

Univerzita Karlova v Praze
1. lékařská fakulta

Postgraduální doktorský program v biomedicině
Studijní obor: Experimentální chirurgie



MUDr. Jan Klouda

Předoperační plánování rekonstrukčních operací přednoží

Preoperative planning of the reconstructive surgery of the forefoot

Disertační práce

Školitel:
Doc. MUDr. Rastislav Hromádka, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 10.9.2021

MUDr. Jan Klouda

Podpis

Identifikační záznam

KLOUDA, Jan. *Předoperační plánování rekonstrukčních operací přednoží [Preoperative planning of the reconstructive surgery of the forefoot]*. Praha, 2021. Počet stran 64, počet příloh 3. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Ortopedická klinika 1. LF UK a FN Motol. Vedoucí práce Hromádka, Rastislav.

Abstrakt

Předložená disertační práce popisuje studii zaměřenou na hodnocení změny pozice artikulárních ploch v oblasti prvního metatarsofalangového skloubení palce nohy vlivem operační korekce deformity typu hallux valgus, a to konkrétně pomocí modifikované Lapidusovy operace. Studie hodnotí soubor pacientů operovaných na Ortopedické klinice 1.lékařské fakulty Univerzity Karlovy a FN Motol v letech 2010 až 2015.

Výše zmíněná retrospektivní studie, jejíž výsledky a klinické výstupy byly publikovány v roce 2018, se věnovala měření definovaných úhlů na předoperačních a pooperačních RTG snímcích přednoží. Tyto úhly byly předem zvoleny tak, aby jejich hodnoty co nejpřesněji reprezentovaly postavení kloubních ploch prvního metatarsofalangového kloubu vůči ose prvního metatarsu a ose přednoží.

Hodnocením změny vzájemných prostorových vztahů zmíněných anatomických struktur v důsledku provedené operace přednoží bylo možno určit jednak účinnost daného zákroku při korekci deformity, ale především odhalit možná úskalí a nevýhody z této změny plynoucí. Naše výsledky potvrdily hypotézu o potenciálně nevýhodném laterálním sklonu kloubní plochy hlavice první nártní kosti po Lapidusově operaci. Zároveň se podařilo prokázat efektivitu řešení tohoto stavu pomocí jednoduchého komplementárního zákroku k základnímu typu výkonu, což je poznatek dobře využitelný v klinické praxi.

Klíčová slova

hallux valgus, Lapidusova operace, měření úhlů na RTG, úhel TASA, Akinova osteotomie, úhel PASA

Abstract

The presented thesis describes a study aimed at the change of articular surface position in the region of first metatarsophalangeal joint after operative reconstruction due to hallux valgus deformity, done by performing Lapidus arthrodesis. The study evaluates a cohort of patients, who underwent surgery in Department of Orthopaedics, First Faculty of Medicine, Charles University in Prague at Motol University Hospital from 2010 to 2015.

The results and clinical implications of the aforementioned retrospective study were published in 2018. The observers evaluated several defined angles on preoperative and postoperative radiographs of the forefoot. The angles were thoroughly selected with regard to the exact representation of first metatarsophalangeal joint articular surface position in relation to the axes of first metatarsal and the whole forefoot.

The executed measurements allowed us to assess the overall effectivity of the performed surgery in deformity correction, as well as to describe possible pitfalls and disadvantages resulting from the change of structural relationships among anatomical structures. Our results confirmed the hypothesis of a potentially unfavourable lateral inclination of first metatarsal head articular surface after Lapidus arthrodesis. Nonetheless, we were able to prove the effectivity of a simple complementary procedure, that can be used in combination with the arthrodesis, in the improvement process of the articular surfaces position. That is a finding, which can be easily implemented into clinical practice.

Key words:

hallux valgus, Lapidus arthrodesis, X-ray angle measurement, tangential angle to the second axis, Akin osteotomy, proximal articular set angle

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval svému školiteli Doc. MUDr. Rastislavu Hromádkovi, Ph.D., který mi umožnil seznámení se se zajímavou částí ortopedie.

Dále bych rád poděkoval všem lékařům Ortopedické kliniky 1. LF UK a FN Motol, s nimiž jsem měl a mám tu čest spolupracovat, za vytvoření přátelské atmosféry a pomoc v mých ortopedických začátcích.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu během mého dlouhého studia.

Seznam použitých zkratek

- MTP** – metatarsofalangový
- MTT** – metatars
- LCL** – lig. collaterale laterale
- LSL** - lig. suspensorium laterale
- OSL** – os sesamoideum laterale
- LMTP** – lig. metatarsale transversum profundum
- FHB** – m. flexor hallucis brevis
- EHL** – m. extensor hallucis longus
- FHL** – m. flexor hallucis longus
- FHBL** – caput laterale m. flexor hallucis brevis
- FHBM** – caput mediale m. flexor hallucis brevis
- FDB** – m. flexor digitorum brevis
- FDL** – m. flexor digitorum longus
- PP** – plantární ploténka
- AP** – aponeurosis plantaris
- TMT** – tarsometatarsální
- IMA** – intermetatarsal angle
- RTG** – rentgenový
- AP** – anteroposteriorní
- HVA** – hallux valgus angle
- HIA** – hallux interphalangeal angle
- DMAA** – distal metatarsal articular angle
- PASA** – proximal articular set angle
- DASA** – distal articular set angle
- TSP** – tibial sesamoid position
- CT** – výpočetní (počítačová) tomografie
- WBCT** – weight-bearing CT
- SERI** (technika) – simple, effective, rapid, inexpensive
- MIS** – miniinvasive surgery
- TASA** – tangential angle to the second axis
- AOFAS** – American Orthopaedic Foot & Ankle Society

Obsah

1. Úvod	9
2. Demografie a etiologie deformity hallux valgus	10
3. Anatomie prvního paprsku nohy	12
3.1. První metatarsofalangový kloub.....	12
3.2. Aponeurosis plantaris a windlass mechanismus	15
3.3. První tarsometatarsální kloub	17
4. Vyšetření nohy a přednoží	19
4.1. Fyzikální vyšetření nohy a přednoží.....	19
4.2. Rentgenologické vyšetření nohy a přednoží	27
4.2.1. První intermetatarsální úhel	27
4.2.2. Úhel vbočení palce nohy	28
4.2.3. Interfalangový úhel palce nohy.....	28
4.2.4. Distální metatarsální artikulační úhel	28
4.2.5. Distální artikulační úhel proximálního článku palce	30
4.2.6. Kongruence prvního metatarsofalangového skloubení.....	30
4.2.7. Délky nártních kostí.....	30
4.2.8. Pozice sezamských kůstek.....	31
5. Patologická anatomie a patofyziologie hallux valgus	33
6. Stručná historie operativy nohy.....	35
6.1. Základní osteotomie	36
6.2. Artrodéza prvního tarsometatarsálního skloubení	44
6.3. Miniinvazivní techniky	46
7. Indikace k operační korekci.....	48
8. Experimentální část.....	49
8.1. Úvod.....	49
8.2. Metodika.....	51
8.3. Výsledky	54
8.4. Diskuse.....	57
9. Shrnutí.....	62
10. Klinický výstup studie	62
11. Literatura.....	65

1. Úvod

Deformita přednoží typu vbočeného palce (hallux valgus) provází lidstvo od nepaměti. Etiologie vzniku této osově deviace palce nohy s literárně udávanou prevalencí 23-35 % je téměř jistě multifaktoriální, svůj podíl má nepochybně i druh obutí, což dokazují interkulturní rozdíly v incidenci toho postižení napříč civilizacemi a národy (Shine 1965, Gottschalk et al. 1980). Výskyt deformity navíc stoupá s věkem a v populaci nad 65 let dosahuje již 36 %.

Vbočený palec je statická vada přednoží projevující se odklonem palce nohy od fyziologické osy v transversální rovině směrem do valgosity. Toto vyosení palce je spojeno i se změnou pozice první nártní kosti, která se odklání do varozity. Na mediální straně prvního metatarsofalangového (MTP) skloubení tak vzniká bolestivá prominence hlavice první nártní kosti, která často přivádí pacienty do ambulance ortopeda.

Operativa deformit přednoží prodělala od 60. let 20. století překotný vývoj jdoucí ruku v ruce se vznikem moderních osteosyntetických materiálů a došlo k rozmachu nových operačních metod. V současnosti jsou postupně opouštěny původní techniky, které řešily pouze změny způsobené deformitou. Vznikly techniky nové, jež odstraňují nejen následek, ale i vrozené dispozice pro vznik vady. Nové chirurgické metody samozřejmě přinášejí i nové diagnostické postupy a indikační schémata. Pro uspokojivý pooperační výsledek je potřeba pacienta zařadit do příslušné indikační skupiny pro vhodný typ zákroku.

