovní aktivity (fotbal a basketbal), má vliv na separaci pohlaví v rámci diagnózy Skokanského kolene. Vzájemný vztah mezi vyšším BMI a tendinopatií se u probandů neprokázal. I přesto, že všichni pacienti nejevili známky nadváhy, tak se u nich diagnóza potvrdila.

Blazina et al. (1973) byl jeden z prvních autorů, který uznal, že Skokanské koleno může velice ovlivnit každodenní aktivity a život jedince. Obzvlášť u profesionálních sportovců tato diagnóza může podstatně limitovat až ukončit jejich sportovní kariéru. Předpokládá se, že až třetina pacientů trpí výraznou bolestí a funkčním omezením ještě šest měsíců od začátku potíží a u většiny z nich bude určitý stupeň příznaků přetrvávat i několik let (Pearson et al., 2014). Někteří profesionální a rekreační sportovci s patelární tendinopatií svou sportovní aktivitu nepřerušují i přes mírnou až střední bolest, což následně vede k závažnějšímu poranění patelární šlachy (parciální a intratendinózní ruptury). Z tohoto

důvodu k této diagnóze je důležité přistupovat důkladně již od vstupního kineziologického vyšetření a následně stanovit vhodné režimové či preventivní opatření a léčebně terapeutický plán (Rosen et al., 2022; Golman et al., 2020).

Primární přístup a postup, který se volí v rámci diagnostiky Skokanského kolene je konstruován na základě subjektivních příznaků jedince a klinických testů. Hlavním pilířem správného vyšetření je důkladně odebraná anamnéza zahrnující historii symptomů, případně jiná mechanická poškození kolenního kloubu či závažná onemocnění. Typickým klinickým obrazem patelární tendinopatie je lokalizovaná bolest a tuhost patelární šlachy nebo případný otok a zhoršená funkce kolenního kloubu. Mezi elementární klinické vyšetření patří palpce patelární šlachy s cílem zmapování nejbolestivějšího místa. Validitou palpce se zabývali Cook et al. (2001) a Maffulli et al. (2017). Oba došli k odlišným výsledkům. Cook et al. (2001) zhodnotil palpaci jako průměrně citlivý test (se senzitivitou 68 %) v komparaci s USG vyšetřením. Naopak Maffulli et al. (2017) ve své studii udává senzitivitu testu 98 % se specificitou 94 %. Z výsledků obou studií je patrné, že palpce je čistě subjektivní forma testování a výsledky mohou být tak zkreslené. Další testem k diagnostice patelární tendinopatie je tzv. Royal Hospital test, u kterého byla potvrzena nižší senzitivita a vyšší specificita v komparaci s palpací (Aicale et al., 2020). Maffulli et al. (2017) zhodnotil senzitivitu Royal Hospital testu na 88 % se specificitou 98 %. Dostupná literatura hodnotí tento test jako efektivní v rámci diagnostických prostředků pro Skokanské koleno. Pro odlišení tendinopatie patelární šlachy od femoropatelárního bolestivého syndromu, který patří mezi nejčastější syndromy imitující Skokanské koleno, se doporučuje také provést tzv. Hoffův test (Physioturos, 2022). Bylo však prokázáno, že tyto dvě patologie se mohou vyskytovat současně (Rosen et al., 2022; Aicale et al., 2020; Figueroa et al., 2016).

U sportovců se prvotní příznaky patelární tendinopatie většinou objeví po vyšší sportovní zátěži. Postupem času a při progresi symptomů bolest dříve pociťovaná pouze po zátěži sportovce začne limitovat i během samotného sportovního výkonu a později i v klidu. V některých případech se bolest pro sportovce stává fatální. Jelikož bolest u pacientů se Skokanským kolenem reaguje na velikost zátěže působící na patelární šlachy, je při diagnostice vhodné použít klinické testy hodnotící funkční zdatnost a klinickou výkonost šlachy. Mezi ně se řadí Single leg – decline squat test (SLDS), test

poskoků (endurance hop test) a test extenze KOK proti odporu. Stupeň bolesti zaznamenaný na numerické škále bolesti (NRS) představuje pozitivitu testů pro patelární tendinopatii (Rosen et al., 2022; Aicale et al., 2020).

Neopominutelným způsobem hodnocení příznaků pacienta se Skokanským kolenem je VISA – P dotazník. Jedná se nesporně o významný způsob subjektivního hodnocení efektivity terapií. Aplikuje se po celém světě a existuje mnoho jeho modifikací. I přes subjektivní hodnocení pacienta, dotazník dosahuje relativně spolehlivých výsledků. Bodové skóre je zaznamenáno na stupnici 0–100. Čím nižší číslo zaznamenané na bodové stupnici, tím závažnější symptomy tendinopatie pacient má. Je však vhodné podotknout, že pacienti při vyplňování dotazníku odpovídají na otázky, týkající se bolesti, ale i schopnosti provedení určitých aktivit. Přesto, že dotazník je cílený na zatížení patelární šlachy je pro provedení dané aktivity zapotřebí zapojit celý komplex kolenního kloubu. Z toho vyplývá, že výsledné skóre může být zkresleno i jinými patologiemi kolenního kloubu, a proto dotazník nelze považovat za hlavní diagnostický nástroj pro patelární tendinopatii. V dostupné literatuře také není zcela sjednocená hraniční hodnota, pro kterou lze tendinopatii jistě označit. Předpokládá se, že symptomatictí pacienti s patelární tendinopatií nedosáhnou bodové hranice nad 75 bodů. Naopak jedinci, kteří se pohybují v hodnotách nad 80 bodů by neměli pociťovat žádné klinické symptomy spojené se skokanským kolenem (Wilgen et al., 2011). S tímto faktem se výsledky této práce neshodují. Do fáze bez jakýkoliv symptomů se dostali pouze tři pacienti (21 %), kteří dosáhli bodové hranice nad 87 bodů. Známky kompletního zotavení se také projevíly na klinických testech a subjektivním vnímáním. Dále šest pacientů (43 %) mělo skóre nad 80 bodů, ale i přes velké zlepšení stále pociťovali některé mírné symptomy patelární tendinopatie.

Je patrné, že v dosavadní době neexistuje sjednocený postup, jak přistupovat ke klinickému vyšetření patelární tendinopatie. Jednotlivé studie se odlišují ve využívaných metodách a testech, dle kterých následně hodnotí efektivitu dané terapie. Nesjednocená objektivizace klinické diagnostiky způsobuje těžší porovnání výsledků mezi studiemi. Na základě toho, se v této diplomové práci udělala řešerše nejčastějších diagnostických prostředků (viz výše) pro patelární tendinopatii, pomocí kterých se následně hodnotila efektivita nízkoenergetické fokusované ESWT. Hlavním hodnoceným klinickým faktorem byla bolest zaznamenaná na numerické škále bolesti (NRS). Výsledky

vstupního vyšetření poukázaly na variabilitu symptomů (stupně bolesti) mezi pacienty při jednotlivých testech. Ne u všech vyšetřovacích metod pacienti pociťovali bolest. Při hodnocení extenze KOK proti odporu a testu poskoků zhruba polovina pacientů necítila bolest. Tento náález naznačuje individualitu symptomů jedince reagující na různé způsoby zatížení. Ostatní využívané diagnostické metody byly u všech probandů pozitivní.

Nezbytným doplňkem pro správnou diagnostiku patelární tendinopatie je využití některých zobrazovacích metod (USG a magnetické rezonance). Správně by měla být definitivní diagnóza potvrzena až na základě jejich podkladů. V praxi se více využívá USG vyšetření, na kterém se hodnotí tloušťka šlachy, velikost CSA (cross sectional area), nepravidelnost paratenonu, neovaskularizace, intratendinózní kalcifikace, echogenita a rozvláknění vláken. Dále by se mělo specifikovat o jakou patologii se uvnitř šlachy jedná (tendinóza, tendinitida, parciální ruptury). USG se jeví jako přesný diagnostický nástroj se senzitivitou 83 % a specificitou 82 % (Rosen et al., 2022; Aicale et al., 2020; Figueroa et al., 2016). Studie zkoumající makromorfologii patelární šlachy zaznamenaly rozdíly ve velikosti tloušťky u symptomatických sportovců se Skokanským kolenem. Výsledky studií jsou však opět variabilní. Bode et al. (2017) se ve své studii „Patellar tendinopathy in young elite soccer – clinical and sonographical analysis of German elite soccer academy“ věnoval analýze klinických a ultrasonografických aspektů patelární tendinopatie u mladých fotbalistů (věk <23 let). Tloušťka šlachy byla změřena 2 cm od apexu pately. Paratenon nebyl součástí měření. Výsledky studie konstatují, že velikost tloušťky patelární šlachy byla signifikantně větší u jedinců s klinickými symptomy Skokanského kolene ($p = 0,001$). Průměrná tloušťka šlachy u asymptomatických fotbalistů byla $4,10 \pm 0,68$ mm. Patelární šlacha s tendinopatií se jevila o 0,15 mm tlustší. U těchto jedinců byly také přítomny hypoechogenní oblasti a zvýšená neovaskularizace šlachy. Nishida et al. (2021) také pozoroval ztlustění patelární šlachy u univerzitních sportovců. Hodnoty tloušťky šlachy sportovců s tendinopatií byly 8,3 mm v komparaci se zdravými jedinci (5,1 mm). Z výstupních hodnot konstatuje, že tloušťka patelární šlachy nad 7 mm na USG či MRI je klinicky signifikantní s hodnotou $p = 0,001$. Dále také Golman et al. (2020) posuzoval korelaci tloušťky patelární šlachy a vzniku parciálních ruptur. Výsledky této studie potvrzují silnou spojitost mezi tloušťkou (vyšší než 8,8 mm) a výskytem intratendinózních ruptur. Mezi autory dále také panuje názor, že patologické změny šlachy prokázané při USG vyšetření, nemusí vždy odpovídat klinickým symptomům pacienta. Degenerativní změny patelární šlachy byly zjištěny

i u zdravých asymptomatických vrcholových sportovců (Golman et al. 2020; Figueroa et al., 2016; Khan et al., 1998). Jedinou prokazatelnou spojitost mezi vážností stupně patelární tendinopatie a USG nálezy popsal Cook et al. (2001). Uvedl, že jedinci s abnormálním nálezem na USG mají 4,2krát vyšší riziko rozvoje klinických symptomů Skokanského kolene oproti lidem s fyziologickým nálezem.

