

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

RELIABILITA A VALIDITA NEUTRAL HEEL LATERAL PUSH TESTU
PRO HODNOCENÍ PLANTÁRNÍHO KALKANEONAVIKULÁRNÍHO VAZU

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Michaela Slívová, Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Laštovička

Olomouc 2022

Jméno a příjmení autora: Bc. Michaela Slívová

Název diplomové práce: Reliabilita a validita Neutral heel lateral push testu pro hodnocení plantárního kalkaneonavikulárního vazů

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Ondřej Laštovička

Rok obhajoby bakalářské práce: 2022

Abstrakt:

Neutral heel lateral push test se v klinické praxi využívá pro hodnocení plantárního kalkaneonavikulárního vazů. Cílem diplomové práce bylo posoudit reliabilitu a validitu Neutral heel lateral push testu. Ke zhodnocení byl použit Vicon MX (Vicon Motion Systems, Oxford, Velká Británie), videozáznam, jež byl zpracován pomocí softwaru Tracker 6.0.3 (Open Source Physic, Spojené státy americké) a současné vizuální posouzení posunu předonoží vůči zadonoží vyšetřujícím fyzioterapeutem. Výzkumu se zúčastnilo 32 probandů (13 mužů a 19 žen) s průměrným věkem $30,6 \pm 10,9$ let a „Body Mass Indexem“ $23,2 \pm 4,0$. K posouzení relativní reliability byl zvolen vnitrotřídní korelační koeficient. Pro posouzení absolutní reliability byla vybrána standardní chyba měření a minimální detekovatelná změna. K hodnocení validity byl použit Pearsonův korelační koeficient.

Statisticky významné výsledky diplomové práce ukázaly vnitrotřídní korelační koeficient u všech typů zhodnocení Neutral heel lateral push testu větší jak 0,8. Standardní chyba měření se pohybovala mezi $0,5-0,7^\circ$ a minimální detekovatelná změna byla $1,4-1,9^\circ$. Při posouzení validity pomocí Pearsonova korelačního koeficientu se ukázalo, že existuje výborná korelace mezi hodnocením výsledků pomocí systému Vicon a programu Tracker. Naopak při porovnání mezi Viconem a vizuálním hodnocením byla korelace velmi nízká. Z výsledků vyplývá, že vizuální hodnocení Neutral heel lateral push testu je při 5 opakovaných pokusech spolehlivým klinickým vyšetřením.

Klíčová slova: získané plochonoží u dospělých, pes planus, Neutral heel lateral push test

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Michaela Slívová

Title of the bachelor's thesis: Reliability and validity of the Neutral heel lateral push test for assessing the spring ligament

Department: Department of Physiotherapy

Supervisor: Mgr. Ondřej Laštovička

Year of the thesis defence: 2022

Abstract:

The Neutral heel lateral push test is used in clinical practice to evaluate the spring ligament. The aim of the diploma thesis was to assess the reliability and validity of the Neutral heel lateral push test using Vicon MX (Vicon Motion Systems, Oxford, UK), video evaluation by Tracker 6.0.3 software (Open Source Physic, United States of America) and visual assessment by the examining physiotherapist. The study involved 32 probands (13 men and 19 women) with an average age of 30.6 ± 10.9 years and a Body Mass Index of 23.2 ± 4.0 . The intra-class correlation coefficient was chosen to assess relative reliability. A standard error of measurement and a minimum detectable change were selected to assess the absolute reliability. Pearson's correlation coefficient was used to evaluate validity.

Statistically significant results of the diploma thesis showed an intraclass correlation coefficient in all types of Neutral heel lateral push test evaluation greater than 0,8. The standard measurement error ranged between $0,5-0,7^\circ$ and the minimum detectable change was $1,4-1,9^\circ$. When evaluating validity using the Pearson correlation coefficient, it was found that there is an excellent correlation between the evaluation of the results using Vicon and Tracker. On the other hand, the correlation was very low when comparing Vicon and visual evaluation. The results show that the visual evaluation of the Neutral heel lateral push test is a reliable examination in 5 repeated trials.

Keywords: acquired adult flatfoot deformity, pes planus, Neutral heel lateral push test

I agree with the lending of the diploma thesis within the library services.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Ondřeje Laštovičky, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Děkuji Mgr. Ondřeji Laštovičkovi za navržení zajímavého tématu diplomové práce a za cenné rady, ochotu a odborné vedení při psaní diplomové práce. Dále děkuji Mgr. Tomáši Kleinovi za zpracování kinematických dat zaznamenaných pomocí systému Vicon.

SEZNAM ZKRATEK

AAFD	Adult Acquired Flatfoot Deformity
art.	articulatio
artt.	articulationes
BMI	Body Mass Index
CI	interval spolehlivosti
CNP	calcaneonaviculare plantare
DFL	dorzální flexe
DK	dolní končetina
DKK	dolní končetiny
FPI-6	Foot Posture Index-6
ICC	vnitrotřídní korelační koeficient
lig.	ligamentum
ligg.	ligamenta
m.	musculus
MDC	minimální detekovatelná změna
mm.	musculi
mtt.	metatars
NDT	Navicular Drop Test
NHLP	Neutral Heel Lateral Push
PFL	plantární flexe
SEM	standardní chyba měření
TA	tibialis anterior
TP	tibialis posterior

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	11
2.1. Anatomie nohy se vztahem k dané problematice	11
2.1.1. Kosti, kloubní a vazivový aparát nohy	11
2.1.2. Plantární kalkaneonavikulární vaz.....	16
2.2. Nožní klenba	20
2.2.1. Podélná klenba nožní	21
2.3. Získané plochonoží u dospělých	22
2.3.1. Etiologie získaného plochonoží u dospělých	22
2.3.2. Charakteristika získaného plochonoží u dospělých.....	23
2.3.3. Teorie vzniku získaného plochonoží u dospělých.....	26
2.3.4. Klasifikace dysfunkce šlachy musculus tibialis posterior a plantárního kalkaneonavikulárního vazu	28
2.3.5. Diagnostika získaného plochonoží u dospělých.....	31
2.4. Neutral heel lateral push test	32
3. CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	35
3.1. Hlavní cíl.....	35
3.2. Výzkumné otázky	35
4. METODIKA	37
4.1. Charakteristika výzkumného souboru	37
4.2. Metodika měření.....	38
4.3. Zpracování dat	43
5. VÝSLEDKY	45
5.1. Shrnutí výsledků.....	45
5.2. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V1 _a , V2 _a a V3 _a	46
5.3. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V1 _b , V2 _b a V3 _b	46
5.4. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V1 _c , V2 _c a V3 _c	46
5.5. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V4 _a , V4 _b a V4 _c	47
6. DISKUZE	48

7. ZÁVĚR.....	54
8. SOUHRN.....	55
9. SUMMARY.....	56
10. REFERENČNÍ SEZNAM.....	57
11. PŘÍLOHY.....	66

1. ÚVOD

Lidská noha představuje jednu z klíčových oblastí pohybové soustavy. Díky ní je zprostředkován kontakt lidského těla s terémem (Véle, 2006). Noha v závislosti na jednotlivých situacích plní funkci statickou, dynamickou, adaptační, propioceptivní a exteroceptivní (Vařeka & Vařeková, 2009). Příkladem postupné změny její funkce je chůze, při které se střídá fáze flexibility a rigidity nohy. Na počátku kroku je noha flexibilní, avšak při jejím kontaktu s podložkou se mění na rigidní, aby byla zajištěna dostatečná opora pro přenos váhy těla na stojnou dolní končetinu (Dungl, 2014).

Nohu tvoří podélná a příčná klenba, na které se podílí osteartikulární, ligamentózní a nervosvalový systém (Kapandji, 1987). Jakmile dojde k poruše některého z těchto systémů, dochází ke snížení či vymizení nožní klenby a vzniku plochonoží (Medek, 2003). Tato deformita může vzniknout v jakémkoliv věku a z různých příčin. Obecně lze plochonoží dělit na vrozenou nebo získanou vadu (Medek, 2003). Za nejčastější příčinu získaného plochonoží u dospělých mnoho autorů považuje dysfunkci šlachy musculus (m.) tibialis posterior (Deland, 2008; Harris, Smith & Marks, 2008). Avšak v posledních letech se stále více poukazuje na význam plantárního kalkaneonavikulárního vazy, který, jak se zdá, má podstatný vliv na statickou podporu podélné klenby nožní (Pasapula et al., 2018; Pasapula & Cutts, 2017).

V rámci diagnostiky plochonoží se využívá kombinace zobrazovacích metod a klinického vyšetření. Fyzioterapeut může využít řadu specifických testů, ale cílené vyšetření plantárního kalkaneonavikulárního vazy popisuje pouze velmi malé množství autorů (Pasapula et al., 2015). Navíc většina studií zaměřených na tuto problematiku byla provedena na kadáverech, tudíž zatím nebylo podrobněji zkoumáno využití diagnostiky tohoto vazivového aparátu v klinické praxi (Pasapula et al., 2015).

S vyšetřením plantárního kalkaneonavikulárního vazy souvisí i klasifikace získaného plochonoží u dospělých, zejména z hlediska poškozených struktur. V roce 1989 sestavili autoři Johnson a Strom klasifikaci popisující stupně poškození šlachy m. tibialis posterior u získaného plochonoží u dospělých jedinců. Klasifikaci o pár let později doplnil Myerson (1997) o poškození ligamentum (lig.) deltoideum. Tato klasifikace však stále nezohledňuje poškození plantárního kalkaneonavikulárního vazy, proto Pasapula a Cutts (2017) provedli reklasifikaci. Důraz kladli právě na hodnocení integrity plantárního kalkaneonavikulárního vazy, který má dle autorů

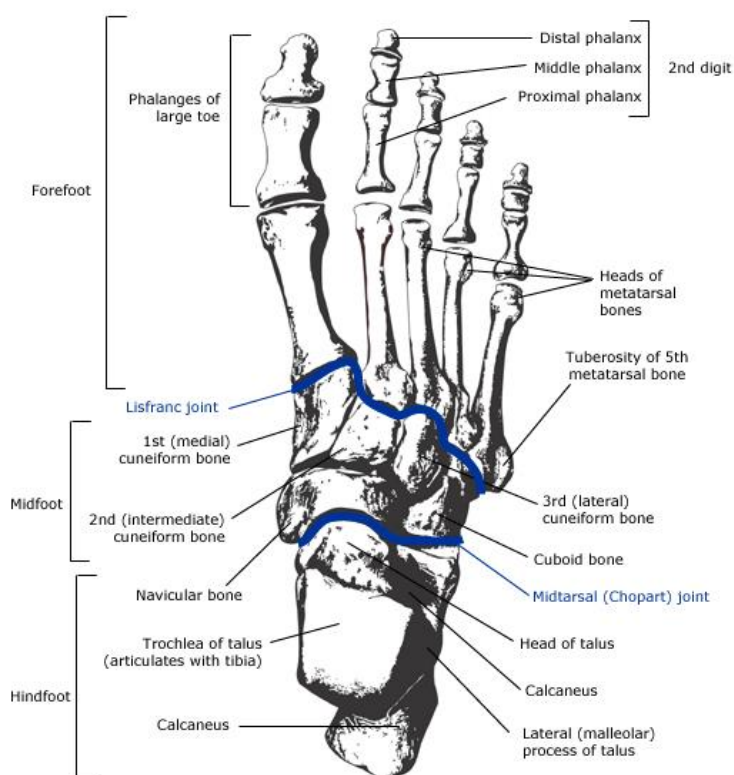
primární vliv na vznik získaného plochonoží u dospělých. K tomuto hodnocení Pasapula et al. (2015) využívali Neutral heel lateral push (NHLP) test. Jeho reliabilita a validita v klinické praxi fyzioterapeuta však doposud nebyla popsána, což bylo podnětem pro vypracování diplomové práce zabývající se touto problematikou.

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1. Anatomie nohy se vztahem k dané problematice

2.1.1. Kostí, kloubní a vazivový aparát nohy

Kostra nohy (Obrázek 1) je tvořena třemi oddíly: zánártí, nárt a články prstců (Dylevský, 2009) a celkem se skládá ze 26 kostí (Véle, 2006). Zánártní oddíl nohy dle Čiháka a Grima (2001) zahrnuje 7 kostí (ossa tarsi). Nártní kosti (ossa metatarsalia) tvoří střední část kostry nohy a zkráceně bývají označovány dle jejich počtu jako 1.–5. metatars (Čihák & Grim, 2001). Skelet prstců nohy se skládá ze článků prstců (ossa digitorum). Palec je tvořen dvěma články a ostatní čtyři prstce mají tři články (Dylevský, 2009). Při metatarsophalangovém kloubu palce mohou být uloženy v úponových šlachách krátkých svalů dvě sezamské kůstky (ossa sesamoidea) (Čihák & Grim, 2001).



Obrázek 1. Kostra nohy (Kluwar, 2020, upraveno).

Mezi kostmi nohy je vytvořeno několik kloubních spojů, které jsou zpevněny kloubními pouzdry, ligamentózním (Obrázek 2,3) a svalovým aparátem (Dylevský, 2009; Véle, 2006). Vazivový systém spolupracuje s nervosvalovým systémem tak, aby byla zajištěna statická i dynamická stabilita nohy (Kotrányiová, 2007). Patil et al. (2007) pak

považují vazivový aparát převážně za statické stabilizátory kotníku a nohy. Dynamická stabilizace je dle zmiňovaných autorů zajišťována především pomocí svalového systému.

Kloubní aparát nohy se skládá z několika etáží (Čihák & Grim, 2001): horní kloub zánártní (articulatio (art.) talocruralis, kloub hlezenní); dolní kloub zánártní, který se dále dělí na dva oddíly: zadní (art. subtalaris) a přední oddíl (art. talocalcaneonavicularis). Další skloubení se nachází mezi calcaneem a os cuboideum (art. calcaneocuboidea); mezi os naviculare a ossa cuneiformia (art. cuneonavicularis), dále jsou skloubeny nártní a zánártní kůstky (articulationes (artt.) tarsometatarsales) a sousední nártní kosti (artt. intermetatarsales). Mezi nártními kostmi a proximálními články prstců je artt. metatarsophalangeae a mezi články jednotlivých prstců artt. interphalangeae pedis (Čihák & Grim, 2001).

Hlezenní kloub

Hlezenní kloub popisujeme jako kloub složený, ve kterém dochází k artikulaci bércových kostí a talu (Čihák & Grim, 2001). Hlavici kloubu tvoří trochlea tali a jamku utváří vidlice složená z tibie a fibuly. Vzhledem ke tvaru artikulujících ploch je hlezenní kloub považován za kladkový s jedním stupněm volnosti (Dylevský, 2009). Trochlea tali má přední část širší než dorzální, tudíž při dorzální flexi (DFL) v hlezenním kloubu je roztlačována vidlice bércových kostí a napínána syndesmosis tibiofibularis, což vede k brždění a ukončení pohybu. Naopak při plantární flexi (PFL) v kloubu je vidlice uvolněna a dochází k mírnému pohybu do stran. Dylevský (2009) proto popisuje DFL hlezenního kloubu jako jeho stabilnější pozici. Obecně, tentýž autor považuje talus za vratký článek kostry nohy, který musí být stabilizován pomocí vazivových struktur, jelikož se na něj neupíná žádný sval.

Kloubní pouzdro se upíná na okrajích kloubních ploch, kdy v přední i zadní části je pouzdro slabé a volné (Čihák & Grim, 2001). Vazy Kapandji (1987) rozděluje na laterální a mediální skupinu. Zevní postranní vazivový komplex tvoří lig. talofibulare anterius, lig. calcaneofibulare a lig. talofibulare posterius (Kapandji, 1987). Lig. talofibulare anterius považují autoři za nejvýznamnější část zevních postranních vazů, jelikož je primárním stabilizátorem při PFL hlezenního kloubu (Kotrányiová, 2007; Nyska, 2003). Mediální vazivový komplex představuje lig. deltoideum, které Dylevský (2009) a Kapandji (1987) dělí na povrchovou a hlubokou vrstvu. Hluboká vrstva obsahuje lig. tibiotalarare anterius et posterius a dle Kotrányiové (2007) má tato hluboká vrstva hlavní vliv na stabilizaci kloubu při posunu tibie vůči talu v transverzální i sagitální rovině. Lig. tibionaviculare a lig. tibioalcaneare jsou součástí povrchové vrstvy lig. deltoideum (Kotrányiová, 2007) a jejich primární funkcí je bránit valgóznímu postavení tibiotalárního kloubu (Smith & Bluman, 2012).

Subtalární kloub

Subtalární kloub považujeme za zadní oddíl dolního zánártního kloubu. Hlavice kloubu je tvořena facies articularis talaris posterior patní kosti a jamka kostí hlezenní – facies articularis calcanearis posterior (Čihák & Grim, 2001). Dylevský (2009) popisuje subtalární kloub jako kulovitý, avšak Čihák a Grim (2001) se přiklánějí k válcovitému tvaru. Kapandji (1987) charakterizuje subtalární kloub oběma zmíněnými variantami, jelikož kloub tvoří kombinací dvou různých typů kloubních ploch. Kloubní pouzdro je

krátké a poměrně tenké (Dylevský, 2009). Mezi zesilující vazy patří: lig. talocalcaneare posterius, mediale et laterale a lig. talocalcaneare interosseum (Čihák & Grim, 2001).