V posledních 15 letech pak nastal, mimo jiného, i intenzivní rozvoj chirurgie nohy jako zcela samostatné disciplíny, ze které se stal jeden z hlavních dílčích podoborů ortopedie řadící se vedle chirurgie ruky, endoprotetiky, sportovní nebo septické ortopedie. Tento prudký nárůst znalostí vyžaduje, aby se chirurgové (nejen se zaměřením na operativu nohy) vzdělávali v jednotlivých podoborech a drželi krok s aktuálními postupy.

I když platná definice popisuje vadu pouze v transversální rovině, náhled na samotnou deformitu a přístup k léčbě se v posledních letech na základě nových poznatků výrazně mění. Hallux valgus se pokládá za vadu dynamickou, jež se projevuje ve všech základních anatomických rovinách. Deformita tak mění postavení prvního paprsku nohy i v rovině sagitální a frontální. Toto postavení může být různé i v závislosti na zátěži, což vede k odlišnému postupu v diagnostice a léčbě.

Cílem našeho výzkumu, který je popisován v této disertační práci, bylo zaměřit se na předoperační plánování chirurgických zákroků na přednoží. Výběr optimální operační strategie vyžaduje precizní plánování na základě klinické zkušenosti, objektivního vyšetření pacienta a v neposlední řadě i analýzy výsledků zobrazovacích vyšetření. Jen syntézou těchto poznatků a jejich praktickou aplikací lze zajistit maximální kvalitu poskytované péče.

2. Demografie a etiologie deformity hallux valgus

Prevalence deformity hallux valgus udávaná v různých publikacích je výrazně odlišná. Výskyt vady může dosáhnout až 39 % (Gonzalez-Martin et al. 2017). V metaanalýze 78 studií (Nix et al. 2010) autoři zmiňují, že výskyt deformity je 23 % u populace mezi 18 a 65 lety věku a stoupá až na **36 % v populaci starší 65 let**.

Z hlediska pohlaví jsou touto deformitou častěji postiženy ženy než muži. Ve školním věku se uvádí, že poměr zastoupení je 2:1 v neprospěch dívek. V adolescenci bývá poměr již 3:1 (Hewitt et al. 1953, Nix et al. 2010) a v dospělosti se rozdíl nadále zvyšuje (Nix et al. 2010). Mezi pacienty podstupujícími operaci tvoří tedy většinu ženy. V souhrnných studiích se zmiňuje, že více než **92 % operovaných pacientů je ženského pohlaví** (Mann a Coughlin 1981, Limbird et al. 1989, Coughlin a Jones 2007). Jednou z příčin tohoto výrazného rozdílu je pravděpodobně dlouhodobé užívání obuvi nevhodné pro daný typ nohy (obr. 1).



Obr. 1: Deformita přednoží, hallux valgus. Na fotografii vlevo s typickou valgozitou palce, jeho pronací a prominencí hlavice první nártní kosti. Na obrázku vpravo mírná forma vyjádřená pouze deformitou v transverzální rovině.

Deformita hallux valgus se vyskytuje většinou oboustranně. Mezi svými pacienty, kteří podstoupili operační zákrok z důvodu deformity, našli Coughlin a kol. (Coughlin a Jones 2007) její **bilaterální výskyt v 84 %**, ačkoli pouze 18 % pacientů ve studii podstoupilo oboustranný zákrok. Důvodem k provedení pouze jednostranné korekce mohla být mimo jiné odlišná závažnost deformity mezi stranami (Coughlin a Jones 2007).

Příčiny vzniku deformity jsou různé a lze je rozdělit na zevní a vnitřní vlivy. K nejdůležitějším zevním vlivům, vedoucím k rozvoji vbočeného palce, patří **nošení obuvi**. Ne u všech pacientů, kteří jsou vyšetřováni a léčeni, se deformita vytvoří pouze na podkladě nošení nevhodné obuvi. Na vzniku deformity se vždy podílí i vnitřní faktor, jenž se právě častým nošením úzkých špičatých bot projeví. Operaci podstupuje přibližně 34 % pacientů (Coughlin a Jones 2007), kteří své obtíže a rozvoj deformity vztahují k nošení nevhodné obuvi.

Nejvýznamnější vnitřní příčina deformity je **dědičnost**. Za touto jednoduchou větou se však skrývá několik různorodých příčin, proč právě u konkrétního pacienta deformita vznikla. Vliv dědičnosti může spočívat v nevhodném tvaru kostí nohy (např. tvar hlavičky prvního metatarsu), jejich vzájemně nevýhodném délkovém poměru (např. délka metatarsů) atd. Nelze opomenout i vlastnosti měkkých tkání a jejich vliv na stabilitu skloubení nohy. Popisovaná **frekvence dědičnosti deformity** se pohybuje **od 84 % do 90 %** (Coughlin a Jones 2007, Pique-Vidal et al. 2007) - to znamená, že pacienti udávají výskyt deformity i v několika předešlých generacích.

Deformita palce nohy bývá často spojována s **plochonožím**, ale jen přibližně **u 20 % pacientů** s plochonožím se vyskytuje hallux valgus. Coughlin (Coughlin a Jones 2007) uvádí 15 % pacientů, kteří měli pes planus v době operace pro hallux valgus. Incidence plochonoží ve zdravé populaci a v populaci lidí s hallux valgus je přibližně shodná (Kilmartin a Wallace 1992). Nelze proto jednoznačně tvrdit, že pacienti s hallux valgus a s plochonožím mají společný mechanismus vzniku obou vad.

Rovněž zvýšená laxita vazivového aparátu je asociována s různými deformitami nohy a přednoží (Mann a Coughlin 1981, Myerson et al. 1992, Coughlin 1996). Projevuje se to zejména hypermobilitou prvního prstu, která je spojena se zvýšenou pružností vaziva. U pacientů s povšechně zvýšenou laxitou vaziva a hypermobilitou kloubů je potřeba pečlivé vyšetření přednoží a nohy, a zároveň i vhodně indikovaný operační zákrok.

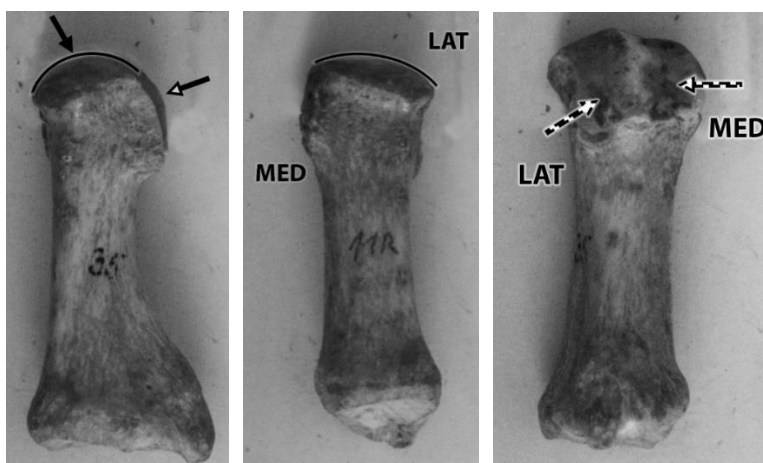
3. Anatomie prvního praprsku nohy

3.1. První metatarsofalangový kloub

První metatarsofalangový kloub (articulatio metatarsophalangealis, MTP) je synoviální kloub, který má svá specifika. Kromě kloubní plochy hlavice prvního metatarsu (MTT) a proximální artikulační plochy proximálního článku palce, se na skloubení podílí i plantární fibrokartilaginózní komplex spolu se sezamskými kostmi (viz níže).

Hlavice prvního metatarsu je polymorfního tvaru a její přední a spodní část se anatomicky výrazně liší. **Přední plocha hlavice** je hladká, pokrytá hyalinní chrupavkou, a připomíná svým tvarem elipsoid. V transversálním průřezu má tento elipsoid větší poloměr než v rovině sagitální. Právě větší poloměr v transverzální rovině je důležitým morfologickým faktorem pro stabilitu tohoto skloubení. Někdy je hlavice výrazně plochá, až obdélníkovitého tvaru, a tím dodává skloubení stabilitu. Naopak, pokud je poloměr zakřivení v transverzální rovině malý, je kloub méně stabilní při pohybu palce v medio-laterálním směru, a je dispozicí k deformitě hallux valgus.

Plantární plocha hlavice je rozdělena podélně probíhající hranou na dva žlábký. Slouží pro skloubení se sezamskými kostmi. Hrana se nachází mírně laterálně, a proto je laterální ploška menší než mediální. Právě tato hrana bývá často zdrojem potíží u pacientů s vbočeným palcem. Součástí deformity je patologická poloha sezamských kostí vůči podélné hraně. Poškození chrupavky na spodní straně hlavice je nejčastějším zdrojem bolestí – viz obr. 2.