V této diplomové práci pozitivní patologický nález mělo 71 % pacientů. Zbytek probandů i přes fyziologický vzhled šlachy na USG zobrazení udávali symptomy patelární tendinopatie, které se následně potvrdily z výsledků VISA – P dotazníku a klinických testů. Pacienti s patologickými změnami měli nejčastěji nález odpovídající degenerativním změnám šlachy (hypoechogenní oblasti, rozvláknění vláken a rozšíření šlachy) v komparaci s kontrolní (asymptomatickou) DK. U dvou jedinců byla také přítomna zvýšená neovaskularizace s tím, že jeden z nich měl intratendinózní rupturu. Pokud nebudeme brát v potaz malý vzorek probandů, tak z výsledků práce plyne, že nejčastějším nálezem u symptomatických jedinců patelární tendinopatie by mohla být tendinóza, čili degenerativní procesy ve znamení hypoechogenních míst, rozvláknění vláken a rozšířením šlachy.

Je zcela jednoznačné, že v rámci diagnostiky tendinopatií se nejvíce uplatňuje ultrazvuk či magnetická rezonance. Většina studií využívající zobrazovací metody pro posouzení struktury šlachy se pouze zaměřuje na makromorfologické změny, které však neposkytují kvantitativní data pro hodnocení stavu intratendinózního uspořádání šlachové tkáně. Prostorová frekvenční analýza (spatial frequency analysis – SFA) je speciální program navržený profesorem Gregem Bashfordem z Nebrasky, umožňující objektivní analýzu uspořádání kolagenních vláken a rozlišení degenerativních změn uvnitř šlachy (Crawford et al., 2021; Bashford et al., 2008). Klíčovým parametrem reprezentující mechanické vlastnosti a organizaci kolagenních vláken je tzv. peak spatial frequency radius (PSFR). Čím vyšší jsou hodnoty tohoto parametru, tím zdravější je šlachová tkáň. Mezi studiemi stále není sjednocená hodnota PSFR, která by při určité hodnotě jednoznačně označovala přítomnost patologie (tendinopatie). Crawford et al. (2021) sledoval mikromorfologickou analýzu u sportovců s patelární tendinopatií a zaznamenal, že u zdravých jedinců hodnota PSFR se pohybovala v rozmezí 1,7 až 2,0 mm^{-1} . Sportovci s patelární tendinopatií měli hodnoty PSFR nižší a to v rozmezí 1,4 až 1,8 mm^{-1} . Dalším dobrým ukazatelem, který ve studiích využívající SFA není tolik sledován

je hodnota P6. P6 hodnotí homogenitu uspořádání kolagenních vláken a zde platí, že čím nižší hodnota, tím jsou vlákna uspořádanější a tím by měla být šlachová tkáň zdravější (Crawford et al. 2021; Kulig et al., 2013; Bashford et al., 2008).

V rámci této diplomové práce nám bylo umožněno využít tento poněkud nový způsob objektivního hodnocení vnitřního prostředí šlachy. USG snímky odebrané při vstupním vyšetření byly ve formě JPEG nahrány do speciálního programu pro SFA v MATLABU. Mikromorfologická analýza byla provedena u symptomatické DK a následně u asymptomatické (kontrolní) DK pro vzájemnou komparaci hodnot. Výsledky ze vstupního vyšetření poukázaly, že symptomatická DK měla hodnoty PSFR nižší oproti kontrolní DK se statistickou významností $p= 0,005$. Patologické změny uvnitř symptomatické DK byly také prokázány hodnotou P6, která byla u tendinopatické šlachy vyšší ($p= 0,032$). Na základě těchto výsledků lze tedy konstatovat, že SFA je vhodným a spolehlivým způsobem, jak rozlišit mikromorfologické intratendinózní změny šlachy u zdravých jedinců a těch s patelární tendinopatií.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo posoudit efektivitu nízkenergetické fokusované ESWT při léčbě patelární tendinopatie u sportovců starších 18 let. ESWT byla pacientům po důkladném vstupním vyšetření aplikována celkem čtyřikrát. Sledovanými aspekty byly jak subjektivní, tak klinické příznaky pacientů a změny v makroskopických a mikroskopických vlastnostech šlachové tkáně. Symptomatologie byla testována pomocí VISA – P dotazníku a klinických testů celkem třikrát, a to během vstupního vyšetření, po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a s tří měsíčním odstupem od poslední intervence ESWT (po 16. týdnu). Makromorfologie a mikromorfologie byla hodnocena pomocí USG a SFA v rámci vstupního vyšetření a výstupního vyšetření (po 16. týdnu).

Terapeutický management patelární tendinopatie je poměrně rozsáhlý a existuje mnoho konzervativních metod, jenž je možné využít v léčbě této diagnózy. I přesto, že některé způsoby terapeutické intervence zaznamenaly uspokojivé výsledky, stále neexistuje ucelený přístup a postup, který by zaručoval kompletní uzdravení jedince bez toho, aniž by museli svou sportovní aktivitu nějak omezit. ESWT je v rámci tendinopatií obecně považována za metodu volby. Studií zabývajících se touto problematikou je poměrně velké množství, avšak většina z nich se rozchází ve variabilním způsobu vyšetření, heterogenitě skupin, zdrojích rázových vln (fokusovaná ESWT či RPW),

výběrem nastavených parametrů a tím i odlišných výsledků. Právě tyto faktory mohou ovlivnit výslednou efektivitu ESWT, a proto nelze specifikovat individuální postup.

Pro léčbu Skokanského kolene je častěji zvolena fokusovaná ESWT oproti radiální terapii (Radial Pressure Wave Therapy - RPW) (Lee et al., 2020; Thijs et al. 2017, Zwever et al., 2011). V několika odborných studiích autoři porovnávali efektivitu těchto dvou ESWT v rámci tendinopatií. Některé výsledky konstatují, že za pomoci VISA – P dotazníku a stupně bolesti na VAS neexistuje rozdíl v účinnosti mezi RPW terapií a fokusovanou ESWT (Lohrer a Nauck, 2018, s. 227; Van der Worp et al., 2014). Van der Worp et al. (2014) porovnával účinnost RPW (tři aplikace, 2000 impulsů, 8 Hz) a fokusované ESWT (tři aplikace, 2000 impulsů, 4 Hz). EFD a hodnota barů byla nastaven tak, aby při obou aplikacích odpovídala stejné hodnotě. Obě terapie rázovou vlnou snížily stupeň bolesti a zlepšily funkce sportovců, ale žádná z nich se neukázala být lepší volbou. Şah et al. (2023) ve své studii porovnával efektivitu fokusované ESWT a radiální terapie na Skokanské koleno po třech intervencích. Na základě VISA – P skóre a stupně bolesti na VAS ve třetím, pátém a sedmáctém týdnu výzkumu, vyhodnotil superiorní účinek RPW terapii oproti fokusované ESWT. Ve studii však byly rozdíly v aplikovaném počtu impulsů (u RPW terapie bylo použito více rázů) na základě čehož autor zdůvodňuje výsledky své práce. V další komparační studii rázových vln z roku 2021, byla u tendinopatie z dlouhodobějšího hlediska účinku potvrzena výrazně vyšší efektivita fokusované ESWT oproti radiální terapii. Obě rázové vlny byly prokázány jako efektivní v ovlivnění funkce a stupně bolesti (na NRS) v období po intervenci. Avšak fokusovaná ESWT projevila signifikantní redukcii bolesti na NRS po 48. týdnu od poslední aplikace (Li et al., 2021). Jedna studie z roku 2015 také potvrdila vyšší účinnost fokusované ESWT, dosahující 88 % dobrých až výborných výsledků v komparaci s RPW terapií, u které bylo dosaženo pouze 67 % zlepšení (Leal et al. 2015).

V této diplomové práci byla zvolena nízkoenergetická fokusovaná ESWT z důvodu schopnosti přesného zacílení nejbolestivějšího místa na patelární šlaše a předpokladu většího biologického účinku na strukturu šlachy a okolních tkání. Parametry byly zvoleny po konzultaci s certifikovaným specialistou na rázovou vlnu a na základě doporučených hodnot z ISMST guidelines. EFD byla regulována v rozmezí 0,14 – 0,18 mJ/mm² dle tolerance bolesti pacienta, frekvence rázů 5 Hz s celkovým počtem impulsů 2000 pro ošetřovanou oblast (Auesperg et al., 2019).

