

UNIVERZITA KARLOVA  
**3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**



**Ota Podlipný**

**Anatomické odlišnosti ve stavbě ligamentum  
tibiotalare anterius zobrazené pomocí diagnostické  
sonografie u zdravých dobrovolníků: deskriptivní  
průřezová studie**

*Anatomical variants of ligamentum tibiotalare  
anterius shown by sonography in healthy  
volunteers: descriptive cross-sectional study*

*Bakalářská práce*

Praha, červen 2024

Autor práce: Ota Podlipný

Studijní program: Fyzioterapie

Bakalářský studijní obor: Specializace ve zdravotnictví

Vedoucí práce: **MUDr. David Gírsa**

Pracoviště vedoucího práce: **Klinika radiologie a nukleární  
medicíny FNKV a 3.LF UK**

Předpokládaný termín obhajoby: **červen 2024**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracoval samostatně a použil výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má závěrečná práce byla používána ke studijním účelům.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému Theses.cz a Turnitin za účelem soustavné kontroly podobnosti závěrečných prací.

V Praze dne 19. května 2024

Ota Podlipný

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval v první řadě vedoucímu práce MUDr. Davidu Girsovi, za skvělé vedení, umožnění provedení studie a mnoho přínosných rad. Dále pak MUDr. Sebastianu Klímovi za pomoc s provedením praktické části studie, všem účastníkům a rodině za podporu při studiu.

## **Abstract**

**Název:** Anatomické odlišnosti ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí diagnostické sonografie u zdravých dobrovolníků: deskriptivní průřezová studie

**Cíl:** Hlavním cílem práce bylo zjistit, má-li ligamentum tibiotalare anterius v bezpříznakové zdravé populaci své anatomické varianty, zobrazitelné pomocí ultrasonografie. Dalším cílem bylo stanovení rozměrů vazů u naší pozorované skupiny a zjistit, jestli existuje korelace mezi zátěžovou anamnézou, dominancí končetiny a stavbou vazů.

**Metodika:** Studie se zúčastnilo 25 probandů z řad studentů 3. lékařské fakulty UK. Všichni byli postupně vyšetřeni pomocí vysokofrekvenční ultrasonografie na Klinice radiologie a nukleární medicíny 3.LF UK pod dohledem odborného personálu kliniky. Všichni účastníci byli dále podrobeni dotazníkovému šetření, které bylo dále porovnáno spolu s naměřenými daty.

**Výsledky:** Studie ukázala, že v běžné bezpříznakové populaci jsou poměrně časté anatomické varianty ve struktuře vazů LTTA. Objevili jsme možné korelace s dominancí DK a pohlavní rozdíly ve stavbě vazů.

**Klíčová slova:** mediální kotník, ligamentum tibiotalare anterior, ultrasonografie, vyšetření, anatomické varianty, dominance DK

## **Abstract**

**Title:** Anatomical variants of ligamentum tibiotolare anterius shown by sonography in healthy volunteers:descriptive cross-sectional study

**The main objective:** The main goal of the work was to find out if the ligamentum tibiotolare anterius has anatomical variants that can be visualized by ultrasonography in an asymptomatic healthy population. Another goal was to determine the dimensions of the ligament in our observed group and find out if there is a correlation between exercise history, limb dominance and ligament construction.

**Methods:** 25 probands from among students of the 3rd Faculty of Medicine of the Charles University participated in the study. All were gradually examined using high-frequency ultrasonography at the Department of radiology and nuclear medicine 3.LF UK under the supervision of the clinic's experts. All participants were further subjected to a questionnaire survey, which was then compared together with the measured data.

**Resoult:** The study showed that anatomical variants in the structure of the LTTA are relatively common in the general asymptomatic population. We discovered possible correlations with leg domination and gender differences in ligament structure.

**Key words:** medial ankle, ligamentum tibiotolare anterior, ultrasonography, examination, anatomical variants, dominant leg

# Obsah

Seznam zkratk	9
<b>1 Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2 Teoretická část</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Diagnostické metody</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Diagnostická sonografie (principy, historie, využití, rozdíly s ostatními metodami)</b>	<b>12</b>
2.2.1. Fyzikální principy	13
2.2.2. Šíření ultrazvuku tkání	13
2.2.3. Ultrazvuk – přístroje	14
2.2.4. Ultrazvukové sondy	15
2.2.5. Ultrazvukové zobrazení	16
2.2.6. Kontraindikace ultrazvukového vyšetření	17
2.2.7. Limity	17
2.2.8. Rozdíly ve zobrazení pomocí sonografie, rentgenového vyšetření, počítačové tomografie a magnetické rezonance	18
<b>2.3. Anatomie</b>	<b>20</b>
2.3.1. Articulatio talocruralis	20
2.3.2. Ligamentum tibiotalarare anterior	21
2.3.3. Svalový aparát – svaly bérce a nohy	24
2.3.4. Topografie mediálního kotníku	25
2.3.5. Histologická stavba vazů a šlach	26
<b>2.4. Biomechanika hlezenního kloubu</b>	<b>27</b>
2.4.1. Základní postavení a pohyby	27
2.4.2. Stabilita	28
<b>2.5. Poranění hlezna – s ohledem na mediální kotník</b>	<b>30</b>
2.5.1. Klinické vyšetření kotníku	30
2.5.2. Typy poranění deltového vazů a jejich řešení	32
<b>2.6. Sonografie kotníku – zobrazení, správná pozice</b>	<b>34</b>
2.7. Současný stav bádání	35
<b>2.8. Postup ultrazvukového vyšetření ligamentum tibiotalarare anterior dle osnov evropských standardů</b>	<b>35</b>
<b>2.9. Okolní struktury pozorovatelné při ultrazvukovém vyšetření ve vztahu k ligamentum tibiotalarare anterior</b>	<b>37</b>

<b>3 Cíle práce a hypotézy .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1. Cíl práce .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2. Hypotézy .....</b>	<b>39</b>
<b>4 Praktická část .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1. Metodika .....</b>	<b>40</b>
4.1.1. Design, příprava .....	40
4.1.2. Výběr skupiny .....	40
4.1.3. Měření .....	41
4.1.4. Přístroje: .....	42
4.1.5. Dotazník .....	42
<b>4.2. Výsledky – obecná část .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.1 Zobrazení ligamentum tibiotalare anterior .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3. Výsledky – speciální část .....</b>	<b>48</b>
4.3.1. Vybrané kazuistiky účastníků .....	49
4.3.2. Tloušťka vazů vzhledem k dominanci DK .....	55
4.3.3. Rozdíly v tloušťce vazů u mužů a žen .....	58
<b>5. Diskuse .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1. Limity studie .....</b>	<b>62</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>63</b>
Výsledky jednotlivých hypotéz .....	64
<b>Seznam použité literatury – Referenční seznam .....</b>	<b>65</b>
<b>Seznam obrázků, tabulek a grafů .....</b>	<b>70</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>71</b>



## Seznam zkratek

a. arteria

aa. arteriae

m. musculus

mm. musculi

lig. ligamentum

lat. lateralis

med. medialis

spfc. superficialis

prof. profundus

prox. proximálně

dist. distálně

n. nervus

nn. nervii

LTTA ligamentum tibiotalare anterior

LTN ligamentum tibionaviculare

LD ligamentum deltoideum

UZ ultrazvukové

USG ultrasonografie

ESSR European Society of Musculoskeletal Radiology

# 1 Úvod

Diagnostická sonografie neboli ultrazvukové vyšetření je neinvazivní zobrazovací metoda. Ve fyzioterapii se využívá zejména k primární diagnostice vzniklých patologií nebo následnému doplnění fyzioterapeutického vyšetření. Samotné vyšetření je rychlé a lze aplikovat u většiny osob.

Naše práce se zaměřuje na anatomickou stavbu předního tibiotalárního vazy (LTTA). Tento vaz je jednou ze složek vazivového aparátu med. kotníku a jeho stavba není v dohledatelných zdrojích zmapována. Tato práce se zaměřuje na zmapování anatomických variant tohoto vazy v bezpříznakové mladé populaci. Dalším cílem je zjistit nebo vyloučit možnou závislost velikosti vazy a dominance končetiny účastníků.

Ve většině článků se autoři nezaměřují přímo na námi řešený problém, ale na celkovou stavbu *lig. deltoideum*. Námi zkoumaný vaz LTTA je uváděn jako malý vaz, který se problematicky vyšetřuje, a má časté anatomické varianty. V žádné z námi dohledaných prací jsme nenalezli zmapované anatomické varianty nebo popis stavby vazy při sonografickém vyšetření.

Samotné vyšetření probíhalo na klinice Radiologie a nukleární medicíny FNKV a 3.LF UK pod dohledem odborného personálu. Účastníci studie byli dobrovolníci z řad studentů 3. LF UK ve věkovém průměru 23 let. Studie se zúčastnili muži i ženy (M= 8, Ž= 17). Před zahájením samotného vyšetření byli účastníci seznámeni s průběhem vyšetření a formálními náležitostmi. Dále byli podrobeni ultrasonografickému vyšetření a dotazníkovému šetření. Získaná data byla vyhodnocena metodami statistické analýzy v programu JASP, za pomoci biostatističky Mgr. Pavlíkové.

Přínosem práce je stanovení velikosti vazy a zmapování jeho anatomických variant u zdravé bezpříznakové populace. Na tyto výsledky by bylo možné dále navázat např. při zkoumání závislosti stability hlezenního kloubu ve specifických případech nebo stavbě vazy při výskytu některých traumat.

Práce je strukturována do několika částí. Nejprve jsme se v teoretické části věnovali stavbě hlezenního kloubu, fyzikálním vlastnostem a funkci ultrazvuku, a stavu současného bádání. Dále jsme si stanovili cíle a hypotézy, které jsou blíže rozebrány a vyhodnoceny v praktické části. Ta je rozdělena na obecnou a speciální část. Ve speciální části se blíže věnujeme jednotlivým kazuistikám účastníků studie, u kterých byla nalezena anatomická varianta.

## **2 Teoretická část**

### **2.1. Diagnostické metody**

Nejvhodnější diagnostické postupy jsou ty, které nejenže slouží k samotnému určení diagnózy, ale také poskytují informace o prognóze. V klinické praxi, zejména pak v ortopedii, která nepřímo souvisí s naším výzkumem, je pro diagnostiku často využíváno klinické vyšetření jako metoda první volby. Dále pak různá zobrazovací vyšetření, jako je ultrasonografie nebo magnetická rezonance, které umožňují verifikovat nebo naopak vyvrátit původní nález z klinického vyšetření. Dále pak diagnostické zobrazovací metody také dokáží identifikovat asymptomaticky přítomnou patologii. (Vuurberg et al. 2018)

Zobrazovací metody pro nás mají význam pouze tehdy, kdy nám přinášejí přínos k vylepšení managementu pacienta. Pokud z klinického vyšetření je jasná diagnóza, nemusí se vždy volit diagnostická metoda k potvrzení.

### **2.2. Diagnostická sonografie (principy, historie, využití, rozdíly s ostatními metodami)**

Samotné spektrum využití ultrazvuku je velice rozmanité. Od schopnosti komunikace živočichů, po určování vzdálenosti objektů nebo hloubky oceánů. V průmyslu se využívá ultrazvuku například ke kontrole homogenity látek, či kvality odlitků ve strojírenství. V lékařství od čištění vody a materiálů, po terapii a diagnostiku. (Seidl 2012)

Ultrazvuk se v lékařství začal používat již v 50. letech 20. století. Jeho největší rozvoj nastal na přelomu 20. a 21. století, díky rozvoji počítačové techniky. (Malíková 2022)

### **2.2.1. Fyzikální principy**

Ultrazvuk je mechanické vlnění, při kterém si částice předávají kinetickou energii, která se dále šíří prostředím. Samotný ultrazvuk je dán svou frekvencí. Ta je vyšší než 20 kHz a nachází se tedy nad hranicí lidským uchem slyšitelného zvuku. U diagnostického ultrazvuku jsou běžně využívány frekvence od 2 do 24 MHz. Frekvence ultrazvuku roste s klesající vlnovou délkou a společně s ní roste i předaná energie. Dále se zvyšující frekvencí klesá průnik ultrazvukových vln do hloubky. Samotné ultrazvukové vlnění vzniká opakovanou deformací piezoelektrického krystalu v sondě, ze které je dále emitováno. Následně se deformuje dle složení a stavby zobrazované tkáně a je přijímáno zpět. Což nám tvoří výsledný obraz sloužící k diagnostice. (Malíková 2022)

### **2.2.2. Šíření ultrazvuku tkání**

Ultrazvuk se šíří jako podélné vlnění, u pevných látek jako podélné i příčné. Jeho šíření je závislé na vlastnostech dané látky. Nejideálněji se šíří v prostředí, kde jsou částice od sebe přiměřeně vzdálené a jejich vazby volné. Proto jsou ideální pro zobrazení sonografií kapaliny, popř. měkké tkáně.

Ultrazvukové vlny jsou omezeny ve své schopnosti pronikat a zobrazovat objekty s vysokou hustotou, jako jsou kosti díky absorpci, odrazivosti a nízké propustnosti. Vzhledem k vysokému rozdílu mezi akustickou impedancí kosti a dalších struktur dojde k odrazu většiny vln zpět. Z těchto důvodů není ultrazvuk obvykle používán k přímému zobrazení kostí. Pro zobrazení kostní tkáně se častěji používají jiné diagnostické metody, jako je rentgenová radiografie, CT (počítačová tomografie) nebo MRI (magnetická rezonance), které jsou schopné lépe proniknout a zobrazit kosti. (Kremkau 1993)

K odrazu dochází na rozhraní dvou látek o rozdílné akustické impedanci. Pokud je rozdíl akustických impedancí příliš velký, tak se většina energie navrácí zpět. Tento jev limituje např. zobrazení rozhraní kosti a tkáně. Akustickou impedanci vypočítá jako poměr hodnoty akustického tlaku a efektivní hodnoty akustické rychlosti. (Navrátil a Rosina 2019)

Ultrazvukové vlnění při průchodu tkání interaguje. Při prostupu tkání se odráží, ohýbá, rozptyluje a absorbuje. K odrazu dochází na hranici dvou prostředí s odlišnou akustickou impedancí. Akustická impedance je tvořena hustotou dané látky a fázovou rychlostí ultrazvukových vln. Aby bylo zobrazení možné, zvolená vlnová délka musí být menší, než je nejmenší struktura, jenž chceme zobrazit. (Bianchi a Martinoli 2007)

Posledním zmíněným jevem je absorpce. K té dochází při předávání energie ultrazvukových vln do prostředí. Díky intenzitě navracených vln a době, za kterou se navrátí k sondě dokážeme poskládat výsledný obraz, který představuje námi pozorované struktury. Naopak ohyb a absorpce jsou zodpovědné za tvorbu artefaktů. (Malíková 2022)

### **2.2.3. Ultrazvuk – přístroje**

Konstrukce jednotlivých přístrojů je různá. Liší se účelem, na který byl přístroj vyroben. Terapeutický ultrazvuk využívaný na rehabilitačních klinikách nebude mít např. zobrazovací monitor či stejně vyrobenou sondu, samotná tvorba ultrazvukových vln je ale totožná. Běžný diagnostický ultrazvuk se skládá z počítačové jednotky, monitoru a různých typů sond. Existují přístroje přenosné (méně rozměrné, pro terénní využití), či stacionární, které využijeme například v nemocničních zařízeních.

Uvnitř sondy nalezneme piezoelektrický krystal. Když na tento krystal aplikujeme elektrické napětí, dojde k jeho mechanickému namáhání a následné deformaci. Tato deformace způsobuje vysílání mechanických vln, které se šíří do zkoumaného materiálu ve formě ultrazvukových vln. Sondy se liší frekvencí, se kterou tvoří výsledné ultrazvukové vlny. (Malíková 2022)

#### 2.2.4. Ultrazvukové sondy

Existuje několik typů ultrazvukových sond, které se používají k různým typům vyšetření. Při použití libovolného typu sondy je vždy důležité aplikovat dostatečnou vrstvu sonografického gelu. Celkově použití gelu při sonografickém vyšetření je důležité pro optimalizaci kontaktu mezi sondou a kůží vyšetřovaného, a minimalizaci zkreslení obrazu, což vede k přesnější a spolehlivější diagnóze. Typ sondy se volí v závislosti na vyšetřované tkáni a specifických vlastnostech převodníků. Běžně se využívají sondy lineární, konvexní a sektorové. Dále se liší dle jejich využití (vaginální, rektální, endoskopické atd.). Sondy se liší jak tvarem, tak frekvencí. Při využití nás zajímá, jak jejich frekvence, tak určení i jejich stavba.

Prvním typem sondy je lineární (povrchová) sonda, která se obvykle používá k vyšetření povrchových struktur. Tato sonda má frekvenční rozsah od 4 do 12 MHz, což umožňuje detailní zobrazení, ale má omezenou hloubku průniku, jelikož disponuje krátkou vlnovou délkou. Kvůli tomu není vhodná pro zobrazení hlubších struktur. Výsledkem je dvourozměrný obraz. Tato sonda se často využívá při vyšetření cévního systému nebo povrchových tkání. Pro naši studii je tento typ sondy nejdůležitější. Lineární sondy jsou nejčastěji využívány právě pro zobrazení pohybového aparátu. Na zobrazení vazů a šlach je často využíván i podtyp těchto sond a to tzv. *hokejkové sondy*. Jedná se o malé lineární sondy o vysoké frekvenci (5-15 MHz). Pro zobrazení muskuloskeletárního systému je důležité využívat vysokofrekvenční sondy.

Dalším typem sondy je konvexní (transabdominální) sonda, která se používá k vyšetření hlouběji uložených struktur, jako jsou orgány břišní dutiny, orgány malé pánve nebo orgány hrudní dutiny. Tato sonda má nižší frekvenci (2–5 MHz) a vytváří obraz v sektorovém formátu.