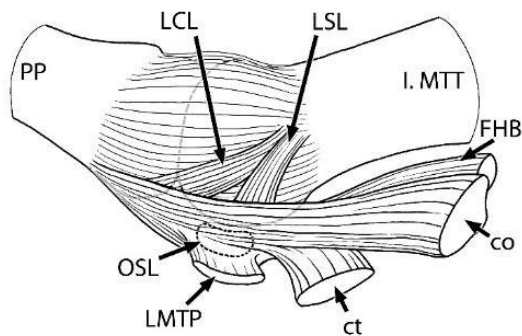
Obr. 2: Tvar hlavice první nártní kosti. Plná šipka ukazuje na přední plochu hlavice, bílá na spodní plochu hlavice a přerušované šipky na dva žlábký na spodní ploše hlavice. Na fotografiích je patrný jiný poloměr zakřivení povrchu hlavice v transverzální a sagitální rovině.

Mediální strana hlavice je nerovná, mírně konvexní a v případě hallux valgus je označována za mediální prominenci. Pokud jsou přítomné degenerativní změny, je prominence opticky zvětšená osteofyty, nicméně studie neprokázaly, že se obecně jedná o signifikantní zvětšení kostní masy. Mediální plocha hlavice slouží zejména pro úpon mediálního postranního vazy a není pokryta chrupavkou. **Laterální strana hlavice** je často konkávní a její spodní hrana, která přechází v plantární žlábk pro sezamskou kost, vytváří někdy až sustentaculum (oporu) pro laterální sezamskou kost. Na laterální ploše hlavice se nachází úponové místo pro postranní vazy. Na rozdíl od dalších metatarsů, mediální a laterální plocha hlavice prvního MTT není pokryta kloubní chrupavkou.

Na spodní straně skloubení se nacházejí **dvě sezamské kosti**, jejichž tvar připomíná zrna kávy. Mediální sezamská kost je obvykle větší a nachází se více distálně než laterální. Délka kostí je přibližně 10 až 14 mm a přibližná šířka 8 až 10 mm. Zhruba 30 % sezamských kůstek je bipartitních, a to často vede k nesprávné diagnóze jejich zlomenin. Mediální kost je dělená častěji než laterální. Rozdělení kůstek, zejména laterální, na dvě a více částí je poměrně časté, mediální je málokdy rozdělená na více než dvě části. Sezamské kůstky jsou ze strany přivrácené ke kloubu pokryty hyalinní chrupavkou, která naléhá na spodní stranu hlavice první nártní kosti. Sezamské kosti jsou spolu s fibroartilaginózním komplexem (plantární ploténkou) napojeny na stabilizátory prvního paprsku nohy (viz níže).

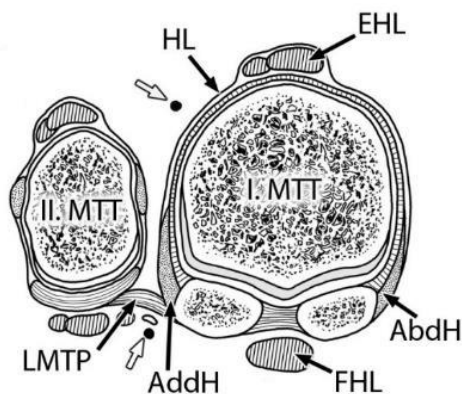
Proximální článek palce (phalanx proximalis hallucis) má tělo oválného průřezu, které se proximálně rozšiřuje a vytváří kostěný podklad pro kloubní plochu. Tato oválná plocha je větší v horizontálním směru než ve směru vertikálním a odpovídá tak tvarem distální části kloubní plochy hlavice metatarsu. Na plantární straně článku se v blízkosti kloubní plochy nacházejí tuberculum mediale a tuberculum laterale. Na tyto hrbolky se upínají společnými úpony krátké svaly nohy (viz níže).

První metatarsofalangový kloub je po stranách stabilizovaný **kolaterálními vazy** (lig. collateralia). Kolagenní vlákna v postranních vazech neprobíhají paralelně, ale jsou uspořádána do tvaru vějíře. Začátky vazů se nacházejí po stranách hlavice (její dorso-proximální část) a rozbíhají se šikmo distálně a plantárně k basi proximálního článku. Část vláken probíhá tedy i vertikálně směrem pod hlavicí metatarsu do fibroartilaginózního komplexu k sezamským kostem (LCL na obr. 3).



Obr. 3: Laterální pohled na vazivový komplex prvního metatarsofalangového sklobení. LCL – lig. collaterale laterale, LSL – lig. suspensorium laterale, OSL – os sesamoideum laterale, LMTP – lig. metatarsale transversum profundum, FHB – m. flexor hallucis brevis, co – caput obliquum, ct – caput transversum m. adductor hallucis

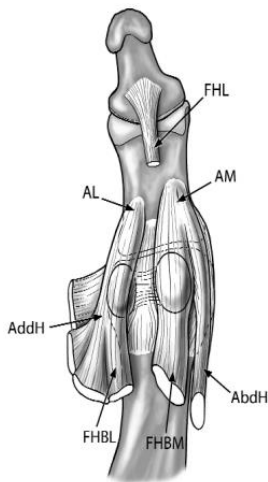
Významným stabilizátorem prvního MTP kloubu, jak již bylo zmíněno, je **fibrocartilago plantaris** - tzv. **plantární ploténka**. Ploténka společně se strukturami, jež jsou na ni napojeny, vytváří komplex, který zajišťuje stabilitu MTP sklobení při pohybu a zátěži. Ploténka začíná na spodní hraně proximálního článku palce, probíhá pod hlavicí prvního metatarsu a upíná se elastickými vlákny na přechodu hlavice v tělo prvního metatarsu. Tento vazivově-chrupavčitý komplex spolu s kloubní plochou článku palce jako celek artikuluje s hlavicí prvního MTT při pohybu. Při tom je ve své pozici stabilizován okolními strukturami, a to zejména kolaterálními vazy MTP sklobení (obr. 4).



Obr. 4: Frontální průřez hlavicí prvního a druhého metatarsu. AbdH – m. abductor hallucis, AddH – m. adductor hallucis, EHL – m. extensor hallucis longus, FHL – m. flexor hallucis longus, LMTP – lig. metatarsale transversum profundum, HL – retinaculum mm. extensorum

Jak bylo zmíněno, plantární ploténka je po stranách stabilizovaná kolaterálními vazy. V podélném směru je ve své pozici udržována longitudinálně probíhajícími šlachami krátkých svalů nohy (obr. 5). Do mediální části ploténky pronikají úponové šlachy m. abductor hallucis a caput mediale m. flexoris hallucis brevis. Tyto dvě šlachy splývají v jednu právě v místě

plantární ploténky na úrovni, kde se nachází mediální sezamská kost. Distálně od kosti se toto spojení šlach nazývá mediální společná šlacha (medial conjoint tendon) a upíná se na mediální hrbolek (tuberculum mediale), který se nachází na spodní straně proximálního článku palce. Obdobně na laterální straně vzniká spojením šlachy m. adductor hallucis a laterální hlavy m. flexor hallucis brevis společná laterální šlacha (lateral conjoint tendon). V jejím průběhu se nachází laterální sezamská kost a upíná se na laterální hrbolek proximálního článku palce (tuberculum laterale).



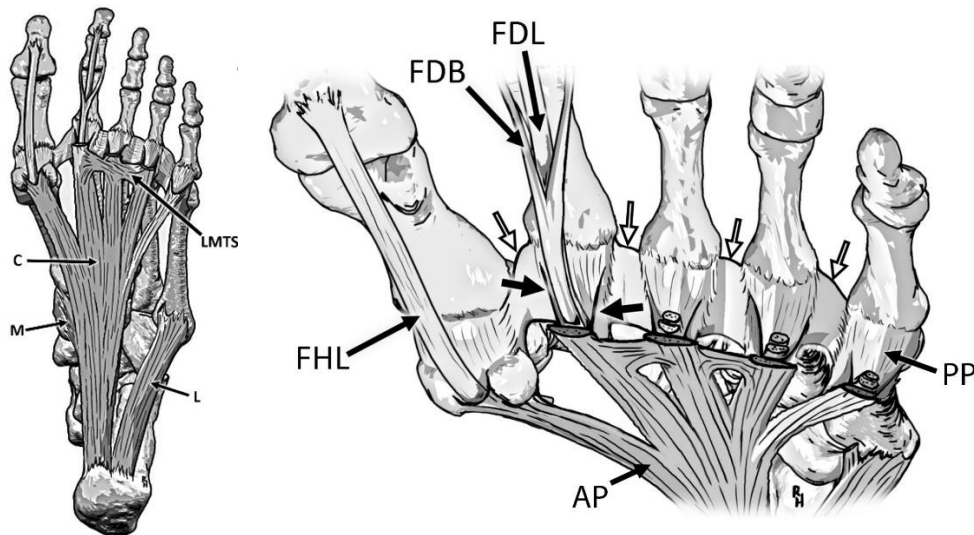
Obr. 5: Plantární pohled na vazivový komplex prvního metatarsofalangového skloubení s úpony krátkých svalů nohy. AL - laterální společná úponová šlacha, AM - mediální společná úponová šlacha, AbdH - m. abductor hallucis, AddH - m. adductor hallucis, FHBL - caput laterale m. flexor hallucis brevis, FHBM - caput mediale m. flexor hallucis brevis, FHL - m. flexor hallucis longus

Plantární ploténka je stabilizována medio-laterálně pomocí lig. metatarsale transversum profundum. Tento vaz probíhající napříč přednožím vzájemně spojuje jednotlivé plantární ploténky MTP skloubení (z mediální strany na laterální). Část vazů, která se nachází mezi sezamskými kostmi, se nazývá lig. intersesamoideum.