Dle výsledků symptomatologie a klinických testů odebraných při vstupním vyšetření, dále v den poslední aplikace ESWT (4. týden) a následně s tříměsíčním odstupem od poslední aplikace ESWT (po 16. týdnu) byly vyzorovány výrazné změny po intervenci rázovou vlnou. Stupeň bolesti byl zaznamenán na NRS v daných situacích, a to při maximální zátěži sportovce, v klidu a při náhlé změně směru. Ke změnám bolesti došlo nejvíce po poslední aplikaci ESWT, kdy se bolest redukovala téměř o polovinu v komparaci se vstupními hodnotami. Poté se stupeň bolesti ještě mírně snížil na základě statistické významnosti $p = <.001 - 0,007$ (viz Tabulka 4). Ve stejném časovém intervalu se také hodnotila bolest na NRS při palpačním vyšetření a zátěžových testech (SLDS test, endurance hop test a test extenze KOK proti odporu) a VISA – P skóre. Stupeň bolesti při palpaci se opět nejvíce snížil (zhruba o 50 %) v den po poslední aplikaci ESWT.

Maemichi et al. (2021) zabývající se okamžitým analgetickým efektem fokusované ESWT zdůvodnil tento fakt tím, že při ESWT dochází k destrukci volných nervových zakončení a tím k okamžitému analgetickému efektu ihned po intervenci. Zhang et al. (2020) ve studii „One Session of Extracorporeal Shockwave Therapy – Induced Modulation on Tendon Shear Modulus is Associated with Reduction in Pain“ neprokázal po ESWT aplikaci ihned výraznou úlevu od bolesti při palpačním vyšetření sportovců ($p > 0,05$). Z výsledků však vyzoroval výrazné snížení tuhosti šlachy s poklesem bolesti na VAS škále ($p = 0,023$) při provedení dřepu na nakloněné rovině (SLDS test). Jeho výsledky studie konstatují, že ESWT redukuje tuhost šlachy u sportovců s patelární tendinopatií, s čímž je spojen analgetický efekt při dostatečném zatížení patelární šlachy. Poznatky ze studie Zhang et al. (2020) podporují i výsledky v této diplomové práci. Stupeň bolesti patelární šlachy hodnocený při zátěžových testech se v den po poslední intervenci fokusované ESWT nejvíce snížil, a to na hladině významnosti $p < .001$ (viz. Tabulka 5).

Pokles v hodnotách po ESWT intervenci na patelární šlachy byl v této diplomové práci také zaznamenán ve VISA – P dotazníku. I přesto, že se jedná o subjektivní hodnocení pacientem, tento způsob evaluace vykazuje poměrně spolehlivá data. Největší bodový skok byl vyzorován v prvních čtyřech týdnech po poslední aplikaci ESWT. Při porovnání vstupního a výstupního vyšetření se bodové skóre zvýšilo u všech pacientů ($p < .001$). Nejmenší zaznamenaný bodový rozdíl byl 7 bodů a největší 21 bodů. Z dostupné literatury není patrné, za jaký klinicky relevantní bodový rozdíl lze považovat

zlepšení symptomů pacienta s patelární tendinopatií. Rosen et al. (2022) uvádí, že symptomatické zlepšení klinického stavu pacienta se projeví až při nárůstu o 13 bodů. Tuto hypotézu z výsledků této práce potvrdilo devět (64 %) pacientů, u kterých došlo k výraznému zlepšení stavu. Nicméně i zbytek pacientů (36 %), kteří nedostáli tak velkého bodového rozdílu, udávali mírné zlepšení.

Porovnání vstupních a výstupních výsledků z USG vyšetření této práce naznačuje, že po ESWT intervenci s následným tří měsíčním odstupem by mohlo docházet k nepatrnému ovlivnění makroskopických a mikroskopických vlastností šlachy. Musíme však brát v potaz, že i přes snahu o co nejvíce přesné hodnocení, je několik faktorů, které by samotné výsledky mohly ovlivnit. Mezi ně např. patří míra chybné interpretace při vizuálním hodnocení snímků a nepřesná volba ideálního místa pro měření tloušťky šlachy.

I přesto, že tloušťka tendinopatické šlachy pacientů v této diplomové práci při vstupním vyšetření nepřesáhla velikost, kterou někteří autoři udávají za jeden z klinicky signifikantních příznaků tendinopatie (>7 mm), symptomatická šlacha byla tlustší v komparaci s asymptomatickou DK (Nishida et al., 2021). Hlavní rozdíl tloušťky byl vyzorován v místě apexu pately (nejbolestivějšího místa), kde tloušťka byla průměrně o 1 mm větší než u asymptomatické DK. Po ESWT ošetření se tloušťka symptomatické šlachy v oblasti apexu pately mírně snížila ($p < .001$). Změny byly také vyzorovány v rámci hypoechogenních míst. Po ESWT intervenci hypoechogenita míst nebyla již tak intenzivní a rozsáhlá. Na základě srovnání výsledů z vizuálního nálezu na USG před a po ošetření symptomatické patelární šlachy nízkoeenergetickou fokusovanou ESWT, lze poukázat na eventuální změny, byť jen drobného a možná i zanedbatelného charakteru. Tyto změny lze odůvodnit již zmíněným biologickým účinkem fokusované ESWT na šlachovou tkáň, avšak ho nelze pouze z USG nálezů této práce zcela potvrdit.

Zhang et al. (2020) sledoval vliv ESWT na makroskopické změny šlachy pomocí USG a Shear wave elastografie (pro hodnocení elastických vlastností tkání) u sportovců se Skokanským kolenem. Studie se zúčastnilo 12 zdravých atletů a 31 volejbalistů s patelární tendinopatií. Symptomatologie byla hodnocena na základě USG a VISA – P dotazníku po více jak třech měsících. Výsledky studie konstatují výrazné snížení velikosti tloušťky o 11,1 % v porovnání se vstupními hodnotami. Je však udáváno, že

makroskopické změny jsou pozorovatelné až s delším odstupem času po ESWT intervenci (zhruba až po třech měsících).

Pro přesnější a objektivnější hodnocení USG snímků (mikromorfologických změn šlachy) je vhodné použít dnes již dostupný program pro prostorovou frekvenční analýzu. Jedná se o kvantitativní ultrasonografickou metodu charakterizující strukturální uspořádání tkáně (kolagenních vláken). Důraz se klade zejména na dva parametry a to PSFR (peak spatial frequency radius) a hodnotu P6. Tento program se doposud pouze využíval jako diagnostický prostředek v rámci analýzy a diferenciací patologických změn šlachy, nikoli k hodnocení progresu regenerace tkání.

Crawford et al. (2021) jako jeden z prvních ve své longitudinální studii použil SFA pro hodnocení mikromorfologické analýzy intratendinózní tkáně v průběhu procesu regenerace šlachy. Sledoval změny u atletů s patelární tendinopatií, u kterých konzervativní terapie selhala, a tak museli podstoupit chirurgické řešení. Jeden z cílů této analýzy bylo poskytnout první pohled na užitečnost SFA v procesu evaluace progresu hojení šlachové tkáně během rehabilitace a po invazivním zákroku. Z výsledků studie se potvrdil nárůst PSFR hodnoty a VISA – P skóre v průběhu 12 měsíců související s procesem postoperační rehabilitační péče.

Výsledky této diplomové práce korelují s výše uvedenými studii. Již při vstupním vyšetření dle hodnot PSFR a P6 byla tendinopatická šlacha odlišena od asymptomatické šlachy. Komparační vyšetření SFA bylo provedeno s tříměsíčním odstupem od poslední aplikace ESWT. I přesto, že námi stanová hypotéza H3 byla dle výsledků zamítnuta ($p=0,082$), tak u některých jedinců byl zaznamenán nárůst PSFR parametru. Hodnota P6 se u symptomatické šlachy téměř u všech pacientů výrazně snížila na hladině statistické významnosti $p < .001$. Dle výsledků této práce a výše uvedených studií lze proto konstatovat, že kvantitativní hodnocení mikromorfologie prostorovou frekvenční analýzou (SFA), může být užitečnou metodou pro sledování procesu hojení v průběhu daného intervenčního přístupu.

Při pohledu na efektivitu jiných konzervativních přístupů v komparaci s ESWT v léčbě patelární tendinopatie se vyskytuje velká variabilita názorů. Nejvíce probádaným a doporučovaným postupem terapie Skokanského kolene bývá excentrické cvičení,

u kterého se potvrdila redukce bolesti a zlepšení funkce KOK. I přesto, že tento způsob bývá pacientům nejčastěji doporučován, stále postrádá ucelený protokol cviků, které by zaručovaly bezprostřední efektivitu (Rosen et al., 2022; Aicale et al., 2020; Figueroa et al. 2016). V jedné studii porovnávali excentrické cvičení ve spojení s ESWT s kontrolní skupinou, která dostávala placebo ESWT. Z výsledků studie se neprokázal žádný klinicky relevantní rozdíl v rámci těchto dvou skupin (Challoumas et al. 2021). Mezi další prostředky využívané pro terapii Skokanského kolene patří kryoterapie, která se uplatňuje především pro svůj analgetický efekt v akutní fázi při výskytu neovaskularizace. Díky analgetickému efektu se také využívají NSAID, která v komparaci s kortikosteroidovými injekcemi mají pouze krátkodobý efekt. Novinkou na trhu jsou také injekce tzv. platelet – rich plasma (PRP) dosahující dobrých výsledků. Z krátkodobého hlediska se PRP v porovnání s ESWT nejevilo jako lepší volbou, avšak s odstupem jednoho roku PRP mělo významně lepší výsledky (Čobec et al., 2022; Rosen et al., 2022; Aicale et al., 2020; Vetrano et al., 2013).