Articulatio talocalcaneonavicularis

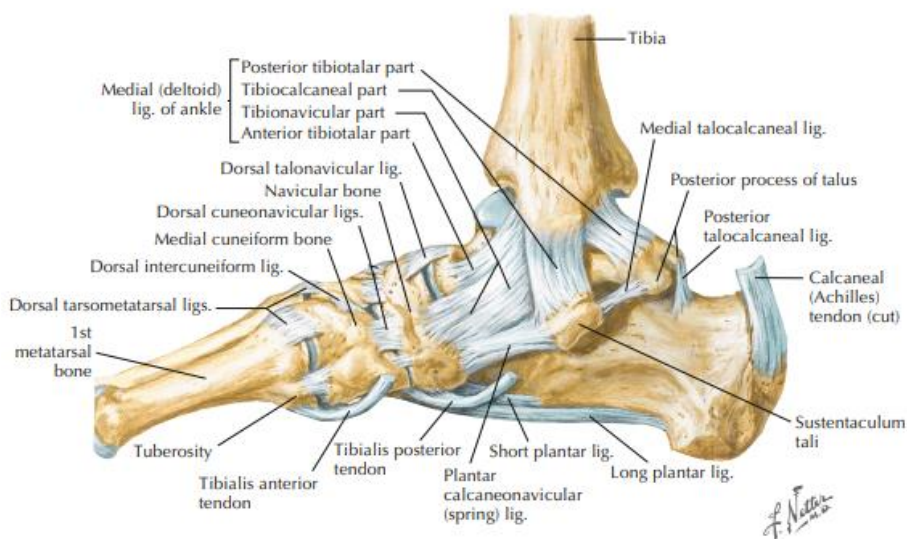
Art. talocalcaneonavicularis představuje přední oddíl dolního zánártního kloubu. Hlavicí kloubu je caput tali a jamkou os naviculare (Čihák & Grim, 2001). Jedná se o kloub sféroidního tvaru (Čihák & Grim, 2001). Vazy při tomto kloubu mají nejen stabilizační funkci, ale některé z nich také dotvářejí kloubní plochy (Dylevský, 2009). Mezi takové řadí Dylevský (2009) lig. calcaneonaviculare plantare. Dále se na dorzální straně kloubu nachází lig. calcaneonaviculare dorsale, které je součástí lig. bifurcatum.

Articulatio cuneonavicularis

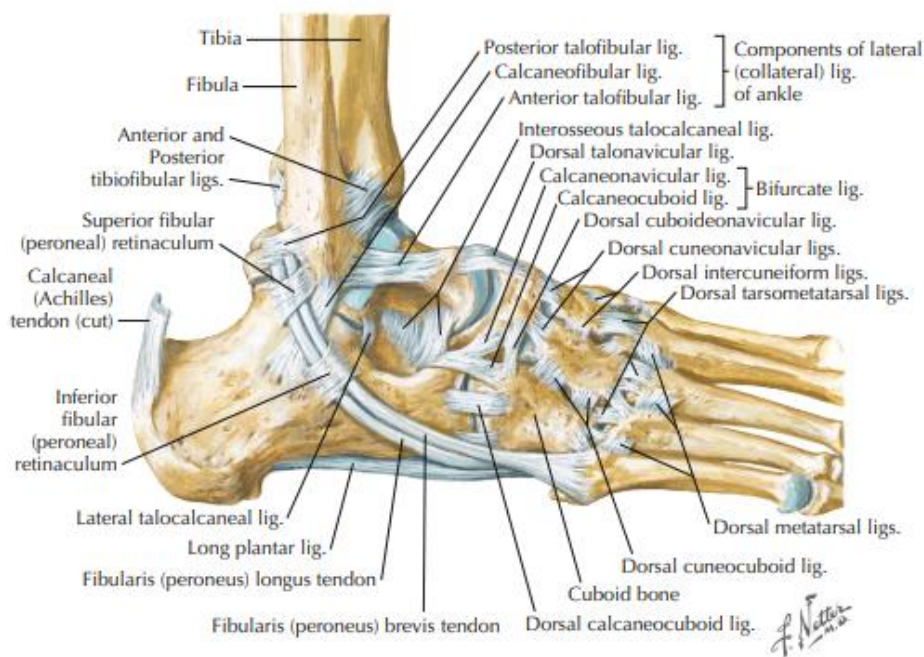
Articulatio cuneonavicularis spojuje jak ossa cuneiformia s os naviculare, tak i ossa cuneiformia mezi sebou, a dále os cuneiformia laterale s os cuboideum (Čihák & Grim, 2001). Skloubení zpevňují podélné a příčné vazy na dorzální i plantární straně. Podélný systém vazů tvoří ligg. cuneonavicularia dorsalia, plantaria et interossea. Příčný vazivový komplex se sestává z lig. cuneocuboideum dorsale, plantare et interosseum a ligg. intercuneiformia dorsalia, plantaria et interossea (Čihák & Grim, 2001).

Metatarzofalangové a interfalangové klouby

Obě skloubení jsou zpevněna pomocí ligg. collateralia a ligg. plantaria, která navíc doplňují chrupavčité destičky zesilující kloubní pouzdro na plantární straně. Spojení metatarzofalangových kloubů napříč nohou zajišťuje lig. metatarsale transversum profundum (Čihák & Grim, 2001).



Obrázek 2. Vazivový aparát mediální strany pravé nohy (Netter & Hansen, 2005, upraveno).



Obrázek 3. Vazivový aparát laterální strany pravé nohy (Netter & Hansen, 2005, upraveno).

Lisfrankův kloub

Lisfrankův kloub (art. tarsometatarsalis) se skládá ze třech kloubních jednotek: skloubení mezi os cuneiforme mediale a bází I. metatarsu; dále mezi os cuneiforme intermedium et laterale a bázemi II. a III. metatarsu; a mezi os cuboideum a IV. a V. metatarsu (Dylevský, 2009). Vazivový komplex má opět příčný i podélný průběh, kdy příčný tvoří *ligg. metatarsalia dorsalia, plantaria et interossea*, a podélný *ligg. tarsometatarsalia dorsalia, plantaria et interossea* (Čihák & Grim, 2001).

Chopartův kloub

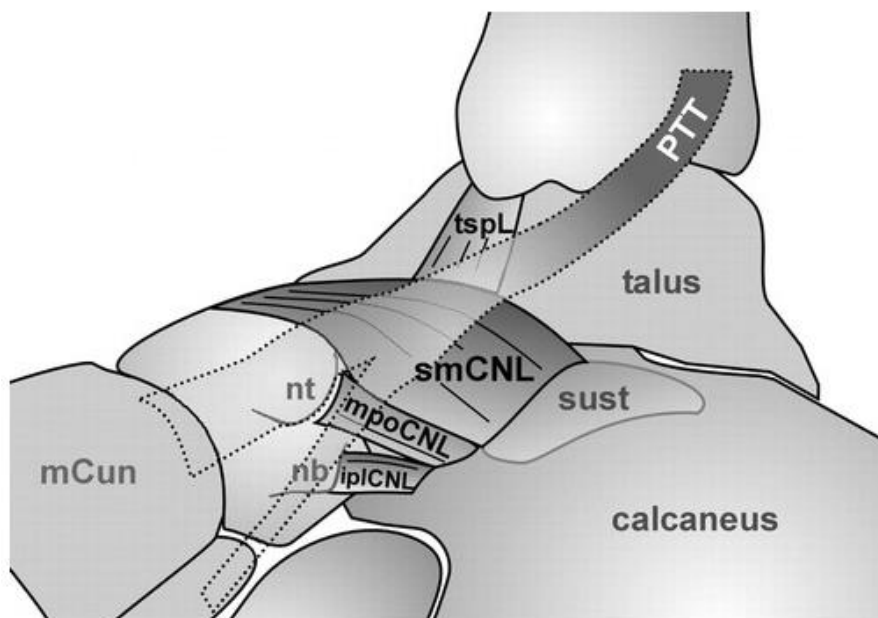
Pojmem Chopartův kloub (art. tarsi transversa) označujeme funkční jednotkou, jež je tvořena štěrbinou art. talonavicularis a art. calcaneocuboidea (Čihák & Grim, 2001). Dylevský (2009) k ní dále řadí art. cuneonavicularis a artt. intercuneiformes. Kloubní pouzdra mají výše zmíněné klouby krátké, tuhé a zpevněné pomocí vazivového aparátu. Na dorzální straně se nachází *lig. talonaviculare* a *lig. bifurcatum*, které se skládá ze dvou pruhů: laterální *lig. calcaneonaviculare* a mediální *lig. calcaneocuboideum* (Kapandji, 1987). Plantárně leží *lig. calcaneonaviculare plantare*, *lig. calcaneocuboideum plantare* a povrchově *lig. plantare longum* (Čihák & Grim, 2001). Mediální a laterální část Chopartova kloubu je propojena pomocí *lig. cuboideonaviculare dorsale et plantare* (Čihák & Grim, 2001).

2.1.2. Plantární kalkaneonavikulární vaz

Lig. calcaneonaviculare plantare (CNP) se nachází mezi patní kostí a os naviculare (Obrázek 4). Skládá ze tří dílčích částí (Hamada et al., 2021; Pasapula et al., 2015). Superiomedióální část má trojúhelníkový tvar a začíná na anteromedióálním okraji střední části sustentaculum tali. Upíná se na horní mediální oblast os naviculare v blízkosti talonavikulárního kloubu (Patil et al., 2007). Omar et al. (2016) popisují superiomedióální komponentu *lig. CNP* jako nejdelší. Část *medioplantare obliquum* tvoří lichoběžník, který probíhá od přední a střední facety sustentaculum tali a posteriorně od *lig. inferioplantare longitudinale*. Jeho úpon se nachází na *tuberositas ossis navicularis* (Patil, et al., 2007). Poslední součástí komplexu je *lig. inferioplantare longitudinale*, jež má čtyřúhelníkový tvar, a rozpíná se mezi přední a střední facetou sustentaculum tali. Je to nejkratší a nejtenčí

část ze všech tří komponent (Patil et al., 2007). Autoři Omar et al. (2016) dále rozlišují tibiální část lig. CNP, což popisují jako složku superficiálního mediálního lig. collaterale, které začíná na malleolus medialis a spojuje se s horní částí superiomedálního ligamenta. Dále autoři definují tzv. CNP recessus jako potenciální prostor mezi lig. medioplantare obliquus a lig. inferioplantare longitudinale.

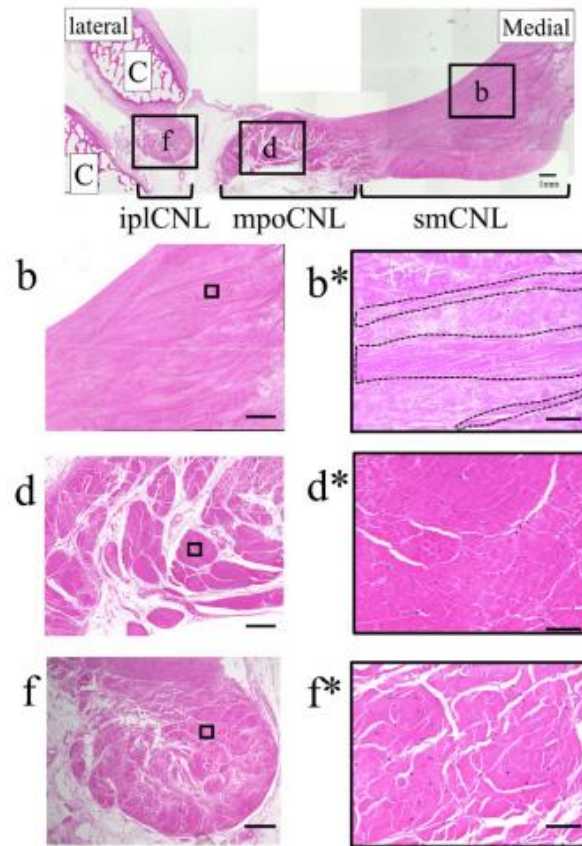
Z mediální strany je lig. CNP podporováno předními vlákny povrchové části lig. deltoideum a šlachou m. tibialis posterior (TP). Část šlachy m. TP upínající se plantárně plní podpůrnou funkci inferiorní části lig. CNP. Z laterální části sousedí lig. CNP s mediální částí lig. bifurcatum, někdy však bývají tyto části odděleny tukovou vrstvou (Rule, Yao, & Seeger, 1993; Williams et al., 2013).



Obrázek 4. Ligamentum calcaneonaviculare plantare a jeho jednotlivé části; smCLN – superiomedální část; mpoCNL – část medioplantare obliquum; ipCNL – část inferioplantare longitudinale (Mengiardi et al., 2005, upraveno).

Anatomie lig. CNP byla popsána pomocí zobrazení na magnetické rezonanci, avšak nebylo podrobněji zkoumáno, jaký vliv má na vazivový komplex statické zatížení. Proto se Hamada et al. (2021) rozhodli provést studii, jež by zjistila změny v délce a výšce vazů při stoji a vleže na zádech. Významné změny byly znatelné pouze v superiomedální části lig. CNP. Při změně ze supinované polohy do stoje došlo ke zmenšení výšky v této části vazů, a naopak k prodloužení jeho délky. Druhým důležitým poznatkem bylo nalezení odlišného strukturálního uspořádání jednotlivých komponent ligamenta po provedení histologické studie (Obrázek 5). Superiomedální část lig. CNP má kapacitu

pro plastickou deformaci, kdy při působení tahového zatížení ve směru jiném, než je její anatomický průběh, je schopna „deformace“. Tato skutečnost je možná díky přítomnosti vláken, které jsou navzájem překřížená v různých směrech. Naopak ostatní části obsahují jednosměrná vlákna, jež jsou schopny odolávat většímu zatížení.



Obrázek 5. Zvětšené mikrografie řezů vláken lig. CNP obarvených hematoxylinem a eosinem (b,d,f) a jejich následné dvojnásobné zvětšení (b*,d*,f*); b* - vlákna uvnitř tečkovaných čar orientována horizontálně k povrchu řezu, mimo tečkované čáry vlákna svislá či šikmá; d*, f* - všechna vlákna orientovaná svisle k řezu (Hamada et al., 2021, upraveno).

Lig. CNP má dvě hlavní funkce: podpůrnou funkci pro talus, čímž ovlivňuje také stabilitu talonavikulárního kloubu. Dále se podílí na statické podpoře podélní klenby nožní (Pasapula et al, 2015; Patil et al., 2007; Toye et al, 2005). Hamill a Knutzen (2009) popisují navíc funkci omezující abdukci předonoží a středonoží.

Zvýšená laxicita nebo mechanické poškození lig. CNP způsobuje plantární flexi talu, což následně vede k valgóznímu postavení kalkaneu (Patil et al., 2007). V pozdějších stádiích může vzniknout až planovalgózní postavení nohy, jež potenciálně způsobuje impingement laterálních měkkých tkání v oblasti sinus tarsi (Omar et al., 2016; Toye

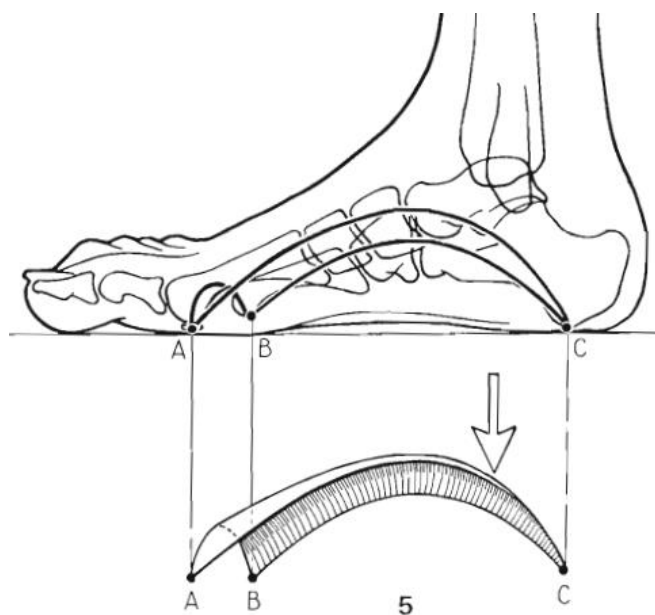
et al., 2005). Studie (Jennings & Christensen, 2008) dokázala, že po protnutí lig. CNP na kadáverózní dolní končetině (DK) došlo jak k rotaci talu v transverzální i sagitální rovině, tak k rotaci kalkaneu a os naviculare v rovině frontální. Statisticky se jednalo o signifikantní rozdíly, avšak změny pozorovatelné okem byly minimální.