3.2. Aponeurosis plantaris a windlass mechanismus

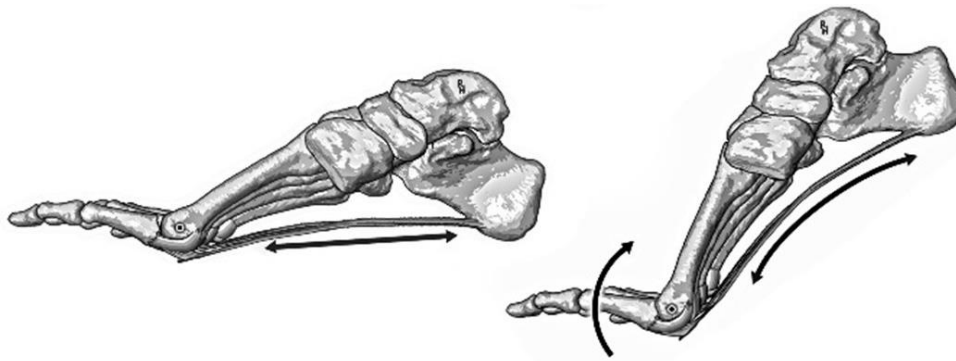
Snad nejdůležitějším a nejsilnějším stabilizátorem plantární ploténky je **aponeurosis plantaris**. Mediální pruh centrální části aponeurózy probíhá pod prvním paprskem nohy a upíná se pomocí sagitálních sept na sezamské kosti v plantární ploténce - mediální septum na mediální a laterální septum na laterální sezamskou kost. Tato septa také slouží jako vodítko pro ukotvení šlachy m. flexor hallucis longus (FHL) – viz obr. 6. Pokud dochází k relativnímu posunu hlavice a plantární ploténky společně se sezamskými kostmi v případě deformity

hallux valgus, posouvají se také šlacha FHL a úpony aponeurosis plantaris laterálně. V tomto případě nefunguje tzv. windlass (kladkový) mechanismus prvního paprsku (viz dále) a deformita se prohlubuje.



Obr. 6: Aponeurosis plantaris na obrázku vlevo; M – pars medialis, C – pars centralis, L- pars lateralis aponeurosis plantaris, LMTS – lig. metatarsale transversum profundum. Na obrázku vpravo vazivové napojení aponeurosis plantaris na plantární ploténky MTP skloubení, černé šipky - vazivová septa aponeurosis plantaris, bílé šipky – lig. metatarsale transversum profundum, FHL – m. flexor hallucis longus, FDB – m. flexor digitorum brevis, FDL – m. flexor digitorum longus, PP – plantární ploténka pátého MTP kloubu, AP – aponeurosis plantaris

Windlass mechanismus slouží ke statické stabilizaci paprsků nohy. Struktury, které jsou součástí tohoto stabilizačního systému, jsou navzájem propojeny jak podélně, tak příčně. Základní osou je aponeurosis plantaris. Tato vazivová struktura se dělí na mediální (hlavní) a laterální (vedlejší) část. Mediální část začíná na processus medialis tuberis calcanei, tedy na plantární části patní kosti, a směřuje distálně. Rozděluje se na pět pruhů, které se vždy dvojicí vazivových sept upínají na plantární ploténky jednotlivých MTP skloubení. Přes tyto plantární ploténky se tak napětí aponeurózy přenáší na proximální články palce a prstů. Plantární ploténky jsou napříč přednožím propojeny lig. metatarsale transversum profundum a vytvářejí tak pevný řetězec. Jednotlivé pruhy aponeurózy jsou také příčně spojeny lig. metatarsale transversum superficiale.



Obr. 7: Windlass mechanismus nohy. Změna napětí aponeurosis plantaris při dorsální flexi prstů a palce nohy.

Windlass mechanismus funguje tak, že při statické zátěži ve stojné fázi kroku je noha zatěžována vertikálně a propojené vazivové struktury udržují správné postavení skeletu nohy (obr. 7). Nejdůležitější je ale změna napětí aponeurózy při propulsní fázi kroku. Při odrazu, kdy prsty a palec se dostávají do dorsální flexe, se tahem plantárních plotének aponeuróza napíná. Proto v propulsní fázi kroku dochází ke zpevnění nohy jak podélně (pomocí aponeurosis plantaris), tak i příčně (pomocí ligg. metatarsalia transversa). Pacient s deformitou hallux valgus má tento mechanismus pro první paprsek nohy nefunkční, a navíc při zátěži dochází v důsledku napětí mediálního pruhu aponeurózy ke zvýraznění valgozity a pronace palce nohy. Detailnější popis patologické anatomie a fyziologie viz kapitola 5.

3.3. První tarsometatarsální kloub

První tarsometatarsální kloub (articulatio tarsometatarsalis, TMT; articulatio cuneometatarsalis) je pevné spojení mezi basí prvního metatarsu a os cuneiforme mediale. Tento kloub je dalším důležitým článkem ve stabilizaci prvního paprsku nohy. Pokud není toto skloubení schopno stabilizovat první nártní kost v zátěži, dochází k její elevaci, varozitě a pronaci. Tvar a pevnost kloubu jsou tedy důležitými faktory pro vznik deformity hallux valgus, stejně jako v případě prvního metatarsofalangového kloubu.

Proximální kloubní plocha prvního metatarsu je mírně konkávní a spirálovitě stočená. Na basi metatarsu u kloubní plochy se nachází dvě úponová místa pro šlachy. Hrbolek pro úpon šlachy m. tibialis anterior se nachází na přechodu mediální strany base metatarsu na jeho spodní plochu. Hrbolek pro úpon šlachy m. fibularis (peroneus) longus se nachází na přechodu plantární a laterální plochy base metatarsu (tuberositas ossis metatarsi primi).

Os cuneiforme mediale se nachází na mediální hraně nohy a její distální kloubní plocha je součástí prvního TMT skloubení. Hrot klínu kosti míří kraniálně k dorsální straně nohy. Její přední kloubní plocha pro skloubení s prvním MTT je ledvinovitého tvaru a mírně konvexní. Laterálně je kost skloubená s druhou klínovou kostí (os cuneiforme intermedium) a proximálně s os naviculare.

První tarsometatarsální skloubení je součástí řady articulationes tarsometatarsales (Lisfrankův kloub), tj. skloubení mezi kostmi nártními a zánártními. Vazy těchto skloubení lze rozdělit na dorsální, interoseální a plantární. Zaměříme se pouze na vazy, které jsou důležité pro první paprsek nohy. Mezi os cuneiforme mediale a basí prvního metatarsu jsou napjaté dorsální a plantární vazy a nenachází se tam interoseální vazy. Dorsální vaz je plochý a široký a spojuje dorsální plochu klínové kosti s dorsální stranou prvního metatarsu. Plantární vaz je pevnější než dorsální. Začíná na okraji klínové kosti plantárně u kloubní plochy, stáčí se na laterální stranu base prvního metatarsu a upíná se v blízkosti šlachy m. fibularis longus. Mezi prvním a druhým metatarssem neexistuje vazivové spojení.

Pro fyziologickou mobilitu prvního paprsku je důležité napojení os cuneiforme mediale na druhý metatars a os cuneiforme intermedium. Dorsální vazy spojují dorsální stranu os cuneiforme mediale a intermedium, dále os cuneiforme mediale a dorsální stranu druhého metatarsu. Plantární vazy napojují os cuneiforme mediale na basi druhého i třetího metatarsu. Interoseální vazy jsou nejpevnější. Nejmohutnější z vazů je v prvním intermetatarsálním prostoru a probíhá z laterální strany os cuneiforme mediale na mediální část base druhého MTT. Tento mohutný vaz je přibližně 10 mm dlouhý a 5 mm široký a nazývá se **Lisfrankův vaz**. Vaz se ve svém průběhu stáčí plantárně, mívá mediální kloubní plošku na basi druhého MTT a upíná se na jeho basi plantárně. Tento vaz má blízký vztah ke šlaše m. fibularis longus, kdy mezi plantární částí vazů a dorsální stranou šlachy je přibližně 1 až 2 mm. Část vazů se odděluje ve svém průběhu a upíná se na laterální stranu prvního metatarsu, ale tato vlákna jsou nekonstantní.

Pokud dochází k působení zevních vlivů na nohu, která má morfologickou dispozici k vytvoření deformity hallux valgus, jsou vždy přítomné změny na prvním TMT skloubení. Kloub ztrácí svou opěrnou funkci. **První paprsek nohy se stává více pohyblivým (hypermobilním) ve všech anatomických rovinách.** Deformita se tak projevuje jak transverzální rovině (valgozita palce a varozita prvního metatarsu), tak i v rovině sagitální

(elevace prvního paprsku v zátěži) a v rovině frontální (pronace prvního metatarsu). Směr a velikost změny postavení prvního paprsku v zátěži jsou ale u různých pacientů odlišné, a proto nemůžeme u všech zvolit stejnou techniku k operační korekci deformity. V současné době je možné tento typ operací plánovat na základě zátěžových předoperačních rentgenových snímků nohou (viz níže).