Využití ESWT je metodou volby a lze ji aplikovat současně i s rehabilitačním cvičením jako doplňkovou metodu. I přesto, že někteří autoři udávají, že ESWT může být využita jako monoterapie, domnívám se, že důležitým aspektem pro efektivní výsledky v klinické praxi je kombinace rehabilitačního cvičení s metodami fyzikální terapie. V této práci u jedinců se Skokanským kolenem byla ESWT zvolena jako samostatná metoda z důvodu, abychom zjistili, zda při stejném sportovním režimu pacienta dojde k symptomatickým a klinickým změnám. Samostatná aplikace ESWT však neovlivňuje známky motorické kontroly, která obzvlášť u sportovců s patelární tendinopatií může být nějakým způsobem narušena. Fyzioterapie a rehabilitační cvičení jsou stále z etického hlediska hlavní léčebnou metodou, kterou odborná literatura nejvíce podporuje. Výzkum diplomové práce proto trval pouze tři až čtyři měsíce a poté bylo pacientům doporučeno rehabilitační cvičení zaměřené na patelární tendinopatii.

6.1 Limity práce

Nejpodstatnějším limitem této diplomové práce je malý počet zúčastněných pacientů, což mohlo vést ke zkreslení některých statisticky získaných dat. I přesto, že se ESWT ukázala jako efektivní způsob k ovlivnění symptomatických i klinických známek tendinopatie patelární šlachy, bylo by zapotřebí tento samý výzkum provést u větší

skupiny sportovců. V našem případě toho lze docílit pomocí umělého zdvojnásobení či ztrojnásobení výsledků a jejich následná komparace. Např. po ztrojnásobení parametru PSFR tendinopatické DK naměřené před a po aplikací ESWT došlo ke změně statistické významnosti na $p=0,006$, což potvrzuje hypotézu H3, která byla původně zamítnuta.

Dalším limitem práce je poměrně vysoká heterogenita sportovních aktivit a frekvence fyzické zátěže jedinců daného souboru. Skokanské koleno je stimulováno opakovaným zatěžováním patelární šlachy. Zatížení patelární šlachy se při odlišných sportech a různé intenzitě tréninků od sebe liší. Proto v rámci budoucího výzkumu by bylo vhodné využít skupinu pacientů s patelární tendinopatií z jednoho sportovního odvětví a se stejnou frekvencí fyzické zátěže (tréninku).

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo posouzení efektu nízkoenergetické fokusované rázové vlny v léčbě patelární tendinopatie u sportovců s jednostrannou symptomatikou. Byly sledovány subjektivní a klinické symptomy pacientů. Dále byl kladen důraz na zjištění makroskopických a mikroskopických změn šlachy. Na základě literární rešerše byla vyvinuta snaha o vytvoření komplexu nejpoužívanějších diagnostických metod v rámci této problematiky. Výsledky ESWT intervence byly porovnány se vstupními a výstupními hodnotami symptomatické a asymptomatické (referenční) dolní končetiny.

Z nasbíraných dat lze soudit, že nízkoenergetická fokusovaná ESWT měla pozitivní vliv na symptomatologii (bolest) sportovců se Skokanským kolenem. Dále také po intervenci došlo ke statisticky významným změnám v mikro a makroskopických vlastnostech šlachy. Ve výzkumu se využil zapůjčený nový program na principu prostorové frekvenční analýzy pro kvantitativní hodnocení intratendinózního stavu tendinopatické šlachy před a po ošetření ESWT. Díky tomuto způsobu hodnocení se efektivita ESWT objektivně prokázala na výsledcích této práce a nespočívala pouze na základě subjektivního hodnocení pacienta či terapeuta.

Dle výsledků této diplomové práce lze konstatovat, že nízkoenergetická fokusovaná ESWT s námi stanovenými parametry se jeví jako potencionálně vhodným a bezpečným doplňkem terapie pro sportovce se Skokanským kolenem. Dále se také ověřila efektivita s vysokou senzitivitou programu pro prostorovou frekvenční analýzu (SFA) hodnotící mikromorfologické vlastnosti tkáně. Nejenom, že program SFA spolehlivě odlišil tendinopatickou šlachou od asymptomatické DK, ale posloužil i v rámci sledování reparačních procesů šlachy, které se staly viditelné po intervenci nízkoenergetickou fokusovanou ESWT. Je však zapotřebí rozsáhlejších studií, aby se prokázalo, že zvolené parametry ESWT budou efektivní i u většího počtu probandů. Vzhledem k rozsahu a limitům této diplomové práce zůstává však dostatečný prostor na prohloubení znalostí daného tématu. V dalších studiích by bylo přínosné sledovat efektivitu více konzervativních přístupů na Skokanské koleno v období delšího časového horizontu pro možnost zaznamenání případně větších klinických a makro či mikroskopických změn šlachy.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

a.	artérie
BMI	Body Mass Index
cm	centimetr
CSA	Cross Sectional Area
EFD	Energy flux density
ESWT	Extracorporeal Shockwave Therapy
HESWT	High energy shockwave therapy
HSR	Heavy slow resistance
ISMST	The International Society for Medical Shockwave Treatment
KOK	kolenní kloub
LESWT	Low energy shockwave therapy
lig.	ligamentum
m.	musculus
n.	nervus
NRS	Numeric Rating Scale
pac.	pacient
PRP	Platelet – rich plasma
PSFR	Peak Spatial Frequency Radius
ROI	Region of Interest
RPW	Radial Pressure Wave
RV	Rázová vlna
SFA	Spatial Frequency Analysis
SLDS	Single Leg Decline
TrPs	Myofasciální spoušťové body
USG	Ultrasonografie
VAS	Vizuální analogová škála
VISA – P	The Victorian Institute of Sport Assessment Scale for Patellar Tendinopathy

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. AICALE, Rocco, Antonio OLIVIERO a Nicola MAFFULLI. Management of Achilles and patellar tendinopathy: what we know, what we can do. *Journal of Foot and Ankle Research* [online]. 2020, 13(1) [cit. 2022-11-22]. ISSN 1757-1146. Dostupné z: doi:10.1186/s13047-020-00418-8
2. AITHAL PADUR, Ashwini, Naveen KUMAR, Melissa Glenda LEWIS a Varalakshmi Chandra SEKARAN. Morphometric analysis of patella and patellar ligament: a cadaveric study to aid patellar tendon grafts. *Surgical and Radiologic Anatomy* [online]. 2021, 43(12), 2039-2046 [cit. 2022-11-21]. ISSN 0930-1038. Dostupné z: doi:10.1007/s00276-021-02837z
3. AUERSPERG, Vinzenz a Klemens TRIEB. Extracorporeal shock wave therapy: an update. *EFORT Open Reviews* [online]. 2020, 5(10), 584-592 [cit. 2023-02-08]. ISSN 2396-7544. Dostupné z: doi:10.1302/2058-5241.5.190067
4. AUERSPERG, Vinzenz, Ludger GERDESMEYER, Sergej THIELE, Karsten KNOBLOCH, Jörg HAUSDORF, Martin RINGEISEN, Wolfgang SCHADEN a Hannes MÜLLER-EHRENBERG. DIGEST Guidelines for Extracorporeal Shock Wave Therapy. ISMST Guidelines, 2019. Dostupné také z: https://www.shockwavetherapy.org/fileadmin/user_upload/ISMST_Guidelines.pdf nebo z: <https://www.shockwavetherapy.org/about-eswt/ismst-guidelines/>.
5. BASHFORD, Gregory R. a Nicholas TOMSEN. Tendinopathy Discrimination by Use of Spatial Frequency Parameters in Ultrasound B-Mode Images. *University of Nebraska – Lincoln* [online]. IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, 2008, 27(5), 608-615 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://digitalcommons.unl.edu/biba/3/>
6. BENJAMIN M, Evans EJ, Copp L. The histology of tendon attachments to bone in man. *J Anat.* 1986 Dec; 149:89-100. PMID: 3693113; PMCID: PMC1261636.
7. BENNETT, Karis, Tanner VINCENT a Sumathilatha SAKTHI-VELAVAN. The patellar ligament: A comprehensive review. *Clinical Anatomy* [online]. 2022, 35(1), 52-64 [cit. 2022-11-21]. ISSN 0897-3806. Dostupné z: doi:10.1002/ca.23791
8. BODE, Gerrit, Thorsten HAMMER, N. KARVOUNIARIS, M. J. FEUCHT, L. KONSTANTINIDIS, N. P. SÜDKAMP a A. HIRSCHMÜLLER. Patellar tendinopathy in young elite soccer– clinical and sonographical analysis of a German elite soccer academy. *BMC Musculoskeletal Disorders* [online]. 2017, 18(1) [cit. 2023-04-17]. ISSN 1471-2474. Dostupné z: doi:10.1186/s12891-017-1690-2
9. BODE, Gerrit, Thorsten HAMMER, N. KARVOUNIARIS, M. J. FEUCHT, L. KONSTANTINIDIS, N. P. SÜDKAMP a A. HIRSCHMÜLLER. Patellar tendinopathy in young elite soccer– clinical and sonographical analysis of a German elite soccer academy. *BMC Musculoskeletal Disorders* [online]. 2017, 18(1) [cit. 2023-04-17]. ISSN 1471-2474. Dostupné z: doi:10.1186/s12891-017-1690-2
10. CAMPBELL, Abigail L., Jon-Michael E. CALDWELL, Dheeraj YALAMANCHILI, Lia SEPANEK, Keon YOUSSEFZADEH, Carlos A. UQUILLAS a Orr LIMPISVASTI. Effect of Patient Height and Sex on the Patellar Tendon and Anterior