Většina ruptur lig. CNP je způsobena chronickými degenerativními změnami spojenými s dysfunkcí šlachy m. TP. Ve studii Deland et al. (2005) zjistili, že ruptura superiomedialní části lig. CNP se vyskytuje v 87 % případů získaného plochonoží u dospělých za současné dysfunkci šlachy m. TP. Izolované akutní ruptury lig. CNP nepatří mezi běžné poranění (Toye et al., 2005). Pokud k nim dochází, tak převážně na superiomedialní komponentě vazů (Gazdag & Cracchiolo, 1997; Kimura et al., 2020; Omar et al., 2016). Většina akutních ruptur lig. CNP vzniká při nadměrné pronaci nohy (Omar et al., 2016). Pasapula et al. (2015) popisují jako typický mechanismus úrazu dopad na celou plošku nohy. Ke kompletní ruptuře lig. CNP může dojít také při dislokaci talonavikulárního kloubu (Pasapula et al., 2015). Klinicky se podezření na poranění lig. CNP projevuje trvalou bolestí v oblasti mediálního středonoží (Pasapula et al., 2015) a dle Omara et al. (2016) i na mediálním kotníku a zadonoží.

Patogeneze poškození lig. CNP je multifaktoriální a zahrnuje jak vnitřní, tak vnější faktory (Pasapula et al., 2018). Mezi vnější faktory se řadí nadměrná sportovní zátěž a zkrácení mm. gastrocnemii (Pasapula et al., 2021; Pasapula & Cutts, 2017). Vnitřními faktory ovlivňující stav vaziva jsou genetické predispozice, nízký obsah kolagenu ve vazivové tkáni, vrozený pes planovalgus, obezita, rasa člověka či degradace kolagenu vázající se na věk. Degenerativní léze lig. CNP spolu s dysfunkcí šlachy m. TP můžeme pozorovat převážně u žen středního věku (Omar et al., 2016; Toye et al., 2005). Studie Dyala et al. (1997) zase na základě svých výsledků předpokládá, že plochonoží, jež předchází poškození lig. CNP, usnadňuje vznik poruchy integrity lig. CNP, což vede k potencialemu zvýšení instability zadonoží a prohloubení planovalgozity.

2.2. Nožní klenba

Klenba nožní je tvořena tarzálními a metatarzálními kostmi, jež vytváří tři klenutí, tj. jedno příčné a dvě podélné (Kapandji, 1987). Klenby tvarují konkávní plochu, která má rozměr čtvrtiny koule (Obrázek 6). Na vrcholu se nachází klenák, který patří mezi hlavní stabilizátory celé klenby (Vařeka & Vařeková, 2009). Laterální část podélné klenby nožní se skládá z patní kosti, os cuboideum a IV. a V. metatarsu. Je relativně plochá a není schopná velké mobility. Více dynamickou částí je mediální podélná klenba. Tvoří ji patní kost, talus, os naviculare, ossa cuneiformia a I. až III. metatars (Hamill & Knutzen, 2009). Nožní klenba obecně zajišťuje adaptabilní a flexibilní bázi pro oporu celého těla (Franco, 1987). Díky elasticitě je schopná se přizpůsobit zevním podmínkám povrchu, po kterém se člověk pohybuje (Kapandji, 1987).



Obrázek 6. Znárodnění klenby nožní z mediální strany pravé nohy; A–C: zóny doteku klenby s podložkou; A – hlava I. metatarsu; B – hlava V. metatarsu; C – posteriomedialní a posteriolaterální výběžky kalkaneu (Kapandji, 1987, upraveno).

Nožní klenba je závislá na anatomickém postavení kostí a kloubů, stavu vazivového a nervosvalového aparátu (Dungl, 2014; Medek, 2003). Dle Dungla (2014) bývá ve starších materiálech přeceňován význam svalů pro podporu nožní klenby. V rámci elektromyografického měření bylo totiž dokázáno, že podélná klenba není primárně udržována aktivní svalovou prací, ale za dynamických podmínek např. chůzi po nerovném terénu chrání svalová činnost vazivový aparát (Basmajian & Stecko, 1963;

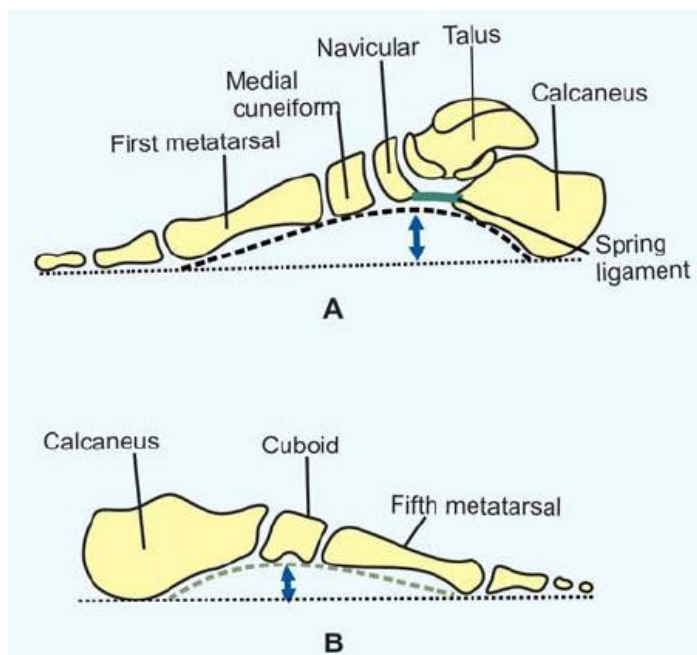
Dungl, 2014). Avšak i v novějších studiích se lze setkat s názory, že stabilita především podélné klenby nožní je zajišťována primárně pomocí svalového aparátu (Tourillon, Gojanovic, & Fourchet, 2019).

Výzkum Pasapuly et al. (2021) na kadáverech ukázal, že porucha jedné struktury vede ke zvýšenému napětí v ostatních okolních strukturách. Titíž autoři poukazují na fakt, že při selhání statických stabilizátorů nohy, je vždy zasažena spolupráce mezi plantární fascií, lig. CNP a šlachou m. TP bez ohledu na tvar nohy. To znamená, že noha jakéhokoliv tvaru může být stabilní či nestabilní v závislosti na míře poškození výše zmíněných měkkých tkání. Selhání jednotlivých struktur se může projevovat odlišně, například některé mohou být bolestivé, anebo nemusí reagovat vůbec (Pasapula et al., 2021).

2.2.1. Podélná klenba nožní

Podélná klenba nožní se dělí na mediální a laterální část (Obrázek 7). Mediální oblouk tvoří I. metatarz, os cuneiforme mediale, os naviculare, talus a kalkaneus (Kapandji, 1987). Je podporován vazivovým komplexem, jež se skládá z plantárních ligament, především lig. CNP či lig. talocalcaneare interosseus. Babu a Bordoni (2021) popisují, že na podpoře mediální podélní klenby se podílí lig. CNP, lig. deltoideum (především jeho přední vlákna a tibionavikulární část), lig. talocalcaneare mediale, lig. talocalcaneare interosseus, šlacha m. TP a plantární aponeuróza. Williams et al. (2014) ještě k výčtu přidávají ligg. naviculocuneiformia. Za klíčové struktury podporujícího vazivového aparátu považují autoři Pasapula et al., (2021) a Patil et al. (2007) plantární fascii a lig. CNP. Vazy odolávají násilnému, avšak krátkodobému zatížení (Kapandji, 1987). Oproti tomu svaly mají schopnost zvládat i dlouhodobější zatížení. Patří mezi ně m. tibialis posterior, m. fibularis longus, m. flexor hallucis longus, m. flexor digitorum longus a m. abductor hallucis (Kapandji, 1987).

Laterální oblouk podélné mediální klenby je složen z V. metatarzu, os cuboideum a kalkaneu (Kapandji, 1987). Zatímco mediální oblouk se díky mobilitě skloubení talu a kalkaneu vykazuje výraznou flexibilitou, tak laterální oblouk je spíše tuhý. Svaly, které se podílí na udržení dynamické stability laterální klenby jsou: m. peroneus brevis, m. peroneus longus a m. abductor digiti minimi (Kapandji, 1987).



Obrázek 7. Znázornění podélné klenby nožní a jejich oblouků; A – mediální oblouk, B – laterální oblouk (Kulkarni, 2006, upraveno).

2.3. Získané plochonoží u dospělých

Plochá noha je definována jako snížení či vymizení podélné a/nebo příčné klenby (Medek, 2003). Příčinu vzniku představuje nedostatečná podpora klenby, což může být způsobeno dysfunkcí šlachy m. TP, abnormálním postavením kostí, zvýšenou laxitou měkkých tkání či poškozením plantární facie (Mansfield & Neumann, 2014). Obecně můžeme plochonoží dělit na vrozené nebo získané (Medek, 2003). Oba typy plochonoží mohou být flexibilní nebo rigidní (Dungl, 2014). Získané plochonoží u dospělých (Adult Acquired Flatfoot Deformity, AAFD) je definováno jako komplexní patologie, při níž dochází ke snížení podélné klenby nožní s progresivní deformitou nohy a kotníku (Deland, 2008; Gallo, 2011; Henry, Shakked, & Ellis, 2019). AAFD z různých příčin trpí asi 5 milionů dospělých jedinců v USA (Hadfield et al., 2003).

2.3.1. Etiologie získaného plochonoží u dospělých

AAFD vzniká v průběhu života, přičemž příčinou může být porucha kterékoliv složky zajišťující stabilizaci podélné klenby nožní (Omar et al., 2016). Dungl (2014) a Gallo (2011) blíže specifikují, že se jedná o statickou deformitu, která vzniká po ukončení kostního růstu. Příčinami mohou být traumatologická poranění, nedostatečnost vazivové složky či poškození nervosvalového aparátu (Medek, 2003). Mezi významné faktory ovlivňující vznik AAFD řadíme těhotenství, obezitu, hormonální

změny či nepoměr zátěže a schopnosti nohy snášet toto zatížení (Dungl, 2014; Medek, 2003). Etiologie této deformity je v mnohých případech multifaktoriální a velmi často se pojí s již existujícím plochonožím a obezitou (Deland, 2008). AAFD postihuje nejčastěji ženy kolem 55 let (Deland, 2008). Pasapula et al. (2018) doplňují, že se většinou jedná o ženy s vyšším „Body Mass Index“ (BMI). Dále může být AAFD jedním ze symptomů generalizovaných syndromů např. Ehlers-Danlosova syndromu, Marfanova syndromu či osteogenesis imperfecta (Dungl, 2014). Dungl (2014) také zmiňuje výskyt této deformity u revmatoidní a posttraumatické artritidy.

2.3.2. Charakteristika získaného plochonoží u dospělých

AAFD je charakterizováno změnou postavení talu, valgozitou zadonoží, poklesem mediálního oblouku nohy a abdukci předonoží (Gallo, 2011; Orr & Nunley, 2013). Medek (2003) doplňuje, že při AAFD se subtalární kloub nachází v pronaci a jeho supinace bývá bolestivá, palec je tlačěn do valgózního postavení a na plosce se mohou tvořit otlaky. Šlachy m. peronei jsou ve zvýšeném napětí, což je dáno dysfunkcí šlachy m. TP, kdy za normální okolností by byly tahy těchto šlach rovnoměrně rozloženy (Henry, Shakked, & Ellis, 2019). Pasapula et al. (2021) popisují, že plantární fascitida a AAFD mají obdobný klinický vzorec. U obou je statisticky zvýšené napětí lig. CNP, instabilita I. metatarsophalangiálního kloubu a zvýšená retromalleolární citlivost. V pozdějších fázích progresu AAFD dochází k poškození lig. deltoideum (Smith & Bluman, 2012).

Symptomatika AAFD závisí na stádiu progresu této deformity (Deland, 2008). V počátečních fázích se objevuje bolest na mediální straně nohy a otok v oblasti šlachy m. TP (Deland, 2008). Jedinci si stěžují na snadnou únavnost nohy a na bolesti při delší chůzi nebo po delším stání (Gallo, 2011). Taktéž může docházet k bolestivosti na přední straně bérce, jelikož m. tibialis anterior (TA) drží předonoží v supinaci, čímž se zvyšuje jeho napětí, a může docházet ke vzniku reflexních změn (Dungl, 2014). V dalších fázích se bolest rozvíjí i na laterální straně nohy a bývá doprovázena otokem a celkovým pocitem instability (Pasapula et al., 2018). Chůze po nerovném terénu a stoj na jedné dolní končetině se stávají pro jedince obtížnými (Pasapula et al., 2018). S dalším poklesem klenby a stočením předonoží do abdukce souvisí i změna funkce m. TA, jelikož jeho úpon se dostává zevně od osy talu, tudíž v tomto okamžiku se stává pronátorem. Degenerativní a rigidní změny v kloubech nohy představují deformity pozdních stádií

AAFD (Pasapula & Cutts, 2017). Gallo (2011) zmiňuje v pozdějších fázích také typické vertikální řetězení poruch, kdy vlivem AAFD mají kolenní klouby tendenci k valgóznímu postavení, a taktéž může být narušena biomechanika kyčelních kloubů a páteře. Toto řetězení se současně může projevit bolestí v jakémkoliv úseku (Gallo, 2011).

AAFD můžeme rozdělit do čtyřech stupňů podle obtíží a velikosti deformity dle Stryhala, Svobody a Bielického (1959). Gallo (2011) navíc u jednotlivých stádií popsal vhodnou operační terapii (Tabulka 1).

Tabulka 1. Klasifikace získaného plochonoží u dospělých (Gallo, 2011; Stryhal et al., 1959).

Stupeň	Popis	Operační léčba
I.	Noha přetížená, unavená, její tvar je ještě zachován, při delší námaze pocity únavy až bolesti, mohou být noční křeče v lýtku, při vyšetření obvykle valgózní postavení paty.	Tenosynovektomie šlachy musculus tibialis posterior nebo mediální skluzná osteotomie patní kosti.
II.	Tzv. „ochablá noha“, pokles podélné klenby nožní patrný pouze v zatížení, v odlehčení se klenba znova modeluje, bolest nohy není tak intenzivní jako v I. stupni.	Šlachový přenos, mediální skluzná osteotomie patní kosti, prodloužení laterálního pilíře nohy, limitovaná artrodéza talonavikulárního a kalkaneokuboidního kloubu.
III.	Fixovaná plochá noha – klenba je trvale oploštěná, avšak je možná její pasivní modelace, bolesti jsou minimální.	Artrodéza všech tří subtalárních kloubů (trojí déza).
IV.	Kombinovaná deformita nohy a hlezna; nelze pasivně korigovat, pata ve valgózním postavení, přednoží v pronaci s přetížením mediálního paprsku, vnitřní okraj nohy konvexní, hlavice talu prominuje medioplantárně, s rozšířením předonoží (příčné plochonoží) a pronací I. metatarzu je palec ve valgózním postavení, přetížení II.-IV. metatarzu pod hlavičkami a tvorba plantárních otlaků.	Artrodéza subtalárních kloubů v kombinaci s pantalární artrodézou.

2.3.3. Teorie vzniku získaného plochonoží u dospělých

Tradiční teorie

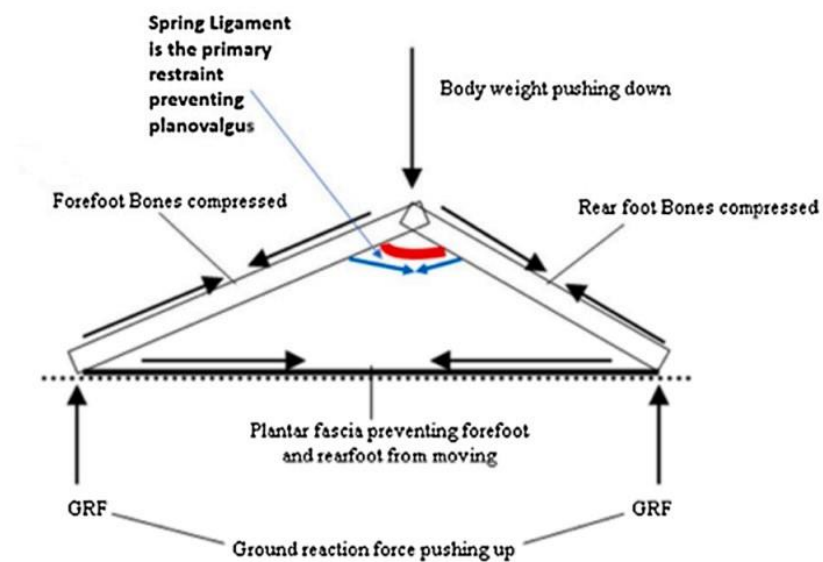
Vznik AAFD zastánci tradiční teorie připisují dysfunkci šlachy m. TP (Harris et al., 2008; Henry, Shakked, & Ellis, 2019; Omar et al., 2016; Orr & Nunley, 2013), která není schopna dynamické stabilizace podélné klenby nožní (Pasapula et al., 2018). Dysfunkce šlachy m. TP je multifaktoriálně podmíněna, nejvíce bývá spojována s degenerativními změnami v rámci věku (Omar et al., 2016). Pasapula a Cutts (2017) popsaly, že z tradičního pohledu má funkční selhání šlachy m. TP dvě na sebe navazující příčiny. Prvně vzniká synovitida, na kterou navazuje postupné natažení šlachy, tudíž není možná adekvátní dynamická podpora podélné klenby nožní. Na tomto podkladě dochází k poškození statických stabilizátorů klenby nožní, zejména lig. CNP a lig. talocalcaneare interosseus (Henry, Shakked, & Ellis, 2019). Toye et al. (2005) odůvodňují poškození vazivového komplexu tím, že kvůli dysfunkci šlachy m. TP jako dynamického stabilizátoru klenby, musí vazivový komplex převzít jeho funkci, a tím vzniká jeho následné přetížení.