Posledním typem je sektorová nebo také fázová kardiální sonda, která se používá primárně při vyšetření struktur uvnitř hrudní dutiny, zejména pak srdce. Tato sonda má malou plochu a nízkou frekvenci (2–4 MHz) a umožňuje vyšetření hlubokých a rozměrných struktur v malém prostoru. (Rosina et al. 2021; Griffith 2015)

Pro detailní zobrazení orgánů, které jsou v blízkosti tělních dutin, se často používají endokavitární sondy, jako jsou transvaginální, transrektální, transesofageální, peroperační nebo laparoskopické sondy. (Durila 2021; Hrazdira 2008;)

Uvedené frekvence jsou pouze orientační a liší se mezi jednotlivými výrobci.

### **2.2.5. Ultrazvukové zobrazení**

Běžné ultrazvuky disponují různými módy zobrazení. Mód A (*amplitude*) je nejjednodušší typ, kdy výsledným zobrazením je křivka. Mód B (*brightness*) je dnes běžně nejvyužívanějším módem. Přináší 2D obraz, který se skládá z bodů o různých stupních šedi. Ty jsou dány echogenitou dané tkáně. Výsledný obraz může být hyperechogenní – zobrazuje se bíle, anechogenní – zobrazuje se černě anebo hypoechogenní – struktura se zobrazuje šedými tóny. Jako hyperechogenní struktury se jeví oblasti s větším odražením ultrazvukových vln než okolní tkáně. To znamená, že tyto struktury mají vyšší hustotu nebo jsou schopny lépe odrážet ultrazvukové vlny. Některé z těchto struktur zahrnují kostní tkáň, fibrogenní tkáně, jako jsou šlachy a vazy. Vždy ale záleží na složení dané tkáně. Jako hypoechogenní struktury se jeví naopak oblasti s nižším odražením ultrazvukových vln než okolní tkáně. To znamená, že tyto struktury mají menší hustotu nebo jsou schopny absorbovat ultrazvukové vlny více než okolní tkáně. Takto se zobrazuje např. voda. Dalším módem je M (*motion*), který zobrazuje pohyb struktur.

Speciálním zobrazením je dopplerovské. Dělíme ho na dva základní typy: spektrální a barevné. Dopplerovské zobrazení se využívá např. k zobrazení toku krve. Dokáže rozpoznat nejenom tok krve, ale i pohyb chlopní, např. v kardiologii. U moderních ultrazvuků se také využívá 3D zobrazení, které vytvoří model struktury na monitoru ve 3D. (Malíková 2022; Rosina et al. 2021)



### **2.2.6. Kontraindikace ultrazvukového vyšetření**

Při běžném vyšetření diagnostický ultrazvuk nemá kontraindikace a nežádoucí účinky. Jediné nežádoucí účinky jsou spojeny s předáním mechanické energie, tedy ohřevem tkáně a možného vzniku kavitace (vzniku malých bublinek ve tkáni). Při rutinním ultrazvukovém vyšetření a dodržení základních principů a pravidel k těmto problémům nedochází. (Malíková 2022)

### **2.2.7. Limity**

Ultrazvuk má mnoho výhod, nenese pro vyšetřovaného téměř žádnou zátěž, je poměrně dostupný, levný a vyšetření je rychlé. Oproti tomu existují i jeho nevýhody a limitace. Limitací mohou být samotné zobrazované struktury. Pokud bude mít vyšetřovaný vyšší množství podkožního tuku, nemusí ultrazvukové vlny projít do hloubky a strukturu tedy nezobrazíme. Všeobecným problémem všech zobrazovacích metod je samotná stavba zobrazované struktury. Pokud se nebude od okolních tkání výrazně lišit, nebudeme schopni ji rozeznat. Dalším limitem je tvorba neúplné nebo žádné obrazové dokumentace, kdy se dále stává subjektivní zobrazovací metodou. Bez kompletní obrazové dokumentace nedokážeme doložit normální nález a její výsledek je pouze informativní. Stejně tak, jak jsem již dříve zmínil, je důležitá pozice zobrazovaných struktur. Pokud budeme brát v potaz náš zobrazovaný vaz, tak v relaxaci nebo natažení nám bude dávat různé výsledky. Jeho echogenita se bude výrazně lišit. Což u některých struktur nejsme z anatomického hlediska schopni provést. Dalším úskalím může být rozpoznání struktury na monitoru a popsání anatomie nebo naopak patologie. Běžné zobrazení může být od klasické anatomie poměrně odlišné a je tedy nutné, aby se vyšetřující držel standardizovaných vyšetřovacích postupů a měl zobrazenou strukturu dobře zdokumentovanou. (Malíková 2022; Anderson, Mark W. 2014)

### **2.2.8. Rozdíly ve zobrazení pomocí sonografie, rentgenového vyšetření, počítačové tomografie a magnetické rezonance**

Sonografie, RTG, CT i MRI jsou zobrazovací metody, které lze použít pro zobrazení struktur pohybového aparátu. Mají ale svá specifika, dle kterých se rozhoduje, v jakém případě jsou pro vyšetření nejvhodnější.

Klasické RTG snímky jsou metodou první volby pro zobrazení muskuloskeletálního aparátu. Snímek nám ale ukáže pouze stav kostí. Můžeme tedy vidět např. fraktury, degenerativní změny, rozsah osifikace, stav růstových chrupavek, postavení kloubů či nepřímé znaky poškození vazivového aparátu. Takovými znaky jsou například přítomnost kostních fragmentů a šíře kloubních štěrbin.

Samotné vazivo, svaly nebo chrupavky nám RTG snímek ale nezobrazí, můžeme pouze posoudit kloubní štěrbinu, kde se nachází i kloubní chrupavka. Samotný snímek je sumární, a proto tedy volíme zobrazení dvou na sebe kolmých projekcí.

Výpočetní tomografie (CT) se používá také pro zobrazení kosterních struktur. Stejně RTG vyšetření využívá CT rentgenového záření, které je emitováno z rentgenky. Rentgenové paprsky jsou emitovány v různých úhlech, jsou absorbovány, či odráženy jednotlivými strukturami a posléze zachyceny detektory, z těch pak putují hrubá data v příčné rovině, která jsou možná dále poskládat v jiné rovině, či trojrozměrném zobrazení bez nutnosti vyšetřovaného znova skenovat. Využívá se především pro posouzení stavu komplexnějších struktur, u rozsáhlejších zranění a pro přesnější posouzení stavu fraktury. Režim 3D CT zobrazení se používá např. pro rekonstrukce a lepší zobrazení fragmentů kostí. Oproti RTG je CT vyšetření přesnější, jeho použití je pro některé případy přínosnější. Negativem je jeho vyšší cena a vyšší radiační zátěž.

Výše zmíněná sonografie je naopak nevhodná pro zobrazení kosterních struktur. Je ideální pro zobrazení a posouzení stavů měkkých tkání, parenchymových orgánů či kloubních prostor. Oproti CT a RTG zde není ionizujícího záření a z hlediska radiační zátěže je tedy pro vyšetřovaného bezpečné.

Magnetická rezonance (MRI) je zobrazovací metoda, která nám detailně zobrazí chrupavky, menisky, vazy, či meziobratlové ploténky. Její nevýhodou je vysoká cena a delší doba samotného vyšetření. Naopak její nespornou výhodou je krom zobrazení i skutečnost, že nevyužívá rentgenové záření, ale pracuje na principu interakce mezi magnetickými poli a atomovými jádry v těle. MRI využívá vlastnosti atomových jader protonů vodíku, které jsou přítomné v tělních tkáních. Když je tělo vloženo do silného magnetického pole uvnitř MRI stroje, protony v těle se začnou zarovnávat podél tohoto pole. Tento proces se nazývá polarizace. Když je magnetické pole vypnuto, protony se vrací k jejich původnímu stavu. Při tomto návratu k normálnímu stavu emitují protony malý signál, který je zachycen detektory MRI a zrekonstruován ve výsledný obraz. Problémem může být samotná délka vyšetření, či u klaustrofobiků pobyt ve zúženém prostoru. Další velkou výhodou je jeho dostupnost a cena. (Malíková 2022)

## 2.3. Anatomie

### 2.3.1. Articulatio talocruralis

Hlezenní kloub, nebo také horní kloub zánártní, je složený kloub, ve kterém spolu artikuluje tibia, fibula a talus. Jedná se o kladkový kloub s osou pohybu mezi oběma kotníky. Jeho kloubní plochy tvoří společně *trochlea tali*, *facies articularis inferior et malleoli medialis tibiae* a *facies articularis malleoli lateralis fibulae*. Trochleu talu můžeme rozdělit na tři části, *facies superior* (pro skloubení s *facies articularis inferior tibiae*) a *facies malleolaris medialis et lateralis* (pro skloubení s kloubními plochami tibiae a fibuly). Hlavici kloubu tedy tvoří trochlea talu a kloubní jamku vidlice složená z tibiae, jejího vnitřního kotníku a připojeného zevního kotníku fibuly. Talus má na sobě šest artikulačních ploch a je přibližně kubický. Na jeho spodině najdeme *sinus tarsi*, ve kterém probíhá *lig. talocalcaneare*.

Kloubní pouzdro se upíná na okraje artikulujících kloubních ploch a vnější plochy kotníků, nejsou do něj tedy zavzaty. Samotné pouzdro je vzadu a vepředu volné, po stranách je zesíleno kolaterálními vazy (*ligamentum collaterale mediale et ulnare*). Oba vazy se vějířovitě rozbíhají od tibiae a fibuly na zánártní kůstky. Vějířovité uspořádání vazů předurčuje jeho stabilitu a biomechanickou funkci.

*Ligamentum collaterale mediale* (LCM) je silný vaz trojúhelníkového tvaru. Anatomie mu tedy přisoudila název *ligamentum deltoideum*. Pevně srůstá s kloubním pouzdem a má dvě vrstvy (povrchovou a hlubokou). Hluboká vrstva tvoří základ stability kotníku a kondenzuje se do samostatných vláken. Dělí se na další čtyři části: *lig. tibionaviculare* (rozpínající se z tibiae na os naviculare), *lig. tibiotalaris anterior* (jdoucí z tibiae dopředu na talus), *lig. tibicalcaneare* (pokračuje z tibiae vertikálně dolů na calcaneus) a *lig. tibiotalaris posterior* (z tibiae směřuje šikmo na *proc. posterior tali*). (Čihák et al. 2011)

### 2.3.2. Ligamentum tibiotalare anterior

*Ligamentum tibiotalare anterior* (LTTA) je součástí *ligamentum collaterale mediale* a stabilizuje *articulatio talocruralis* (horní kloub zánártní). Mediální kolaterální vaz, nazývaný také deltový vaz, je komplexem různých vazů. Spíše, než aby šlo o různé samostatné vazy, jsou všechny připojeny k sobě. Anatomické variace jsou časté, a jejich rozměry se v rámci populace liší. (Döring et al. 2018)

Již samotné anatomické složení mediálního kolaterálního vazů není ucelené a liší se dle jednotlivých autorů. Nejvíce autorů ale zastává názor, že je rozděleno do dvou vrstev (povrchové a hluboké), podobně jako *ligamentum talofibulare*.

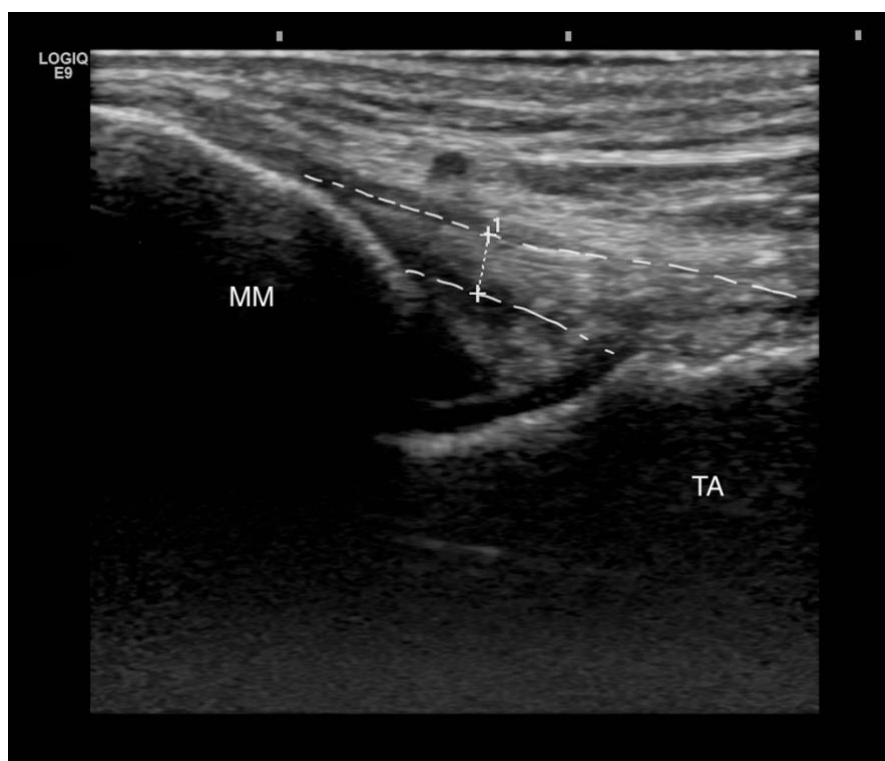
*Ligamentum tibiotalare anterior* je tedy součástí hlubokých komponent mediálního kolaterálního vazů, společně s *ligamentum tibiotalare posterius*. Nejběžnější rozložení ligament mediálního kotníku popisuje šest složek, z nichž tři jsou popisovány vždy, a další tři jsou variační (*ligamentum tibiotalare posterius superficiale*, *ligamentum tibiocalcaneare* a *ligamentum tibiotalare anterior profundus*). Samotná šířka *ligamentum tibiotalare anterior* se udává ve velikosti od 6 do 10 mm. Anatomické odchylky a tloušťka vazů nejsou v dostupných pracích zmíněny. (Clanton et al. 2015; Won et al. 2016; Wang et al. 1999)

*Ligamentum collaterale laterale* se skládá ze tří pruhů - *lig. talofibulare anterior*, *lig. calcaneofibulare* a *lig. talofibulare posterius*. Všechny tři mají společný začátek na fibule a upínají se ve ventrodorzálním pořadí na *colum tali*, *calcaneus* a *processus posterior tali*. (Čihák et al. 2011)

Cévní zásobení hlezenního kloubu vychází z *rete articulare*, které tvoří větve z *a. malleolaris ant. med. et lat.*, *aa. tarsales*, *a. fibularis*, *a. tibialis post.*, *a. tibialis* a *a. dorsalis pedis*. Odkysličená krev odchází žilami podél přírodních arterií.

Inervaci v přední části hlezenní krajiny je zajišťována cestou *n. fibularis prof.* (menší složku zastává *n. fibularis spfc.*) a v zadní oblasti *n. tibialis*, který se dále dělí na *n. plantaris medialis* a *n. plantaris lateralis*. Nekonstantně se může uplatňovat senzitivní inervace z *n. suralis* a *n. saphenus*.(Čihák et al. 2011; Dylevský 2009)

Na koronálním UZ snímku pořízeném během vyšetřování účastníků studie vidíme *malleolus medialis tibiae* a *talus*. A komplex deltového vazy. Skládá se z různých svazků vláken a působí pruhovaně. Tento pruhovaný vzhled by neměl být zaměňován za důkaz zranění. (Döring et al. 2018)



Obrázek 1 - koronální UZ snímek LT TA (MM = malleolus medialis tibiae, TA = talus) [zdroj: archiv autora]

Pro ideální představu o průběhu LTTA jsem připojil snímek z MRI vyšetření ze studie Döring et al. z roku 2018. Můžeme zde vidět spojitost deltového vazy a jeho průběh od *malleolus medialis tibiae* na *talus* a ostatní struktury.



**Obrázek 2 - MRI snímek zobrazující průběh deltového vazy; Döring et al. 2018 [koronární MRI snímek – zatížený, ukazuje průběh *lig. tibiotalare*, T= tibia, Tal = talus, C= calcaneus]**

### 2.3.3. Svalový aparát – svaly bérce a nohy

Stabilitu bérce, krom vazivového aparátu, tvoří také dlouhé svaly bérce. Dělíme je do několika skupin, podle jejich pozice na ventrální, laterální a dorzální skupinu.

Ve ventrální skupině nalezneme *m. tibialis anterior*, *m. extensor digitorum longus* a *m. extensor hallucis longus*.

Dorsální skupina se dále dělí na povrchovou a hlubokou vrstvu. V povrchové vrstvě nalezneme *m. triceps surae* (lýtkový sval; tvoří jej tři hlavy – *m. gastrocnemius med. et lat.* a *m. soleus*; sval se upíná pomocí Achillovy šlachy na calcaneus), a *m. plantaris*. V hluboké vrstvě nalezneme *m. popliteus*, *m. tibialis post.*, *m. flexor digitorum longus* a *m. flexor hallucis longus*.

V laterální skupině nalezneme *mm. fibulares* (longus et brevis), dříve označované jako *mm. peroneii*. Někteří autoři zmiňují možnou přítomnost *m. fibularis tertius*, jedná se o část *m. extensor digitorum longus*, který má v 92 % případů zdvojenou úponovou šlachu jdoucí na *tuberositas ossis metatarsi quinti*.

Krom dlouhých svalů bérce najdeme na dorsu nohy krátké *mm. pedis*, jdoucích ze hřbetu nohy na jednotlivé prsty. Najdeme zde *m. extensor digitorum brevis* a *m. extensor hallucis brevis* a šlachy dlouhých extenzorů prstů a palce. (Čihák et al. 2011; Hudák a Kachlík 2021)



#### 2.3.4. Topografie mediálního kotníku

Topografická anatomie rozděluje prostor mediálního kotníku na prostory před a za mediálním kotníkem. Prostor za mediálním kotníkem tvoří *canalis malleolaris* a najdeme zde šlachy svalů *m. tibialis post.*, *m. flexor digitorum longus* a *m. flexor hallucis longus* ve šlachových pochvách. Dále *nervus tibialis* a *vasa tibialia posteriora*.

Před mediálním kotníkem prochází povrchově *nervus saphenus* a *vena saphena magna*, a v hloubce šlacha *m. tibialis posterior*.