Podstata operace hallux valgus je z anatomického pohledu jednoduchá. Nejdůležitější je obnovení vzájemné pozice hlavice prvního metatarsu a komplexu plantární ploténky jak ve statické, tak i v dynamické zátěži přednoží.

4. Vyšetření nohy a přednoží

4.1. Fyzikální vyšetření nohy a přednoží

Podrobné vyšetření deformity přednoží u pacienta v ambulanci je základem správné léčby. Součástí vyšetření je rovněž odebrání anamnézy pacienta. Důležitá je informace o tom, kdy vznikla deformita, a dále o četnosti a intenzitě obtíží (bolestí). V této fázi vyšetření je také možné zjistit, jaké důvody vedly pacienta k návštěvě lékaře a zejména jaká jsou jeho očekávání od léčby. Cíleně bychom se měli zajímat o míru aktivity pacienta, jeho pracovní zatížení nohou, nikotinismus a další onemocnění (diabetes mellitus, neurologické onemocnění, revmatologická onemocnění).

Nejčastějším důvodem návštěvy u lékaře, a to až v 75 % (Mann et al. 1992, Coughlin a Jones 2007), bývá **bolest na mediální straně prvního MTP kloubu** v místě jeho mediální prominence. Druhým nejčastějším důvodem je **bolest nártu (metatarsalgia)** z důvodu dysfunkce prvního paprsku nohy v zátěži, a to ve 40 % až 48 % (Mann et al. 1992). Nesmíme podceňovat ani estetické vnímání deformity, které je především u pacientek často spojené s nemožností nošení elegantní obuvi.

Pacienti přicházejí do ambulance ve třech stádiích onemocnění. První stádium je kolem 30-35 let, kdy popisují typické bolesti na mediální straně prvního MTP skloubení s minimální prominencí kosti a s relativně malou valgozitou palce. V této fázi onemocnění teprve dochází k vývoji vady a pacienti přicházejí včas. Druhé stádium onemocnění obvykle nastává mezi 40. až 50. rokem života, kdy aktivní pacienty přivádějí k vyšetření ne bolesti v oblasti MTP kloubů

při zátěži, ale bolesti nártu laterálně od prvního paprsku. Pro toto stádium jsou typické metatarsalgie s dysfunkcí prvního paprsku nohy. Pokud se funkce prvního paprsku nezlepší a další paprsky jsou dlouhodobě přetěžovány, dochází ke vzniku deformity prstů. V konečném, třetím stádiu, se rozvíjí degenerativní změny na drobných kloubech nohy, postupně se omezuje jejich pohyb a dominantními příznaky jsou bolesti v místě artrotických kloubů a otlaků vzniklých nad osteofyty.

Noha se vyšetřuje komplexně vsedě, na lůžku, poté v zátěži ve stoji a chůzi. Podstatou vyšetření je nejen získání ucelené představy o funkci a tvaru prvního paprsku nohy a popsání deformity palce, ale také celkové posouzení tvaru zadní nohy a funkčnosti svalů lýtka.

U sedícího pacienta pozorujeme míru valgozity palce a prstů nohou. Následně hodnotíme změnu postavení při působení zátěže ve stoji. Čím více se postavení mění, tím více jsou jednotlivé části paprsku nestabilní – viz obr. 8. Na druhou stranu lze konstatovat, že plně rozvinutá rigidní deformita se zátěží mění spíše minimálně. Posuzujeme nejen postavení a tvar prstů, ale také otlaky na dorsální straně palce, prstů a otlak na mediální straně prvního MTP skloubení. Otlaky na prstech svědčí pro jejich nesprávné postavení v zátěži, eventuálně jejich útlak v botě.

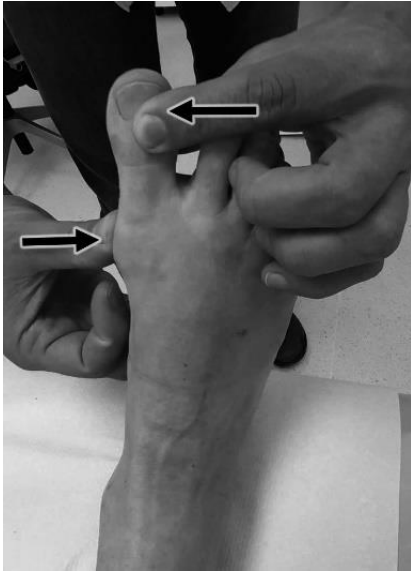


Obr. 8: Změna postavení palce nohy při zátěži. Pronace palce na fotografii vpravo.

Na lůžku hodnotíme kožní otlaky v plosce nohy (hyperkeratóza), které svědčí pro její přetěžování. Fyzikální vyšetření bývá při přetížení nártu více průkazné než moderní vyšetřovací přístroje (např. pedobarograf). Otlaky často nalézáme plantárně pod MTP skloubeními a jsou typické pro primární metatarsalgie, kdy jsou MTP klouby přetěžovány při změněné funkci prvního paprsku.

Následně vyšetřujeme rozsah pohybu prvního MTP skloubení na lůžku. Nejprve testujeme pasivní a poté i aktivní pohyb. Fyziologický pasivní rozsah pohybu v sagitální rovině se s věkem mění, lze však říci, že 60° dorsální flexe a 20° plantární flexe je dostatečných pro jakýkoli věk. Vyzveme pacienta, aby provedl také aktivní pohyb v MTP a IP skloubení palce. Můžeme tak vyšetřit funkci dlouhého a krátkého flexoru palce. V případech, kdy potřebujeme selektivně vyšetřit dlouhý flexor palce, stabilizujeme proximální článek palce rukou v neutrální pozici a sledujeme pohyb v IP skloubení. Omezení hybnosti je často spojeno s degenerativními změnami v kloubech. Přeskakování a krepitace při pohybu jsou příznakem poškození kloubních ploch nejen hlavice metatarsu, ale i sezamských kostí, případně jejich dislokace (Breslauer a Cohen 2001, Bock et al. 2004, Roukis et al. 2005).

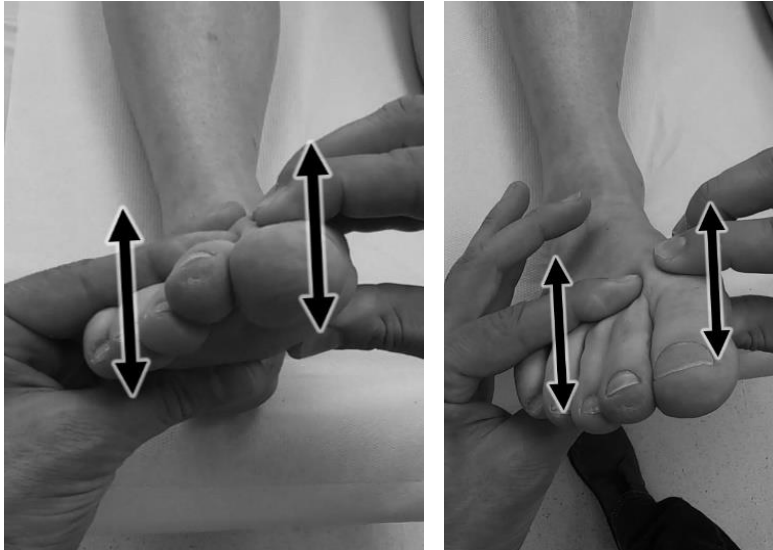
Důležité je vyhodnotit také míru volnosti MTP kloubu manuálním vyosením palce směrem do varozity v transverzální rovině (obr. 9). Sledujeme při tom reakci pacienta a případnou bolestivost, která je spojená s posunem sezamských kostí pod hlavici metatarsu. Omezení pohyblivosti v tomto směru svědčí pro degenerativní změny, nebo výrazné napětí v MTP skloubení, což je důležité pro naplánování vhodného operačního zákroku. Je potřeba také zhodnotit případnou synovitis a otok kloubu. Palpační bolestivost v oblasti sezamských kostí svědčí pro jejich poškození a v oblasti osteofytů hlavice naznačuje místní dráždění. V případě operace je pak nutná jejich revize.



Obr. 9: Vyšetření hybnosti prvního MTP kloubu v transverzální rovině. Mediální tlak na první metatarsofalangový kloub palce a protitlak na laterální stranu palce nohy. Test umožňuje vyšetření repozice sezamských kostí.

Pokračujeme vyšetřením tarsometatarsálního skloubení a hypermobility prvního paprsku. Je potřeba si uvědomit, že „parametr“ nestability je spojitý, takže nelze jednoduše stanovit, zda konkrétní kloub je stabilní, hypermobilní, nebo nestabilní. Míra volnosti v kloubu je individuální a působení dalších faktorů vede ke vzniku deformity. Hypermobilita prvního TMT skloubení je označována za zjevnou příčinu vzniku deformity hallux valgus (Lapidus 1934).