Nová teorie

Podkladem nové teorie o vzniku AAFD je přítomnost poškození lig. CNP, které někteří autoři považují za nejdůležitější strukturu při AAFD. Zároveň říkají, že synovitida šlachy m. TP a její dysfunkce, je pouze logickým následkem selhání vazivového komplexu (Cifuentes-De la Portilla et al., 2020; Deland et al., 2009; Pasapula & Cutts, 2017; Pasapula et al., 2015). Deland et al. (2009) tuto myšlenku podpořil studií, ve které zjistil, že u pacientů s neurologickými deficity spojenými s dysfunkcí m. TP se nemusí plochonoží zákonitě rozvíjet. Pasapula et al. (2018) ve své pozdější studii upřesňují, že poškození lig. CNP vede k synovitidě šlachy m. TP a její následné dysfunkci až ruptuře, jelikož vlivem poškození vazivového komplexu dochází k instabilitě zadonoží, a tím k biomechanickému přetížení šlachy m. TP. Tudíž, pokud se u jedince objeví tendinopatie šlachy m. TP v rámci nestabilního plochonoží, tak se autoři domnívají, že musí existovat „před-tendinopatické“ stádium, v němž je poškozeno lig. CNP.

Přítomnost poranění lig. CNP byla také prokázána u jedinců trpících plantární fascitidou, která předcházela následnému vzniku AAFD a Pasapula et al. (2021) opět přikládají primární význam poškozenému lig. CNP. Plantární fascie působí jako synergista lig. CNP při absorpci tíhových sil působících při chůzi (Obrázek 8). Studie

(Pasapula et al., 2021) striktně neříká, zda vzniká prvně plantární fascitida či zda byla první poškozena integrita lig. CNP, avšak nachází mezi nimi určitou souvislost. Z biomechanického hlediska předpokládá, že jako první bylo poškozené lig. CNP, jelikož obsahuje méně elastických vláken než plantární fascie, která je schopná snášet větší zátěž. Jestliže je AAFD nebolestivá, nedošlo dle Pasapuly a Cuttse (2017) k selhání lig. CNP, a také není přítomna tarzometatarzální instabilita, a noha není ve své statické funkci omezena. Magnetická rezonance u symptomatických AAFD ve studii Dyala et al. (1997) a Gazgaga s Cracchiolou (1997) prokázala poškození jak lig. CNP, tak šlachy m.TP. Dále se také objevovaly četné abnormality v rámci povrchové části lig. deltoideum, lig. talocalcaneare a ligg. interossea (Dyal et al., 1997).



Obrázek 8. Zobrazení funkcí ligamentum calcaneonaviculare plantare a plantární fascie při zatížení ve stoji (Pasapula et al., 2021, upraveno).

2.3.4. Klasifikace dysfunkce šlachy musculus tibialis posterior a plantárního kalkaneonavikulárního vazů

Klasifikaci dysfunkce šlachy m. TP ve vztahu k AAFD poprvé popsali Johnson a Strom (1989). Později byla tato klasifikace doplněna o čtvrtý stupeň (Tabulka 2) dle Myersona (1997).

Tabulka 2. Klasifikace insuficience šlachy m. tibialis posterior a její vztah k získanému plochonoží u dospělých (Pasapula & Cutts, 2017).

Stádium	Popis
I.	Zánět šlachy musculus tibialis posterior bez funkčních deficitů; zvýšená citlivost inframalleolárně; bez deformity nohy.
II.	Plochonoží s abdukci předonoží; jedinec není schopen se postavit na patu.
III.	Plochonoží s rigidním předonožím i zadonožím; artrotické změny subtalárního kloubu.
IV.	Rigidní plochonoží; selhání ligamentum deltoideum.

Autoři Pasapula a Cutts (2017) doplnili původní klasifikaci (Tabulka 3) o poškození lig. CNP a jeho vztah k AAFD. Záměrem reklasifikace bylo zejména rozpoznat poškození lig. CNP při asymptomatickém plochonoží, proto autoři doplnili stupeň 0, jež vyjadřuje asymptomatické stádium (Pasapula & Cutts, 2017).

Tabulka 3. Klasifikace poškození kalkaneonavikulárního vazivového komplexu (Pasapula & Cutts, 2017).

Stádium	Popis
0	Zvýšená laxicita ligamentum calcaneonaviculare plantare; bez tendinopatií či plochonoží.
I.	Zvýšená laxicita/poškození ligamentum calcaneonaviculare plantare; přítomnost tendinopatie šlachy musculus tibialis posterior, avšak s normální délkou šlachy; bez plochonoží.
II.	Selhání ligamentum calcaneonaviculare plantare; natažení šlachy musculus tibialis posterior, vznik flexibilního plochonoží.
III.	Selhání ligamentum calcaneonaviculare plantare; natažení šlachy musculus tibialis posterior, vznik fixní planovalgózní deformity nohy.

Autoři Pasapula et al. (2018) dále definovali komplexní biomechanickou klasifikaci (Tabulka 4), která zohledňuje veškeré poznatky týkající se poškození lig. CNP, dysfunkce šlachy m. TP, AAFD a možností klinického testování.

Tabulka 4. Zjednodušená klasifikace poškození kalkaneonavikulárního komplexu, šlachy musculus tibialis posterior a jejich pozitivní testování (Pasapula et al., 2018).

Stádium	Patologický obraz	Testy
0	Selhání ligamentum calcaneonaviculare plantare	Neutral heel lateral push test pozitivní.
I.	Selhání ligamentum calcaneonaviculare plantare a synovitida šlachy musculus tibialis posterior.	Neutral heel lateral push test pozitivní; zvýšená retromalleolární citlivost.
II.	Selhání ligamentum plantare při I. metatarsu, valgozita zadonoží a vznikající planovalgozita nohy.	Pozitivní dynamický Hicksův test, pozitivní Klaue test.
IIb.	Poškození I. tarsometatarzálního kloubu; fixní dorziflexe prvního prstku/fixovaná supinační deformita.	Pozitivní příznak zvednutého metatarsu (metatarsal rise sign).
III.	Fixované valgózní zadonoží.	Nelze korigovat valgózní postavení zadonoží.
IIIb.	Rigidní valgózní zadonoží s degenerativními změnami.	Zvýšená citlivost zadonoží, rigidní postavení nohy bez možnosti korekce.
IV.	Selhání ligamentum deltoideum.	Nadměrná valgozita zadonoží.

2.3.5. Diagnostika získaného plochonoží u dospělých

Diagnóza AAFD se stanovuje na podkladě anamnézy, fyzikálního a rentgenového vyšetření (Gallo, 2011). V rámci relevantní anamnézy se zaměřujeme na bolesti, jejich lokalizaci, charakter, dobu trvání, možné příčiny či úlevové pozice. Dále se ptáme na úrazy, vrozené vady či jiná onemocnění, jež by mohla mít souvislost s AAFD. Důležitou součástí vyšetření je aspekce jak statických situací, tak těch dynamických (Maršáková & Pavlů, 2012). Hodnotíme nekorigovaný i korigovaný stoj, kde se zaměřujeme na jednotlivé odchylky, ale i na jejich možné řetězení a vzájemné souvislosti. Posuzujeme chování nohy při stoji na jedné DK, při chůzi či v dalších posturálně náročnějších situacích. Pro hodnocení stability lze využít test dle Véleho (Maršáková & Pavlů, 2012). Dále je vhodné sledovat přítomnost otlaků na noze, taktéž zkontrolovat nošenou obuv. Palpačně zjišťujeme stav měkkých tkání a kloubů v oblasti kotníku a nohy. Nezapomínáme na vyšetření sensorických funkcí nohy – dráždivost, grafestézie a pohybovit (Kolář, 2009). Měříme aktivní a pasivní rozsahy v kloubech, popřípadě lze využít rotační zkoušku chodidla podle podélné osy dle Gaymanse (Maršáková & Pavlů, 2012). Testujeme oslabení, případně zkrácení svalů v oblasti nohy. V případě potřeby doplňujeme o neurologické vyšetření.

V rámci diferenciální diagnostiky AAFD bychom měli odlišit i jiná onemocnění, která se mohou v oblasti akra DK projevit. Jedná se o komplexní regionální bolestivý syndrom, záněty, kolagenózy, periferní neuropatie (Medek, 2003) či ischemickou chorobu dolních končetin (Kolář, 2009). Medek (2003) taktéž zdůrazňuje, že pro diferenciální diagnostiku je vhodné provést laboratorní vyšetření, krevní rozbor, rentgenové vyšetření, počítačovou tomografii a další specifická vyšetření. Ke specifickému testování podélné klenby nožní lze využít několika klinických metod, které hodnotí klenbu z pohledu její výšky, otisku nohy, aspekce či rentgenového zobrazení (Zuil-Escobar et al., 2018). Pro posouzení výšky podélné klenby byl Brodym (1982) popsán Navicular Drop Test (NDT). Principem testu je zhodnotit změnu výšky (v mm) tuberositas ossis navicularis v sedu a ve stoji. Pokud rozdíl není větší jak 10 mm považuje to Brody za normu. Jestliže se rozdíl pohybuje okolo 15 mm a více, uvažujeme o nedostatečné podpoře mediální nožní klenby (Shrader et al., 2005). Využít můžeme také Arch Angle test, kdy měříme pomocí goniometru úhel mezi linií tvořenou malleolus medialis a tuberositas ossis navicularis oproti mediální části hlavičky I. metatarsu

(Cleland, 2005). Test probíhá v přirozeném stoji vyšetřovaného. Dle studie Hunta et al. (2000) je průměrná hodnota úhlu okolo 150°.

Dalším možným hodnocením je Foot Posture Index-6 (FPI-6). Skládá se ze 6 dílčích aspekčních a palpačních testů, které jsou bodově ohodnoceny. Dle součtu všech bodů následně určujeme, zda má noha tendenci spíše k pronaci, supinaci či se nachází v neutrálním postavení (Zuil-Escobar et al., 2019). FPI-6 skóre se pohybuje mezi hodnotami -12 a +12. Za normální postavení nohy se považuje získané skóre od 0 do +5 bodů. Spíše pronační postavení bývá přítomno u jedinců se skórem +6 a více, naopak od -1 do -12 se jedná o supinační postavení nohy (McLaughlin et al., 2016). K hodnocení lze využít také plantogram, kdy následně hodnotíme specifické parametry otisku. Zahrnují například Arch Index, Chippaux-Šmiřák Index, Staheli Index a Arch Angle (Zuil-Escobar et al., 2018). Výhodou této metody je relativní jednoduchost, neinvazivnost a finanční dostupnost, avšak Urry a Wearing (2001) popisují její nevýhody v nepřesném měření. Oproti tomu digitální hodnocení podává přesnější hodnoty, ale jeho finanční náročnost je větší (Zuil-Escobar et al., 2018). Studie Carroll et al. (2011) ukázala, že 3D skenery jsou pro zobrazení nohy vysoce reliabilní a poskytují možnost opakovatelných měření.

Při rentgenovém vyšetření se standardně provádí dorzoplantární a boční snímek nohy v plné zátěži (Gallo, 2011). Na snímcích se hodnotí postavení jednotlivých kostí vůči sobě. Například se jedná o úhel mezi I. metatarsem a talem (Meary's Angle), který bývá u plochonoží více jak 20°. Taktéž lze měřit výšku klenby, avšak studie dokazují, že přesnější je určit vzdálenost mezi os cuneiforme mediale a bází V. metatarsu, která se u plochonoží pohybuje okolo 6 mm (Ellis, 2009; Henry, Shakked, & Ellis, 2019). Gallo (2011) popisuje důležitost ultrazvukového vyšetření či magnetické rezonance v počátečních stádiích AAFD, jelikož dokážou zhodnotit stav lig. CNP a šlachy m. TP.

2.4. Neutral heel lateral push test

Neutral heel lateral push (NHLP) test je dle autorů prvním klinickým testem, který se zabývá hodnocením lig. calcaneonavicularare plantare (Pasapula et al., 2015). Doposud byl stav lig. CNP posuzován pouze pomocí magnetické rezonance (Omar et al., 2016; Orr & Nunley, 2013), či pomocí artroskopie prováděné z mediálního nebo předního subtalárního přístupu (Lui & Mak, 2018). Dle Pasapuly et al. (2015) by brzká klinická diagnostika, která nemusí využívat magnetickou rezonanci, mohla pomoci k včasné

intervenci, a zároveň by se mohlo zabránit sekundárně vzniklým komorbiditám jako je plochonoží a dysfunkce šlachy m. TP.

NHLP test se provádí vsedě, ale lze provést i v supinované poloze vyšetřovaného. Terapeut dává pomocí své ruky tlak na oblast I. metatarsophalangiální kloub palce se současnou fixací paty. Studie Pasapuly et al. (2015) objasnila, že právě laterální pohyb předonoží vůči fixovanému zadonoží je specifickým testovacím pohybem pro lig. CNP, jelikož při izolované ruptuře šlachy m. TP nedošlo ke změně laterální translace. Při měření na kadáverech byl využit laterální tlak o hodnotách 5–25 N (Pasapula et al., 2015). Pokud nedojde k žádnému laterálnímu pohybu předonoží, respektive palce vůči zadonoží, je lig. CNP intaktní. Jakýkoliv pohyb předonoží vůči fixovanému zadonoží značí zvýšenou laxicitu tohoto vazivového komplexu (Pasapula et al., 2018). Pasapula et al. (2021) popisují laterální posun o 20 mm jako intaktnost lig. CNP, pokud je posun větší než 40–50 mm jedná se podle autorů o poškození lig. CNP. Jestliže dojde k translaci o více jak 1 cm hovoří Pasapula et al. (2015) o jasném poškození lig. CNP.

NHLP test byl prvně popsán ve studii Pasapuly et al. (2015), kde proběhlo měření na kadáverech. První klinická studie (Pasapula et al. 2021) byla provedena ve vztahu k plantární fascitidě a jejím výsledkem bylo zjištění, že symptomatická noha má laterální posun o polovinu větší než noha asymptomatická. Tato skutečnost vedla autory k myšlence souvislosti mezi poškozenou integritou lig. CNP a plantární fascitidou. Samotné provedení NHLP testu autoři demonstrovali pomocí fixace paty polstrovanou svorkou, přičemž vyšetřující dával tlak na hlavičku I. metatarsu (mtt.). Hodnotili laterální posun palce vůči výchozí poloze za pomoci pravítka (Obrázek 9).



Obrázek 9. Modifikovaná demonstrace Neutral heel lateral push testu; a – výchozí postavení nohy; na dalším snímku zobrazena konečná pozice po laterálním vychýlení vyšetřujícím; červená šipka – znázornění laterálního posunu palce vůči fixovanému kalkaneu (Pasapula et al., 2021, upraveno).

3. CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

3.1. Hlavní cíl

Hlavním cílem diplomové práce je posoudit intra-rater reliabilitu a souběžnou validitu „Neutral heel lateral push“ testu v klinické praxi fyzioterapeuta.

3.2. Výzkumné otázky

V1: Jaký je vnitrotřídní korelační koeficient výsledků NHLP testu?

- a) při měření změny úhlu palce nohy vizuální metodou bez využití externích markerů?
- b) při měření změny úhlu palce nohy pomocí programu Tracker (TmH), resp. systému Vicon (VmH) s využitím externích markerů?
- c) při měření změny úhlu hlavičky I. metatarzu pomocí programu Tracker (TmM), resp. systému Vicon (VmM) s využitím externích markerů?

V2: Jaká je standardní chyba měření výsledků NHLP testu?

- a) při měření změny úhlu palce nohy vizuální metodou bez využití externích markerů?
- b) při měření změny úhlu palce nohy pomocí programu Tracker (TmH), resp. systému Vicon (VmH) s využitím externích markerů?
- c) při měření změny úhlu hlavičky I. metatarzu pomocí programu Tracker (TmM), resp. systému Vicon (VmM) s využitím externích markerů?

V3: Jaká je minimální detekovatelná změna výsledků NHLP testu?

- a) při měření změny úhlu palce nohy vizuální metodou bez využití externích markerů?
- b) při měření změny úhlu palce nohy pomocí programu Tracker (TmH), resp. systému Vicon (VmH) s využitím externích markerů?
- c) při měření změny úhlu hlavičky I. metatarzu pomocí programu Tracker (TmM), resp. systému Vicon (VmM) s využitím externích markerů?

V4: Jaká je hodnota Pearsonova korelačního koeficientu výsledků NHLP testu?

- a) mezi změnami úhlů palce měřených pomocí programu Tracker (TmH) a systému Vicon (VmH) s využitím externích markerů?
- b) mezi změnami úhlů palce měřených pomocí systému Vicon (VmH) s využitím externích markerů a vizuální metodou bez využití externích markerů?
- c) mezi změnami úhlů hlavičky I. metatarsu měřených pomocí programu Tracker (TmM) a systému Vicon (VmM) s využitím externích markerů?