Hlavní fascií bérce je *fascia cruris*. Její tloušťka je různá, nejsilnější je proximálně a ventrálně. Distálně tvoří útvary: *retinaculum musculorum extensorum superius et inferius*, *flexorum* a *peroneorum superius*. Do hloubky fascie vytváří *septum intermusculare anterius et posterius* pro oddělení jednotlivých skupin svalů bérce. (Čihák et al. 2011; Grim a Druga 2002, s. 5)

### 2.3.5. Histologická stavba vazů a šlach

V lidském těle nacházíme několik typů vaziva, dle jejich histologické stavby a umístění. Mezenchym neboli embryonální vazivo, rosolovité vazivo, řídké kolagenní vazivo, husté kolagenní vazivo, retikulární vazivo, elastické a tukové vazivo. Nejčastějším typem je řídké kolagenní vazivo, které nalezneme jak ve stavbě orgánů, tak vyplňuje např. prostor mezi fasciemi v okolí vazů. Samotná mikroskopická stavba udává mechanické vlastnosti. Šlachy umožňují svojí stavbou a umístěním např. pohyby v kloubech pro přenos svalové síly.

Pro stavbu šlach a vazů je pro nás důležitá stavba hustého kolagenního vaziva. Husté kolagenní vazivo je svou stavbou podobné řídkému, ale s převažujícím obsahem kolagenních vláken na úkor amorfni hmoty. Tomu odpovídají i jeho vlastnosti, je méně pružné a má vyšší mechanickou odolnost. Nejhojnějšími buňkami jsou fibrocyty a fibroblasty. Husté kolagenní vazivo můžeme dále dělit na uspořádané a neuspořádané.

Uspořádané husté kolagenní vazivo je složeno ze silných vláken z kolagenu I, který poskytuje jeho vysokou mechanickou odolnost, zejména v tahu. Najdeme ho hlavně ve šlachách a retinákulech. Dále pak obsahuje elastická vlákna, proteoglykany, fibroblasty a fibrocyty.

Neuspořádané husté kolagenní vazivo je tvořeno opět kolagenem I, ale oproti uspořádanému je pevné ve více směrech. Najdeme ho např. v dermis, sklěře oka a obalech orgánů. (Lüllmann-Rauch 2012; Mescher 2018)

## 2.4. Biomechanika hlezenního kloubu

### 2.4.1. Základní postavení a pohyby

Základní postavení v hlezenním kloubu vychází ze stoje. Jsou při něm možné pohyby do flexe (plantární flexe do 30-35°) a extenze (dorsální flexe do 20-25°). Celkový rozsah flexe-extenze v hlezenním kloubu, bez přidání pohybů sousedících struktur, je tedy 50-60°. Při dorsální flexi trochlea talu rozevřívá bérce kosti, je v přední části přibližně o 5 mm širší, díky čemuž se pohyb zpomaluje a předurčuje kloub v tomto pohybu k větší stabilitě. Dalším činitelem při pohybu je *syndesmosis tibiofibularis*, která se při flexi také výrazně napíná. Naopak plantární flexe je ukončena napětím kloubních vazivových struktur a konečným opřením *proc. posterior tali* o tibií.

Střední postavení v kloubu je totožné se základním. Kloub je při dorsální flexi pevně fixován, jak vazivovými strukturami, tak především díky vklínění kladky talu mezi kosti bérce. Kosti bérce tvoří pevnou vidlici. Naopak při plantární flexi je tato opora pozicí kloubu výrazně snížena a jsou tak možné viklavé pohyby. Při plantární flexi je také kloub více vystaven riziku luxace.

Distálně od hlezenního kloubu nalezneme dolní kloub zánártní. Jedná se o klouby *art. subtalaris (art. talocalcanea)*, *art. talocalcaneonavicularis* a *art. calcaneocuboidea*. Jeho pohyby jsou kombinované a bere se jako celek. Pohybově koná inverzi a everzi nohy.

V anatomickém postavení se v talu rozkládá váha celého těla. Zátěž se dále rozkládá mezi *os naviculare* a patní kost.

Samotný pohyb celého hlezenního kloubu je složen z pohybů vícero struktur. Při plantární flexi dochází k současné inverzi (supinaci a addukci) a naopak při dorsální flexi k everzi (pronaci a abdukci). Talus se díky svému tvaru při plantární flexi stáčí do supinace a při dorsální flexi do pronace. Všechny pohyby v bérce jsou doplněny rotací kostí bérce, zejména pak fibuly. Při plantární flexi je lýtková kost tažena ventrálně a při dorsální flexi naopak dorzálně. Maximální pohyb v hlezenním kloubu může být až 90°, v běžném stereotypu bývá ale využit rozsah 50-60°.

Hlezenní kloub je pro pohyb a stabilitu stěžejní a má pouze jeden stupeň volnosti. Jeho správná funkce je esenciální pro správný chůzový stereotyp a oproti ostatním kloubům je extrémně zatěžovaný. (Čihák et al. 2011; Dylevský 2009; Kapandji 1987)

#### **2.4.2. Stabilita**

Talus je poměrně vratkým článkem skeletu a je stabilizován rozsáhlým vazivovým aparátem. (Dylevský 2009)

Porozumění a správná definice stability, popř. instability kotníku je poměrně náročná. Jedná se o komplexní jev, který zahrnuje mnoho parametrů a anatomických struktur. Parametry určující stabilitu by se daly rozdělit na vnitřní a vnější. Vnitřní neboli endogenní jsou jednotlivé vazy, svaly, kosterní struktury apod., jsou individuální a závislé na momentálním stavu jedince. Zevní, exogenní, zahrnují enviromentální data. Pod tím si můžeme představit anamnestická data, jako je např. poškození nebo sportovní anamnéza.

Jednotlivá korelace mezi vnitřním a vnějším vlivem rozhoduje o možné instabilitě. Dobře vyvinutý vaz nemusí znamenat stabilitu hlezna daného jedince, ta závisí na mnoha faktorech. Je ovlivněna jak samotnou stavbou vazy, okolních kosterních struktur a svalovým aparátem. Důležitou informací je také, zdali jedinec již utrpěl nějaká zranění, co by mohla ovlivnit architekturu pohybového aparátu. Dále pak i samotným jedincem, vazy mohou ovlivňovat jak hormony, tak jedincova genetická výbava, kdy může mít např. zvýšenou elasticitu vaziva. Tímto jevem může být genetická choroba Ehler-Danlos. Dalším aspektem pro stabilitu je vnější vliv, kdy je pro nás důležité např. jakou obuv jedinec zvolil, či jestli je kotník zpevněn ortézou či tejpováním. V neposlední řadě může hrát roli i psychický stav jedince a jeho příprava k pohybu. (Malfait et al. 2010; Carbonell-Bobadilla et al. 2020; Biz et al. 2022)

Pro naši studii je nejdůležitější si představit morfologii zúčastněných struktur. Jsou to kosti (talus, calcaneus, tibie a fibula), vazy (zejména kolaterální) a svalový aparát, který svým stavem ovlivňuje předešlé. Povrchová a hluboká vrstva *ligamentum collaterale mediale* má každá jinou morfologii, a tím i úlohu ve stabilitě kotníku. Povrchová vrstva udává anteromediální stabilitu. Silným vazem je také hluboká vrstva LCM, jeho úloha stability se v pracích nepopisuje.

Stabilita kotníku dále ovlivňuje možnost vzniku poranění. Stabilnější kotník nese povětšinou menší známky poranění a tvoří ideální prevenci před budoucími. (Bonnell et al. 2010)

## 2.5. Poranění hlezna – s ohledem na mediální kotník

### 2.5.1. Klinické vyšetření kotníku

Po výskytu traumatu kotníku je důležitá diagnostika. Dříve bylo pravidlem podstoupení rentgenového vyšetření, které ale nemuselo být vždy nutné. Díky tomu vznikla tzv. Bernská kotníková pravidla – *Bernese ankle rules* (BAR), která mají za úkol omezit počet rentgenových vyšetření. Jejich klinické použití je díky nízké specificitě zatím nemožné. Při těžkém podvrtnutí kotníku by měla být vyloučena zlomenina příslušných struktur, k tomu napomáhají tzv: *Ottawa ankle rules* (OAR), z něhož může být dále indikováno konvenční radiologické zobrazení. Studie uvádí, že pouze u 15 % pacientů, kteří byli vyšetřeni pomocí RTG vyšetření, byla následně diagnostikována zlomenina. OAR jsou přesným diagnostickým nástrojem k vyloučení zlomeniny kotníku do jednoho týdne od průběhu traumatu. Obecně se poranění vazů kotníků dělí do 3 stupňů:

stupeň I: mírné podvrtnutí

stupeň II: středně těžké podvrtnutí nebo léze ligamenta

stupeň III: těžké podvrtnutí nebo úplná léze vazů

V případech, kdy je přítomen hematoma doprovázený palpační bolestí kolem distální fibuly a/nebo pozitivním anteriorním zásuvkovým testem, pravděpodobně existuje ruptura laterálních vazů kotníku. Pokud je fyzikální vyšetření provedeno 4–5 dní po úraze, je senzitivita a specificita testu přední zásuvky 84 % a 96 %. Ultrasonografie má podobnou senzitivitu (92 %), ale postrádá specificitu (64 %) ve srovnání s opožděným vyšetřením, a navíc závisí na vybavení a způsobu vyšetření. V případě těžkého poranění je možné provést vyšetření pomocí MRI, která má senzitivitu 93-96 % a specificitu 100 %. Její horší dostupnost v kombinaci s vysokou prevalencí podvrtnutí kotníku omezuje použití MRI v akutních situacích.

Dalšími diagnostickými modalitami jsou zátěžové rentgenové snímky a arthrografie. Vzhledem k omezené diagnostické hodnotě pohledů na stres v kombinaci s bolestí v akutním prostředí při namáhání vazů jsou tyto metody považovány za zastaralé a neměly by se používat. Vzhledem k tomu, že arthrografie je invazivní výkon, a její senzitivita a specificita se rovná opožděnému fyzikálnímu vyšetření, nedoporučuje se ani jako diagnostický nástroj v akutním stavu.

Hodnotící kritéria dle OAR jsou: bolest na dorsálních stranách jednoho nebo obou kotníků, palpační bolestivost *base 5. metatarsu*, palpační bolestivost *os naviculare* a nemožnost ujít 4 kroky.

Podstatná část pacientů uvádí dlouhodobě nevyřešené symptomy spojené s poraněním: 5–46 % pacientů pociťuje bolest; 3–34 % pacientů má opakované podvrtnutí; 33–55 % pacientů uvádí nestabilitu. Zvýšeným rizikem opakujících se podvrtnutí a výskytu nestability je také vyšší fyzická zátěž.

## 2.5.2. Typy poranění deltového vazů a jejich řešení

*Syndesmosis tibiofibularis* je poměrně pevná a v případě vystavení kotníku rozsáhlé dorsální flexi dochází většinou k odlomení *malleolus lateralis fibularis* nebo infrakci *malleolus medialis tibialis*. Samotné ruptury syndesmosy jsou výjimečné. (Čihák et al. 2011; Dylevský 2009; Kapandji 1987)

Na rozdíl od kolenního a kyčelního kloubu je hlezenní kloub jen zřídka postižen degenerativními změnami. Peroneální svaly však přispívají k syndromu nestabilního hlezna a následné možné distorzi. (Dylevský 2009)

Postižení deltoidního ligamenta vzniká v důsledku everzního nebo pronačního poranění. Jeho poranění bývá spojeno se zlomeninami laterálního kotníku. Při poškození bývá většinou deltový vaz vytržen ze svého tibiálního úponu kvůli posunu talu. Poranění předního deltového vazů se dělí na 3 typy:

Proximální natržení nebo avulze vazů

Intermediální natržení vazů

Distální natržení nebo avulze vazů

Většinou tedy nedochází k ruptuře vazů, ale k maleolární zlomenině. Může dojít k bimaleolární nebo až trimaleolární fraktuře. K léčbě se volí například otevřená repozice s vnitřní fixací, záleží na typu zlomeniny a preferencích ošetřujícího lékaře. (Zhang et al. 2012; Perrich et al. 2009; Anderson 2014; Rammelt et al. 2008)

Poranění deltového vazů může vést k mediální bolesti kotníku, následné instabilitě a posttraumatické osteoartróze vzhledem ke změněné biomechanice hlezenního kloubu. Po dokončení důkladného fyzikálního vyšetření lze k potvrzení diagnózy použít zobrazovací metody, jako jsou zátěžové rentgenové snímky a zobrazování magnetickou rezonancí. Akutní poranění deltového vazů by mělo být řešeno konzervativně s krátkým průběhem imobilizace. U pacientů s přetrvávající bolestí a nestabilitou po režimu neoperativní léčby lze zvážit chirurgický zákrok. Pokud zbývá dostatek tkáně, lze použít primární řešení



pomocí fixace suturou k mediálnímu kotníku. Pokud je však nutná rekonstrukce, lze použít autoštěp nebo aloštěp. (Gopinath et al. 2022)

Nejčastějším modelem poranění je avulze z mediálního kotníku a většina současných reparačních technik zahrnuje přímou opravu kapsulárních a deltových poranění zahrnujících suturní kotvy ve středním kotníku a imbrikaci povrchových a hlubokých deltových vláken. K dnešnímu dni existují omezené důkazy o lepších klinických výsledcích s přidáním opravy deltového svalu ve srovnání s otevřenou repozicí a vnitřní fixací samotné fibuly. (Lee et al. 2019)

Poslední stádium supinační-externí rotační zlomeniny kotníku zahrnuje buď příčnou zlomeninu mediálního kotníku nebo rupturu deltového vazů. Při ruptuře deltového vazů dochází k „bimaleolární ekvivalentní“ zlomenině kotníku a chirurg je postaven před několik diagnostických a terapeutických problémů. V nativním kotníku zajišťuje deltový vaz omezení everze a vnější rotace talu na tibií. U bimaleolárních ekvivalentních zlomenin hlezna je často velká mediální instabilita i po fibulární repozici. Retrakce deltového vazů s následným hojením v neanatomické poloze může teoreticky způsobit nestabilitu, přetrvávající bolest středního žlabu a ztrátu funkce s rizikem časně artritidy. V mírných případech nemusí být poranění deltového vazů zřejmé a potenciální diagnostické techniky zahrnují předoperační a intraoperační zátěžovou radiografii, MRI a ultrasonografii. (Lee et al. 2019)

Jednotlivá poranění se popisem liší dle studií a přístupu jednotlivých pracovišť. Druhů poranění vazů kotníků je mnoho a naše studie se primárně neorientuje na popis této problematiky. Tato práce přináší pouze informativní charakter o povaze možných zranění a jejich léčbě, který může být v následném diagnostickém vyšetření různě vyobrazen.

## 2.6. Sonografie kotníku – zobrazení, správná pozice

Pro sonografii je esenciální znalost specifické pozice pro zobrazení jednotlivých struktur a znalost anatomie daných struktur. K usnadnění orientace je důležitým bodem orientace v ultrazvukovém obraze pomocí kosterních struktur a typických bodů, v našem případě to je tibia (*malleolus medialis tibiae*) a talus.

Při námi vyšetřovaném předním tibiotalárním kloubu a jeho *lig. tibiotalare anterior* budeme umísťovat sondu v koronární rovině, na přední stranu mediálního kotníku. Účastník leží na vyšetřovaném boku. Vyšetřovaná končetina bude natažena a podložena pod kotníkem, abychom docílili možného maximálního natažení vazů. Dále účastník provede everzi nohy, kterou můžeme podpořit i manuálně/pasivně. (De Maeseneer et al. 2009)

Na obrazovce zobrazíme kloubní prostor mezi laterálním kotníkem a talem. Najdeme zde tibiotalární, tibiokalkaneární a popř. tibionavikulární vazy a tukový polštář. Tukový polštář by se měl zobrazovat jako mírně hyperechogenní trojúhelníkovitá struktura. Dále můžeme identifikovat hypoechogenní chrupavku na povrchu kloubu. Na zobrazení bude vidět přední masa *lig. deltoideum* a pro zobrazení LTТА je nutné jednotlivé komponenty od sebe správně odlišit. (Beggs et al.)

## 2.7. Současný stav bádání

Ze 70 článků (za posledních 10let) jsem zaevidoval k dalšímu využití dvanáct, které se týkají zkoumaného problému. Ve většině článků se autoři nezaměřují přímo na námi řešený problém, ale na celkovou stavbu kloubu a vazů. Ve všech vzorcích byly identifikovány tibionavikulární tibiospringové a hluboké zadní tibiotalární vazy. Další tři vazy byly variabilní: povrchový tibiokalkaneární, povrchový zadní tibiotalární a povrchový přední tibiotalární.