Vyšetření stability v sagitální rovině se provádí v 90° flexi hlezenního kloubu s uvolněnými svaly bérce a nohy. Vyšetření (Morton 1928) probíhá tak, že uchopíme první MTP skloubení mezi palec a ukazovák jedné ruky a obdobně druhou rukou uchopíme nárt vyšetřované nohy v úrovni druhého až pátého MTP kloubu (obr. 10). Poté sledujeme posun prvního paprsku, zatímco pohybujeme prvním MTP skloubením vertikálně nahoru a dolů. Posuzujeme jednak pohyb paprsku v místě MTP skloubení, ale také pohyb v místě prvního TMT kloubu. Vertikální posun hlavice prvního metatarsu vůči pozici druhého by neměl být větší než tloušťka ukazováku (přibližně 5 mm) (Klaue et al. 1994). Pacienti s hallux valgus mají výraznější vertikální pohyb s průměrem 9 mm (Klaue et al. 1994). Fyziologicky je první paprsek vertikálně flexibilní, ale větší pohyblivost je ve skloubení mezi os cuneiforme mediale a os naviculare (Ouzounian a Shereff 1989, Wanivenhaus a Pretterklieber 1989) než v prvním TMT kloubu.



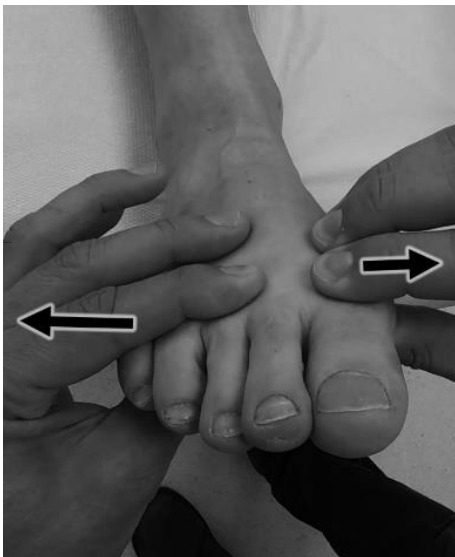
Obr. 10: Fyzikální vyšetření hypermobility prvního paprsku a nestability prvního tarsometatarsálního skloubení v sagitální rovině. Vzájemný vertikální posun prvního a druhého metatarsu.

Nestabilita prvního TMT skloubení je často viditelná, kdy při vertikálním pohybu a uvolněných svalech nohy je v místě TMT kloubu patrný jeho okraj v podkoží. Důležité je provádět toto vyšetření v základní pozici hlezna, protože jeho plantární flexe zvyšuje hypermobilitu. Pohyb v TMT skloubení není čistě vertikální, ale mírně šikmý. Plantární pohyb je spojený s posunem v transversální rovině tak, že první MTT se přibližuje k druhému MTT a obráceně – při dorsálním pohybu se první metatars vzdaluje od druhého. Pohyb je rovněž spojený s rotací prvního MTT ve frontální rovině a při vzniku hallux valgus je první MTT rotován dovnitř (pronace, everze paprsku) (Dayton et al. 2013). Operační výkony na prvním metatarsu vedou k redukcí pohybu v prvním TMT skloubení, a tak se podílejí na stabilizaci paprsku ve všech rovinách.

Často se také zapomíná na hypermobilitu v transversální rovině. Při vyšetření získáme tlakem a tahem za oblast prvního MTP skloubení povědomí o mobilitě prvního MTT. Změnu pozice palce při operaci spojenou s redukcí prvního intermetatarzálního (IMA) úhlu lze simulovat sevřením přednoží. Při sevření se mění postavení palce, a pokud se jeho osa dostává do fyziologického postavení, je zmenšením IMA možné dosáhnout této pozice bez uvolnění laterálních struktur MTP skloubení. Pokud sevřením dochází naopak ke zvýraznění valgosity

palce, je nutné v průběhu operace ovlivnit ztuhlost kloubu a posun sezamských kostí např. laterálním uvolněním měkkých tkání – viz obr. 11.

Pokud sevřením přednoží nedochází k jeho zúžení, může být první TMT kloub rigidní. Nedostatečný potenciál pro redukci prvního intermetatarsálního úhlu může hrát roli při distálních výkonech na prvním MTT, ale také v případě artrodézy MTP skloubení. V těchto případech musíme ke změně postavení prvního metatarsu zvolit proximální výkon na prvním MTT nebo výkon na prvním TMT skloubení. K průkazu rigidity je někdy potřeba stabilizovat při vyšetření druhý paprsek. Jednou rukou při tom stlačujeme přednoží v transverzální rovině a druhou stabilizujeme druhý paprsek v místě MTP skloubení. Tato stabilizace nám umožní zamezit rušivému vlivu redukce ostatních IMA úhlů přednoží při jeho stlačování.



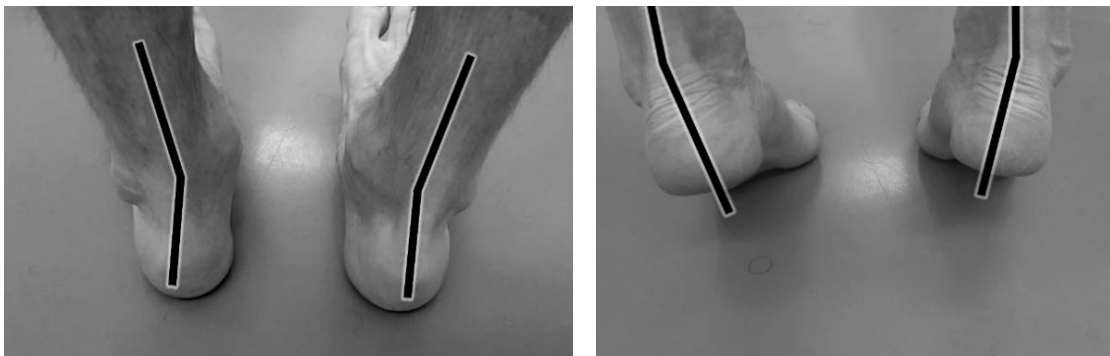
Obr. 11: Fyzikální vyšetření hypermobility prvního paprsku a nestability prvního tarsometatarsálního skloubení v transverzální rovině. Sevření nártu v místě MTP skloubení, pozorování změn pozice palce za současné stabilizace druhého paprsku.

Naopak působením mediálního tahu za hlavici prvního MTT u uvolněného přednoží získáme přesnější povědomí o mediální nestabilitě prvního TMT skloubení. Tento údaj je opět důležitý pro volbu výkonu - pokud je paprsek v tomto směru výrazně mobilní, lze v zátěži předpokládat výraznou změnu valgozity a pronace palce a podle toho je nutné volit příslušný operační výkon.

Pronaci paprsku vyšetřujeme v maximální zátěži ve stoji. Pacient vyšetřovanou nohu zatíží a postaví se mírně na špičku. Tím dochází ke změně rotace palce podél své osy. Čím větší je hypermobilita paprsku v zátěži, tím větší je výsledná pronace palce a jeho nehtové lůžko se

tak stáčí více mediálně. Pronace paprsku se osteotomiemi ovlivňuje jen obtížně. Výraznou pronaci lze ovlivnit derotací a současně artrodézou v místě prvního TMT skloubení.

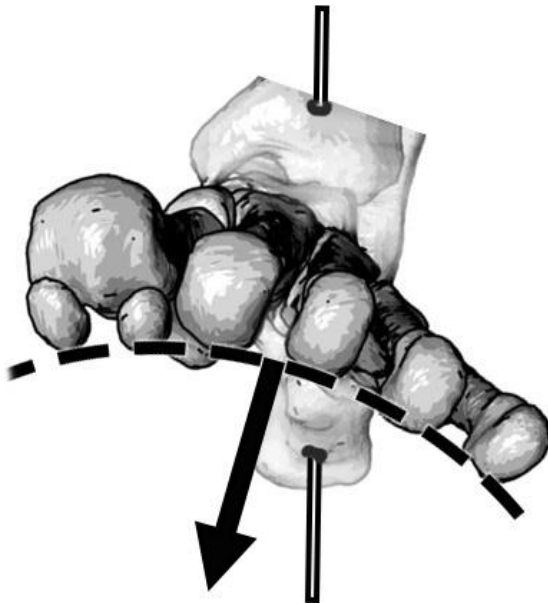
Významné je rovněž vyšetření zadní části nohy. Předoperačně je důležité zhodnotit především postavení paty v zátěži, případně postižení šlachy musculus tibialis posterior a fibulárních šlach (zejména m. fibularis longus). Postižení těchto svalů zhoršuje stabilizaci prvního paprsku (Johnson a Christensen 2005). Sílu a funkčnost šlachy musculus tibialis posterior vyšetřujeme testem ve výponu na obou nohou (heel rise test), u mladých pacientů případně i na jedné noze – viz obr. 12. Při testu sledujeme změnu pozice paty při stožení na špičkách. Nefunkčnost šlachy vede k ovlivnění schopnosti rotace paty směrem do varozity - pata tak ve výponu zůstává valgózní. U těchto pacientů je výraznější zátěž mediálního okraje nohy, což může vést k deformitě hallux valgus spojené s pronací prvního paprsku (Shibuya et al. 2010, Shibuya et al. 2014).