4. METODIKA

Výzkum byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury v Olomouci dne 18.1. 2022 pod jednacím číslem 14/2022 (Příloha 1).

4.1. Charakteristika výzkumného souboru

Pro posouzení intra-rater reliability byla minimální velikost testovaného souboru dle článku Bujanga a Bahurama (2017) při $\alpha = 0,05$ vypočítána na 26 probandů, to vše za předpokladu alespoň 3 po sobě následujících měření a s hodnotami „přijatelné“, resp. „očekávané“ reliability $R_0 = 0,6$ a $R_1 = 0,8$. Ověření dostatečnosti počtu probandů pro posouzení validity pak bylo provedeno pomocí software G*Power 3.1.9.2 (Franz Faul, Universität Kiel, Kiel, Německo) s testem “Correlation: Bivariate normal model”, kdy při $\alpha = 0,05$ a očekávané populační korelaci 0,75 byla síla testu vypočítána na 99,7 %.

Potenciální účastníci byli osloveni prostřednictvím informačního letáku (Příloha 4) a výzkumu se nakonec zúčastnilo celkem 32 probandů (13 mužů a 19 žen). Podmínkou pro zařazení do studie přitom byl minimální věk 18 let. Kritéria pro vyloučení z výzkumu naopak zahrnovala:

- akutní úrazy dolních končetin (DKK), exacerbace zánětlivých onemocnění DKK, celková onemocnění a horečnaté stavy
- bolesti či hypersenzitivitu v oblasti metatarsophalangiálního kloubu palce
- závažné trofické změny v oblasti nohou
- nemožnost dosáhnout neutrálního postavení v hlezenním kloubu

Každý z účastníků byl seznámen s průběhem a cílem výzkumu a podepsal informovaný souhlas (Příloha 2). Průměrný věk všech účastníků byl $30,6 \pm 10,9$ let a BMI $23,2 \pm 4,0$. Výzkumný soubor zahrnoval osoby s různou typologií nohy (plochá, vysoká, normální), která byla určena na základě výsledků „Navicular Drop testu“ (NDT) (Loudon et al., 1996) a „Foot Posture Index-6“ (FPI-6) (Redmond, 2005) – viz dále.

Tabulka 5. Rozdělení probandů dle typologie nohy určené na základě vstupního vyšetření.

Typ nohy	Plochá NDT* ≥ 10 mm FPI-6** ≥ 6		Normální NDT ≤ 9 mm FPI-6 = [0,5]		Vysoká NDT ≤ 9 mm FPI-6 ≤ -1	
	muži	ženy	muži	ženy	muži	ženy
Počet účastníků	4	6	5	11	4	2
Věk	35,2 \pm 12,8	23,3 \pm 1,5	32,0 \pm 10,1	30,5 \pm 10,5	25,0 \pm 5,0	37,2 \pm 17,4
Body Mass Index	25,8 \pm 3,5	23,9 \pm 7,7	23,8 \pm 0,3	22,5 \pm 3,0	22,3 \pm 3,2	21,4 \pm 1,8
Navicular Drop Test (mm)	8,5 \pm 2,4	10,0 \pm 3,2	5,4 \pm 4,2	4,5 \pm 1,5	7,5 \pm 1,7	4,5 \pm 0,7
Foot Posture Index-6	8,3 \pm 1,3	6,5 \pm 1,2	3,4 \pm 2,1	3,5 \pm 2,2	-0,8 \pm 3,3	-2,5 \pm 0,7
Konstituční hypermobilita (dle Beighton Score)	4,8 \pm 2,8	6,3 \pm 2,2	3,4 \pm 2,4	4,0 \pm 2,7	1,5 \pm 1,0	2,5 \pm 0,7

*NDT = „Navicular drop test“

**FPI-6 = „Foot Posture Index-6“

4.2. Metodika měření

Měření probíhalo v laboratořích RRR centra a Aplikačního centra BALUO v prostorech Fakulty tělesné kultury v Olomouci. Skládalo se ze dvou setkání, kdy při prvním se jednalo o vstupní vyšetření, v rámci druhého se pak uskutečnila samotná výzkumná část. Vstupní vyšetření obsahovalo odebrání relevantní anamnézy týkající se dané problematiky (Pasapula et al., 2018) a byl zaznamenán účastníkův věk, váha a výška.

Dále se otázky zaměřovaly na úrazy, bolesti či onemocnění DKK, celková onemocnění např. revmatoidní artritida či diabetes mellitus, a taktéž bylo u probandů zjišťováno, zda se věnují pravidelné pohybové aktivitě. Následně byla provedena zkouška dvou vah pro zhodnocení zatížení DKK (Lewit, 1990) a hypermobilita dle „Beighton Score“ (Bockhorn et al., 2021). Výše zmíněná data ze vstupního vyšetření nicméně nebyla v rámci diplomové práce dále podrobněji zpracovávána a slouží pro potřeby dalšího výzkumu. Podélná klenba nožní byla posouzena za použití NDT a FPI-6 (Zuil-Escobar et al., 2019). U NDT byly zaznamenány hodnoty vzdálenosti (v milimetrech) tuberositas ossis navicularis a podložky nejprve vsedě, posléze ve stoji (Charlesworth & Johansen, 2010). Výsledná hodnota byla vypočtena z rozdílu hodnot naměřených v sedu a ve stoji. FPI-6 test byl proveden ve stoji vyšetřovaného a výsledky byly zapsány do protokolu (Příloha 3).

Druhá část měření byla zaměřena na vyšetření NHLP testu. Test byl proveden fyzioterapeutem, a současně byl zaznamenán pomocí kinematického systému Vicon MX (Vicon Motion Systems, Oxford, Velká Británie). K záznamu byl využit program Vicon Nexus 1.8.5 (Vicon Motion Systems, Oxford, Velká Británie) a snímkovací frekvence byla nastavena na 200 Hz. Zároveň byl uskutečněn videozáznam pomocí mobilního telefonu iPhone SE 1. generace (Apple, Kalifornie, Spojené státy americké), HD režim se snímkovací frekvencí 30 fps. Nejprve byly účastníkovi na nohu pomocí oboustranné lepicí pásky připevněny reflexní body pro systém Vicon. Celkem se jednalo o 5 bodů (Obrázek 10), které byly stanoveny na základě anatomických a kineziologických souvislostí s danou problematikou. První bod byl stanoven na nejvíce prominující část sustentaculum tali, což bylo palpováno dle Hoppenfelda (1976) z mediální hrany nohy směrem proximálním pod distálním koncem mediálního kotníku (Obrázek 13). Druhým bodem byla nejvíce prominující část tuberositas ossis navicularis, jejíž palpace probíhala směrem od I. metatarsu z mediální strany proximálně (Obrázek 13) (Hoppenfeld, 1976). Třetím bodem byla hlavička I. mtt. z dorzální strany nohy. Za čtvrtý bod byl zvolen distální konec nehtu palce. Pátý bod byl určen v průsečíku přímek vedených ze sustentaculum tali vodorovně a zadní hranou mediálního kotníku svisle. Každý reflexní bod byl navíc doplněn o vyznačení černou tečkou, čehož bylo následně využito při zpracování videozáznamu (viz níže). Dále bylo označeno 5 kožních bodů (Obrázek 10), které ale nebyly v rámci diplomové práce využity a slouží pro potřeby dalšího výzkumu. Proband při vyšetření seděl na židli a jeho pravá noha byla položena

na předtištěném zalaminovaném úhломěru s měřicí stupnicí (Obrázek 11) – pouze jedna noha přitom byla vybrána pro splnění předpokladu nezávislosti statické analýzy (Menz, 2004). Počátek prostoru snímaného pomocí systému Vicon byl stanoven do oblasti sustentaculum tali, pro lepší skluznost předonoží při testu byla mezi úhломěr a nohu vsunuta další folie. Při jeho samotném provedení pak terapeut zafixoval svojí levou rukou zadonoží a na oblast pod hlavičkou I. mtt. z mediální strany přiložil algometr (Obrázek 11). Pro NHLP test byla použita konstantní hodnota 40 N. Test byl pro zajištění alespoň 3 platných pokusů opakován 5× za sebou za současného videozáznamu a aspekčního hodnocení úhel posunu mediální hrany palce nohy vyšetřujícím.

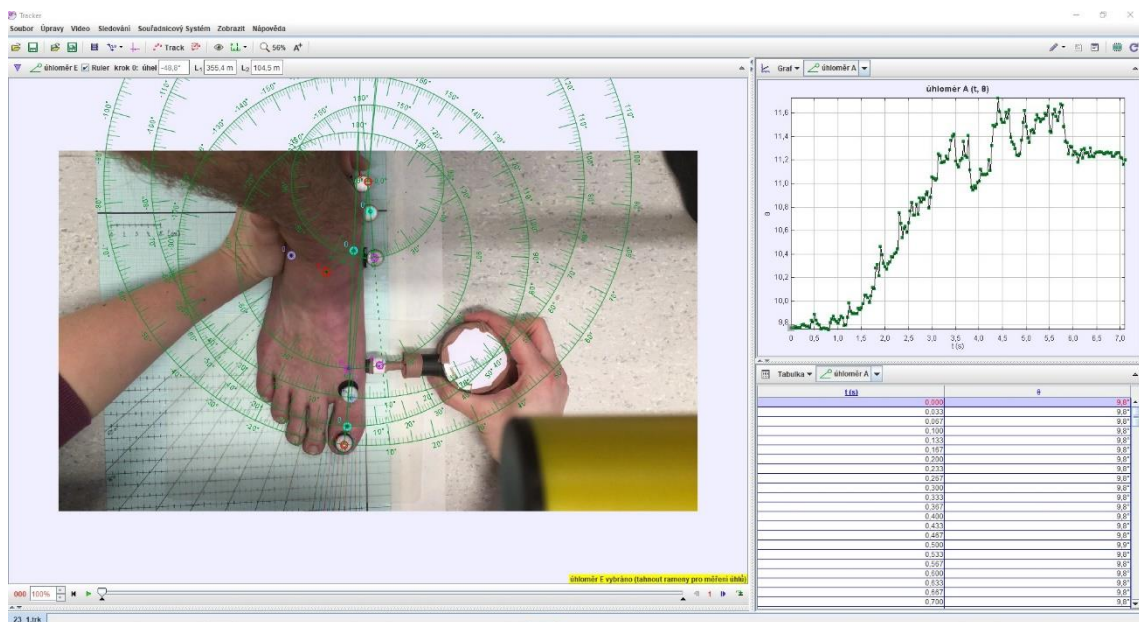
Před statistickým zpracováním byla všechna data přepsána do tabulek vytvořených v MS Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA). Data z videozáznamu byla zpracována pomocí programu Tracker 6.0.3 (Open Source Physic, Spojené státy americké) (Obrázek 12). Reflexní, kožní a referenční body byly pojmenovány v abecedním pořadí (Tabulka 6), následně proběhlo jejich „trackování“ a označení vybraných úhlů (Tabulka 7). Hodnoty úhlů byly zapsány do tabulky vytvořené v MS Excelu.



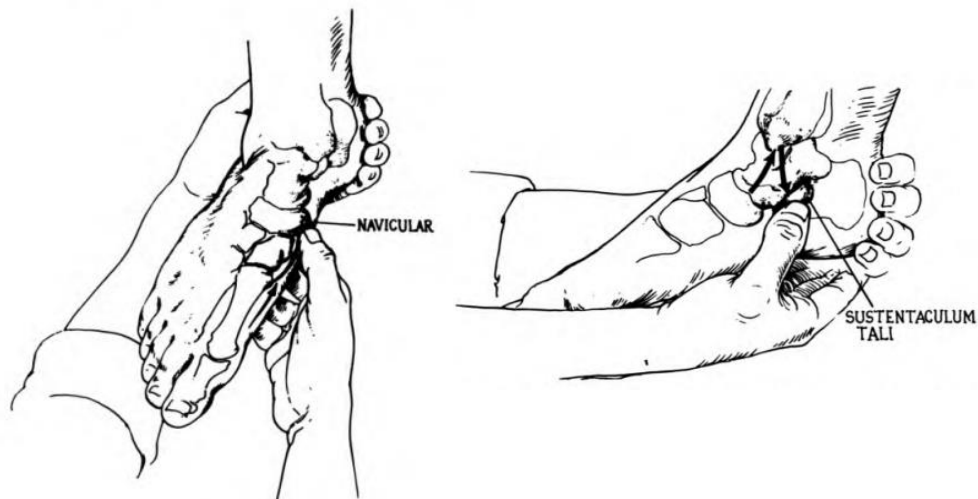
Obrázek 10. Znárodnění rozmístění reflexních bodů pro Vicon MX a kožních bodů.



Obrázek 11. Ukázka z videozáznamu Neutral heel lateral push testu.



Obrázek 12. Zpracování dat v programu Tracker 6.0.3.



Obrázek 13. Palpace tuberositas ossis navicularis a sustentaculum tali (Hoppenfeld, 1976, upraveno).

Tabulka 6. Označení reflexních, kožních a referenčních bodů v programu Tracker.

Reflexní/kožní/referenční bod	Označení v programu Tracker
Reflexní bod na zadní hraně mediálního kotníku	A
Reflexní bod na sustentaculum tali	B
Reflexní bod na tuberositas ossis navicularis	C
Reflexní bod na hlavičce I. metatarsu	D
Reflexní bod na distální části nehtu palce	E
Kožní bod na distálním článku palce	F
Kožní bod pod hlavičkou I. metatarsu	G
Kožní bod na laterální hraně hlavice talu	H
Kožní bod na středu spojnice mediální a laterální hrany hlavice talu	I
Kožní bod na mediální hraně hlavice talu	J
Referenční bod na algometru	K

Tabulka 7. Označení vybraných úhlů v rámci hodnocení Neutral heel lateral push testu.

Označení úhlů pro program Tracker	Označení úhlů pro systém Vicon	Odpovídající označení bodů v programu Tracker
<i>TmH</i>	<i>VmH</i>	ABE
<i>TmM</i>	<i>VmM</i>	ABD

TmH – úhel mezi body ABE, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí programu Tracker;
TmM – úhel mezi body ABD, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí programu Tracker;
VmH – úhel mezi body ABE, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí systému Vicon; *VmM* – úhel mezi body ABD, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí systému Vicon.

4.3. Zpracování dat

Statistické zpracování bylo provedeno za pomoci softwaru IBM SPSS 25.0 (International Business Machines, Armonk, New York, USA). Normalita dat byla ověřena pomocí Shapiro-Wilk testu a z-testu za použití „kurtosis“ a „skewness“ dle doporučení Kim (2013). Hladina významnosti byla definována jako $\alpha = 0,05$. Relativní spolehlivost byla vyjádřena pomocí vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) s 95% intervalem spolehlivosti (95% CI), konkrétně dvoufaktorovým modelem se smíšeným efektem („Two-way mixed-effects model“) a typem založeným na hodnocení jednotlivých měření i průměru všech 5 měření (Koo & Li, 2016). Hodnoty ICC byly interpretovány dle Koo a Li (2016), kdy ICC <0,5 vykazoval slabou reliabilitu; ICC mezi 0,5 – 0,75 střední reliabilitu; ICC mezi hodnotami 0,75 – 0,9 dobrou reliabilitu a nad 0,9 vynikající reliabilitu.

Absolutní spolehlivost byla stanovena pomocí standardní chyby měření (SEM) a minimální detekovatelné změny (MDC). Pro výpočet SEM byl použit vzorec:

$$SEM = \sqrt{WMS},$$

kdy WMS označuje průměrnou čtvercovou hodnotu uvnitř subjektu, jež byla převzata z analýzy rozptylu (ANOVA) pro opakovaná měření (Weir, 2005).

Pro výpočet minimální detekovatelné změny při 95% CI (MDC_{95}) byl následně použit vzorec:

$$MDC_{95} = 1,96 \times SEM \times \sqrt{2},$$

kde hodnota 1,96 je Z skóre spojené s 95% CI (Weir, 2005).

Souběžná validita byla posouzena dle Pearsonova korelačního koeficientu, který byl vypočítán z jednotlivých 5 po sobě jdoucích měření.

5. VÝSLEDKY

5.1. Shrnutí výsledků

Statistická data získaná z hodnocení reliability a validity jsou zobrazeny v Tabulce 9.

Tabulka 8. Shrnutí výsledků.

	<i>A</i>	<i>TmH</i>	<i>TmM</i>	<i>VmH</i>	<i>VmM</i>
Vnitrotřídní korelační koeficient (jednotlivá měření – „single measures“)	0,88	0,68	0,61	0,62	0,55
Vnitrotřídní korelační koeficient (průměr měření – „average measures“)	0,97	0,92	0,89	0,89	0,86
Standardní chyba měření	0,7°	0,6°	0,5°	0,7°	0,7°
Minimální detekovatelná změna	1,9°	1,7°	1,4°	1,9°	1,9°
	TmH-VmH	TmM-VmM	A-VmH		
Pearsonův korelační koeficient	0,82	0,70	0,46		

A – vizuální hodnocení změny úhlu palce nohy vyšetřujícím fyzioterapeutem; *TmH* – změna velikosti úhlu mezi body *ABE*, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí programu *Tracker*; *TmM* – změna velikosti úhlu mezi body *ABD*, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí programu *Tracker*, *VmH* – změna velikosti úhlu mezi body *ABE*, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí systému *Vicon*, *VmM* – změna velikosti úhlu mezi body *ABD*, jehož hodnoty byl zpracovány pomocí systému *Vicon*.