Dle výsledků byl největší z nich hluboký zadní tibiotalární. Studie pracovala se čtrnácti nepárovými vazy ze zmrazených vzorků, ze kterých byly identifikovány jednotlivé pruhy deltového vazů. *Ligamentum tibiotalare anterius* (ATTL) je součástí *ligamentum collaterale mediale (deltoideum)* a stabilizuje *articulatio talocruralis* (horní kloub zánártní). Anatomické varianty a odchylky jsou velice časté. (Clanton et al. 2015)

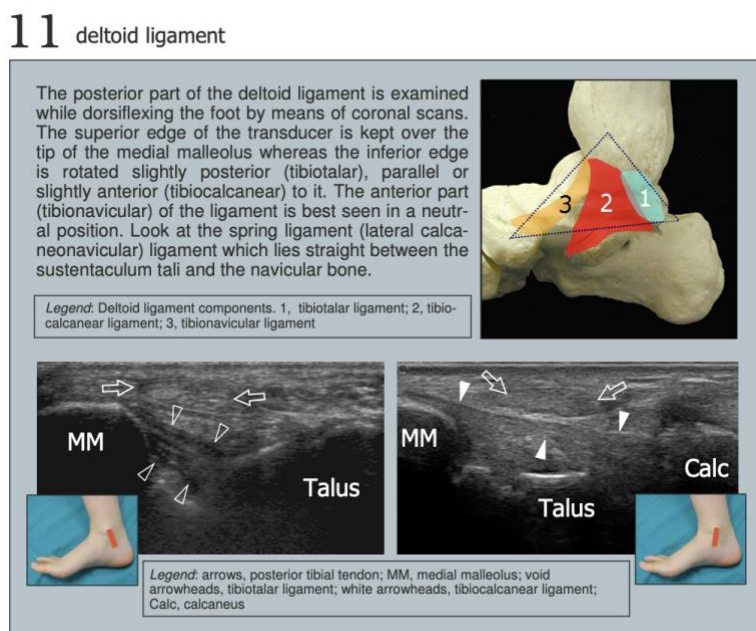
Již samotné anatomické složení mediálního kolaterálního vazů není ucelené a liší se dle jednotlivých autorů. Nejvíce autorů ale zastává názor, že je rozděleno do dvou vrstev (povrchové a hluboké), podobně jako *ligamentum talofibulare*. (Bianchi a Martinoli 2007; Chhabra et al. 2010)

Dle i ostatních dohledaných studií, týkajících se problematiky sonografie hlezenního kloubu, je LTTA většinou nevyšetřováno. Anatomické odchylky se uvádějí jako časté. Samotné popsání vazů je komplikované a pro ideální zobrazení je důležité docílit propnutého vazů. Dále je možné vaz zobrazovat naopak s plantární flexí v hlezenním kloubu. Dle Döring et al. 2018 je vaz „*very delicate*“, volně bych přeložil jako jemný, popř. miniaturní, a většinou je problém ho zobrazit. (Döring et al. 2018)

## 2.8. Postup ultrazvukového vyšetření ligamentum tibiotalare anterior dle osnov evropských standardů

Ideálního zobrazení *lig. deltoideum* dosáhneme při jeho natažení, účastníkově vyšetřované hlezno by tedy pro ideální zobrazení mělo být v supinaci. (Döring et al. 2018)

Dle ESSR (European Society of Musculoskeletal Radiology) je přední část *lig. deltoideum* nejlépe zobrazitelná v neutrální pozici, popisuje ale primárně zobrazení tibiospringrového ligamenta. Zobrazení předních vazů, jak *lig. tibionaviculare*, tak *lig. tibiotalare ant.* provádíme se sondou, která je v pozici rovnoběžně s průběhem vláken.



Obrázek 3 - Popis UZ vyšetření dle standardů ESSR

[zdroj: <https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ankle.pdf>]

## **2.9. Okolní struktury pozorovatelné při ultrazvukovém vyšetření ve vztahu k ligamentum tibiotalare anterior**

Při zobrazení dle guidelines dle ESSR (2.7. Postup UZ vyšetření LTТА dle osnov evropských standardů) je pro naši orientaci důležitá tibia a talus, mezi kterými by se mělo nacházet LTТА. Povrchověji od LTТА nalezneme *ligamentum tibionaviculare*, které pokračuje dále na *os naviculare*. Mezi oběma ligamenty můžeme pozorovat prostor vyplněný vazivem. Při pozorování dále můžeme pozorovat drobné cévy. Z okolních struktur můžeme pozorovat další části *lig. deltoideum*, jako je *lig. tibiotalare posterior* nebo *lig. tibiotalare mediale*, a dále šlachy extenzorů prstů. (De Maeseneer et al. 2009)

## **3 Cíle práce a hypotézy**

### **3.1. Cíl práce**

Cílem práce je zjistit, jaké jsou anatomické odchylky ve stavbě předního tibiotalárního vazy pomocí diagnostického ultrazvuku a stanovení procentuálního zastoupení variant v běžné populaci. K práci využijeme probandy z populace ve věku 20-30 let.

Zajímá nás, jak jsme schopni LTTA pomocí diagnostické sonografie zobrazit a následně chceme diferencovat UZ typy jeho morfologie.

U každého jedince bude změřena tloušťka vazy. Následně proběhne porovnání hloubky vazy u jedince na obou končetinách. Dále budeme zjišťovat, jsou-li v osobní anamnéze, popř. sportovní anamnéze pro nás zajímavé informace související s vazem (stabilita, dřívější zranění), která by mohla korelovat se stavbou vazy a nálezem na sonografickém vyšetření.

## **3.2. Hypotézy**

**H1: Zjišťujeme, je-li možné při běžném sonografickém vyšetření kotníku LTТА zobrazit**

H<sub>A</sub>: LTТА je dobře zobrazitelný a popsitelný na UZ vyšetření

H<sub>0</sub>: LTТА není dobře zobrazitelný a popsitelný na UZ vyšetření

**H2: Zjišťujeme, zdali má vaz v běžné zdravé populaci své anatomické varianty zobrazitelné na UZ**

H<sub>A</sub>: Na UZ zobrazení vazy je možné popsat jednotlivé anatomické varianty LTТА

H<sub>0</sub>: Na UZ zobrazení vazy není možné popsat jednotlivé anatomické varianty LTТА

**H3: Existuje korelace mezi tloušťkou LTТА, naměřenou při sonografickém vyšetření, a dominancí DK, kterou udal účastník studie**

H<sub>A</sub>: Naměřená tloušťka vazy je rozdílná u dominantní i nedominantní DK

H<sub>0</sub>: Naměřená tloušťka vazy je stejná u dominantní i nedominantní DK

**H4: Zjišťujeme, zdali se liší tloušťka LTТА (u postižené končetiny) u účastníků s distorzí a bez uvedené distorze v anamnéze**

H<sub>A</sub>: Tloušťka vazy je rozdílná u účastníků, kteří mají v anamnéze luxaci/subluxaci

H<sub>0</sub>: Tloušťka vazy není závislá na uvedených anamnestických datech

## **4 Praktická část**

### **4.1. Metodika**

Tato kapitola popisuje přípravu a design studie, výběr skupiny, samotný průběh měření a přístroje, se kterými jsme pracovali.

#### **4.1.1. Design, příprava**

Studie byla inspirována nápadem MUDr. Davida Girsy z kliniky Radiologie a nukleární medicíny FNKV a 3. LF UK, kdy zjistil, že LTТА není běžně popisováno a chybí podrobnější informace o anatomické stavbě vazů. Dále jsme si stanovili skupinu, na kterou by bylo vhodné se při vyšetřování zaměřit. Postupně jsme zažádali o schválení projektu Etickou komisí 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a vypracovali jednotlivé dokumenty potřebné k realizaci výzkumu. K účasti na projektu byli osloveni studenti 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Vyšetření dále probíhalo na klinice Radiologie a nukleární medicíny FNKV a 3. LF UK. Naměřená data byla zpracována v programu Excel a následně vyhodnocena na základě statistické analýzy dat v programu JASP, s hladinou významnosti 0,05 odpovídající 5 %.

Všichni účastníci souhlasili se zařazením svého vyšetření do mé práce. Dále byli seznámeni s povahou vyšetření a obdrželi informovaný souhlas.

#### **4.1.2. Výběr skupiny**

Pro naši studii byla vybraná skupina 25 dobrovolníků z řad studentů 3. lékařské fakulty UK. Jedná se o heterogenní skupinu, ve které jsou zastoupeni muži i ženy. Vyřazujícím kritériem ze studie byla přítomnost právě probíhajícího zranění kotníku, která by mohla zkreslovat výsledná data.



### 4.1.3. Měření

Vyšetření probíhalo na klinice Radiologie a nukleární medicíny FNKV a 3.LF UK za dohledu odborného personálu, jmenovitě pak MUDr. Sebastiana Klímy. Bylo vyšetřeno celkem 25 probandů, z čehož máme zaznamenáno 50 vazů k následnému vyhodnocení.

U probandů bylo provedeno ultrazvukové vyšetření obou kotníků, kde jsme následně identifikovali LTТА a změřili jeho tloušťku (hloubku) u jeho začátku na talu.

**Vyšetřovací pozice sondy:** Vyšetřovací pozice a postup byl přejat z guidelineu dostupného na webu: <https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ankle.pdf>. (Beggs et al.)

Pozice vyšetření: vyšetřovaný ležel na nevyšetřovaném boku, při mírně flektovaném kolenu, s chodidlem v plantární flexi s mírnou supinací. Kotník byl dále podložen válcem, pro lepší natažení vyšetřovaného vazů. Na ultrazvukovém snímku jsme následně u každého vyšetřovaného změřili tloušťku vazů. Tloušťku jsme vybrali z toho důvodu, že na příčném obraze jsme nebyli schopni správně změřit šířku vazů u každého účastníka. A naopak délka vazů je závislá zejména na natažení vazů, kterého nejsme schopni při vyšetření docílit u každého účastníka ve stejné míře.

Před ultrasonografickým vyšetřením proběhla palpační identifikace LTТА, která nebyla u všech jedinců úspěšná. Při vyšetřování jednotlivých vazů bylo využito aktivního natažení LTТА, kdy byl účastník vyzván k provedení inverze v hlezenním kloubu. Pokud toto nestačilo k ideálnímu natažení vazů a jeho identifikaci, bylo provedeno manuální protažení rukou vyšetřujícího.

#### 4.1.4. Přístroje:

Ultrazvukové vyšetření všech účastníků bylo provedeno na přístrojovém ultrazvuku: Logiq E9 XD Clear 2.0, na Klinice radiologie a nukleární medicíny 3.LF UK. Za pomoci sondy L8-18i s frekvenčním rozsahem 5-15 MHz.



Obrázek 5 - Logiq E9 XD Clear 2.0 využívaný při vyšetření v naší práci [zdroj: archiv autora]



Obrázek 4 - Hokejková sonda Logiq L8-18i s frekvenčním rozsahem 5-15 MHz, která byla používána pro zobrazení vazů [zdroj: archiv autora]

#### 4.1.5. Dotazník

Účastníci studie obdrželi online webový dotazník na portálu Google Forms, který je k nahlédnutí v příloze. Uvedená data byla zpracována a porovnána s naměřenými hodnotami velikosti vazů u jednotlivých účastníků. Jednalo se o informace o pohlaví účastníků, dominanci dolních končetin a o historii úrazů kotníků, jejich frekvenci a sportovní anamnéze jedince.

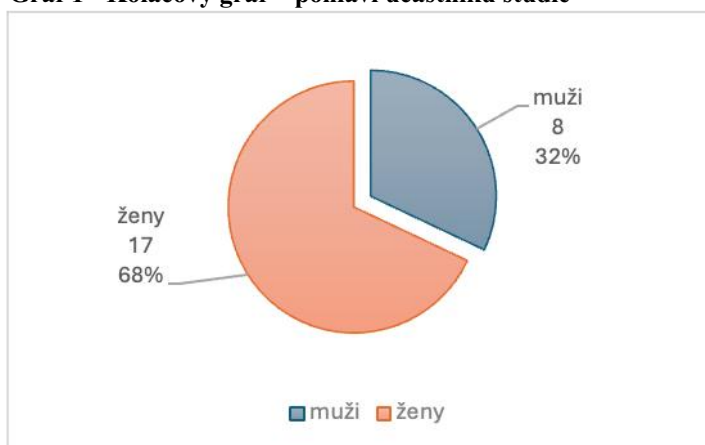
## 4.2. Výsledky – obecná část

Tato část práce se zaměřuje na výsledky jednotlivých hypotéz a vyhodnocení výsledků měření. Nejprve rozebírá obecné výsledky a v druhé speciální části se více do hloubky soustřeďuje na jednotlivé kazuistiky účastníků, u kterých byla nalezena anatomická varianta, zobrazená pomocí ultrasonografie. Dále se zaměřuje na korelaci mezi dominancí dolních končetin, pohlavím a námi naměřenou tloušťkou LTTA.

### 4.2.1 Zobrazení ligamentum tibiotalare anterior

Celkem bylo vyšetřeno 25 účastníků. Z toho bylo 17 žen a 8 mužů. U 49 zobrazovaných deltoidních ligament bylo možné zobrazit LTTA. U jednoho kotníku nebylo možné LTTA identifikovat. Deltoidní ligamentum se při zobrazování chovalo mnohdy jako homogenní struktura, ve které není možné jednoznačně určit a přesně ohraničit všechny jeho složky. Nelze tak přesně říci, že u jedince LTTA vůbec nebylo přítomno. Mohlo být malé nebo kupříkladu zasahovat do sousedního springrového vazů.

Graf 1 - Koláčový graf – pohlaví účastníků studie



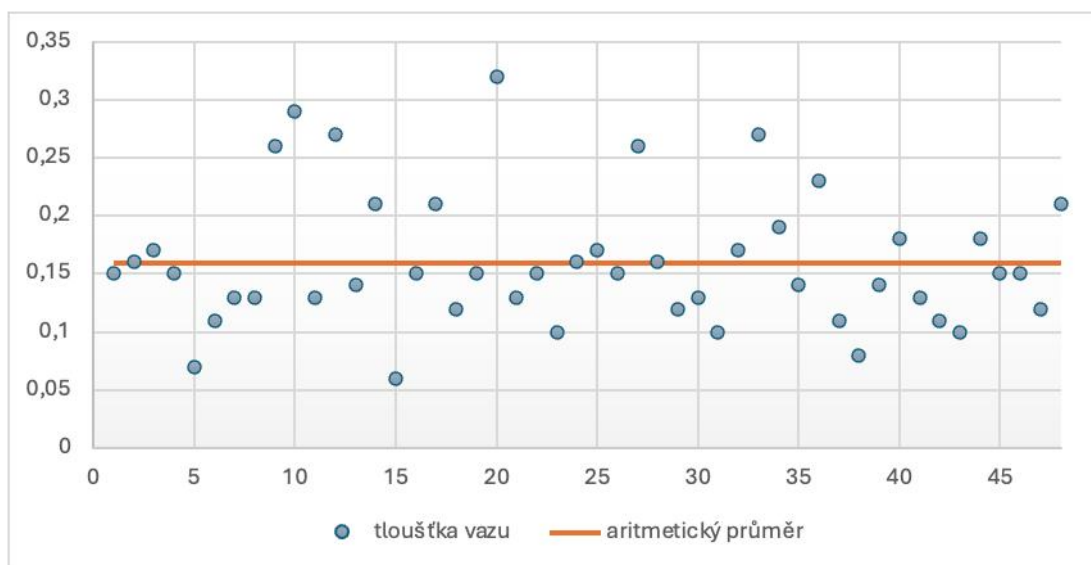
U vazů, které nebylo možné hned diferencovat jsme využili „stresové“ /provokační/ manévry, díky kterým jsme docílili lepšího zobrazení námi hledané struktury. Stresové manévry byly využity pro identifikaci vazů, samotné měření bylo v přirozené poloze. U dvou vyšetřovaných LTTA jsme je sice diferencovali, ale nebyli jsme schopni zobrazit tak, abychom mohli správně změřit jejich tloušťku.

Celkově lze říci, že vaz je dobře zobrazitelný pomocí diagnostické sonografie a potvrdila se tedy hypotéza H1a. Pokud bychom chtěli vaz detailněji popisovat a hledat změny ve struktuře, zobrazení nebude již tak přesné, vzhledem k uspořádání a strukturální pozici vazů. Přesnost popisu a zobrazení se bude lišit také znalostmi dané struktury vyšetřujícím, a stavbou vazů vyšetřované osoby. Zároveň zobrazení běžnou lineární sondou není úplně vhodné, jelikož se nevejde mezi sousedící tibii a talus. Ideální je pro tento vaz vyšetřování pomocí vysokofrekvenční „hokejkové“ sondy.

Největším úskalím je odlišení LTTA z masy *lig. deltoideum*. Pro nejlepší zobrazení a popis vazů bylo si dohledat oba začátky/konce na tibii a talu a jít po celém průběhu vazů. To ale není vždy možné, protože vaz nemusí vždy procházet přímo kolmo k sondě, a zobrazení tak díky tomu nemusí být ideální. Nejčastějším problémem bylo odlišení od *lig. tibionaviculare*, které probíhá povrchověji nad LTTA.

Celkově jsme tedy získali informace o tloušťce 48 LTTA v rámci zdravé bezpříznakové populace. Naměřená velikost se pohybuje **od 0,06 cm do 0,32 cm**. Aritmetický průměr těchto velikostí, bez ohledu na dominanci či pohlaví činí 0.1598 cm. Celkové rozložení velikostí vůči aritmetickému průměru je zobrazeno na následujícím grafu. Tloušťku měřil přímo při vyšetření na sonografickém přístroji vždy jeden člověk. Měřila se vždy nejsilnější část u tibiálního začátku/konce.

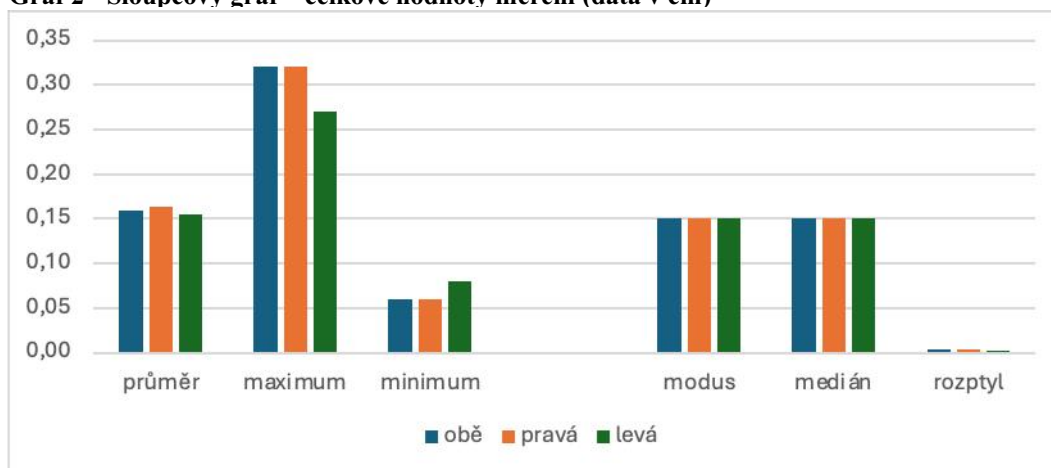
**Graf 2 - Naměřená tloušťka LTTA x celkový průměr (data v cm)**



Následující tabulka a graf popisují aritmetický průměr, rozptyl, modus, medián, minima a maxima vyšlá ze všech měření v porovnání s ohledem, o jakou vyšetřovanou stranu se jednalo. Hlubší rozebrání této problematiky se věnuje následující kapitola **4.3. Výsledky – vybrané kazuistiky – speciální část**. Celkově lze říci, že při pohledu na průměrná data není statisticky významný rozdíl mezi výsledky měření obou končetin u jednoho účastníka. Při statistické analýze dat po porovnání rozložení dat jsme provedli párový T – test pro vyloučení statistické podobnosti vazy levé a pravé nohy u jednoho účastníka. Párový T test potvrdil, že pravděpodobně neexistuje statisticky významný rozdíl mezi porovnávanými skupinami ( $p= 0,484$ ,  $T= 0,712$ ). Dále jsme tak mohli pracovat s naměřenými hodnotami, bez ohledu na pravou a levou nohu u jednoho účastníka studie. Dalším bodem bylo zamítnout alternativní hypotézu pro potvrzení, že naměřená data se od sebe statisticky liší. Výsledkem jedno výběrového T testu je  $T = 19,210$ ,  $p= <0.01$ . To nám ukazuje, že rozdíl mezi průměrem naměřených dat a hodnotou nuly je statisticky významný, s nízkou pravděpodobností, že by takový rozdíl byl pouhou náhodou.