- Cruciate Ligament. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. 2021, 9(5) [cit. 2022-11-21]. ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/23259671211003244
11. CANOSA-CARRO, Lorena, María BRAVO-AGUILAR, Vanesa ABUÍN-PORRAS, et al. Current understanding of the diagnosis and management of the tendinopathy: An update from the lab to the clinical practice. *Disease-a-Month* [online]. 2022, 68(10) [cit. 2022-11-23]. ISSN 00115029. Dostupné z: doi: 10.1016/j.disamonth.2021.101314
 12. CIBULČÍK, František. Poškodenie periférnych nervov pri športe: Peripheral nerve injury during sports. *Neurológia pre prax*. Bratislava: SOLEN, 2015, 16(4), 208-211. ISSN 1335-9592.
 13. COOK, J L. Reproducibility and clinical utility of tendon palpation to detect patellar tendinopathy in young basketball players. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 35(1), 65-69 [cit. 2022-11-27]. ISSN 03063674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.35.1.65
 14. COUPPÉ, C., M. KONGSGAARD, P. AAGAARD, P. HANSEN, J. BOJSEN-MOLLER, M. KJAER a S. P. MAGNUSSON. Habitual loading results in tendon hypertrophy and increased stiffness of the human patellar tendon. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2008, 105(3), 805-810 [cit. 2022-11-21]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.90361.2008
 15. CRAWFORD, Scott K., Ashley RUDOLPH, Aaron J. ENGEL, Jack RANSONE a Gregory R. BASHFORD. Longitudinal Quantitative Ultrasonic Analysis of Patellar Tendon in a Collegiate Athlete After Bilateral Debridement: A Case Report. *Journal of Athletic Training* [online]. 2021, 56(12), 1349-1354 [cit. 2023-04-20]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-0480.20
 16. CRAWFORD, Scott K., Ashley RUDOLPH, Aaron J. ENGEL, Jack RANSONE a Gregory R. BASHFORD. Longitudinal Quantitative Ultrasonic Analysis of Patellar Tendon in a Collegiate Athlete After Bilateral Debridement: A Case Report. *Journal of Athletic Training* [online]. 2021, 56(12), 1349-1354 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-0480.20
 17. CRAWFORD, Scott K., Christa M. WILLE, Mikel R. STIFFLER-JOACHIM, Kenneth S. LEE, Greg R. BASHFORD a Bryan C. HEIDERSCHEIT. Spatial frequency analysis detects altered tissue organization following hamstring strain injury at time of injury but not return to sport. *BMC Medical Imaging* [online]. 2021, 21(1) [cit. 2023-02-25]. ISSN 1471-2342. Dostupné z: doi:10.1186/s12880-021-00721-1
 18. CRISTI-SÁNCHEZ, Iver, Claudia DANES-DAETZ, Alejandro NEIRA, Wilson FERRADA, Roberto YÁÑEZ DÍAZ a Rony SILVESTRE AGUIRRE. Patellar and Achilles Tendon Stiffness in Elite Soccer Players Assessed Using Myotonometric Measurements. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* [online]. 2019, 11(2), 157-162 [cit. 2022-11-21]. ISSN 1941-7381. Dostupné z: doi:10.1177/1941738118820517
 19. ČECH, Oldřich, Antonín SOSNA a Jan BARTONÍČEK. Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu. Praha: Avicenum, 1986. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:afb16dc0-9eb6-11ec-adf7-5ef3fc9bb22f>

20. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 9788024756363.
21. ČOBEČ, Jerneja a Žiga KOZINC. Conservative Treatments for Patellar Tendinopathy: A Review of Recent High-Quality Evidence. *BioMed* [online]. 2022, 2(4), 359-375 [cit. 2023-02-11]. ISSN 2673-8430. Dostupné z: doi:10.3390/biomed2040028
22. DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha 7: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
23. EVANS EJ, Benjamin M, Pemberton DJ. Variations in the amount of calcified tissue at the attachments of the quadriceps tendon and patellar ligament in man. *J Anat*. 1991 Feb; 174:145-51. PMID: 2032930; PMCID: PMC1256050.
24. FIGUEROA, David, Francisco FIGUEROA a Rafael CALVO. Patellar Tendinopathy. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* [online]. 2016, 24(12), e184-e192 [cit. 2023-04-13]. ISSN 1067-151X. Dostupné z: doi:10.5435/JAAOS-D-15-00703
25. GANOKROJ, Phob, Trakul POLKLAEW a Pisit LERTWANICH. Determination of patellar tendon length for anterior cruciate ligament reconstruction using an anteroposterior knee radiograph. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology* [online]. 2019, 16, 1-7 [cit. 2022-11-21]. ISSN 22146873. Dostupné z: doi: 10.1016/j.asmart.2018.12.001
26. GOLMAN, Mikhail, Margaret L. WRIGHT, Tony T. WONG, T. Sean LYNCH, Christopher S. AHMAD, Stavros THOMOPOULOS a Charles A. POPKIN. Rethinking Patellar Tendinopathy and Partial Patellar Tendon Tears: A Novel Classification System. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2020, 48(2), 359-369 [cit. 2023-04-14]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546519894333
27. HACKING, G a Geon OH. Patellar tendon [online]. 2021, (45363) [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.53347/rID-45363>
28. HAMILTON, B. Patellar tendinosis as an adaptive process: a new hypothesis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2004, 38(6), 758-761 [cit. 2022-12-03]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2003.005157
29. HARDY A, Rodaix C, Vergari C, Vialle R. Normal Range of Patellar Tendon Elasticity Using the Sharewave Elastography Technique: An In Vivo Study in Normal Volunteers. *Surg Technol Int*. 2017 Dec 22; 31:227-230. PMID: 29301166.
30. HAVIV, Barak, Mustafa YASSIN, Ehud RATH a Shlomo BRONAK. Prevalence and clinical implications of nerve injury during bone patellar tendon bone harvesting for anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery* [online]. 2017, 25(1) [cit. 2022-11-21]. ISSN 2309-4990. Dostupné z: doi:10.1177/2309499016684988
31. HYMAN, Garrett Scott. Jumper's Knee Treatment & Management. *Medscape* [online]. WebMD, 2019 [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/89569-treatment?reg=1>

32. CHALLOUMAS, Dimitris, Carles PEDRET, Mairiosa BIDDLE, et al. Management of patellar tendinopathy: a systematic review and network meta-analysis of randomised studies. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* [online]. 2021, 7(4) [cit. 2023-02-10]. ISSN 2055-7647. Dostupné z: doi:10.1136/bmjsem-2021-001110
33. JAMES, Nicholas F., Arun R. KUMAR, Benjamin K. WILKE a Glenn G. SHI. Incidence of Encountering the Infrapatellar Nerve Branch of the Saphenous Nerve During a Midline Approach for Total Knee Arthroplasty. *JAAOS: Global Research and Reviews* [online]. 2019, 3(12) [cit. 2022-11-21]. ISSN 2474-7661. Dostupné z: doi:10.5435/JAAOSGlobal-D-19-00160
34. JANDA, Vladimír. *Svalové funkční testy: kniha obsahuje 401 obrázků a 65 tabulek*. Praha: Grada, 2004. ISBN 978-80-247-0722-8.
35. KAPANDJI, A. I. *The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints*. 1988. Edinburgh: Churchill Livingstone. ISBN 978-0-443-03618-7.
36. KHAN, K. M., N. MAFFULLI, B. D. COLEMAN, J. L. COOK a J. E. TAUNTON. Patellar tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 1998, 32(4), 346-355 [cit. 2022-11-26]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsem.32.4.346
37. KIM, J. H., N. SUGAI, D. SUZUKI, G. MURAKAMI, H. ABE, J. F. RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ a M. YAMAMOTO. Paratenon of the cruciate ligaments of the knee: a macroscopic and histological study of human fetuses. *Folia Morphologica* [online]. 2022, 81(1), 134-143 [cit. 2022-11-21]. ISSN 1644-3284. Dostupné z: doi:10.5603/FM. a2021.0003
38. KNEE ASSESSMENT ROYAL LONDON HOSPITAL TEST KNEE | PATELLAR TENDINOPATHY EXAM. *Physiotutors* [online]. Netherlands, 2022 [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.physiotutors.com/wiki/royal-london-hospital-test-knee/>
39. KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi. 2*. Praha 5: Galén, 2020. ISBN 978-80-7492-500-9.
40. KORAKAKIS, Vasileios, Rod WHITELEY, Argyro KOTSIFAKI, Manos STEFANAKIS, Yiannis SOTIRALIS a Kristian THORBORG. A systematic review evaluating the clinimetric properties of the Victorian Institute of Sport Assessment (VISA) questionnaires for lower limb tendinopathy shows moderate to high-quality evidence for sufficient reliability, validity and responsiveness—part II. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2021, 29(9), 2765-2788 [cit. 2023-02-20]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-021-06557-0
41. KULIG, K., R. LANDEL, Y.-J. CHANG, N. HANNANVASH, S. F. REISCHL, P. SONG a G. R. BASHFORD. Patellar tendon morphology in volleyball athletes with and without patellar tendinopathy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 2013, 23(2), e81-e88 [cit. 2023-02-25]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/sms.12021
42. KUWABARA, Anne a Michael FREDERICSON. Narrative: Review of Anterior Knee Pain Differential Diagnosis (Other than Patellofemoral Pain). *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* [online]. 2021, 14(3), 232-238 [cit. 2022-11-26]. ISSN 1935-9748. Dostupné z: doi:10.1007/s12178-021-09704-9