5.2. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V1_a, V2_a a V3_a

Jaký je ICC, SEM a MDC výsledků NHLP testu při vizuálním měření změny úhlu palce nohy bez využití externích markerů?

Test ANOVA ukazuje, že neexistují statisticky významné rozdíly ($p = 0,832$) mezi výsledky vizuálního měření změny úhlu palce nohy. ICC individuálních měření dosahoval „dobré“ relativní intra-rater reliability a ICC průměru 5 měření dokonce „vynikající“ relativní intra-rater reliability dle Koo a Li (2016).

5.3. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V1_b, V2_b a V3_b

Jaký je ICC, SEM a MDC výsledků NHLP testu při měření změny úhlů TmH a VmH palce nohy s využitím externích markerů pomocí programu Tracker a systému Vicon?

Test ANOVA ukazuje, že neexistují statisticky významné rozdíly ($p = 0,029$) mezi výsledky měření změny úhlu TmH pomocí programu Tracker či výsledky ($p = 0,002$) změny úhlu VmH pomocí systému Vicon. ICC průměru 5 měření pomocí programu Tracker (TmH) měl „vynikající“ a individuální měření „střední“ relativní intra-rater reliability dle Koo a Li (2016). ICC průměru 5 měření pomocí systému Vicon (VmH) dosáhl „dobré“ a individuální měření „střední“ relativní intra-rater reliability dle Koo a Li (2016).

5.4. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V1_c, V2_c a V3_c

Jaký je ICC, SEM a MDC výsledků NHLP testu při měření změny úhlů TmM a VmM I. metatarsu s využitím externích markerů pomocí programu Tracker a systému Vicon?

Test ANOVA ukazuje, že neexistují statisticky významné rozdíly ($p = 0,012$) mezi výsledky měření změny úhlu TmM pomocí programu Tracker či výsledky ($p = 0,007$) změny úhlu VmM pomocí systému Vicon. ICC průměru 5 měření pomocí programu Tracker (TmM) měl „dobrou“ a individuální měření „střední“ relativní intra-rater reliability dle Koo a Li (2016). ICC průměru 5 měření pomocí systému Vicon (VmM) dosáhl „dobré“ a individuální měření „střední“ relativní intra-rater reliability dle Koo a Li (2016).

5.5. Komentáře k výsledkům výzkumných otázek V4_a, V4_b a V4_c

Jaká je hodnota Pearsonova korelačního koeficientu výsledků NHLP testu mezi měřením změny úhlů TmH a VmH; úhlu VmH a vizuálním hodnocením; a úhlů TmM a VmM?

Mezi měřením změny úhlu TmH pomocí programu Tracker a VmH pomocí systému Vicon s využitím externích markerů byla nalezena „vynikající“ korelace obou metod. Mezi měřením změny úhlu TmM pomocí programu Tracker a VmM pomocí systému Vicon s využitím externích markerů byla nalezena „střední“ až „vysoká“ korelace obou metod. Při porovnání hodnot změny úhlu VmH a vizuálního hodnocení změny úhlu palce nohy vyšetřujícím terapeutem, se podle Ahmada et al. (2019) jedná o nízkou korelaci mezi použitými metodami.

6. DISKUZE

Získané plochonoží u dospělých bývá považováno za synonymum dysfunkce šlachy m. TP (Myerson, 1997). Avšak nové teorie o vzniku plochonoží hovoří o značné významnosti lig. CNP, kdy dysfunkce šlachy m. TP se objevuje pouze jako sekundární následek poškození lig. CNP (Pasapula et al., 2017). Stav lig. CNP lze hodnotit pomocí magnetické rezonance nebo diagnostického ultrazvuku, kdy autoři Mansour et al. (2008) popisují, že ultrazvuk je schopen dobře zobrazit abnormality lig. CNP, což se využívá zejména u chronických dysfunkcí vazů, ale dle autorů by toto zobrazení mohlo být prospěšné i v počátečních stádiích poškození lig. CNP. Autoři Toye et al. (2005) zmiňují využití magnetické rezonance pouze při rupturách vazů CNP jako součást fyzikálního předoperačního vyšetření. Pasapula et al. (2015) shrnuje, že většina studií se zabývá pouze anatomíí lig. CNP a jeho významem pro stabilitu podélné klenby nožní, ale zatím žádná nepopsala jeho klinické testování. Počáteční stádium poškození lig. CNP či jeho zvýšená laxicita bývají často přehlíženy a vaz není dostatečně v klinické praxi testován (Pasapula et al., 2015; Pasapula et al., 2018). NHLP test je považován Pasapulou et al. (2015) za první klinický test, jenž se zaměřuje na integritu lig. CNP.

V diplomové práci byla posuzována intra-rater reliabilita a souběžná validita NHLP testu, kdy výsledky měření byly vyhodnocovány vizuálně vyšetřujícím terapeutem, pomocí softwaru Tracker a systému Vicon. Intra-rater reliabilita byla evaluována na základě ICC, SEM, MDC a souběžná validita na podkladě Pearsonova korelačního koeficientu. Hodnoty ICC průměrných hodnot měření při sledování vybraných úhlů se u všech hodnotících metod pohybovaly v rozmezí ICC = 0,86 – 0,97. Z těchto výsledků lze říci, že test má velmi dobrou spolehlivost dle Koo a Li (2016) při všech způsobech hodnocení. Hodnoty jednotlivých měření se pohybovaly v rozmezí ICC = 0,55 – 0,88, z čehož lze usuzovat, že jednotlivá měření mají spíše střední spolehlivost dle Koo a Li (2016). Obecně testy hodnotící mediální podélnou klenbu nožní (NDT, FPI-6, parametry otisku nohy) vykazují dobrou až vynikající reliabilitu při jejich vzájemné kombinaci (Zuil-Escobar et al., 2018). Pokud se jedná o hodnocení intra-rater reliability jednotlivých testů samostatně, tak opět dosahují velmi dobré spolehlivosti, například dle studie Kim et al. (2019) má NDT (při pozici sed/stoj) ICC 0,94, a dle Terada et al. (2014) dosahuje intra-rater reliabilita FPI-6 hodnoty ICC = 0,96. Souběžná validita NHLP testu byla posuzována dle Pearsonova korelačního koeficientu. Při porovnání výsledků ze systému Vicon a programu Tracker dosahovaly hodnoty 0,7 – 0,82, což lze považovat za vysokou

korelaci obou metod (Ahmad et al., 2019). Při posouzení vizuálního hodnocení abdukce palce nohy vyšetřujícím terapeutem a hodnocení úhlu VmH pomocí systému Vicon byl Pearsonův korelační koeficient 0,46, což dle Ahmada et al. (2019) svědčí o nízké korelaci obou metod.

Jestliže budeme porovnávat jednotlivé metody hodnocení, jež byly pro NHLP test použity, dojdeme k závěru, že vizuální hodnocení změny úhlu palce nohy bez využití externích markerů mělo $ICC = 0,97$, což byla nejvyšší hodnota v porovnání s výsledky Trackeru a Viconu. Můžeme tedy usuzovat, že pro klinickou praxi fyzioterapeuta je dostatečné využívat vizuální hodnocení NHLP testu při 5 po sobě jdoucích měření za využití konstantního tlaku na oblast hlavičky I. mtt., a za současného vyhodnocení všech měření stejným terapeutem. Avšak při porovnání výsledků měření úhlu VmH a vizuálního hodnocení se ukázalo, že data spolu velmi málo korelují ($r = 0,46$). Tato skutečnost mohla být způsobena rozdílností ve způsobu vyhodnocování měření, jelikož vizuální posouzení změny úhlu palce nohy bylo rozlišováno v rozsahu celých stupňů (při velmi malých posunech palce nohy byla určena hodnota $0,5^\circ$). Na druhou stranu, systém Vicon byl pomocí markerů schopen zachytit posun palce vůči zadonoží ve více specifitějších hodnotách, jež by „okem vyšetřujícího“ fyzioterapeuta nešla rozlišit.

Porovnáme-li průměrné i jednotlivé hodnocení ICC z měření změny úhlů TmH a TmM pomocí Trackeru a VmH a VmM pomocí Viconu nenalezneme žádný signifikantní rozdíl mezi využitím těchto dvou metod. Při posouzení souběžné validity za pomoci Pearsonova korelačního koeficientu se ukázalo, že výsledky ($r = 0,70 - 0,82$) obou metod spolu dobře korelují (Ahmad et al., 2019). Vynikající korelace mezi Viconem a Trackerem nevznikla pravděpodobně z důvodu odlišného posuzování vyznačených markerů, jelikož systém Vicon snímá hmotný střed externího markeru, zatímco v programu Tracker byly výsledky vypočítány z povrchového označení externího markeru. Rozdílnost však existuje v časových a finančních podmínkách obou hodnotících metod. Tracker je volně dostupný software, který umožňuje kinematickou analýzu videozáznamu. Pro použití tohoto programu bylo nutné označit reflexní a kožní body pomocí viditelné tečky, která byla následně v programu „trackována“ tj. vypočítání pozic bodu v prostoru v průběhu videozáznamu. Na noze se nacházelo 5 reflexních, 5 kožních a 1 referenční bod, kdy kožní a referenční body nebyly pro potřeby této diplomové práce využity, avšak mohou být použity pro potřeby dalšího zkoumání. Reflexní body byly označeny tečkou ve středu otáčení. Každý bod musel být „trackován“ samostatně, kdy

průměrný čas „trackování“ jednoho bodu byl zhruba 1,5–2 minuty, což v součtu všech bodů vychází na necelých 17 minut. Poté byly označeny vybrané úhly a vypočítána jejich velikost. Tento krok nebyl možný bez předchozího „trackování“. Doba výpočtu daných úhlů se pohybovala okolo 5 minut, takže v celkovém součtu zpracování jednoho videozáznamu trvalo zhruba 22 minut. U každého účastníka bylo hodnoceno 5 videozáznamů NHLP testu. Z časového hlediska má Tracker oproti Viconu velkou nevýhodu, jelikož zpracování záznamu je minimálně o polovinu času delší než u Viconu. Na druhou stranu se jedná o velmi dobře dostupnou metodu hodnocení kinematických parametrů, kterou může fyzioterapeut ve své praxi využít. Vicon představuje finančně náročnou záležitost, která není běžnou součástí rehabilitačních zařízení. Pro použití Tracker je vhodné mít co nejkratší videozáznam, čímž se zkrátí i doba „trackování“ a viditelně označené body, které bude chtít používat pro výpočet úhlu. Problematickým bodem byl bod A (zadní hrana mediálního kotníku v úrovni sustentaculum tali), jelikož často docházelo k jeho zakrytí lýtkem probandů nebo byla pronace nohy tak velká, že nebylo možné vidět vyznačenou tečku na reflexním bodě. Pro redukci tohoto problému byl tento bod navíc označen další tečkou, která se nacházela více mediálně a byla viditelná při všech typech nohou (Obrázek 11).

Pro výzkum diplomové práce bylo nutné provést několik pilotních měření, jelikož NHLP test byl popsán pouze ve studiích Pasapuly et al. (2015, 2018, 2021). V jedné studii Pasapula et al. (2021) sice blíže specifikuje provedení testu, avšak přesné parametry nebyly uvedeny. Patřila mezi ně například síla, kterou terapeut využíval pro laterální posun předonoží. Ve svém výzkumu na kadáverech (Pasapula et al., 2015) využíval sílu o velikosti 5–25 N, což odpovídá maximálně 2,5 kg. V rámci diplomové práce byl použit algometr, aby bylo možné mít při každém měření konstantní sílu pro vychýlení předonoží. Její velikost byla empiricky nastavena na 40 N. Tento parametr měření by mohl být předmětem dalšího výzkumu, jelikož zatížení lig. CNP při chůzi je mnohonásobně větší (Pasapula et al., 2015). Také umístění algometru nebylo zvoleno přímo na I. metatarsophalangiální kloub, jelikož při této aplikaci docházelo ke sklouzávání ramena algometru, takže z toho důvodu byl přikládám do oblasti hlavičky I. mtt. kloubu nohy. Dalším diskutovaným parametrem je vizuální hodnocení pohybu předonoží. Pasapula et al. (2021) hodnotil laterální posun středu palce nohy, avšak v rámci diplomové práce bylo zvoleno, že vyšetřující bude sledovat posun mediální hrany palce. Tento postup byl zvolen z důvodu přesnějšího počátečního nastavení akra DK, jelikož na měřícím archu

(Příloha 5) byly dány dvě kolmé osy, na jejichž průsečíku byl umístěn střed otáčení (sustentaculum tali) a mediální hrana palce byla umístěna na souběžnou osu (Obrázek 12). Výsledek měření byl zaznamenán v úhlech, což představuje další rozdíl oproti původním studiím (Pasapula et al., 2015). Pasapula et al. (2015) popisuje posun středu palce nohy v cm/mm, avšak při pilotním měření se ukázalo, že určení úhlu bude lépe hodnotitelné vyšetřujícím terapeutem. Svůj význam také hrála velikost nohy vyšetřovaného probanda, protože při použití pouze jedné osy měření by mohlo dojít k jejímu zakrytí u „delších“ nohou, a naopak u „kratších“ by mohla být osa příliš vzdálena, což by mohlo zkreslovat vizuální vyhodnocení výsledků. Pro možnosti dalšího výzkumu bylo na záznamovém archu vyznačeno více os pro měření posunu palce nohy v cm/mm, tudíž v případě retrospektivního vyhodnocení videozáznamu lze odečíst a porovnat i vzdálenosti v mm/cm. Při pilotních pokusech bylo důležité určit, kolik opakovaných měření je dostatečné pro určení reliability a validity NHLP testu. Pasapula et al. (2015) NHLP test na kadáverech opakovali 3x, a taktéž při jejich dalším výzkumu (Pasapula et al., 2021) u jedinců s plantární fascitidou bylo použito měření 3 pokusů. Pro diplomovou práci bylo zvoleno hodnocení 5 po sobě jdoucích pokusů, kdy u pilotních probandů bylo hodnoceno 20 pokusů v sériích po 5 měření. Zhruba u třetiny probandů docházelo ke zvětšování rozsahu pohybu předonoží, což mohlo být způsobeno postupným protahováním lig. CNP. Při pilotním statistickém zpracování bylo zjištěno, že hodnocení 5 prvních pokusů měření bude dostatečné pro potřeby výzkumu diplomové práce, na druhou stranu by bylo vhodné tento fenomén a jeho možný vliv na výsledky dále zkoumat. Z výše uvedených důvodů tedy byla použita pouze část měřených dat, avšak díky videozáznamu a Viconu lze opět tyto materiály retrospektivně zpracovat a vyhodnotit.

Diplomová práce si dávala za cíl posoudit reliabilitu a validitu NHLP testu, ale v průběhu měření byly zjištěny zajímavé konsekvence mezi údaji ze vstupního vyšetření a výsledky NHLP testu. Pasapula et al. (2018) zmiňuje mezi hlavními příčinami vzniku poškození lig. CNP chabost vaziva, obezitu, pohlaví, věk, vrozený pes planovalgus či genetické predispozice. V rámci vstupního vyšetření byla dle „Beighton Score“ (Bockhorn et al., 2021) u 11 probandů stanovena konstituční hypermobilita. U 6 z nich byla nalezena přítomnost funkčního plochonoží na podkladě NDT a FPI-6. Při provedení NHLP testu, bez použití videozáznamu a Viconu, došlo u všech 6 probandů k malému až výraznému pohybu předonoží vůči zánoží. Na druhou stranu u probandů s vysokým

typem nohy a bez přítomnosti konstituční hypermobility nedošlo při NHLP testu k žádnému laterálnímu posunu předonoží. Vstupní vyšetření by bylo v budoucím zkoumání vhodné doplnit i o další specifické testy na vazy v oblasti nohy a kotníku. Pasapula et al. (2018) dále ve své práci hodnotí i zkrácení mm. gastrocnemii, což by taktéž mohlo být ověřeno při vstupním vyšetření. Pasapula et al. (2018) ve své práci zmiňují, že primární i sekundární zkrácení mm. gastrocnemii může vést ke zvýšenému nadzvednutí paty či nadměrnému protažení tkání v oblasti středonoží, což může způsobit nadměrné natahování lig. CNP. Naopak při poškození vazy CNP a vzniku valgozity paty může docházet k nadměrnému napínání Achillovy šlachy a ke zkrácování mm. gastrocnemii (Pasapula et al., 2018).