Další naše výzkumná otázka byla: „Má vaz v běžné zdravé populaci své anatomické varianty zobrazitelné na UZ?“. U několika jedinců jsme našli při zobrazení možné anatomické odchylky. Téměř vždy se jednalo o výskyt rozdvojení LTTA, většinou u konce na talu. Dále jsme poměrně často pozorovali výskyt hyperechogenit, které mohou svědčit např. o novotvorbě či kalcifikaci vaziva. Celkově byla struktura vazů a okolí u většiny účastníků velice rozdílná. Potvrdila se tedy hypotéza H2<sub>a</sub> – kdy vaz má své anatomické varianty, zobrazitelné pomocí UZ. Tyto varianty jsou četné. Toto tvrzení tak opět potvrzuje výsledky ostatních studií, že odchylky jsou velice časté. U 5ti účastníků podrobně popisujeme podobu anatomické varianty v následující kapitole **4.3. Výsledky – speciální část**. Modus i medián se přibližují aritmetickému průměru, jak levé a pravé nohy, tak všech vazů současně. Rozptyl naměřených dat se blíží nule a je tedy malý.

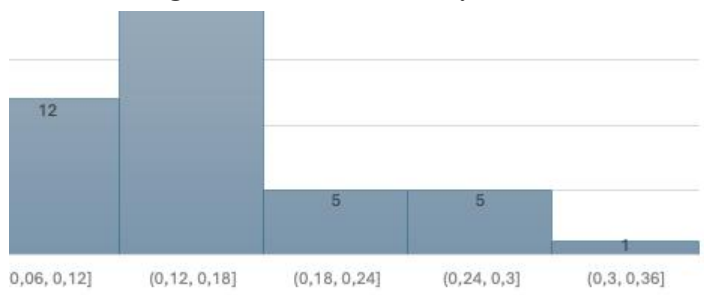
**Graf 2 - Sloupcový graf – celkové hodnoty měření (data v cm)**



Po vyhodnocení dotazníku jsme zjistili, že skupina je moc malá a nehomogenní pro určení správnosti hypotézy H4. Odpovědi z dotazníkového šetření nebylo možné poskládat do souboru dat, která by bylo možné statisticky vyhodnotit. Korelace mezi tloušťkou vazů, sportovní anamnézou, historií zranění a jejich ošetření by mohla být námětem další studie. U 6ti kazuistik popisujeme i jejich odpovědi z dotazníku, ale nelze přesně říci, že by stavba a struktura zobrazeného LTTA přímo odpovídala jejich odpovědím.

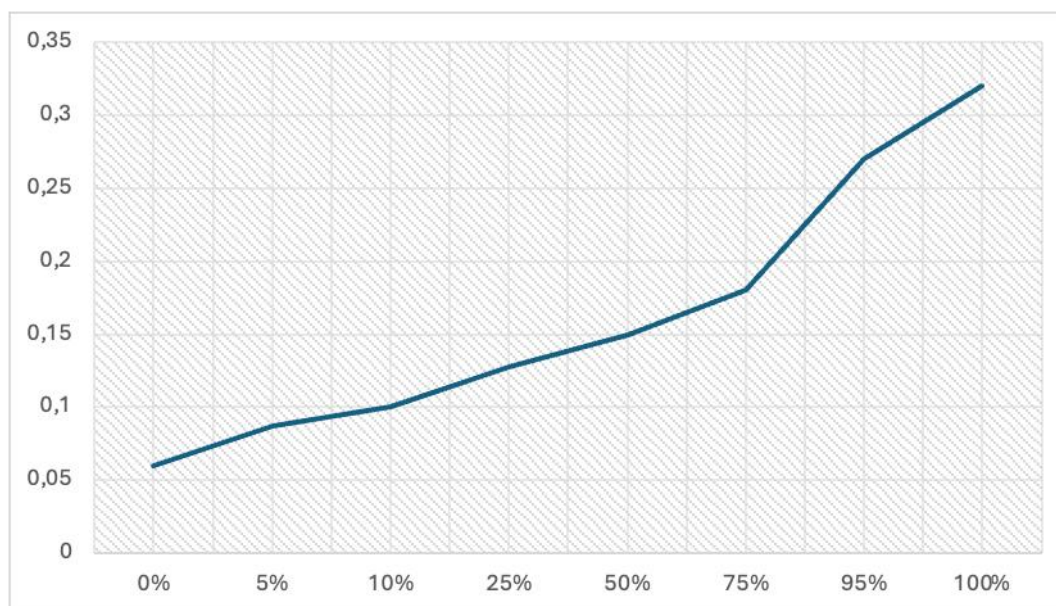
V následujícím grafu vidíme rozložení jednotlivých naměřených tloušťek LTTA v naší skupině. Z grafu vyplývá, že nejvíce velikostí vazy bylo naměřené v intervalu od 0,12 cm do 0,18 cm a hned poté od 0,06 cm do 0,12 cm. Tato čísla by mohla být zkreslena tím, že ve skupině bylo vyšetřeno více žen. U mužů byl ve výsledku LTTA o 5,85 % tlustší, než u žen. Této problematice se také více věnujeme v následující kapitole **4.3. Výsledky – speciální část**.

**Graf 3 - Histogram – naměřené tloušťky LTTA u účastníků studie (data v cm)**



V posledním grafu obecné části vidíme jednotlivé kvantily výsledků všech naměřených tloušťek LTTA v naší výzkumné skupině. Popisujeme je pro lepší pochopení distribuce dat a představu o rozložení dat. Medián, tedy 50% percentil je v naší výzkumné skupině 0,15 cm. Dolní kvartil vychází na 0,1275 cm a horní 0,18 cm. V neposlední řadě bych zmínil 5. percentil, který je 0,087 cm a 95. percentil, který činí 0,27 cm. Celkově se tedy potvrzuje výsledek z histogramu, že u největšího počtu uchazečů byla naměřena hodnota od 0,12 do 0,18 cm.

**Graf 4 - Spojnicový graf – kvantily (data v cm)**





### 4.3. Výsledky – speciální část

Tato část práce se blíže věnuje anatomickým variantám, které jsme našli a byli schopni popsat. Dále se zabývá otázkou, je-li tloušťka vazů závislá na dominanci končetiny, kterou účastník uvedl do dotazníku, a rozdílům tloušťky vazů mezi ženami a muži.

#### 4.3.1. Vybrané kazuistiky účastníků

Vždy je stručně popsána stavba LTТА, anamnéza účastníka, přiložen a popsán snímek. Popis struktur vychází ze základního zobrazení (str. 20).

##### Účastník 1:

- muž, levá noha, tloušťka LTТА naměřena 0,10 cm
- na snímku jsou patrné hyperechogenity (označeno červeně)
- v distálním pokračování od hyperechogenity by mohl být split
- v anamnéze uvedl opakující se luxace obou hlezenních kloubů
- dominantní noha uvedena účastníkem: levá
- aktivně hrál basketbal, ostatní sporty rekreačně
- vaz nemá jasně popsatelnou strukturu v průběhu vazů, velikostně odpovídá průměru naměřeném ve skupině, na druhostranné DK nalezen běžný nález LTТА



Obrázek 6 - Sonografický snímek účastníka 1; [zdroj: archiv autora]

## Účastník 2:

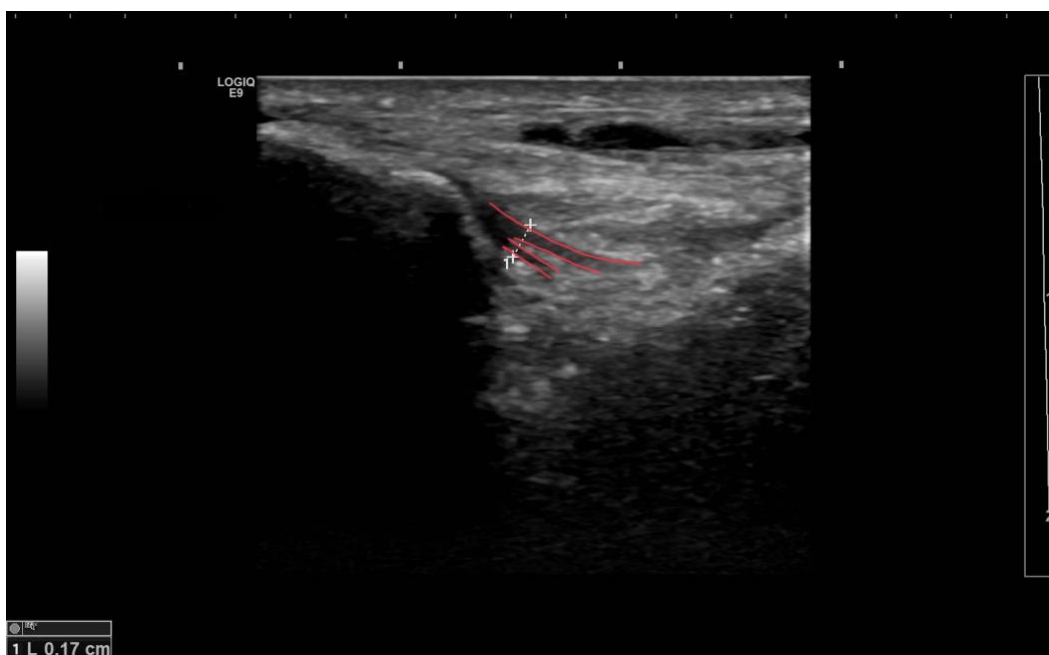
- muž, pravá noha, tloušťka LTTA naměřena 0,15 cm
- na snímku je popsateľný split LTTA blízke talárnému úponu
- v anamnéze uvedl: jeden až dvakrát subluxace/luxace obou hlezenních kloubů
- dominantní noha uvedena účastníkem: levá
- aktivně cyklistika, ostatní sporty hobby
- povrchověji od označeného LTTA probíhá LTN
- druhostranný LTTA bez podobného nálezu



Obrázek 7 - Sonografický snímek účastníka 2; [zdroj: archiv autora]

### Účastník 3:

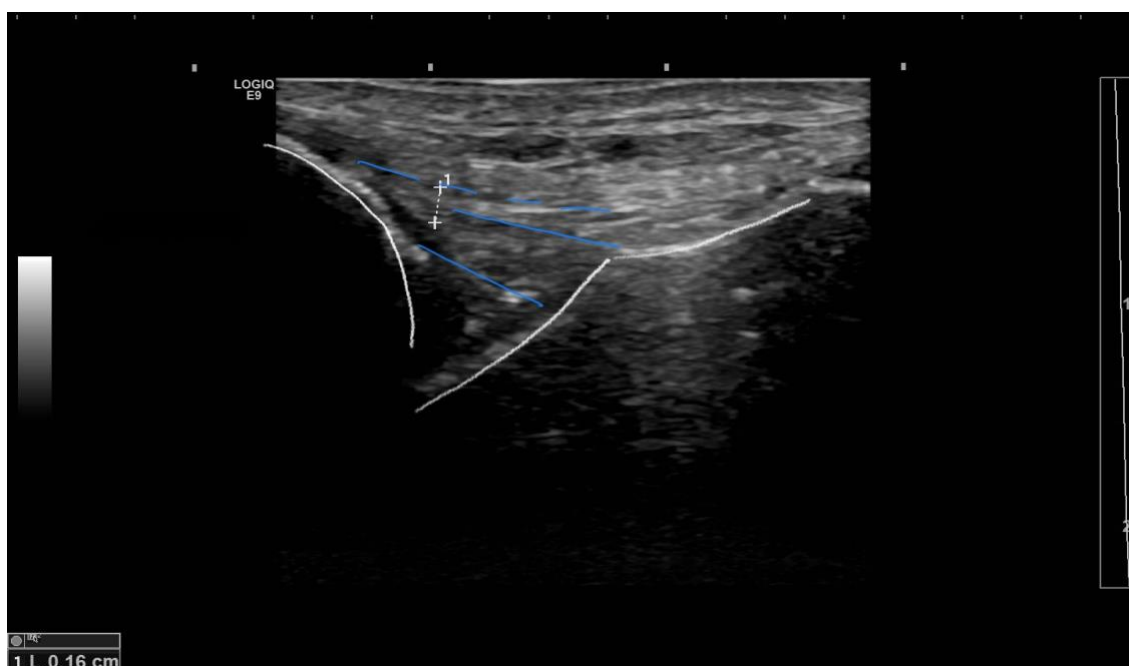
- žena, levá noha, tloušťka LTTA naměřena 0,17 cm
- na snímku je popsatelný split LTTA na talárním úponu
- v anamnéze uvedla: nikdy neměla subluxaci/luxaci hlezenních kloubů
- dominantní noha uvedena účastníkem: pravá
- aktivně biatlon
- druhostranný LTTA bez podobného nálezu



Obrázek 8 -Sonografický snímek účastníka 3; [zdroj: archiv autora]

#### Účastník 4:

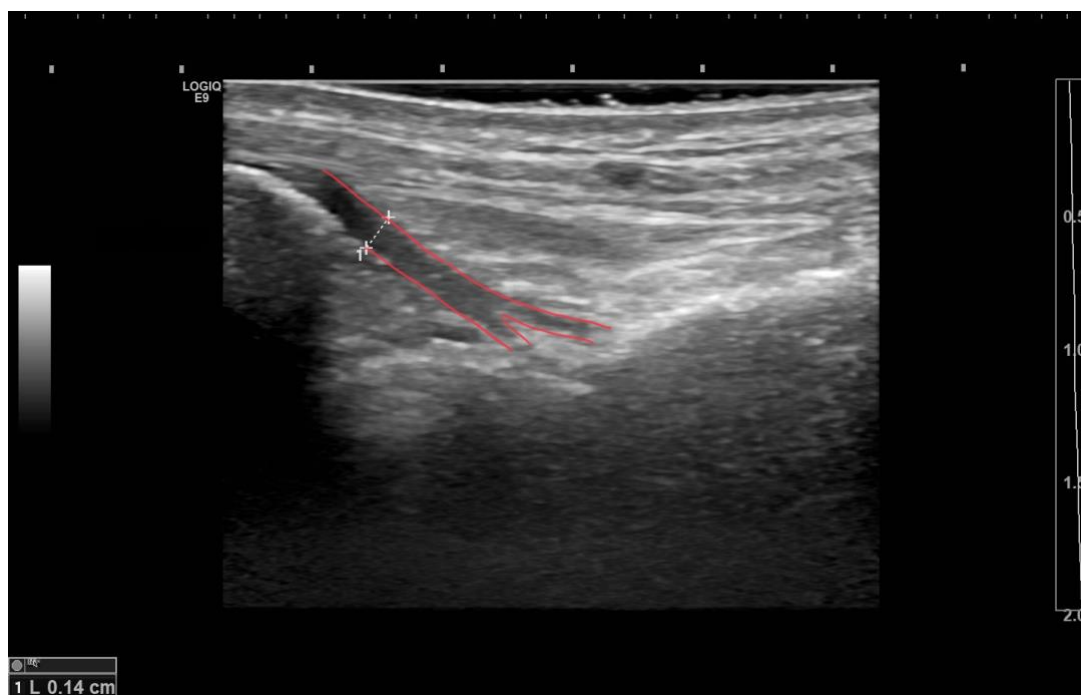
- žena, pravá noha, tloušťka LTTA naměřena 0,16 cm
- na snímku je popsateľný split LTTA/vazivo řazeno do více průběhů přes sebe ve vrstvách
- v anamnéze uvedla: opakované luxace a subluxace hlezenních kloubů
- dominantní noha uvedena účastníkem: levá
- aktivně tanec
- druhostranně LTTA nebylo možné diferencovat



Obrázek 9 - Sonografický snímek účastníka 4; [zdroj: archiv autora]

### Účastník 5:

- žena, levá noha, tloušťka LTTA naměřena 0,14 cm
- na snímku je popsateľný split LTTA u talárního úponu
- v anamnéze uvedla: jeden až dvakrát subluxace/luxace hlezenního kloubu, stranu neví
- dominantní noha uvedena účastníkem: pravá
- aktivně se věnuje atletice



Obrázek 10 - Sonografický snímek účastníka 5; [zdroj: archiv autora]

### Účastník 6:

- žena, pravá noha, tloušťka LTTA naměřena 0,26 cm
- síla vazů se výrazně liší od průměrné
- v anamnéze uvedla, že nikdy neměla ani jednu nohu luxovanou/subluxovanou
- dominantní noha uvedena účastníkem: pravá
- aktivně provozuje alpské lyžování, běh a ostatní sporty jako hobby



Obrázek 11 - Sonografický snímek účastníka 6; [zdroj: archiv autora]

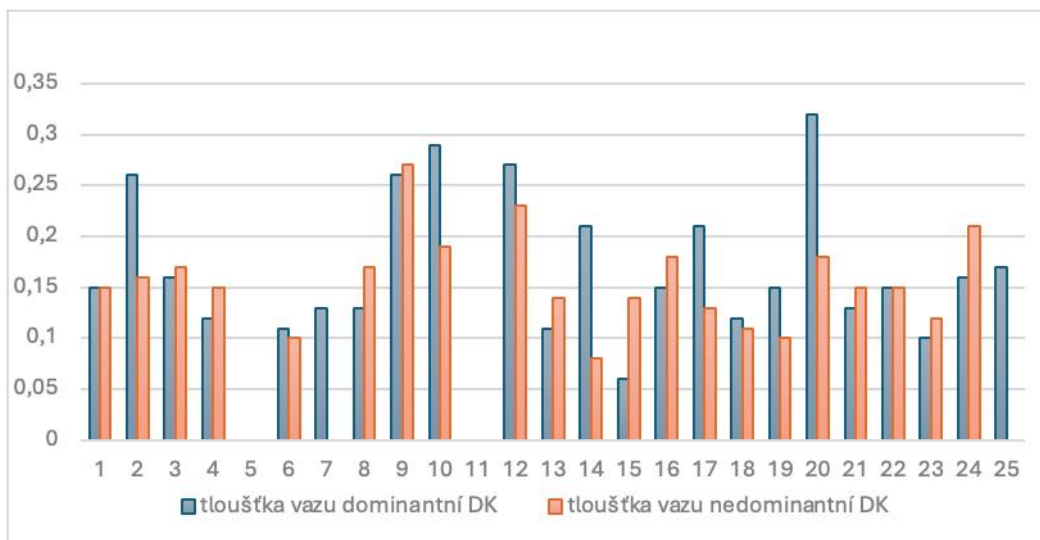
Jednotlivé rozlišení anatomických variant při zobrazení pomocí UZ není úplně jednoznačné. Když si představíme lineární sondu, která zobrazuje pouze část celého vazů, nemůžeme vždy jasně popsat celý jeho průběh v plné šířce. Pokoušeli jsme se nejenom o koronární zobrazení, ale také o transverzální, abychom mohli změřit a zobrazit celou šířku vazů. To ale nebylo proveditelné. Vaz je na toto zobrazení příliš malý a ideálním zobrazením tedy zůstává koronární projekce. Ani anatomická pitva nemusí být ideální pro získání vzorků vazů pro další zkoumání anatomických variant. Z našeho souboru vyplývá, že anatomické varianty jsou časté, přesněji pak splity a s ním možné různé pozice a řazení částí LTTA. Anatomickou variantu split jsme popsali u 20 % účastníků naší studie.