Obr. 12: Fyzikální vyšetření zadní nohy výponem. Změna pozice paty z valgózního postavení do fyziologické varozity působením m. tibialis posterior.

Valgózní postavení paty v zátěži, oslabení funkce musculus tibialis posterior a snížení mediálního podélného oblouku nohy jsou typické příznaky plochonoží. V těchto případech je nutné vyšetření přednoží vzhledem k pozici zadní nohy. Pacienta vyšetřujeme také na lůžku v pozici na zádech a s hlezenním kloubem v základním postavení. Lékař uchopí patu a reponuje ji do neutrálního postavení v subtalárním skloubení tak, aby osa paty byla v ose holenní kosti. Pohledem pak posuzuje postavení přednoží. Pokud je první paprsek elevován vůči pátému, je přednoží ve varozitě (obr. 13). Pokud je naopak níže, jedná se o valgózní postavení přednoží.

Toto vyšetření nám napovídá o možnosti anebo nutnosti změny pozice prvního paprsku v sagitální rovině při výkonu.



Obr. 13: Postavení přednoží u pacienta s plochonožím a vbočeným palcem. Změna postavení paty do neutrální pozice vede k varozitě přednoží.

Zvýšené napětí Achillovy šlarchy a dysfunkce musculus triceps surae vede k přetížení mediální strany nohy a přednoží, a proto je důležité vyšetřit svaly lýtka před jakoukoli operací nohy. Napětí m. gastrocnemius medialis může být podstatou vzniku vady hallux valgus (Barouk 2014). Výrazné napětí celého komplexu m. triceps surae (včetně Achillovy šlarchy) lze také pozorovat u sekundární metatarsalgie (Barouk 2014, Slullitel et al. 2016).

K vyšetření napětí m. triceps surae používáme test dle Silfverskiölda – viz obr. 14. Pacient leží na zádech na lůžku a provádíme pasivní tlak na přednoží tak, abychom vyšetřili dorsální flexi v hlezenním kloubu. Důležitá je neutrální pozice paty, neboť pronace nohy a valgozita paty zvyšuje dorsální flexi a vyšetření tak může poskytovat falešně negativní výsledky. Dorsální flexi vyšetřujeme s nataženým a poté s ohnutým kolenním kloubem příslušné dolní končetiny. Rozdíl v těchto hodnotách je individuální, nicméně rozdíl nad 15° lze pokládat za patologický. V těchto případech je důležité uvažovat při operaci také o zákroku na m. triceps surae za účelem snížení zátěže přednoží.



Obr. 14: Test dle Silfverskiölda. Dorsální flexe hlezenního kloubu s extenzí kolenního kloubu na obrázku vlevo. Změna rozsahu extenze hlezenního kloubu při flexi v kolenním kloubu, tj. při uvolnění mm. gastrocnemii.

Nedílnou součástí vyšetření pacienta v ambulanci je také zhotovení zátěžových rentgenových snímků nohou k posouzení degenerativních změn kloubů a vzájemného postavení jednotlivých částí skeletu nohy.

4.2. Rentgenologické vyšetření nohy a přednoží

4.2.1. První intermetatarsální úhel

Tento základní úhel na přednoží se měří na zátěžovém anteroposteriorním (AP) snímku nohy. Je definován jako úhel mezi podélnou osou těla prvního a druhého metatarsu. Velikost intermetatarsálního úhlu (intermetatarsal angle, IMA) se mění v závislosti na zátěži, a proto by měl úhel sloužit především k popisu závažnosti deformity hallux valgus, nikoli k výběru operační techniky. Další otázkou je, zda přímka odpovídající prvnímu metatarsu by při měření měla být vytvořena podle osy těla metatarsu. Z hlediska biomechaniky prvního paprsku je spíše správné vést přímku středem kloubní plochy hlavice a base prvního metatarsu (přesněji středem otáčení prvního tarsometatarsálního skloubení). Proto přímka může definovat nejen anatomický IMA, ale také funkční IMA. **Fyziologické hodnoty anatomického**

intermetatarsálního úhlu jsou 0° až 8°, mírná deformita odpovídá IMA od 9° do 12°, střední deformita od 13° do 16° a těžká více než 16° (Hardy a Clapham 1951, Coughlin 1996).

4.2.2. Úhel vbočení palce nohy

Úhel vbočení palce nohy (hallux valgus angle, HVA) je právě tím aspektem deformity, který pacienty často přivádí k vyšetření do ortopedické ambulance. Palec se postupně odklání od původní osy do valgozity. Úhel se opět měří na zátěžovém AP snímku přednoží – viz obr. 15. Je určen dvěma přímkami. První tvoří osu těla prvního metatarsu a druhá osu proximálního článku palce. **Fyziologická hodnota HVA je mezi 0° až 15°** (Hardy a Clapham 1951). Pokud je úhel v zátěži menší než 0°, mluvíme o hallux varus, a pokud je větší než 16°, tak o hallux valgus. Mírná deformita odpovídá zhruba hodnotám HVA 15-20°, střední HVA 21-39°, těžká hodnotě HVA >40° (Piqué-Vidal a Vila 2009).



Obr. 15: Zátěžový rentgenový snímek přednoží s vyznačením anatomického intermetatarsálního úhlu (IMA), úhlu valgozity palce (HVA) a interfalangového úhlu palce nohy (HIA).

4.2.3. Interfalangový úhel palce nohy

Úhel (hallux interphalangeal angle, HIA) vyjadřuje míru vbočení distálního článku palce nohy vzhledem k jeho ose. Osu palce představuje osa proximálního článku. Úhel se tedy měří mezi osou distálního a proximálního článku palce (obr. 15). **Fyziologická hodnota HIA je mezi 0° a 9°.**

4.2.4. Distální metatarsální artikulární úhel

Úhel (distal metatarsal articular angle, DMAA) se měří standardně na zátěžovém AP snímku nohy. Vyjadřuje odklon kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu od osy jeho těla (obr.

16). Artikulační plocha se vyznačí na RTG snímku tak, že se narýsuje úsečka mezi nejvíce mediálním a laterálním okrajem kloubní plochy (Richardson et al. 1993). Je ale potřeba znát anatomii a uvědomit si, jak se mění reliéf okrajů hlavice při pronaci metatarsu (Dayton et al. 2013). Nejjednodušší je vyznačení ploché („hranaté“) hlavice, obtížnější jsou kulaté typy hlavic. Osa prvního metatarsu je tvořena v tomto případě jeho tělem. Opět je ale třeba vzít v potaz, že osu těla spíše určuje mechanická osa vedoucí středem distální a proximální kloubní plochy prvního metatarsu. **Fyziologická hodnota DMAA je méně než 8°.**



Obr. 16: Kongruentní první MTP kloub s výrazným DMAA úhlem.

Pro změnu osy palce nohy během operace a správný pooperační výsledek je důležité vzájemné postavení kloubních ploch v prvním MTP skloubení (takzvaný „articular set“ - obr. 17). Na zátěžovém AP snímku odpovídá úhel DMAA proximálnímu úhlu z této soustavy, jenž se označuje jako **proximal articular set angle (PASA)**.



Obr. 17: Vyznačení proximal articular set angle (PASA) a distal articular set angle (DASA) v takzvaném „articular set“ u nekongruentního kloubu.

4.2.5. *Distální artikulační úhel proximálního článku palce*

Tento úhel slouží k popisu a vyjádření odklonu proximální kloubní plochy bazálního článku palce od jeho osy. Opět se měří v AP projekci na zátěžovém snímku přednoží. Na RTG se vyznačí úsečka spojující okraje proximální kloubní plochy článku palce, a poté se narýsuje kolmice na tuto úsečku. Zkoumaný úhel pak svírá tato kolmice s osou těla proximálního článku palce. Tento úhel se označuje jako **distal articular set angle (DASA)** – viz obr. 17. Fyziologická hodnota DASA je méně než 8°.

4.2.6. *Kongruence prvního metatarsofalangového skloubení*

V průběhu operace vbočeného palce nohy je důležité obnovit kongruenci kloubních ploch. Většina pacientů, kteří podstoupí operaci pro hallux valgus, má kloubní plochy v oblasti prvního MTP skloubení inkongruentní. Postavení ploch se vyhodnocuje na zátěžovém AP snímku přednoží, na kterém se vyznačí úsečka spojující okraje kloubní plochy metatarsu (vyznačeno na obr. 16, obr. 17). Obdobně se spojí úsečkou okraje proximální kloubní plochy bazálního článku palce. Pokud jsou tyto dvě úsečky paralelní, jedná se o kloub kongruentní, pokud paralelní průběh nenalezneme, jde o inkongruentní skloubení. Často bývají klouby subluxované a v těchto případech se vždy jedná o inkongruenci.