V rámci diplomové práce bylo jak při pilotních měřeních, tak u následujícího vyhodnocování výsledků nalezeno několik limitů. Jedním z nich byla nemožnost „trackovat“ bod H (kožní bod na laterální hraně hlavice talu), jelikož vyšetřující terapeut měl poblíž této oblasti položenou ruku, jenž fixovala zadonoží, z tohoto důvodu byl bod H označován pouze pro účely vytvoření spojnice mediální a laterální hrany talu, aby v jejich středu mohl být označen bod I. Dalším limitem byl počet probandů, který byl sice pro potřeby diplomové práce dostatečný, avšak pro další výzkum by bylo vhodné zvolit jejich větší počet, jenž by byl stanovený dle Bujanga a Bahurama (2017). Dále by výzkumný soubor mohl obsahovat více jedinců s rozdílnou typologií nohou, konkrétně by výzkum mohl mít více jedinců se spíše vysokou nohou. Předmětem dalšího zkoumání by mohl být nejen počet a charakteristika výzkumného souboru, ale také hodnocení více vyšetřujícími terapeuty či zjištění „intersession“ reliability, díky které by bylo možno stanovit, zda se změní výsledky NHLP testu při opakovaném měření v daném časovém odstupu. Taktéž, jak již bylo výše zmíněno, tlak, který byl využit pro vychýlení předonoží, byl v porovnání s tlakem, který působí na lig. CNP při chůzi, velmi malý. Z tohoto důvodu by se výzkum mohl doplnit i o kinematickou analýzu chůze pomocí systému Vicon se zaměřením se na „chování“ lig. CNP v dynamicky náročnější pohybové situaci.

V oblasti testování lig. CNP, jeho významu a souvislostí s problematikou získaného plochonoží u dospělých existuje v současné době pouze velmi málo studií. Přičemž při správné diagnostice může být následně zvolena vhodná a cílená terapie. Pasapula et al. (2017) při své práci demonstroval, že transfer šlachy m. flexor digitorum longus nemá vliv na korekci plochonoží, jelikož primární příčinou je poškození lig. CNP. Niky et al.

(2012) popsal u 25 pacientů, jimž byla provedena osteotomie kalkanea a transfer šlachy m. flexor digitorum longus, zlepšení pouze ve dvou radiografických parametrech. Za efektivní operační řešení poškozeného lig. CNP považuje Pasapula et al. (2017) rekonstrukci vazů pomocí „Arthrex Internal Brace“ či kostní fúzi, která však způsobuje ztrátu dynamických pohybů zadonoží a zvýšení tlaků na přilehlé klouby, což může vést k předčasným degenerativním změnám. Závěrem shrnuje, že diagnostika poškození lig. CNP s využitím NHLP testu by měla být zlatým standardem při vyšetření plochonoží u dospělých jedinců (Pasapula et al., 2017) či v rámci řetězení dalších poruch pohybového systému.

7. ZÁVĚR

Na základě výsledků měření lze říci, že NHLP test má střední až výbornou relativní intra-rater reliabilitu, jejíž vnitrotřídní korelační koeficient závisí na metodě, pomocí které jsou data vyhodnocena. Ukázalo se, že vizuální hodnocení vyšetřujícím terapeutem patří mezi metody s vysokým vnitrotřídním korelačním koeficientem. Z výsledků dále vyplývá, že vizuální hodnocení NHLP testu v porovnání s hodnotami ze systému Vicon, dosahuje velmi malé korelace na podkladě Pearsonova korelačního koeficientu. V praxi je tedy možno využívat vizuální hodnocení NHLP testu vyšetřujícím terapeutem, kdy výsledky diplomové práce ukazují, že 5 po sobě jdoucích pokusů měření zhodnocených jedním terapeutem je dostatečně spolehlivých.

8. SOUHRN

Získané plochonoží u dospělých je považováno za klinicky významnou deformity, která je spojena s dysfunkcí šlachy m. TP, poškozením lig. CNP, povrchovou částí lig. deltoideum a ligg. naviculocuneiformia (Williams et al., 2014). Právě lig. CNP hraje významnou roli při statické stabilizaci zadonoží a jeho poškození může vést až ke vzniku plochonoží (Pasapula et al., 2015). Ke zhodnocení stavu lig. CNP se využívá převážně magnetická rezonance (Kimura et al., 2020), avšak klinické testování tohoto vazy nebývá dle Pasapuly et al. (2015) běžnou součástí vyšetření. Z těchto důvodů byl Pasapulou et al. (2015) popsán NHLP test, jenž je autory považován za první klinický test zaměřující se na hodnocení integrity lig. CNP.

Cílem diplomové práce bylo posoudit intra-rater reliabilitu a souběžnou validitu NHLP testu pro hodnocení lig. CNP. Výzkumu se zúčastnilo 32 probandů (13 mužů a 19 žen), u kterých byl proveden NHLP test pravé nohy vždy stejným terapeutem a za současného snímání nohy pomocí systému Vicon a videozáznamu. Relativní intra-rater reliabilita byla hodnocena vnitrotřídním korelačním koeficientem a absolutní intra-rater reliabilita byla vyjádřena standardní chybou měření a minimální detekovatelnou změnou.

Z výsledků bylo zjištěno, že NHLP test má při vizuálním hodnocení vyšetřujícím terapeutem výbornou intra-rater reliabilitu, ale při porovnání Pearsonova korelačního koeficientu výsledků z Viconu a vizuálního hodnocení, byla nalezena nízká korelace mezi oběma metodami. Na podkladě těchto výsledků můžeme říci, že vizuální hodnocení NHLP testu jedním terapeutem 5 po sobě jdoucích měření je dostatečně spolehlivé, tudíž může být využíváno v klinické praxi.

9. SUMMARY

Acquired flat feet in adults is considered a clinically significant deformity that is associated with TP tendon dysfunction, lesion of spring ligament and lesion of surface part of lig. deltoideum and ligg. naviculocuneiformia (Williams et al., 2014). Spring ligament plays an important role in the static stabilization of the forefoot and its damage can lead to the formation of flat feet (Pasapula et al., 2015). Magnetic resonance imaging is mainly used to assess the status of spring ligament (Kimura et al., 2020) but clinical testing of this ligament is not a common part of the examination according to Pasapula et al. (2015). For these reasons, Pasapula et al. (2015) described the NHLP test, which is considered by the authors to be the first clinical test focusing on assessment of the spring ligament integrity.

The aim of the diploma thesis was to assess the intra-rater reliability and concurrent validity of the NHLP test for evaluation of spring ligament. Thirty-two subjects (13 males and 19 females) participated in the study and underwent the NHLP test of the right foot, always by the same therapist, with simultaneous scanning of the foot using the Vicon system and video recording. Relative intra-rater reliability was assessed by an intra-class correlation coefficient and absolute intra-rater reliability was expressed by standard error of measurement and minimal detectable change.

The results showed that the NHLP test had excellent intra-rater reliability in case of visual evaluation by the examining therapist, but when comparing Pearson's correlation coefficient of Vicon MX results and the visual evaluation results, a low correlation was found between the two methods. Based on these results, we can say that the visual evaluation of the NHLP test by one therapist for 5 consecutive measurements is sufficiently reliable, so it can be used in clinical practice.

10. REFERENČNÍ SEZNAM

- Ahmad, I., et al. (2019). Validity and responsiveness of balance measures using Pedalo®-Sensomove balance device in patients with diabetic peripheral neuropathy. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 13(6), Retrieved from [https://jcdr.net/articles/PDF/12889/40372_PD\(SHU\)_V.2_CE\[Ra1\]_F\(SHU\)_PF1\(AG_SHU\)_PFA\(SHU\)_PB\(NC_AG\)_PN\(SL\).pdf](https://jcdr.net/articles/PDF/12889/40372_PD(SHU)_V.2_CE[Ra1]_F(SHU)_PF1(AG_SHU)_PFA(SHU)_PB(NC_AG)_PN(SL).pdf)
- Babu, D., & Bordoni, B. (2021). Anatomy, bony pelvis and lower limb, medial longitudinal arch of the foot. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Basmajian, J. V., & Stecko, G. (1963). The role of muscles in arch support of the foot. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 45, 1184–1190. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14077983/>
- Bockhorn, L. N., Vera, A. M., Dong, D., Delgado, D. A., Varner, K. E., & Harris, J. D. (2021). Interrater and intrarater reliability of the Beighton Score: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(1). Retrieved from <https://doi.org/10.1177/2325967120968099>
- Brody D. M. (1982). Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *The Orthopedic Clinics of North America*, 13(3), 541–558. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6124922/>
- Bujang, M. A. (2017). A simplified guide to determination of sample size requirements for estimating the value of intraclass correlation coefficient: A review. *Archives of Orofacial Sciences*. 12. 1–11. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/318788161_A_simplified_guide_to_determination_of_sample_size_requirements_for_estimating_the_value_of_intraclass_correlation_coefficient_A_review
- Carroll, M., Annabell, M. E., & Rome, K. (2011). Reliability of capturing foot parameters using digital scanning and the neutral suspension casting technique. *Journal of Foot and Ankle Research*, 4(1), 9. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/1757-1146-4-9>

- Cifuentes-De la Portilla, C., Pasapula, C., Larrainzar-Garijo, R., & Bayod, J. (2020). Finite element analysis of secondary effect of midfoot fusions on the spring ligament in the management of adult acquired flatfoot. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, *76*, 1–8. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105018>
- Cleland, J. (2005). *Orthopaedic clinical examination: an evidence-based approach for physical therapists*. Carlstadt, NJ: Icon Learning Systems.
- Čihák, R., & Grim, M. (2001). *Anatomie* (2. upravené a doplněné vydání). Praha: Grada Publishing.
- Deland J. T. (2008). Adult-acquired flatfoot deformity. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *16*(7), 399–406. Retrieved from <https://doi.org/10.5435/00124635-200807000-00005>
- Deland, J., Arnoczky, S., & Thompson, F. (1992). Adult acquired flatfoot deformity at the talonavicular joint: reconstruction of the spring ligament in an in vitro model. *Foot Ankle*, *13*, 327–332. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/107110079201300606>
- Drnková, Z., & Syllabová, R. (1991). *Záhada leváctví a praváctví*. Praha: Avicenum.
- Dungl, P. (2014). *Ortopedie*. Praha: Grada Publishing.
- Dyal, C. M., Feder, J., Deland, J. T., & Thompson, F. M. (1997). Pes planus in patients with posterior tibial tendon insufficiency: asymptomatic versus symptomatic foot. *Foot & Ankle International*, *18*(2), 85–88. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/107110079701800208>
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie*. Praha: Grada Publishing.
- Ellis, S. J., Yu, J. C., Williams, B. R., Lee, C., Chiu, Y. L., & Deland, J. T. (2009). New radiographic parameters assessing forefoot abduction in the adult acquired flatfoot deformity. *Foot & Ankle International*, *30*(12), 1168–1176. Retrieved from <https://doi.org/10.3113/FAI.2009.1168>
- Franco A. H. (1987). Pes cavus and pes planus. Analyses and treatment. *Physical Therapy*, *67*(5), 688–694. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/ptj/67.5.688>

- Gallo, J. (2011). *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Gazdag, A. R., & Cracchiolo, A. (1997). Rupture of the posterior tibial tendon. Evaluation of injury of the spring ligament and clinical assessment of tendon transfer and ligament repair. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 79(5), 675–681. Retrieved from <https://doi.org/10.2106/00004623-199705000-00006>
- Hadfield, M. H., Snyder, J. W., Liacouras, P. C., Owen, J. R., Wayne, J. S., & Adelaar, R. S. (2003). Effects of medializing calcaneal osteotomy on Achilles tendon lengthening and plantar foot pressures. *Foot & Ankle International*, 24(7), 523–529. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/107110070302400703>
- Hamada, T., Matsubara, H., Ohno, N., Hikichi, T., Shimokawa, K., Miyati, T., Ozaki, N., & Tsuchiya, H. (2021). Comparison of each bundle of the spring ligament complex between the standing and supine positions: A multiposture magnetic resonance imaging study. *Foot and Ankle Surgery: Official Journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*, S1268-7731(21)00141-7. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fas.2021.07.002>
- Hamill, J., & Knutzen, K. (2009). *Biomechanical basis of human movement* (3rd ed). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 223–239.
- Harris, G. F., Smith, P. A., & Marks, R. M. (2008). *Foot and ankle motion analysis: clinical treatment and technology.* CRC Press.
- Henry, J. K., Shakked, R., & Ellis, S. J. (2019). Adult-acquired flatfoot deformity. *Foot and Ankle Orthopaedics.* Retrieved from <https://doi.org/10.1177/2473011418820847>
- Hoppenfeld, S. (1976). *Physical examination of the spine and extremities.* Appleton.
- Hunt, A. E., Fahey, A. J., & Smith, R. M. (2000). Static measures of calcaneal deviation and arch angle as predictors of rearfoot motion during walking. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 46(1), 9–16. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(14\)60309-3](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(14)60309-3)

- Charlesworth, S.J., & Johansen, S.M. (2010). *Navicular Drop test user guide and manual*. Retrieved from <https://docplayer.net/21045899-Hogeschool-van-amsterdam-navicular-drop-test-user-guide-and-manual-sabrina-jayne-charlesworth-and-stine-magistad-johansen.html>
- Jennings, M. M., & Christensen, J. C. (2008). The effects of sectioning the spring ligament on rearfoot stability and posterior tibial tendon efficiency. *The Journal of Foot and Ankle Surgery : Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 47(3), 219–224. Retrieved from <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2008.02.002>
- Johnson, K. A., & Strom, D. E. (1989). Tibialis posterior tendon dysfunction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (239), 196–206.
- Kapandji, A. I. (1987). *The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints* (5th edition). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Kim H. Y. (2013). Statistical notes for clinical researchers: assessing normal distribution (2) using skewness and kurtosis. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 38(1), 52–54. Retrieved from <https://doi.org/10.5395/rde.2013.38.1.52>
- Kim, S., Yoo, J., Woo, D., Jung, B., & Choi, B. (2019). Inter- and intra- rater reliability of navicular drop tests position. *The Journal of Korean Academy of Physical Therapy Science*, 26(1), 9–14. Retrieved from <https://doi.org/10.26862/jkpts.2019.06.26.1.9>
- Kimura, Y., Yamashiro, T., Saito, Y., Kitsukawa, K., Niki, H., & Mimura, H. (2020). MRI findings of spring ligament injury: association with surgical findings and flatfoot deformity. *Acta Radiologica Open*, 9(12), 2058460120980145. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/2058460120980145>
- Kluwar, W. (2022). *Bones of the foot*. Retrieved from https://www.uptodate.com/contents/image?imageKey=SM%2F52540&topicKey=SM%2F17003&source=see_link
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.

- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine, 15*(2), 155–163. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kotrányiová, E. (2007). Význam laterálních ligament hlezna. *Rehabilitace a fyzikální lékařství, 3*, 122–129. Retrieved from <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2007-3/vyznam-lateralnich-ligament-hlezna-1848>
- Kulkarni, V. N. (2006). *Clinical anatomy for students: Problem solving approach*. Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Lewit, K. (1990). *Manipulační léčba v rámci léčebné rehabilitace*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů.
- Loudon, J. K., Jenkins, W., & Loudon, K. L. (1996). The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 24*(2), 91–97. Retrieved from <https://doi.org/10.2519/jospt.1996.24.2.91>
- Lui, T. H., & Mak, C. Y. D. (2018). Arthroscopic approach to the spring (calcaneonavicular) ligament. *Foot and Ankle Surgery, 24*(3), 242–245. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fas.2017.02.012>
- Mansfield, P. J., & Neumann, D. A. (2014). *Essentials of kinesiology: for the physical therapist assistant* (2nd ed). Elsevier.
- Mansour, R., Teh, J., Sharp, R. J., & Ostlere, S. (2008). Ultrasound assessment of the spring ligament complex. *European Radiology, 18*(11), 2670–2675. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00330-008-1047-1>
- McLaughlin, P., Vaughan, B., Shanahan, J., Martin, J., & Linger, G. (2016). Inexperienced examiners and the Foot Posture Index: A reliability study. *Manual Therapy, 26*, 238–240. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.math.2016.06.009>
- Medek, V. (2003). Plochá noha dospělých. *Interní medicína pro praxi, 6*, 315–316. Retrieved from <https://www.solen.cz/pdfs/int/2003/06/09.pdf>