43. LEAL, Carlos, Silvia RAMON, John FURIA, Arnold FERNANDEZ, Luis ROMERO a Leonor HERNANDEZ-SIERRA. Current concepts of shockwave therapy in chronic patellar tendinopathy. *International Journal of Surgery* [online]. 2015, 24, 160-164 [cit. 2023-04-12]. ISSN 17439191. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ijssu.2015.09.066
44. LEE, Wai-Chun, Gabriel Yin-Fat NG, Zhi-Jie ZHANG, Peter MALLIARAS, Lorenzo MASCI a Siu-Ngor FU. Changes on Tendon Stiffness and Clinical Outcomes in Athletes Are Associated With Patellar Tendinopathy After Eccentric Exercise. *Clinical Journal of Sport Medicine* [online]. 2020, Publish Ahead of Print [cit. 2023-02-11]. ISSN 1050642X. Dostupné z: doi:10.1097/JSM.0000000000000562
45. LI, Chengxin, Zhizhuo LI, Lijun SHI, Peixu WANG, Fuqiang GAO, Wei SUN a Mattia FORTINA. Effectiveness of Focused Shockwave Therapy versus Radial Shockwave Therapy for Noncalcific Rotator Cuff Tendinopathies: A Randomized Clinical Trial. *BioMed Research International* [online]. 2021, 1-9 [cit. 2023-04-21]. ISSN 2314-6141. Dostupné z: doi:10.1155/2021/6687094
46. LOHRER, Heinz a Tanja NAUCK. *Shock waves in sports medicine: Shock wave therapy in practice*. 1. Germany, 2018. ISBN 9-783945-106099.
47. LOHRER, Ulrich. *Enthesopathies knowledge update: Shock wave therapy in practice*. 1. Germany: BAMBERG kommunikation, 2020. ISBN 978-3-9451061-2-9.
48. MAEMICHI, Toshihiro, Toshiharu TSUTSUI, Takumi OKUNUKI, Takuma HOSHIBA a Tsukasa KUMAI. Pain Relief after Extracorporeal Shock Wave Therapy for Patellar Tendinopathy: An Ultrasound Evaluation of Morphology and Blood Flow. *Applied Sciences* [online]. 2021, 11(18) [cit. 2023-04-21]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app11188748
49. MAFFULLI, Nicola. The Royal London Hospital Test for the clinical diagnosis of patellar tendinopathy. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal* [online]. 2017, 7(2) [cit. 2022-11-27]. ISSN 2240-4554. Dostupné z: doi:10.11138/mltj/2017.7.2.315
50. MCALLISTER, David R., John A. BERGFELD, Richard D. PARKER, Paul N. GROOFF a Antonio D. C. VALDEVIT. A Comparison of Preoperative Imaging Techniques for Predicting Patellar Tendon Graft Length before Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2001, 29(4), 461-465 [cit. 2022-11-21]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/03635465010290041401
51. MENDONÇA, Luciana de Michelis. The Accuracy of the VISA-P Questionnaire, Single-Leg Decline Squat, and Tendon Pain History to Identify Patellar Tendon Abnormalities in Adult Athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 2016, 46(8), 673-680 [cit. 2022-11-28]. ISSN 0190-6011. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.2016.6192
52. NAYAK, Mayur a Rahul YADAV. Patellar Tendinopathy: “Jumper’s Knee”. In: SÖZEN, Hasan, ed. *Tendons* [online]. IntechOpen, 2019, 2019-12-4 [cit. 2022-11-26]. ISBN 978-1-83962-985-3. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.84642
53. NAYAK, Mayur a Rahul YADAV. Patellar Tendinopathy: “Jumper’s Knee”. In: SÖZEN, Hasan, ed. *Tendons* [online]. IntechOpen, 2019, 2019-12-4 [cit. 2023-04-14]. ISBN 978-1-83962-985-3. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.84642

54. NEDĚLKA, Tomáš a Jiří NEDĚLKA. Léčba rázovou vlnou u onemocnění pohybového ústrojí. *Rehabilitace Fyzikální lékařství* [online]. (4), 139-149 [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2009-4/lecba-razovou-vlnou-u-onemocneni-pohyboveho-ustroji-31136>
55. NEDĚLKA, Tomáš, NEDĚLKA, Jiří a Simona HÁJKOVÁ, ed. Léčba rázovou vlnou. In: NAVRÁTIL, Leoš, Martin BRACH a Ivan DYLEVSKÝ. *Fyzikální léčebné metody pro praxi*. 2019. Praha: Grada Publishing, s. 60-70. ISBN 978-80-271-0478-9.
56. NISHIDA, Yusuke, Tomofumi NISHINO, Kenta TANAKA, Shinzo ONISHI, Akihiro KANAMORI a Masashi YAMAZAKI. An Objective Measure of Patellar Tendon Thickness Based on Ultrasonography and MRI in University Athletes. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 2021, 10(18) [cit. 2023-04-17]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm10184092
57. NUGENT, Shannon M, Travis I LOVEJOY, Sarah SHULL, Steven K DOBSCHA a Benjamin J MORASCO. Associations of Pain Numeric Rating Scale Scores Collected during Usual Care with Research Administered Patient Reported Pain Outcomes. *Pain Medicine* [online]. 2021, 22(10), 2235-2241 [cit. 2023-02-20]. ISSN 1526-2375. Dostupné z: doi:10.1093/pm/pnab110
58. OBST, Steven J., Luke J. HEALES, Benjamin L. SCHRADER, Scott A. DAVIS, Keely A. DODD, Cory J. HOLZBERGER, Louis B. BEAVIS a Rod S. BARRETT. Are the Mechanical or Material Properties of the Achilles and Patellar Tendons Altered in Tendinopathy? A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine* [online]. 2018, 48(9), 2179-2198 [cit. 2023-04-13]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-018-0956-7
59. PEARSON, Stephen John a Syed Robiul HUSSAIN. Region-Specific Tendon Properties and Patellar Tendinopathy: A Wider Understanding. *Sports Medicine* [online]. 2014, 44(8), 1101-1112 [cit. 2022-11-21]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-014-0201-y
60. PEERS, Koen H E a Roeland J J LYSSENS. Patellar Tendinopathy in Athletes. *Sports Medicine* [online]. 2005, 35(1), 71-87 [cit. 2022-11-21]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200535010-00006
61. POENARU, Daniela, Miruna SANDULESCU a Delia CİNTEZA. Biological effects of extracorporeal shockwave therapy in tendons: A systematic review. *Biomedical Reports* [online]. 2023, 18(2) [cit. 2023-02-07]. ISSN 2049-9434. Dostupné z: doi:10.3892/br.2022.1597
62. REIDER B, Marshall JL, Koslin B, Ring B, Girgis FG. The anterior aspect of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am*. 1981 Mar;63(3):351-6. PMID: 7204430
63. ROSEN, Adam B., Elizabeth WELLSANDT, Mike NICOLA a Matthew A. TAO. Clinical Management of Patellar Tendinopathy. *Journal of Athletic Training* [online]. 2022, 57(7), 621-631 [cit. 2022-11-23]. ISSN 1938162X. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-0049.21
64. ROSEN, Adam B., Elizabeth WELLSANDT, Mike NICOLA a Matthew A. TAO. Clinical Management of Patellar Tendinopathy. *Journal of Athletic Training* [online]. 2022, 57(7), 621-631 [cit. 2022-11-28]. ISSN 1938162X. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-0049.21