### 4.3.2. Tloušťka vazy vzhledem k dominanci DK

Již při měření byly patrné rozdíly téměř u většiny jedinců mezi oběma vazy. Jedna z otázek použitých v dotazníkovém šetření byla: „Jaká je vaše dominantní noha?“. Bez bližších specifikací jsme dali pouze možnost: pravá/levá/nedokážu určit. Protože dle mého názoru dominance dolní končetiny by vydala na další samostatnou práci. Bude se lišit při různých činnostech, při automacích i sportech. Zároveň dominantní noha může být více svalově využívána, a na nohu nedominantní by tím pádem dopadla větší statická zátěž, a je tak i větší pravděpodobnost, že bude mít jinak vyvinuté vazy.

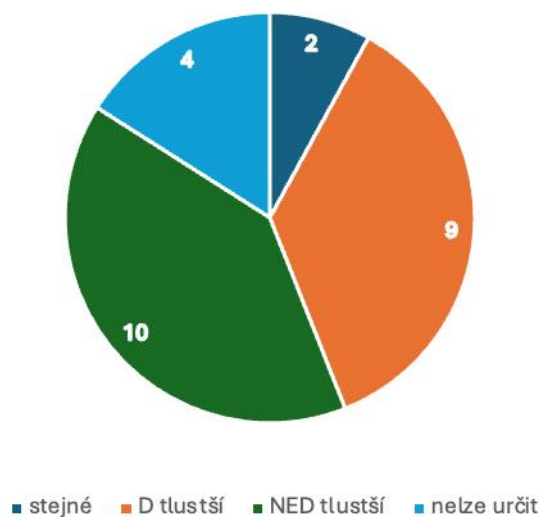
Respondenti odpověděli: 18 uvedlo dominantní pravou DK, 5 dominantní levou DK a 2 nedokázali určit. Tato data jsme dále zadali do kontingenčních tabulek a statisticky porovnali naše výsledky s jejich odpověďmi a hledali možnou korelaci. Porovnávali jsme tloušťky vazy dominantní a nedominantní DK, u mužů a u žen. Následně jsme došli k několika výsledkům.

Graf 5 – Sloupcový graf – naměřená tloušťka LTTA: dominantní vs nedominantní DK (data v cm)



Na grafu č.6 vidíme porovnání tloušťky vazy dominantní a nedominantní DK u všech účastníků. Dva účastníci, co nevěděli, mají nulovou velikost LTТА. Z ostatních porovnání dominantní vs nedominantní DK, bez ohledu na pohlaví vyplývá, že ve tloušťkách LTТА obou končetin je u jedince rozdíl. U nedominantní končetiny byl vaz častěji tlustší, viz. graf č.7. Při statistické analýze dat jsme zjistili, že v naší skupině je statisticky významný rozdíl mezi naměřenými hodnotami.

**Graf 6 - Koláčový graf – výsledek z porovnání dominantní vs nedominantní DK**



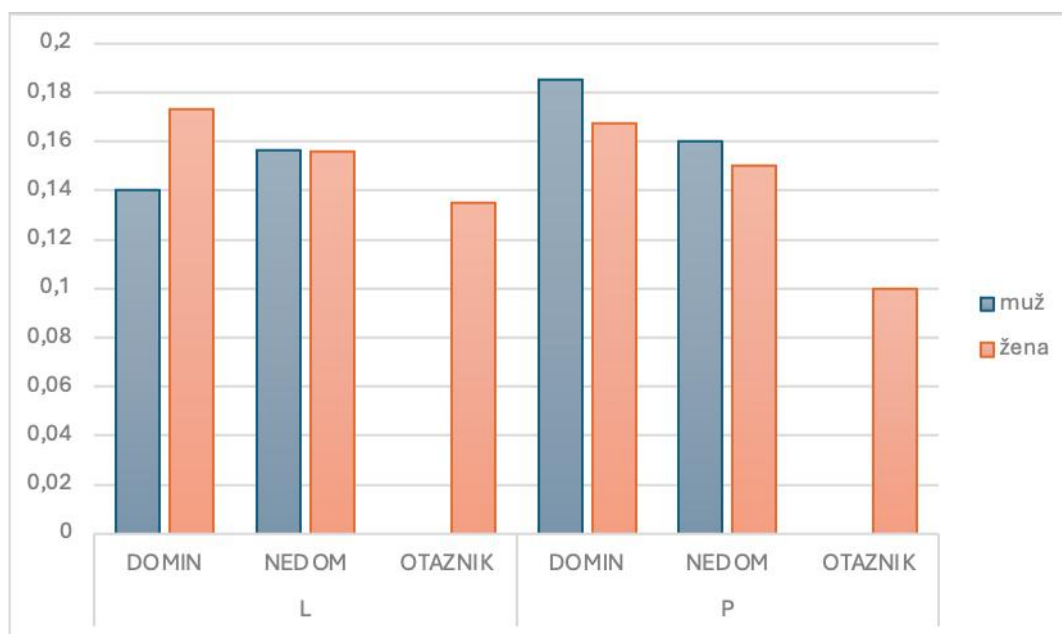
Celkově můžeme říci, že dominance DK je možným faktorem, podle kterého lze následně popisovat tloušťku LTТА. S největší pravděpodobností to bude několik faktorů dohromady. Tloušťku by v tomto případě dále ovlivňoval jistě sport, kdy mezi jednotlivými typy budou velké rozdíly v dlouhodobé zátěži působící na vazy hlezna. Dále pak historie zranění a způsob jejich léčby, a následně i tělesná stavba jedinců, která bude značně ovlivňovat stupeň zatížení hlezna.



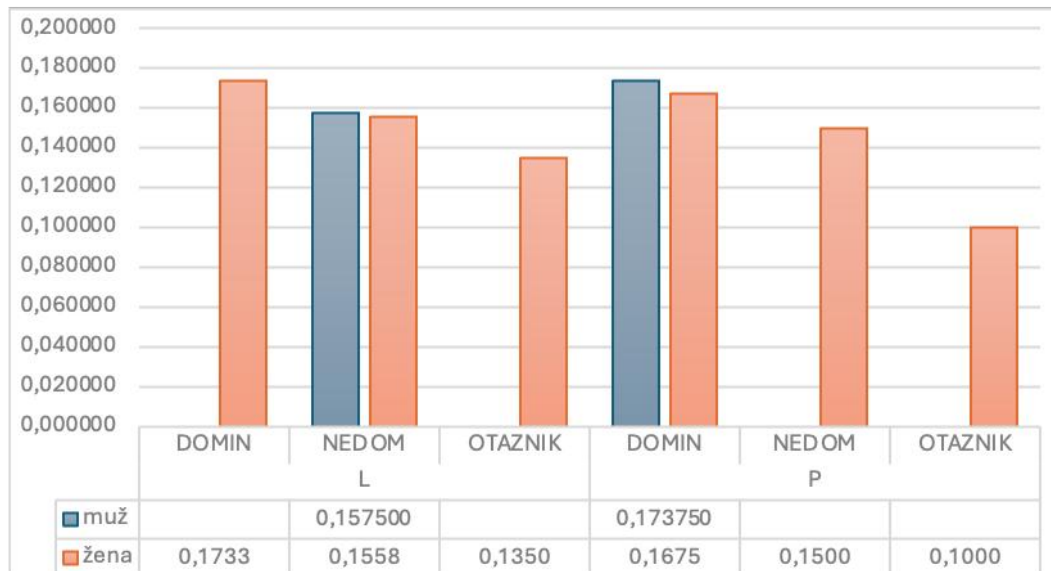
Při porovnání více faktorů dohromady, tedy dominance DK a pohlaví jsme našli možnou korelaci. Dle našich naměřených dat nezáleží u mužů na dominanci, vždy měli pravý vaz tlustší než levý, a u žen byly výsledky obou LTTA podobné. Tato skutečnost je k pozorování na následujícím grafu. Při hlubší analýze dat jsme zjistili, že dva muži ale mají výsledky naopak. Uvedli dominantní levou nohu, ale větší vaz mají na pravé. Což s ohledem na celou skupinu ukazuje, že buď se tito dva jedinci vymykají naší skupině, např. vlivem jejich extrémního zatěžování, anebo neudali správně dominanci oproti ostatním.

Provedli jsme tedy při analýze dat experiment a upravili jejich dominanci podle naměřeného výsledku. Tato skutečnost je k vidění na grafu č. 9. kdy celkově došlo ke snížení rozdílu mezi končetinami. Kvůli malé pozorované skupině vymizela možnost dominantní levé nohy, a nelze tak tento výsledek brát jako validní.

**Graf 8 - Sloupcový párový graf kontingenční tabulky – porovnání vlivu dominance DK a naměřené tloušťky obou nohou u jednoho jedince (data v cm, otazník = účastník nedokázal v dotazníku určit dominanci DK)**



**Graf 9- Sloupcový párový graf kontingenční tabulky – EXPERIMENT – porovnání vlivu dominance DK a naměřené tloušťky obou nohou u jednoho jedince (data v cm, otazník = účastník nedokázal)**



#### 4.3.3. Rozdíly v tloušťce vazů u mužů a žen

Při porovnání v kontingenční tabulce nám vyšlo, že muži mají průměrnou tloušťku LTTA 0,165 cm a ženy 0,156 cm. U mužů činí průměr LTTA levé nohy 0,153 cm a pravé 0,17 cm. U žen naší skupiny je tento průměr u obou nohou 0,156 cm. Jak již bylo řečeno výše, dle našich výsledků mají ženy ve výsledku menší rozdíly mezi oběma LTTA, zatímco u mužů je mezi oběma stranami značnější rozdíl. Při pohledu na celková data ale vidíme, že i u žen se vyskytují extrémní hodnoty, musíme tedy brát ohled na individuální odchylky. Celkově mají tedy muži LTTA pravé nohy o 11,04 % a levé o 0,66 % než ženy. Při následné statistické analýze dat jsme dospěli k závěru, že tato data se od sebe významně statisticky neliší.

## 5. Diskuse

Hlavním cílem této práce bylo zjistit, má-li LTTA ve zdravé populaci při běžném sonografickém vyšetření své anatomické varianty. Naše téma se v literatuře a odborných článcích příliš nevyskytuje. Pro klinickou praxi se uvádí mediální kotník jako stabilní struktura a její stavbě se tedy při zranění nepřikládá moc pozornosti. I proto bylo pro nás toto téma zajímavé, a zároveň problematické. Vzhledem nízké dostupnosti využitelných zdrojů na naše téma nebylo možné ideálně porovnat naše výsledky.

Běžné sonografické vyšetření hlezna tyto malé vazy většinou nezobrazuje a neexistují literární zdroje, které by popisovaly stavbu LTTA pomocí ultrasonografie. Zároveň jsme se dostali do problému s tím, že běžně se sonografické vyšetření hlezna v ortopedické praxi neprovádí. Většinou se vyšetřuje klinicky, pomocí RTG či MRI. Když už se vyšetření provádí, tak se zaměřením na laterální kotník, a nikoliv na mediální.

Základním problémem bylo tedy dohledat přesný postup vyšetření a ideální pozici, která by se dala implementovat na celou skupinu. Díky spolupráci s vedoucím práce a odborným personálem jsme dokázali vaz zobrazit, identifikovat a začít sbírat data.

Velikost skupiny byla maximální, vzhledem k časovým možnostem pracoviště, odborného personálu a možnostem účastníků. Výběr skupiny splňoval naše předpoklady na zastoupení obou pohlaví, různých sportovců a nesportovců. Ve skupině se vyskytli jak účastníci s pozitivní úrazovou historií, tak i jedinci, kteří neutrpěli nikdy zranění hlezna. Určitě by bylo lepší mít skupinu o větším počtu účastníků a s vyrovnaným počtem mužů, žen, sportů atd., ale to v našich podmínkách nebylo možné.

Po absolvování našeho výzkumu lze říci, že vaz je vyšetřitelný. Pro úspěšné dosažení výsledku je ale nutné mít zkušenosti a dobré znalosti anatomie daných struktur. Oproti zobrazení např. *lig. calcaneofibulare* je toto vyšetření složitější. S narůstající praxí se vaz zobrazuje lépe a rychleji. Anatomické varianty LTTA jsou časté, pravděpodobně budou závislé na vnějších a vnitřních faktorech ovlivňujících strukturu vazů během života. Jiný názor zastává Döring a spoluautoři, kteří ve studii *Ankle and midfoot ligaments:*

*Ultrasound with anatomical correlation A review – 2018* uvádí, že spíše než jednotlivými odlišnými variantami se vaz zobrazuje jako masa vaziva, která je od sebe různě odlišitelná.

Při běžném sonografickém vyšetření se LTТА nevyšetřuje, nicméně při nutnosti je jeho zobrazení možné. Bylo by možné při dalším výzkumu popsat vliv zatížení na stavbu a strukturu vazů, dále pak jeho úlohu ve stabilitě hlezenního kloubu.

Při vyhodnocování anamnézy jsme zjistili, že dominance DK je obtížně zjištělná. V běžné praxi se za dominantní nohu považuje ta, která je např. odrazová, to se ale může během různých činností měnit. Sice ji člověk podle sebe využívá nejčastěji, ale při chůzovém stereotypu může zapojovat opačnou nohu více, a tím pádem by při chůzi byla dominantní. Proto tedy nemusí být údaje zjištěné v dotazníku správné, a mohou se lišit u jednotlivých účastníků různým zapojováním končetin při rozdílných činnostech.

Všechna vyšetření byla provedena stejnou osobou, stejně tak odečet tloušťky vazů a vyhodnocování anatomických variant. Nelze přesně říci, na kolika vzorcích tato varianta byla. Jak již bylo řečeno, nezobrazovali jsme celý vaz, ale pouze řez jeho stavbou. Výskyt případných variant nezobrazované části vazů tedy není možno posoudit. Odečet tloušťky byl proveden v nejširší a nejviditelnější části vazů.

Dále by mohlo být zajímavé hledat korelaci mezi tělesnou stavbou respondenta, jeho prodělanými úrazy, způsobem ošetření a strukturou vazů. Např. u ošetření inverzní luxace hlezenního kloubu by mohla být po čase jiná stavba vazů u jedince, u kterého bylo zvolené řešení fixací s plnou imobilizací než u jedince se zátěží a částečným odlehčením bez imobilizace.

Naše výsledky by mohly být zkresleny tím, že většina účastníků je sportovně aktivní a předpokládáme tedy, že se více potkávají s úrazy, a více svoji tělesnou schránku zatěžují. Výsledky by mohly být tedy jiné při výběru jiného vzorku populace.

Výsledky naší studie nejsou porovnatelné s jinou prací s podobným tématem, jelikož žádná práce s podobným tématem nebyla doposud vytvořena. Z naší studie vyplývá, že zobrazení vazy je možné, ale jeho identifikace není vždy jednoduchá. Anatomické varianty se vyskytují až ve 20 % případů, dále jsme prokázali, že vrstvy LD jsou od sebe odlišitelné, i když ne vždy přesně. Celkově není naše studie přímo porovnatelná, jelikož tomuto tématu se žádné dohledatelné práce nevěnovaly. Dokážeme ale potvrdit, že vaz je spíše menších rozměrů, a identifikace nemusí být vždy jednoduchá. Anatomické varianty vazy jsou četné. Dále pak dokážeme s určitostí potvrdit, že vaz *lig. deltoideum* je uspořádán do vrstev, které od sebe nemusí vždy být jasně odlišitelné.