- Mengiardi, B., Zanetti, M., Schöttle, P. B., Vienne, P., Bode, B., Hodler, J., & Pfirrmann, C. W. (2005). Spring ligament complex: MR imaging-anatomic correlation and findings in asymptomatic subjects. *Radiology*, *237*(1), 242–249. Retrieved from <https://doi.org/10.1148/radiol.2371041065>
- Menz, H.B. (2004). Two feet, or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. *The Foot*, *14*, 2-5. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0958-2592\(03\)00047-6](https://doi.org/10.1016/S0958-2592(03)00047-6)
- Myerson, M.S. (1997). Adult acquired flatfoot deformity: treatment of dysfunction of the posterior tibial tendon. *Instr Course Lect*, *46*, 393–405.
- Netter, F. H., & Hansen, J. T. (Ed.). (2005). *Anatomický atlas člověka* (Vydání 2., rozšířené). Praha: Grada Publishing.
- Niki, H., Hirano, T., Okada, H., & Beppu, M. (2012). Outcome of medial displacement calcaneal osteotomy for correction of adult-acquired flatfoot. *Foot & Ankle International*, *33*(11), 940–946. Retrieved from <https://doi.org/10.3113/FAI.2012.0940>
- Nyska, M., Shabat, S., Simkin, A., Neeb, M., Matan, Y., & Mann, G. (2003). Dynamic force distribution during level walking under the feet of patients with chronic ankle instability. *British Journal of Sports Medicine*, *37*(6), 495–497. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/bjism.37.6.495>
- Omar, H., Saini, V., Wadhwa, V., Liu, G., & Chhabra, A. (2016). Spring ligament complex: Illustrated normal anatomy and spectrum of pathologies on 3T MR imaging. *European Journal of Radiology*, *85*(11), 2133–2143. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.09.023>
- Orr, J. D., & Nunley, J. A. (2013). Isolated spring ligament failure as a cause of adult-acquired flatfoot deformity. *Foot & Ankle International*, *34*(6), 818–823. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/1071100713483099>
- Pasapula, C., & Cutts, S. (2017). Modern theory of the development of adult acquired flat foot and an updated spring ligament classification system. *Clinical Research on Foot & Ankle*, *05*(03). Retrieved from <https://doi.org/10.4172/2329-910x.1000247>

- Pasapula, C., Devany, A., Fischer, N. C., Wijdicks, C. A., Hübner, T., Reifensneider, F., & Shariff, S. (2017). The resistance to failure of spring ligament reconstruction. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, *33*, 29–34. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foot.2017.05.006>
- Pasapula, C., Devany, A., Magan, A., Memarzadeh, A., Pasters, V., & Shariff, S. (2015). Neutral heel lateral push test: The first clinical examination of spring ligament integrity. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, *25*(2), 69–74. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foot.2015.02.003>
- Pasapula, C., Kiliyanpilakkil, B., Khan, D. Z., Di Marco Barros, R., Kim, S., Ali, A., Hardcastle, A., & Cutts, S. (2021). Plantar fasciitis: Talonavicular instability/spring ligament failure as the driving force behind its histological pathogenesis. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, *46*, 101703. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foot.2020.101703>
- Pasapula, C., Shariff, S., Cutts, S., West, J., & Kobezda, T. (2018). Adult acquired flat foot: A new biomechanical classification for the deformity based on two point failure of the medial column. *Clinical Research on Foot & Ankle*, *06*(02). Retrieved from <https://doi.org/10.4172/2329-910x.1000270>
- Patil, V., Ebraheim, N. A., Frogameni, A., & Liu, J. (2007). Morphometric dimensions of the calcaneonavicular (spring) ligament. *Foot and Ankle International*, *28*(8), 927–932. Retrieved from <https://doi.org/10.3113/FAI.2007.0927>
- Redmond A. (2005). The Foot Posture Index - Easy quantification of standing foot posture - six item version FPI-6. *User Guide and Manual*, 1 – 19.
- Rule, J., Yao, L., & Seeger, L. L. (1993). Spring ligament of the ankle: normal MR anatomy. *AJR. American Journal of Roentgenology*, *161*(6), 1241–1244. Retrieved from <https://doi.org/10.2214/ajr.161.6.8249733>
- Shrader, J. A., Popovich, J. M., Jr, Gracey, G. C., & Danoff, J. V. (2005). Navicular drop measurement in people with rheumatoid arthritis: interrater and intrarater reliability. *Physical Therapy*, *85*(7), 656–664.
- Smith, J. T., & Bluman, E. M. (2012). Update on stage IV acquired adult flatfoot disorder: when the deltoid ligament becomes dysfunctional. *Foot and Ankle Clinics*, *17*(2), 351–360. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2012.03.011>

- Stryhal, F., Svoboda, J., & Bielický, T. (1959). *Ošetřování nohou*. Praha: SZdN.
- Terada, M., Wittwer, A. M., & Gribble, P. A. (2014). Intra-rater and inter-rater reliability of the five image-based criteria of the foot posture index-6. *International journal of sports physical therapy*, 9(2), 187–194. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4004124/>
- Tourillon, R., Gojanovic, B., & Fourchet, F. (2019). How to evaluate and improve foot strength in athletes: An update. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, 46. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00046>
- Toye, L. R., Helms, C. A., Hoffman, B. D., Easley, M., & Nunley, J. A. (2005). MRI of spring ligament tears. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 184(5), 1475–1480. Retrieved from <https://doi.org/10.2214/ajr.184.5.01841475>
- Urry, S. R., & Wearing, S. C. (2001). A comparison of footprint indexes calculated from ink and electronic footprints. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 91(4), 203–209. Retrieved from <https://doi.org/10.7547/87507315-91-4-203>
- van Melick, N., Meddeler, B. M., Hoogeboom, T. J., Nijhuis-van der Sanden, M. W. G., & van Cingel, R. E. H. (2017). How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PLoS ONE*, 12(12). Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189876>
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy* (2. rozšířené a přepracované vydání). Praha: Triton.
- Weir J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240. Retrieved from <https://doi.org/10.1519/15184.1>

- Williams, G., Widnall, J., Evans, P., & Platt, S. (2013). MRI features most often associated with surgically proven tears of the spring ligament complex. *Skeletal Radiology*, *42*(7), 969–973. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00256-013-1618-3>
- Williams, G., Widnall, J., Evans, P., & Platt, S. (2014). Could failure of the spring ligament complex be the driving force behind the development of the adult flatfoot deformity? *Journal of Foot and Ankle Surgery*, *53*(2), 152–155. Retrieved from <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2013.12.011>
- Zuil-Escobar, J. C., Martínez-Cepa, C. B., Martín-Urrialde, J. A., & Gómez-Conesa, A. (2018). Medial longitudinal arch: accuracy, reliability, and correlation between Navicular Drop test and footprint parameters. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, *41*(8), 672–679. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2018.04.001>
- Zuil-Escobar, J. C., Martínez-Cepa, C. B., Martín-Urrialde, J. A., & Gómez-Conesa, A. (2019). Evaluating the medial longitudinal arch of the foot: Correlations, reliability, and accuracy in people with a low arch. *Physical Therapy*, *99*(3), 364–372. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/ptj/pzy149>

11. PŘÍLOHY

Příloha 1. Žádost etické komisi Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci a její vyjádření.


UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY

třída Míru 117, 771 11 Olomouc

**Žádost o vyjádření
Etické komise FTK UP**

K projektu diplomové (magisterské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Reliabilita a validita „Neutral heel lateral push“ testu pro hodnocení integrity plantárního kalkaneonavikulárního vazivového komplexu

Forma projektu: Diplomová práce

Autor: Bc. Michaela Slívová

Školitel: Mgr. Ondřej Laštovička

Vyjádření školitele, vedoucího práce *SDHKLASÍM S PŘEDKLÁDANÝM PROJEKTEM. jst.*

Popis projektu
Plantární kalkaneonavikulární vazivový komplex je významnou strukturou, která se podílí na stabilizaci podélné klenby nožní. Porušení její integrity může mít značný vliv na vznik plochonoží u dospělých jedinců, a tedy i změny kinematických parametrů chůze včetně např. abnormálního pohybu zánoží. Vyšetření integrity plantárního kalkaneonavikulárního komplexu se v klinické praxi provádí pomocí Neutral heel lateral push testu. Tento test napomáhá přesnější diagnostice, s čímž souvisí i vhodně zvolená následná intervence.

Cíl projektu:
Posoudit reliabilitu, objektivitu a validitu „Neutral heel lateral push“ testu včetně vztahu jeho výsledků ke kinematickým parametrům chůze.

Metodika:
Výzkumný soubor budou tvořit účastníci starší 18 let s různým typem nožní klenby. Všem bude odebrána relevantní anamnéza, určena dominantní dolní končetina, posouzena hypermobilita a rozsah pohybu v hlezenním kloubu. Dále bude zhodnocena podélná klenba nožní a za pomoci algometru a pravítka proveden Neutral heel lateral push test, který bude současně videograficky zaznamenán. Pro potřeby hodnocení („intra-tester“) reliability bude test opakován třikrát. Pro posouzení objektivitu („inter-tester“ reliability) bude test proveden dvěma terapeuty, souběžná validita bude posuzována vůči záznamu testu s využitím systému Vicon. Ten bude následně použit pro analýzu chůze.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:
Vyšetření proběhne v laboratořích Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Vyšetřovací metody jsou neinvazivní a jejich použití se úzce vztahuje k dané problematice. Měřicí přístroje jsou majetkem FTK UP v Olomouci a mají příslušné certifikace.

Etické aspekty výzkumu
Probandí budou seznámeni s průběhem měření, jeho účelem a s cílem diplomové práce. Všechna osobní data probandů a výsledky měření budou zpracovány anonymně a s písemným informovaným souhlasem všech účastníků. Probandí vstupují do studie dobrovolně a mohou z ní kdykoliv odstoupit bez udání důvodů.

Informovaný souhlas účastníků (příložen)

V Olomouci dne 21. 12. 2021

Podpis autora 



Fakulta
tělesné kultury

Genius loci ...

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 5.1.2022 byl projekt diplomové práce

autor: **Bc. Michaela Slivová**

s názvem **Reliabilita a validita „Neutral heel lateral push“ testu pro hodnocení integrity plantárního kalkaneonavikulárního vazivového komplexu**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **14/2022**

dne: **18.1.2022**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Příloha 2. Informovaný souhlas.

Informovaný souhlas

Název studie (projektu): Reliabilita a validita „Neutral heel lateral push“ testu pro hodnocení integrity plantárního kalkaneonavikulárního vazů

Jméno a příjmení:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit, a to bez udání důvodů. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR.
5. Prohlašuji, že souhlasím s využitím anonymizovaných dat, fotografií či audiovizuálních materiálů pro účely výzkumu, včetně jeho publikace. Taktéž souhlasím s využitím těchto materiálů v rámci výuky.

Podpis účastníka:

Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií:

Datum:

Datum:

Příloha 3. Foot posture Index-6 – záznamový arch.

Foot Posture Index Datasheet

Patient name	ID number
---------------------	------------------

	FACTOR	PLANE	SCORE 1		SCORE 2		SCORE 3	
			Date _____		Date _____		Date _____	
			Comment _____		Comment _____		Comment _____	
			Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2
Rearfoot	Talar head palpation	<i>Transverse</i>						
	Curves above and below the lateral malleolus	<i>Frontal/ transverse</i>						
	Inversion/eversion of the calcaneus	<i>Frontal</i>						
Forefoot	Prominence in the region of the TNJ	<i>Transverse</i>						
	Congruence of the medial longitudinal arch	<i>Sagittal</i>						
	Abd/adduction forefoot on rearfoot	<i>Transverse</i>						
	TOTAL							

Reference values
 Normal = 0 to +5
 Pronated = +6 to +9, Highly pronated 10+
 Supinated = -1 to -4, Highly supinated -5 to -12

©Anthony Redmond 1998
 (May be copied for clinical use and adapted
 with the permission of the copyright holder)
www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI

Příloha 4. Informační leták.

Je otisk Vaší plosky podobný tomu na obrázku? Pak hledáme právě Vás!



Jak si jednoduše vyrobit otisk Vaší plosky?

Zkuste Vaši mokrou plosku nohy obtisknout na zem či na jakýkoliv kousek látky. Jestliže se otisk podobá těm na obrázku, jste vhodným kandidátem do našeho výzkumu!

Popis výzkumu:

Výzkum je součástí diplomové práce, která se zabývá hodnocením integrity plantárního kalkaneonavikulárního vazivového komplexu. Jeho dysfunkce totiž může být jednou z příčin vzniku získaného plochonoží u dospělých jedinců a včasná diagnostika poškození tak má preventivní význam pro vznik navazujících komplikací z přetížení okolních struktur.

Cíl výzkumu:

Posouzení reliability a validity Neutral heel lateral push testu v klinické praxi fyzioterapeuta.

Podmínky pro účast:

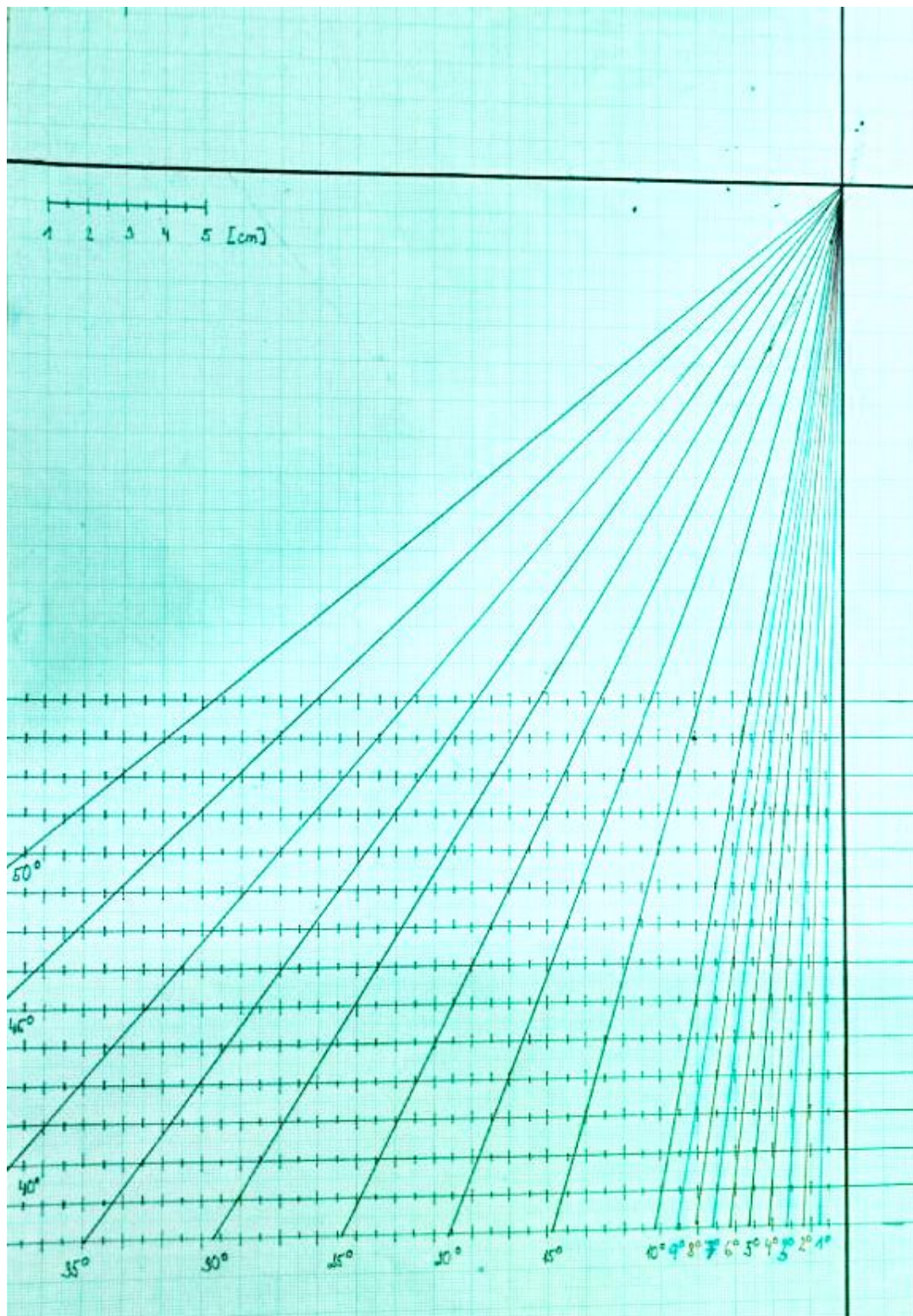
- věk 18+ let
- stav bez akutních úrazů nohy a kotníků, poškození kůže v oblasti nohou či akutní bolesti palce nohy

Časová náročnost:

V první části účastníci výzkumu absolvují vstupní vyšetření fyzioterapeutem. V rámci dalšího setkání bude provedeno měření Neutral heel lateral push testu, jenž bude zároveň zaznamenáno pomocí 3D systému Vicon.

Pro přihlášení do výzkumu nás kontaktujte na emailovou adresu: michaela.slivova01@upol.cz

Příloha 5. Měřicí arch pro hodnocení posunu mediální hrany palce nohy.



Příloha 6. Potvrzení o překladu.

POTVRZENÍ O PŘEKLADU DIPLOMOVÉ (MAGISTERSKÉ) PRÁCE

Jméno a příjmení studenta: Bc. Michaela Slívová Forma studia: Prezenční

Ročník: 2.NMgr

Studijní obor: Fyzioterapie

Akademický rok: 2021/2022

Název bakalářské/diplomové práce: Reliabilita a validita Neutral heel lateral push testu pro hodnocení plantárního kalkaneonavikulárního vazů

Jméno a příjmení překladatele: *Jana FIALOVÁ*

Datum: *13. 4. 2022*

Jazyková agentura
Jana FIALOVÁ - FUN SCHOOL
výuka jazyků, tlumočnictví, překlady
Polsko 1384, 564 01 Žamberk
IČ: 49307681
tel.: +420 608 630 670, +420 465 612 976

razítko, podpis