65. RUDAVSKY, Aliza a Jill COOK. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). *Journal of Physiotherapy* [online]. 2014, 60(3), 122-129 [cit. 2022-12-03]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jphys.2014.06.022
66. RYCHLÍKOVÁ, Eva. *Funkční poruchy kloubů končetin: diagnostika a léčba. 2., doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2096-3.
67. ŞAH, Volkan a Delen VEYSEL. The Efficacy of Large-Focused and Controlled-Unfocused (Radial) Extracorporeal Shock Wave Therapies in the treatment of Patellar Tendinopathy: A randomized sham-controlled single-blind trial. *International Journal of Current Medical and Biological Sciences* [online]. 2022, 02.01.2023, 3(1) [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7581892>
68. SCHWARTZ, Aaron, Jonathan N. WATSON a Mark R. HUTCHINSON. Patellar Tendinopathy. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* [online]. 2015, 7(5), 415-420 [cit. 2022-12-09]. ISSN 1941-7381. Dostupné z: doi:10.1177/1941738114568775
69. SOLDADO, Reina F., Yuguero M. a Rodríguez-Baeza A. Clinical anatomy of the arterial supply of the human patellar ligament. *Surgical and Radiologic Anatomy* [online]. 2002, 24(3-4), 177-182 [cit. 2022-11-21]. ISSN 0930-1038. Dostupné z: doi:10.1007/s00276-002-0042-5
70. STANISH WD, Rubinovich RM, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop Relat Res*. 1986 Jul;(208):65-8. PMID: 3720143.
71. STASINOPOULOS, Dimitrios. Patellar Tendinopathy May not Be the Proper Term for Patients With Clinical Diagnosis of Patellar Tendon Disorder. *Trauma Monthly* [online]. 2014, 19(2) [cit. 2023-04-12]. ISSN 2251-7464. Dostupné z: doi:10.5812/traumamon.15301
72. SVENSSON, René B., Philip HANSEN, Tue HASSENKAM, et al. Mechanical properties of human patellar tendon at the hierarchical levels of tendon and fibril. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2012, 112(3), 419-426 [cit. 2022-11-21]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol
73. The jamovi project (2022). *jamovi* (Version 2.3) [Computer Software]. Dostupné z <https://www.jamovi.org>
74. THIJIS, Karin M., Johannes ZWERVER, Frank J. G. BACKX, Victor STEENEKEN, Stephan RAYER, Petra GROENENBOOM a Maarten H. MOEN. Effectiveness of Shockwave Treatment Combined With Eccentric Training for Patellar Tendinopathy. *Clinical Journal of Sport Medicine* [online]. 2017, 27(2), 89-96 [cit. 2023-04-21]. ISSN 1050-642X. Dostupné z: doi:10.1097/JSM.0000000000000332
75. TRAVELL, Janet G. a David G. SIMONS. *Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, c1993. ISBN 0683083678.
76. TRESKOT AM, Brown MN, Karl HW. Infrapatellar saphenous neuralgia - diagnosis and treatment. *Pain Physician*. 2013 May-Jun;16(3): E315-24. PMID: 23703431.
77. VAN DER WERP, H., J. ZWERVER, M. HAMSTRA, I. VAN DEN AKKERSCHEEK a R. L. DIERCKS. No difference in effectiveness between focused and radial shockwave therapy for treating patellar tendinopathy: a randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2014, 22(9), 2026-2032 [cit. 2023-02-11]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-013-2522-z

78. VAN WILGEN, Paul, Robert VAN DER NOORD a Johannes ZWERVER. Feasibility and reliability of pain pressure threshold measurements in patellar tendinopathy. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2011, 14(6), 477-481 [cit. 2023-02-21]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jsams.2011.05.004
79. VETRANO, Mario, Anna CASTORINA, Maria Chiara VULPIANI, Rossella BALDINI, Antonio PAVAN a Andrea FERRETTI. Platelet-Rich Plasma Versus Focused Shock Waves in the Treatment of Jumper's Knee in Athletes. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2013, 41(4), 795-803 [cit. 2023-02-11]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546513475345
80. Victorian Institute of Sport Assessment (VISA) Questionnaire, Patellar tendon. *Shirley Ryan Abilitylab* [online]. 2016 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/victorian-institute-sport-assessment-visa-questionnaire-patellar-tendon>
81. WIESINGER, Hans-Peter, Olivier R. SEYNNES, Alexander KÖSTERS, Erich MÜLLER a Florian RIEDER. Mechanical and Material Tendon Properties in Patients With Proximal Patellar Tendinopathy. *Frontiers in Physiology* [online]. 2020, 11 [cit. 2022-11-21]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2020.00704
82. WONG M, Jardaly AH, Kiel J. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Achilles Tendon. 2022 Aug 8. In: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 29763092.
83. YOO, Jae Ho, Seung Rim YI a Jin Hong KIM. The geometry of patella and patellar tendon measured on Knee MRI. *Surgical and Radiologic Anatomy* [online]. 2007, 29(8), 623-628 [cit. 2022-11-21]. ISSN 0930-1038. Dostupné z: doi:10.1007/s00276-007-0261-x
84. ZERNICKE RF, Garhammer J, Jobe FW. Human patellar-tendon rupture. *J Bone Joint Surg Am.* 1977 Mar;59(2):179-83. PMID: 845201
85. ZHANG ZJ, LEE WC, FU SN. One Session of Extracorporeal Shockwave Therapy-Induced Modulation on Tendon Shear Modulus is Associated with Reduction in Pain. *J Sports Sci Med.* 2020 May 1;19(2):309-316. PMID: 32390724; PMCID: PMC7196757.
86. ZHANG, Zhi Jie, Gabriel Yin-fat NG, Wai Chun LEE, Siu Ngor FU a François HUG. Changes in Morphological and Elastic Properties of Patellar Tendon in Athletes with Unilateral Patellar Tendinopathy and Their Relationships with Pain and Functional Disability. *PLoS ONE* [online]. 2014, 9(10) [cit. 2023-04-13]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0108337
87. ZWERVER, Johannes, Evert VERHAGEN, Fred HARTGENS, Inge VAN DEN AKKER-SCHEEK a Ron L DIERCKS. The TOPGAME-study: effectiveness of extracorporeal shockwave therapy in jumping athletes with patellar tendinopathy. Design of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders* [online]. 2010, 11(1) [cit. 2023-02-09]. ISSN 1471-2474. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2474-11-28
88. ZWERVER, Johannes, Fred HARTGENS, Evert VERHAGEN, Henk VAN DER WORP, Inge VAN DEN AKKER-SCHEEK a Ron L. DIERCKS. No Effect of Extracorporeal Shockwave Therapy on Patellar Tendinopathy in Jumping Athletes

During the Competitive Season. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2011, 39(6), 1191-1199 [cit. 2023-04-21]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546510395492

89. ZWERVER, Johannes, Steven W. BREDEWEG a Inge VAN DEN AKKER-SCHEEK. Prevalence of Jumper's Knee Among Nonelite Athletes From Different Sports. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2011, 39(9), 1984-1988 [cit. 2023-04-13]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546511413370

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Průběh RV v čase [Nedělka et al., 2019, s. 61]	26
Obrázek 2: Generátory pro pulsní ESWT [Auersperg et al., 2020]	28
Obrázek 3: Přístroj ESWT od BTL - 6000 [vlastní zdroj].	40
Obrázek 4: USG snímek patelární šlachy před a po ESWT [vlastní zdroj].	50
Obrázek 5: Kontinuální model tendinopatie [Rudavsky a Cook, 2014]	81
Obrázek 6: USG přístroj s lineární sondou [vlastní zdroj].	81

11 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

- Graf 1:** Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti tloušťky naměřené ve třech oblastí (apex pately, střed šlachy a úpon šlachy na tuberositas tibiae) při vstupním a výstupním vyšetření symptomatické DK [vlastní zdroj]. 45
- Graf 2:** Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot PSFR z mikromorfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) symptomatické DK [vlastní zdroj]. 46
- Graf 3:** Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot P6 z mikromorfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) symptomatické DK [vlastní zdroj]. 46
- Graf 4:** Porovnání stupně bolesti na NRS při maximální zátěži, v klidu, při náhlé změně směru a při palpaci mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a výstupním vyšetřením (tři měsíce po poslední intervenci ESWT) symptomatické DK [vlastní zdroj]. 47
- Graf 5:** Porovnání VISA – P skóre mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a výstupním vyšetřením (tři měsíce po poslední intervenci ESWT) [vlastní zdroj]. 48
- Graf 6:** Porovnání stupně bolesti na NRS při provádění zátěžových testů šlachy (extenze KOK proti odporu, single leg decline squat test (SLDS) a endurance hop test (End. hop test) symptomatické DK mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po poslední aplikaci ESWT (4. týden) a výstupním vyšetřením (tři měsíce po poslední intervenci ESWT) symptomatické DK [vlastní zdroj]. 49
- Graf A:** Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti tloušťky naměřené ve třech oblastí (apex pately, střed šlachy a úpon šlachy na tuberositas tibiae) při vstupním a výstupním vyšetření asymptomatické DK [vlastní zdroj]. 82
- Graf B:** Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot PSFR z mikromorfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) asymptomatické DK [vlastní zdroj]. 82
- Graf C:** Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot P6 z mikromorfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) asymptomatické DK [vlastní zdroj]. 83

12 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Popisná statistika anamnestických dat při vstupním vyšetření [vlastní zdroj].....	41
Tabulka 2: Rozdíl hodnot mezi symptomatickou a referenční dolní končetinou [vlastní zdroj].....	42
Tabulka 3: Rozdíl sledovaných parametrů při vstupním a výstupním vyšetření mezi symptomatickou a referenční dolní končetinou [vlastní zdroj]	44
Tabulka 4: Změny v hodnotách stupni bolesti zaznamenané na NRS symptomatické dolní končetiny a jejich statistická významnost při vstupním vyšetření, po 4 týdnech a po 16. týdnu (s tříměsíčním odstupem od poslední intervence ESWT) [vlastní zdroj].	44
Tabulka 5: Rozdíl naměřených hodnot v rámci zátěžových testů symptomatické dolní končetiny a jejich statistická významnost mezi vstupním vyšetřením, vyšetřením po 4 týdnech a po výstupním vyšetření (po 16. týdnu) [vlastní zdroj].....	44

13 SEZNAM PŘÍLOH

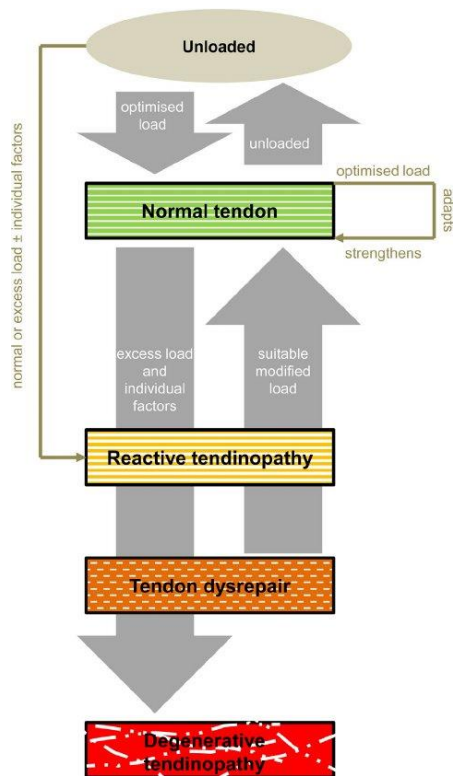
Příloha A: Kontinuální model tendinopatie