Do budoucna by bylo zajímavé vyzkoušet reliabilitu sonografického vyšetření LTTA. A zda by naměřil jiný sonografista statisticky odlišné hodnoty či nikoliv. Dále je nezbytný širší soubor respondentů. Také pak porovnat vzhled UZ vyšetření v závislosti stavby vazy u sportovců, chronických traumat a instabilit.

## 5.1. Limity studie

Limitem bylo obtížné zobrazení vazy a jeho nejednoznačná identifikace, která se u účastníků poměrně lišila. U některých dokonce identifikace nebyla vůbec možná. Nedokážeme s určitostí říci, zda u nich LTTA chybí anebo je pouze hůře zobrazitelné. To souvisí i s nedostatkem údajů o anatomické struktuře.

Z praktické části vyšlo další úskalí, a to obtížné určení dominance dolní končetiny. V teoretické části tomuto tématu nebyl věnován prostor, protože jsme netušili, že by to mohl být problém. Jak se ukázalo v dotazníkovém šetření a při následném zpracování dat, pravděpodobně nebude určení dominance jednoznačná záležitost, a mohla by se u jedinců lišit. Lepším položením otázky by se došlo jistě k jednoznačnějšímu určení dominance DK, ale celkově nelze tuto problematiku s určitostí konstatovat.

Dalším limitem byla neznalost přesného mechanismu případného zranění kotníku v anamnéze. Vzhledem k nepřesným datům je porovnání nejednoznačné, jelikož nevíme, zdali se jednalo o inverzní či everzní mechanismus vyskytnutého traumatu. Díky tomu nedokážeme s určitostí říci, zda byl více zasažen mediální nebo laterální kotník. Jedná se o neúplnou informaci, která následně limituje další zpracování statistických dat z anamnézy.

Předpokládáme, že i mechanismus přístupu k léčbě (od konzervativního řešení, přes tejpování, ortézu až k plné imobilizaci sádkou) by mohl ve struktuře vazy hrát roli. Pokud by se např. po částečné ruptuře hojil stejný vaz různými způsoby, mohlo by dojít k jiným výsledkům a změnám na jeho struktuře. Pokusili jsme se odebrat anamnestická data, ale skupina účastníků je příliš malá, abychom našli statistickou podobnost. Věnovali jsme se tak více pouze šesti jedincům. U těchto šesti účastníků jsme dokázali zdokumentovat možnou anatomickou variantu, zobrazenou pomocí ultrasonografie. Pro ideální výsledky by byla lepší početnější skupina.

## 6. Závěr

Bakalářská práce si kladla za cíl zjistit, zdali jsou v běžné populaci anatomické varianty LTТА, které by bylo možné zobrazit pomocí diagnostické ultrasonografie. Dalším bodem bylo zjištění rozměrů vazů u všech účastníků a stanovení jeho možných rozměrů v populaci. Poslední výzkumnou otázkou bylo zjištění, jsou-li rozdíly ve stavbě LTТА mezi pohlavími a jsou-li rozdíly u dominantní a nedominantní dolní končetiny.

Při sběru dat do teoretické části nebyly nalezeny zdroje, které by udávaly námi hledaná data. Vypracovali jsme tedy základní poznatky o stavbě vazů a námi zobrazované oblasti. Dále jsme se věnovali fyzikální podstatě ultrasonografie, jejímu praktickému využití v medicíně, fyzioterapeutické praxi a klinické problematice hlezenního kloubu.

Praktické části se účastnilo 25 probandů, u kterých bylo provedeno ultrasonografické vyšetření LTТА a dotazníkové šetření. V naší skupině se tloušťka vazů pohybovala od 0,06 cm do 0,36 cm.

Základním poznatkem práce je tedy skutečnost, že anatomické varianty jsou v běžné bezpříznakové populaci časté a pozorovatelné pomocí UZ. Nejčastěji se vaz pozoroval jako tzv. *split* (rozdvojení). Mezi pohlavími jsou rozdíly mezi tloušťkami vazů LTТА ve zdravé bezpříznakové populaci, a dominance končetiny hraje roli ve stavbě vazů.

Využití našich poznatků by mohlo být základem pro zobrazení patologií mediálního kotníku např. při akutních luxacích nebo sublucacích. Dalším využitím by bylo možné testování závislosti stability jedince s korelací se stavbou deltoidního vazů. Jednoznačnou výhodou zobrazení pomocí UZ je jeho dostupnost, rychlost a nulová zátěž pro vyšetřovaného a vyšetřující personál. Zjištění našich poznatků by mohlo být podkladem pro další studii, např. s ohledem na stavbu hlezna u sportovců s porovnáním jednotlivých sportů.

## Výsledky jednotlivých hypotéz

**H1** – byla potvrzena  $H_A$

- LTТА je dobře zobrazitelný a popsateľný na UZ vyšetření

**H2** – byla potvrzena  $H_A$

- Na UZ zobrazení vazy je možné popsat jednotlivé anatomické varianty LTТА – u 20 % probandů jsme našli variantu *split*

**H3** – Platí  $H_A$

- Naměřená tloušťka vazy je rozdílná u dominantní i nedominantní DK

**H4** – „Zjišťujeme, **zda liší tloušťka LTТА (u postižených končetin) u účastníků s a bez uvedené distorze v anamnéze**“ - nebylo možné potvrdit, ani vyvrátit hypotézy, kvůli malému množství dat

**Tabulka 1- Shrnutí výsledků studie**

tloušťka LTТА	od 0,06 cm do 0,32 cm	
varianty	u 20 % účastníků se vyskytl <i>split</i>	
vliv dominance na tloušťku vazy	10 respondentů tlustší NEDOMINANTNÍ LTТА	9 respondentů tlustší DOMINANTNÍ LTТА
průměr tloušťky LTТА dle pohlaví	muži 0,165 cm	ženy 0,156 cm



## Seznam použité literatury – Referenční seznam

ANDERSON, Mark, W, [2013]. *Musculoskeletal imaginig cases*. Oxford. ISBN 978-0-19-539437-5.

BEGGS, Ian, Stefano BIANCHI, Angel BUENO, Michel COHEN, Michel COURT-PAYEN, Andrew GRAINGER, Franz KAINBERGER, Andrea KLAUSER, Carlo MARTINOLI, Eugene MCNALLY, Philip J O'CONNOR, Philippe PEETRON, Monique REIJNIERSE, Philipp REMPLIK a Enzo SILVESTRI, [b.r.]. *Musculoskeletal Ultrasound Technical Guidelines VI. Ankle*.

BIANCHI, S. a C. MARTINOLI, ed., 2007. *Ultrasound of the musculoskeletal system*. Berlin ; New York: Springer. Medical radiology. ISBN 978-3-540-42267-9.

BIZ, Carlo, Pietro NICOLETTI, Matteo TOMASIN, Nicola Luigi BRAGAZZI, Giuseppe DI RUBBO a Pietro RUGGIERI, 2022. Is Kinesio Taping Effective for Sport Performance and Ankle Function of Athletes with Chronic Ankle Instability (CAI)? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina* [online]. **58**(5), 620 [vid. 2024-04-07]. ISSN 1648-9144. Dostupné z: doi:10.3390/medicina58050620

BONNEL, F., E. TOULLEC, C. MABIT, Y. TOURNÉ, a SOFCOT, 2010. Chronic ankle instability: biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR* [online]. **96**(4), 424–432. ISSN 1877-0568. Dostupné z: doi:10.1016/j.otsr.2010.04.003

CARBONELL-BOBADILLA, N., A. A. RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, G. ROJAS-GARCÍA, J. A. BARRAGÁN-GARFIAS, M. ORRANTIA-VERTIZ a R. RODRÍGUEZ-ROMO, 2020. [Joint hypermobility syndrome]. *Acta Ortopedica Mexicana*. **34**(6), 441–449. ISSN 2306-4102.

CLANTON, Thomas O., Brady T. WILLIAMS, Evan W. JAMES, Kevin J. CAMPBELL, Matthew T. RASMUSSEN, C. Thomas HAYTMANEK, Coen A.

WIJDICKS a Robert F. LAPRADE, 2015. Radiographic Identification of the Deltoid Ligament Complex of the Medial Ankle. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **43**(11), 2753–2762. ISSN 1552-3365. Dostupné z: doi:10.1177/0363546515605514

ČIHÁK, Radomír, Miloš GRIM, Oldřich FEJFAR, Rastislav DRUGA, Ivan HELEKAL, Jan KACVINSKÝ a Stanislav MACHÁČEK, 2011. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.

DE MAESENEER, Michel, Stefaan MARCELIS, Tjeerd JAGER, Maryam SHAHABPOUR, Peter VAN ROY, Jennifer WEAVER a Jon A. JACOBSON, 2009. Sonography of the normal ankle: a target approach using skeletal reference points. *AJR. American journal of roentgenology* [online]. **192**(2), 487–495. ISSN 1546-3141. Dostupné z: doi:10.2214/AJR.08.1316

DÖRING, Seema, Steven PROVYN, Stefaan MARCELIS, Maryam SHAHABPOUR, Cedric BOULET, Johan de MEY, Aron De SMET a Michel De MAESENEER, 2018. Ankle and midfoot ligaments: Ultrasound with anatomical correlation: A review. *European Journal of Radiology* [online]. **107**, 216–226 [vid. 2023-01-25]. ISSN 0720-048X, 1872-7727. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2018.08.011

DURILA, Miroslav. *Point of care ultrazvuk u kritických stavů: Point of care ultrasonography in critical care*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3058-0

DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3240-4.

GOPINATH, Rohan, Matthew PIGOTT, Benjamin LINDSEY, Fred T. FINNEY, James R. HOLMES, David M. WALTON a Paul G. TALUSAN, 2022. Medial Ankle Instability: Review of Anatomy, Evaluation, and Treatment. *Foot & Ankle Specialist* [online]. **15**(6), 573–578. ISSN 1938-7636. Dostupné z: doi:10.1177/1938640021992915

- GRIFFITH, James F., 2015. *Diagnostic Ultrasound: Musculoskeletal*. Philadelphia, PA: Elsevier, Amirsys. ISBN 978-1-937242-17-6.
- GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA, 2002. *Základy anatomie. 5., Anatomie krajín těla*. 1. vyd. Praha: Galén : Karolinum. ISBN 978-80-246-0306-3.
- HRAZDIRA, Ivo. Úvod do ultrasonografie v otázkách a odpovědích pri studenty lékařské fakulty [online]. B.m.: Klinika zobrazovacích metod LF MU Fakultní nemocnice u Sv. Anny v Brně. 2008. Dostupné z: [http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/uvod\\_do\\_ultrasonografie1.pdf](http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/uvod_do_ultrasonografie1.pdf)
- HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK, 2021. *Memorix anatomie*. 5. vydání. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-873-4.
- CHHABRA, Avneesh, Ty K. SUBHAWONG a John A. CARRINO, 2010. MR Imaging of Deltoid Ligament Pathologic Findings and Associated Impingement Syndromes. *RadioGraphics* [online]. **30**(3), 751–761 [vid. 2023-12-09]. ISSN 0271-5333, 1527-1323. Dostupné z: doi:10.1148/rg.303095756
- KAPANDJI, I. A., 1987. *The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints*. Eng. ed. of the 5th ed. Edinburgh ; New York: Churchill Livingstone. ISBN 978-0-443-03618-7.
- KREMKAU, Frederick W., 1993. *Diagnostic ultrasound: principles and instruments*. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders. ISBN 978-0-7216-4308-3.
- LEE, Simon, Johnny LIN, Kamran S. HAMID a Daniel D. BOHL, 2019. Deltoid Ligament Rupture in Ankle Fracture: Diagnosis and Management. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* [online]. **27**(14), e648–e658. ISSN 1940-5480. Dostupné z: doi:10.5435/JAAOS-D-18-00198
- LÜLLMANN-RAUCH, Renata, 2012. *Histologie*. 2012. vyd. B.m.: Grada. ISBN 978-80-247-3729-4.
- MALFAIT, Fransiska, Richard J. WENSTRUP a Anne DE PAEPE, 2010. Clinical and genetic aspects of Ehlers-Danlos syndrome, classic type. *Genetics in*

*Medicine* [online]. **12**(10), 597–605 [vid. 2024-03-31]. ISSN 10983600. Dostupné z: doi:10.1097/GIM.0b013e3181eed412

MALÍKOVÁ, Hana, 2022. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Druhé, aktualizované vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-5190-3.

MESCHER, 2018. *Junqueirovy základy histologie*. 2018. vyd. B.m.: Galén.

NAVRÁTIL, Leoš a Josef ROSINA, 2019. *Medicínská biofyzika*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0209-9.

NAVRÁTIL, Leoš, FBMI ČVUT [ústní sdělení]. Praha, 9.5.2024

PAVLÍKOVÁ, Markéta, statistička [ústní sdělení]. Praha, 4.4.2024

PERRICH, Kiley D., Douglas W. GOODWIN, Paul J. HECHT a Yvonne CHEUNG, 2009. Ankle ligaments on MRI: appearance of normal and injured ligaments. *AJR. American journal of roentgenology* [online]. **193**(3), 687–695. ISSN 1546-3141. Dostupné z: doi:10.2214/AJR.08.2286

RAMMELT, S., R. GRASS a H. ZWIPP, 2008. [Ankle fractures]. *Der Unfallchirurg* [online]. **111**(6), 421–437; quiz 438. ISSN 0177-5537. Dostupné z: doi:10.1007/s00113-008-1460-6

ROSINA, Josef, Jana VRÁNOVÁ a Hana KOLÁŘOVÁ, 2021. *Biofyzika pro zdravotnické a biomedicínské obory*. B.m.: Grada. ISBN 978-80-271-2526-5.

SEIDL, Zdeněk, [2012]. *Radiologie pro studium i praxi*. 1. B.m.: Grada. ISBN 978-80-247-4108-6.

VUURBERG, Gwendolyn, Alexander HOORNTJE, Lauren M. WINK, Brent F. W. van der DOELEN, Michel P. van den BEKEROM, Rienk DEKKER, C. Niek van DIJK, Rover KRIPS, Masja C. M. LOOGMAN, Milan L. RIDDERIKHOF, Frank F. SMITHUIS, Sjoerd A. S. STUFKENS, Evert A. L. M. VERHAGEN, Rob A. de BIE a Gino M. M. J. KERKHOFFS, 2018. Diagnosis, treatment and

prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **52**(15), 956–956 [vid. 2024-03-23]. ISSN 0306-3674, 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2017-098106

WANG, S. C., R. K. CHHEM, E. CARDINAL a K. H. CHO, 1999. Joint sonography. *Radiologic Clinics of North America* [online]. **37**(4), 653–668. ISSN 0033-8389. Dostupné z: doi:10.1016/s0033-8389(05)70121-4

WON, Hyung-Jin, In Jun KOH a Hyung-Sun WON, 2016. Morphological variations of the deltoid ligament of the medial ankle. *Clinical Anatomy (New York, N.Y.)* [online]. **29**(8), 1059–1065. ISSN 1098-2353. Dostupné z: doi:10.1002/ca.22793

ZHANG, Cheng, Guang-Mao LIN a Min LIU, 2012. [Progress of diagnosis and treatment in deltoid ligament injuries of ankle]. *Zhongguo Gu Shang = China Journal of Orthopaedics and Traumatology*. **25**(11), 967–970. ISSN 1003-0034.

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1 - koronální UZ snímek LTТА (MM = maleolus medialis tibiae, TA = talus) [zdroj: archiv autora] .....	22
Obrázek 2 - MRI snímek zobrazující průběh deltového vazy; Döring et al. 2018 [koronární MRI snímek – zatížený, ukazuje průběh <i>lig. tibiotalare</i> , T= tibia, Tal = talus, C= calcaneus] .....	23
Obrázek 3 - Popis UZ vyšetření dle standardů ESSR [zdroj: <a href="https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ankle.pdf">https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ankle.pdf</a> ] .....	36
Obrázek 5 - Hokejková sonda Logiq L8-18i s frekvenčním rozsahem 5-15 MHz, která byla používána pro zobrazení vazy [zdroj: archiv autora] .....	42
Obrázek 4 - Logiq E9 XD Clear 2.0 využívaný při vyšetření v naší práci [zdroj: archiv autora].....	42
Obrázek 6 - Sonografický snímek účastníka 1; [zdroj: archiv autora].....	49
Obrázek 7 - Sonografický snímek účastníka 2; [zdroj: archiv autora].....	50
Obrázek 8 -Sonografický snímek účastníka 3; [zdroj: archiv autora].....	51
Obrázek 9 - Sonografický snímek účastníka 4; [zdroj: archiv autora].....	52
Obrázek 10 - Sonografický snímek účastníka 5; [zdroj: archiv autora] .....	53
Obrázek 11 - Sonografický snímek účastníka 6; [zdroj: archiv autora] .....	54
Graf 1 - Koláčový graf – pohlaví účastníků studie .....	43
Graf 2 – Naměřená tloušťka LTТА v celkový průměr (data v cm).....	38
Graf 3 - Sloupcový graf – celkové hodnoty měření (data v cm).....	46
Graf 4 - Histogram – naměřené tloušťky LTТА u účastníků studie (data v cm).....	47
Graf 5 - Spojnicový graf – kvantily (data v cm) .....	48
Graf 6 - Graf č. 6 - Sloupcový graf – naměřená tloušťka LTТА: dominantní vs nedominantní DK (data v cm).....	55
Graf 7 - Koláčový graf – výsledek z porovnání dominantní vs nedominantní DK .....	56
Tabulka 1: shrnutí výsledků studie (data v cm) .....	55

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Informovaný souhlas .....	72
Příloha 2: Žádost na etickou komisi 3. LF UK .....	75
Příloha 3: Dotazník využitý ve studii .....	76
Příloha 4: Informace pro účastníka studie .....	78

## **Příloha 1: Informovaný souhlas**

### **INFORMOVANÝ SOUHLAS**

#### ***Anatomické odlišnosti ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí diagnostické sonografie u zdravých dobrovolníků: deskriptivní průřezová studie***

#### **INFORMACE O PROJEKTU**

Sonografie neboli ultrazvukové vyšetření je neinvazivní zobrazovací metoda. Ve fyzioterapii se využívá zejména k diagnostice, nebo k následnému doplnění fyzioterapeutického vyšetření. Je rychlé, a dá se aplikovat u většiny osob. Anatomická stavba předního tibiotalárního vazů je poměrně variabilní, stejně jako jeho velikost. Popis jeho variant se mezi jednotlivými autory liší. Chceme proto zjistit rozložení jednotlivých variant vazů v běžné populaci a zmapovat jejich zastoupení pomocí ultrasonografického vyšetření. Po oklasifikování typů vazů vyšetříme stabilitu hlezna pomocí kineziologických postupů používaných ve fyzioterapii ve snaze zjistit, zda se stabilita liší u různých anatomických variant.