Příloha B: Využitý ultrasonografický přístroj

Příloha C: Grafické zobrazení hodnot vybraných parametrů referenční DK

Příloha D: Modifikovaný VISA – P dotazník

Příloha A – Kontinuální model tendinopatie



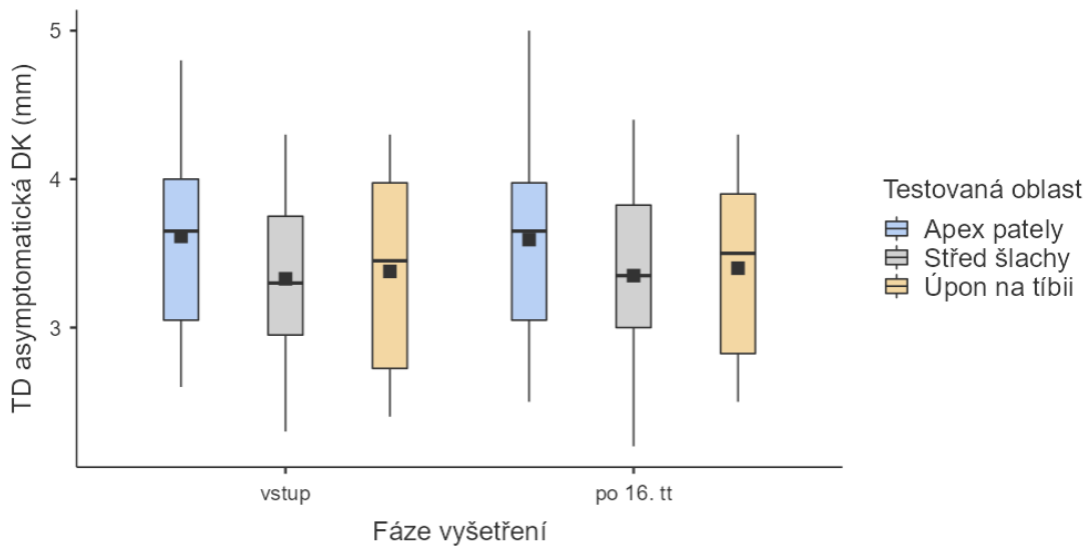
Obrázek 5 - Kontinuální model patelární tendinopatie [Rudavsky a Cook, 2014]

Příloha B – Využití ultrasonografický přístroj

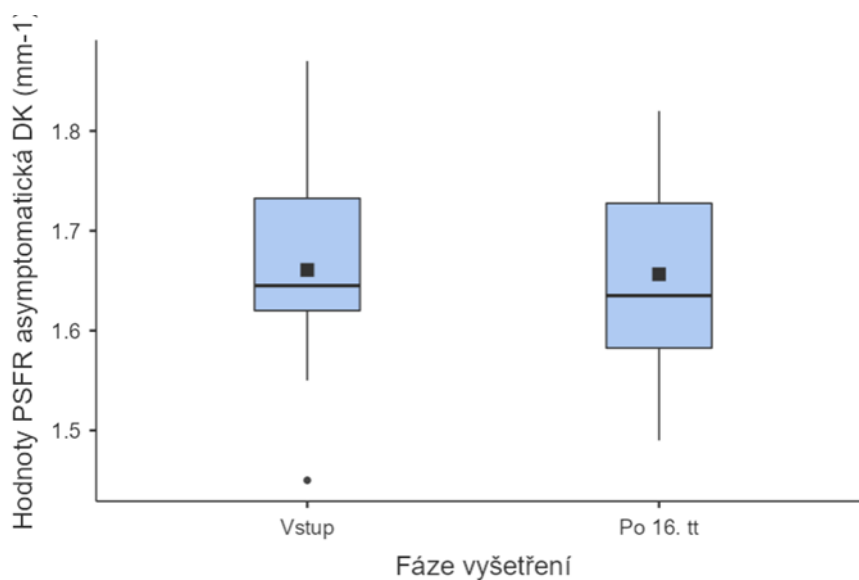


Obrázek 6 - Ultrasonografický přístroj Mindray DC – 70 lineární sonda typu L12-3E [vlastní zdroj].

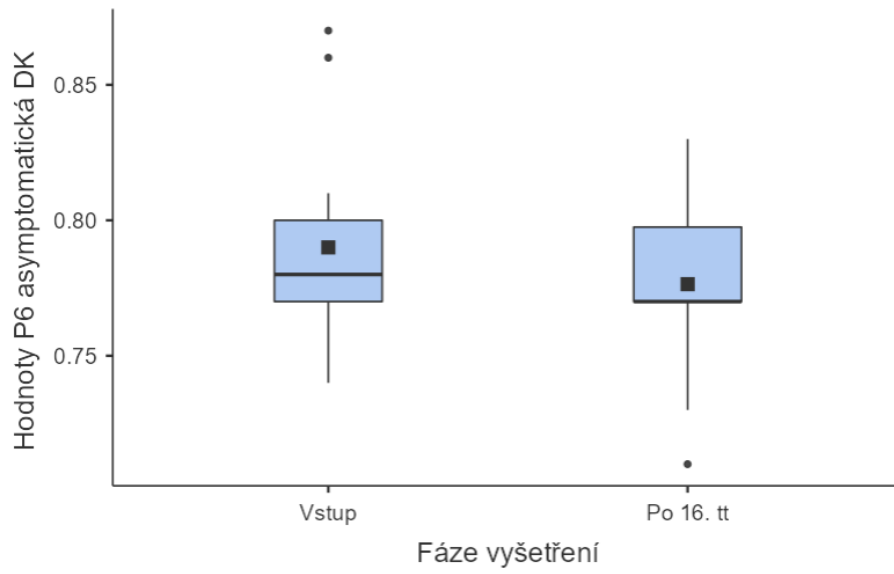
Příloha C – Grafické zobrazení hodnot vybraných parametrů referenční DK



Graf A – Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti tloušťky naměřené ve třech oblastí (apex pately, střed šlachy a úpon šlachy na tuberositas tibiae) při vstupním a výstupním vyšetření asymptomatické DK, [vlastní zdroj].



Graf B – Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot PSFR z mikromorfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) asymptomatické DK, [vlastní zdroj].



Graf C – Zobrazení min. a max. hodnoty, průměru, mediánu a 1. a 3. kvartilu velikosti hodnot P6 z mikro-morfologické analýzy při vstupním a výstupním vyšetření (tři měsíce po poslední aplikaci ESWT) asymptomatické DK, [vlastní zdroj].

Příloha D – Modifikovaný VISA – P dotazník

Znění originální verze dostupné na <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/victorian-institute-sport-assessment-visa-questionnaire-patellar-tendon>

The Victorian Institute of Sport Assessment – Patellar Tendon (VISA – P) questionnaire – modifikovaná česká verze (text)

Jméno: _____

Datum: _____

1. Kolik minut dokážete sedět bez bolesti?

0 min 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 100 min

2. Pociťujete bolest při chůzi ze schodů?

Silná 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 žádná

3. Pociťujete bolest v koleni při jeho plném natažení ve stoje bez přidané zátěže?

Silná 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 žádná

4. Pociťujete bolest během provedení výpadu na postižené koleno?

Silná 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 žádná

5. Dělá Vám potíže provést dřep?

Neprovedu 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 udělám bez problémů

6. Pociťujete bolest během nebo ihned po dokončení 10 poskoků na postižené dolní končetině?

Silná bolest 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 žádná

7. Sportujete / Provádíte volnočasové aktivity zatěžující PŠ v současné době?

- Vůbec/ musel/a jsem zcela přestat z důvodů obtíží PŠ (0)
- V modifikovaném tréninkovém režimu/ Výrazně jsem omezil/a (co se týče intenzity, frekvence nebo délky zátěže) aktivity z důvodu obtíží PŠ (4)
- Plná zátěž během tréninku či při soutěži, ale NE v takovém stupni jako před započítáním obtíží (7)
- Žádná změna ve formě tréninku, soutěže či volnočasové aktivity (10)

8. Pokud vykonáváte aktivity (volnočasové, práce, sport) během kterých dochází k namáhání PŠ prosím vyplňte jednu ze zvolených kategorií (tu která se Vás týká nejvíce s ohledem na bolest)

A) Pokud nemáte žádnou bolest během aktivity, jak dlouho aktivitu zvládnete provádět?

1-5 min (7) 6-10 min (14) 7-15 min (21) >15 min (30)

B) Máte malé bolesti kolene, které nejsou důvodem k přerušení dané aktivity/sportu, jak dlouho můžete danou aktivitu sport provádět?

1-5 min (7) 6-10 min (14) 7-15 min (21) >15 min (30)

C) Pociťujete bolest, která Vám brání v dokončení aktivity/ tréninku, za jak dlouho tato doba nastane?

1-5 min (7) 6-10 min (14) 7-15 min (21) >15 min (30)

Celkový součet bodů: (xxx/ 100):