#### **CÍLE STUDIE**

Cílem práce je zjistit, jaké jsou anatomické odchylky ve stavbě předního tibiotalárního vazů, pomocí ultrazvuku a stanovení procentuálního zastoupení variant v bezpříznakové populaci. Dále chceme popsat jeho vliv na stabilitu v hlezenním kloubu. K práci využijeme zdravé probandy z populace ve věku 20-30 let.

Jedná se o studii, která bude součástí bakalářské práce studenta 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.

#### **PRŮBĚH A POPIS STUDIE**

Jedná se o studii při níž podstoupí účastníci UZ vyšetření během návštěvy na oddělení Kliniky radiologie a nukleární medicíny FNKV a 3. LF UK.

Ve studii budou zaznamenány některé demografické údaje (věk, pohlaví, váha a výška) a data vztahující se k anamnéze účastníka (traumata DK, či např. luxace kotníku).

Anatomická struktura ligamentum tibiotalare anterior bude zobrazena a následně popsána pomocí diagnostické ultrasonografie. Toto vyšetření bude provedeno studentem fyzioterapie pod dohledem odborného personálu. Vyšetření bude trvat přibližně 30 minut. Následné vyšetření stability a odběr anamnézy proběhne na Klinice rehabilitačního lékařství FNKV a 3. LF UK, při další návštěvě probanda.



## **KRITÉRIA ÚČASTI VE STUDII**

Kritéria pro zahrnutí do studie:

- student 3. lékařské fakulty

Kritéria, která vylučují účastníka ze studie:

- akutní zranění v oblasti hlezna

## **VYŠETŘENÍ**

Účastník studie bude vyšetřen ultrasonografií a společně s tím budou odebrány i některé sociodemografické údaje, a anamnéza účastníka. Dále bude u probanda provedeno kineziologické vyšetření na posouzení stability hlezna, a goniometrické vyšetření.

## **ZÁKLADNÍ ÚDAJE**

Ve studii budou použity tyto základní osobní informace:

- věk, pohlaví
- výška, váha
- osobní anamnéza (zaměřena na DK a prodělaná traumata DK)

## **KLINICKÉ TESTY**

Testování hlezen proběhne pomocí těchto testů:

- goniometrické vyšetření – zjištění rozsahu pohybu
- kineziologické vyšetření

Tato vyšetření bude provádět student fyzioterapie po kontrolou odborného personálu.

## **RIZIKA SPOJENÁ S TOUTO STUDIÍ**

S touto studií nejsou spojena žádná rizika. Vyšetření a terapie bude probíhat pod dohledem kompetentní osoby/kvalifikovaného fyzioterapeuta.

## **DŮVĚRNOST**

Student se zavazuje, že bude s osobními daty získaných od probandů nakládat s nejvyšší důvěrností a anonymitou, podle „Zákona o ochraně osobních údajů“.

Osobní informace může vidět pouze student nebo zodpovědný fyzioterapeut a budou anonymně poskytnuty pro potřebu zpracování celistvé analýzy.

Výsledky studie budou publikovány v bakalářské práci, avšak bez uvedení identity probandů.

## **PŘÍNOS PRO ÚČASTNÍKY**

Účast ve studii Vám poskytne příležitost zúčastnit se výzkumu, který bude součástí bakalářské práce. Přínosem pro Vás bude vlastní ultrasonografické vyšetření kotníku a jeho vazů. Účastí přispějete k získání výsledků do studie a tím zjištění anatomických odchylek v bezpříznakové populaci.

## **ÚČAST NA STUDII**

Účast na studii je dobrovolná. Kdykoliv je možno ze studie odstoupit.

### **Informovaný souhlas účastníka studie**

#### ***Anatomické varianty ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí sonografie***

Já, níže uvedený/ uvedená, dávám souhlas k účasti ve studii s názvem „Anatomické varianty ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí sonografie“:

Jméno: .....

Rodné číslo: .....

Identifikační kód.....

1. Zcela dobrovolně souhlasím s účastí v této studii.
2. Byl(a) jsem plně informován(a) o účelu této studie, o procedurách s ní souvisejících a o tom, co se ode mne očekává. Měl(a) jsem možnost položit jakýkoliv dotaz, týkající se použité metody i účelu této studie a potvrzuji, že všechny mé dotazy byly zodpovězeny.
3. Souhlasím, že budu plně spolupracovat s řešiteli studie a budu je ihned informovat, pokud se objeví změny mého zdravotního stavu nebo nečekané či neobvyklé projevy.
4. Víím, že mohu kdykoli svobodně ze studie odstoupit.
5. Chápu, že informace v mé zdravotnické dokumentaci jsou významné pro vyhodnocení výsledků studie. Souhlasím s využitím těchto informací s vědomím, že bude zachována důvěrnost těchto informací.

**Koordinátor studie:** MUDr. David Girsá, [david.girsa@fnkv.cz](mailto:david.girsa@fnkv.cz)

Datum:

Podpis:

## Příloha 2: Žádost na Etickou komisi 3. LF UK



UNIVERZITA KARLOVA  
3. lékařská fakulta

Mgr. et Mgr. Marek Vácha, Ph.D.

Předseda etické komise pro posuzování výzkumných projektů 3. lékařské fakulty  
v Praze

Věc: *Žádost o vyjádření etické komise 3. lékařské fakulty k tématu a studii  
bakalářské práce*

24.7.2023

Vážený pane doktore,

Prosím Vás o vydání stanoviska etické komise k tématu a studii bakalářské práce na  
téma „*Anatomické odlišnosti ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené  
pomocí diagnostické sonografie u zdravých dobrovolníků: deskriptivní průřezová  
studie*“

S poděkováním  
Ota Podlipný

Ruská 87, 100 00 Praha 10  
tel: +420 267 102 111  
fax: +420 267 311 812  
sekretariatdekana@lf3.cuni.cz, <http://www.lf3.cuni.cz>  
IČ: 00216208, DIČ: CZ00216208  
Bankovní spojení: 22734101/0100

## Příloha 3: Dotazník využitý ve studii

Dotazník ke studii k bakalářské práci

07.04.2024 14:50

# Dotazník ke studii k bakalářské práci

**Anatomické odlišnosti ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí diagnostické sonografie u zdravých dobrovolníků: deskriptivní průřezová studie**

*\* Označuje povinnou otázku*

1. Jaké je vaše jméno? \*

\_\_\_\_\_

2. Jakého jste pohlaví? \*

*Označte jen jednu elipsu.*

- muž
- žena
- jiné/ nechci uvádět

3. Jaké je vaše dominantní noha? \*

*Označte jen jednu elipsu.*

- levá
- pravá
- nevím, nedokážu určit

**4. Vymkl/a jsi si kotník/ky? \***

Počítá se, jak klinicky ošetřená luxace/ subluxace, tak neřešený stav, který považujete za důležitý s ohledem na tuto otázku.

*Označte jen jednu elipsu.*

- NE, nikdy
- ANO - doplním v další otázce, kolikrát...

**5. Pro toho, kdo odpověděl v předešlé otázce ANO?**

*Označte jen jednu elipsu.*

- jednou/ dvakrát: někdy se mi to stalo, ale nekladu na to zřetel, která noha to byla už nevím
- jednou/ dvakrát: šlo o levou nohu
- jednou/ dvakrát: šlo o pravou nohu
- jednou/ dvakrát: obě nohy
- vícekrát/ pravidelně u mě dochází k subluxaci/ luxaci hlezenního kloubu - pravé nohy
- vícekrát/ pravidelně u mě dochází k subluxaci/ luxaci hlezenního kloubu - levé nohy
- vícekrát/ pravidelně u mě dochází k subluxaci/ luxaci hlezenního kloubu - obou nohou

**6. Pokud jste v souvislosti s úrazem hlezenního kloubu byli na nějaký čas imobilizováni, uvěďte prosím v několika bodech: důvod, po jakou dobu byla imobilizace, jakým způsobem.**

---

**7. Provádíte/ prováděl/a jste sport, který by byl náročný pro hlezenní klouby? uveďte prosím sport + pokud byla subluxace/luxace při onom sportu, uveďte také.**

---

---

Obsah není vytvořen ani schválen Googlem.

[https://docs.google.com/forms/u/0/d/1oi5biBvTSYIvWHTkkZzn8hXzMwuayXYip\\_L67on-pqo/printform](https://docs.google.com/forms/u/0/d/1oi5biBvTSYIvWHTkkZzn8hXzMwuayXYip_L67on-pqo/printform)

## Příloha 4: Informace pro účastníka studie

### Informace pro účastníka studie

Dobrý den,

rád bych Vás poprosil o zapojení do studie, která bude součástí mé bakalářské práce. Máte možnost podílet se na výzkumu, jehož cílem je zjistit četnost výskytu anatomických variací *ligamentum tibiotalare anterior* v bezpříznakové mladší populaci.

Přečtěte si, prosím, následující informace ke studii a rozhodněte se, zda budete mít zájem se do výzkumu zapojit.

Předem děkuji

Ota Podlipný, student fyzioterapie 3. lékařské fakulty

#### Informace pro účastníka studie

a) **Název studie:**

*Anatomické odlišnosti ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí diagnostické sonografie u zdravých dobrovolníků: deskriptivní průřezová studie*

b) **Koordinátor studie:**

MUDr. David Girsá  
Klinika radiologie a nukleární medicíny FNKV a 3.LF UK  
[david.girsa@fnkv.cz](mailto:david.girsa@fnkv.cz)

c) **Plánovaný počet účastníků:**  
30-50

d) **Účel studie:**

Cílem práce je zjistit, jaké jsou anatomické odchylky ve stavbě předního tibiotalárního vazů, pomocí ultrazvuku a stanovení procentuálního zastoupení variant v bezpříznakové populaci. Dále chceme popsat jeho vliv na stabilitu v hlezenním kloubu. K práci využijeme zdravé probandy z populace ve věku 20-30 let.

Jedná se o studii, která bude součástí bakalářské práce studenta 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.

## e) **Popis studie**

Sonografie neboli ultrazvukové vyšetření je neinvazivní zobrazovací metoda. Ve fyzioterapii se využívá zejména k diagnostice, nebo k následnému doplnění fyzioterapeutického vyšetření. Je rychlé a dá se aplikovat u většiny osob. Anatomická stavba předního tibiotalárního vazů je poměrně variabilní, stejně jako jeho velikost. Popis jeho variant se mezi jednotlivými autory liší. Chceme proto zjistit rozložení jednotlivých variant vazů v běžné populaci a zmapovat jejich zastoupení. Po oklasifikování typů vazů vyšetříme stabilitu hlezna pomocí kineziologických postupů používaných ve fyzioterapii ve snaze zjistit, zda se stabilita liší u různých anatomických variant.

Ve většině článků se autoři nezaměřují přímo na námi řešený problém, ale na celkovou stavbu kloubu. Nalezl jsem pouze jednu studii s relativně malým počtem vyšetřených [1]. Zaměřovala se na přítomnost jednotlivých vazů a jejich velikosti. Její výsledky byly rozdílné a vazy byly poměrně variabilní. Dle výsledků byl největší z nich hluboký zadní tibiotalární.

Studie pracovala s 14 nepárovými vazy ze zmrazených vzorků. Ligamentum tibiotalare anterius (ATTL) je součástí ligamentum collaterale mediale (deltoideum) a stabilizuje articulatio talocruralis (horní kloub zánártní). Anatomické varianty a odchylky jsou velice časté [2]. Již samotné anatomické složení mediálního kolaterálního vazů není ucelené a liší se dle jednotlivých autorů. Nejvíce autorů ale zastává názor, že je rozděleno do 2 vrstev (povrchové a hluboké), podobně jako ligamentum talofibulare [3]. ATTL je tedy součástí hlubokých komponent mediálního kolaterálního vazů, společně s ligamentum tibiotalare posterius. Nejběžnější rozložení ligament mediálního kotníku popisuje 6 složek, z nichž 3 jsou popisovány vždy a další 3 jsou variační (ligamentum tibiotalare posterius superficiale, ligamentum tibiocalcaneare a ligamentum tibiotalare anterior profundus). Samotná šířka ligamentum tibiotalare anterius se udává ve velikosti od 6 do 10 mm. Na samotné anatomické odchylky ve tvaru a velikostech předního tibiotalárního vazů se většina prací nezaměřuje.

### **Organizace studie**

Ve studii budou zaznamenány některé demografické údaje (věk, pohlaví, váha a výška) a data vztahující se k anamnéze účastníka (traumata DK, či např. luxace kotníku). Anatomická struktura ligamentum tibiotalare anterior bude zobrazena pomocí diagnostické ultrasonografie. Toto vyšetření bude provedeno studentem fyzioterapie pod dohledem odborného personálu. Vyšetření s odběrem anamnézy bude trvat přibližně 30 minut a bude probíhat na Klinice radiologie a nukleární medicíny FNKV a 3.LF UK.

## **Účastníci studie**

Kritéria pro zahrnutí do studie:

- student 3.lékařské fakulty

Kritéria, která vylučují účastníka ze studie:

- akutní zranění v oblasti hlezna

## **Vyšetření**

Účastník studie bude vyšetřen ultrasonografií a společně s tím budou odebrány i některé sociodemografické údaje a anamnéza účastníka. Dále bude u probanda provedeno kineziologické vyšetření na posouzení stability hlezna doplněné o goniometrické vyšetření.

## **Základní údaje**

Ve studii budou použity tyto základní osobní informace:

- věk, pohlaví
- výška, váha
- osobní anamnéza (zaměřena na DK a prodělaná traumata DK)

## **Klinické testy**

Testování hlezen proběhne pomocí těchto testů:

- kineziologické vyšetření
- goniometrické vyšetření kotníku (plantární a dorsální flexe, supinace a pronace)

Tato vyšetření bude provádět student fyzioterapie pod dohledem odborného personálu.

### **f) Rizika účasti ve studii:**

S touto studií nejsou spojena žádná rizika. Ultrasonografické vyšetření je neinvazivní a nenese žádná rizika a bude probíhat pod dohledem kompetentní osoby.

### **g) Přínos pro účastníky studie:**

Účast ve studii Vám poskytne příležitost zúčastnit se výzkumu, který bude součástí bakalářské práce. Přínosem pro Vás bude vlastní ultrasonografické vyšetření kotníku a jeho vazů. Účastí přispějete k získání výsledků do studie a tím zjištění anatomických odchylek v bezpříznakové populaci.



**h) Důvěrnost získaných informací:**

Student se zavazuje, že bude s osobními daty získaných od probandů nakládat s nejvyšší důvěrností a anonymitou, podle „Zákona o ochraně osobních údajů“.

Osobní informace může vidět pouze student nebo zodpovědný fyzioterapeut a budou anonymně poskytnuty pro potřebu zpracování celistvé analýzy.

Výsledky studie budou publikovány v bakalářské práci, avšak bez uvedení identity probandů.

**Informovaný souhlas účastníka studie**

***Anatomické odlišnosti ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí diagnostické sonografie u zdravých dobrovolníků: deskriptivní průřezová studie***

Já, níže uvedený/ uvedená, dávám souhlas k účasti ve studii s názvem „Anatomické varianty ve stavbě ligamentum tibiotalare anterius zobrazené pomocí sonografie“:

Jméno: .....

Rodné číslo: .....

Identifikační kód.....

1. Zcela dobrovolně souhlasím s účastí v této studii.
2. Byl(a) jsem plně informován(a) o účelu této studie, o procedurách s ní souvisejících a o tom, co se ode mne očekává. Měl(a) jsem možnost položit jakýkoliv dotaz, týkající se použité metody i účelu této studie a potvrzuji, že všechny mé dotazy byly zodpovězeny.
3. Souhlasím, že budu plně spolupracovat s řešiteli studie a budu je ihned informovat, pokud se objeví změny mého zdravotního stavu nebo nečekané či neobvyklé projevy.
4. Víím, že mohu kdykoli svobodně ze studie odstoupit.
5. Chápu, že informace v mé zdravotnické dokumentaci jsou významné pro vyhodnocení výsledků studie. Souhlasím s využitím těchto informací s vědomím, že bude zachována důvěrnost těchto informací.

**Koordinátor studie:** MUDr. David Girsá, david.girsa@fnkv.cz

Datum:

Podpis účastníka:

## Reference

1. Campbell, Kevin J., Max P. Michalski, Katharine J. Wilson, Mary T. Goldsmith, Coen A. Wijdicks, Robert F. LaPrade, a Thomas O. Clanton. „The Ligament Anatomy of the Deltoid Complex of the Ankle: A Qualitative and Quantitative Anatomical Study”. *Journal of Bone and Joint Surgery* 96, č. 8 (16. duben 2014): e62. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00870>.
2. Clanton, Thomas O., Brady T. Williams, Evan W. James, Kevin J. Campbell, Matthew T. Rasmussen, C. Thomas Haytmanek, Coen A. Wijdicks, a Robert F. LaPrade. „Radiographic Identification of the Deltoid Ligament Complex of the Medial Ankle”. *The American Journal of Sports Medicine* 43, č. 11 (listopad 2015): 2753–62. <https://doi.org/10.1177/0363546515605514>.
3. „Deltoid ligament of the ankle | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org”. Viděno 25. leden 2023. <https://radiopaedia.org/articles/deltoid-ligament-of-the-ankle-1?lang=us>.