Tvar hlavice prvního metatarsu je u pacientů s hallux valgus často oblý a kloubní plocha je hemisférická. Proto je v kloubu minimální rezistence vůči silám působícím v transverzální rovině. Takové klouby jsou po operaci náchylnější k relapsu vady. Naopak hlavice, které jsou spíše čtvercové, mají omezenou volnost v transversální rovině.

4.2.7. *Délky nártních kostí*

Existují dvě základní metody měření délek nártních kostí. Obě vycházejí ze základní osy přednoží, která je definována osou druhého metatarsu. První metoda, jež byla publikována Mortonem (Morton 1935), určuje délky nártních kostí podle pomocných přímek kolmých na základní osu přednoží (obr. 18). Druhá metoda (Hardy a Clapham 1951) používá k posouzení vzájemných délek nártních kostí kružnice (obr. 18). Střed kružnic se nachází na průsečíku osy přednoží a spojnice tuberositas ossis navicularis a laterální-proximální hrany os cuboideum.

Obě metody mají své výhody i nevýhody. Mortonova metoda je vhodná při fyziologickém IMA, kdy poskytuje přesnější výsledky než Hardyho metoda. V případě hallux valgus, kdy IMA je větší než 8°, je metoda měření s využitím kružnic přesnější při posuzování

rozdílu délky prvního a druhého metatarsu. Obě metody předpokládají měření na zátěžovém snímku.

Délky nártních kostí jsou důležité v předoperační rozvaze. Toto měření má význam zejména v případech, kdy pacienti s hallux valgus udávají bolesti v oblasti metatarsů (metatarsalgie). Fyziologická hodnota je $\pm 2\text{mm}$ rozdílu v relativní délce prvního a druhého metatarsu. V případě delší první nártní kosti jsou hodnoty pozitivní a při jejím zkratu naopak negativní (Laporta et al. 1974). Délka nártních kostí však není jediným důležitým parametrem a její hodnota není v přímém vztahu k subjektivním obtížím pacienta (Budny et al. 2009, Kaipel et al. 2011).

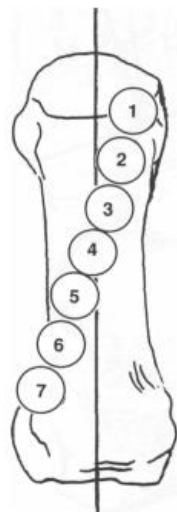


Obr. 18: Měření délky nártních kostí s vyznačením dvou nejčastěji používaných metod. Na RTG snímku vpravo vyznačený úhel addukce přednoží (nártních kostí).

4.2.8. Pozice sezamských kůstek

Postavení sezamských kůstek posuzujeme zpravidla opět na AP rentgenovém snímku přednoží. Hodnotí se postavení tibiální (mediální) kosti vzhledem k ose prvního metatarsu. Pozice sezamských kůstek vůči ose druhého metatarsu se u vady hallux valgus podstatně nemění, jak již bylo zmíněno, ale v rámci rozvoje deformity se dostávají mimo svou původní pozici vůči hlavici (potažmo ose) prvního metatarsu. Základní hodnocení (Laporta et al. 1974, Steel et al. 1980) definuje 7 pozic, kdy hodnota 1 je fyziologická - tibiální sezamská kost se nachází mediálně od osy první nártní kosti. Hodnota 4 je přiřazena postavení kosti přesně na ose metatarsu a hodnota 7 odpovídá situaci, kdy kost je laterálně od osy (obr. 19). Pokud se nám toto hodnocení jeví jako příliš nepraktické, lze užít zjednodušené hodnocení pouze

v rozsahu 0 až 3, kdy tyto čtyři stupně obdobně popisují různé pozice tibiální sezamské kosti, avšak s většími rozdíly.



Obr. 19: Postavení mediální sezamské kosti vůči ose první nártní kosti (Laporta et al. 1974).

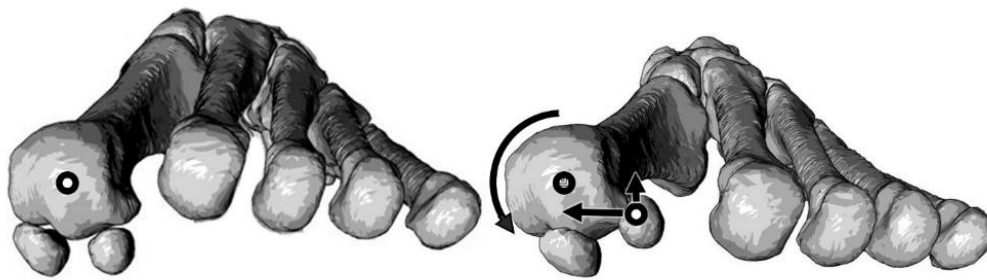
Pozice sezamských kostí je důležitá pro plánování operace a posouzení správné „repozice“ hlavice první nártní kosti v průběhu operace. Pokud se sezamské kosti nenacházejí plantárně od hlavice, můžeme očekávat nesprávný tah krátkého a dlouhého flexoru palce při zátěži přednoží. Parametr postavení sezamských kostí (tibial sesamoid position, TSP) slouží také k doplnění popisu vady a vyjádření závažnosti deformity.

Některé složky deformity hallux valgus, jako například pronaci prvního metatarsu, lze lépe než na prostém RTG snímku hodnotit s využitím moderních metod výpočetní tomografie (CT) – např. zátěžové pedo-CT (weight-bearing CT, WBCT) (Conti a Ellis 2020). Jejich rozvoj umožnilo vyvinutí technologie „cone beam“ (tedy kuželovitého RTG paprsku), která nahrazuje konvenční prstencovou soustavu detektorů – pacient se tedy již nepohybuje na podložce směrem k zařízení obsahujícímu skenery, ale stojí a detektor rotuje okolo něj. Lze tak provést vyšetření při plné zátěži přednoží a zobrazit všechny strukturální vztahy i dynamicky (Carrino et al. 2014). Tyto technologie mají však zatím význam především na poli výzkumu, v rutinní chirurgické praxi se dosud nepoužívají.

5. Patologická anatomie a patofyziologie hallux valgus

Způsob vzniku deformity hallux valgus není dodnes zcela objasněn a obecně lze říct, že faktorů vedoucích k rozvoji vady je tolik, že se o nich vedou dlouhé diskuse. Příčiny lze zjednodušeně rozdělit na vrozené dispozice anatomických struktur nohy a zevní síly působící na přednoží a nohu.

Pokud dochází k přetěžování vnitřní části nohy, nebo noha není v tomto místě dostatečně pevná, mění se pozice prvního metatarsu v zátěži. Tato změna se projevuje, jak bylo zmíněno výše, ve všech rovinách (Blackwood a Gossett 2018). V sagitální rovině dochází k elevaci metatarsu (Habbu et al. 2011, Singh et al. 2016), v transverzální rovině k jeho abdukci do varózního postavení a ve frontální rovině rotuje kolem své podélné osy směrem do pronace (Dayton et al. 2013). Velikost odchylky z původní pozice metatarsu v těchto třech rovinách je individuální (obr. 20).

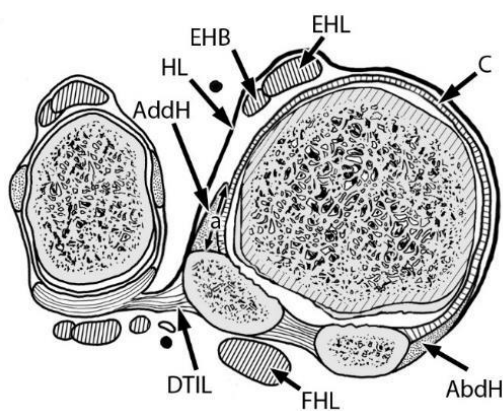


Obr. 20: Změna pozice prvního metatarsu v přednoží (frontální pohled na levou nohu), šipky naznačují změnu pozice centra hlavice v sagitální, transverzální a frontální rovině, Bílý kruh - původní centrum hlavice, šedý kruh – centrum hlavice při deformitě hallux valgus.

V místě prvního MTP skloubení dochází především v důsledku nevhodného obutí a mediálního tlaku na palec k oslabení stabilizátorů přednoží. Změna pozice prvního metatarsu v zátěži, hlavně jeho pronace a abdukce, vede ke zvýšeným nárokům na stabilizační systém prvního MTP skloubení, a to zejména v oblasti plantární ploténky se sezamskými kostmi. Postupně dochází k prodloužení mediálního kolaterálního vazů a relativnímu zkrácení laterálního postranního vazů na zevní straně prvního MTP kloubu.

Hlavice prvního metatarsu se vzhledem k plantární ploténce posouvá mediálně (obr. 21). Sezamské kosti spolu s ploténkou zůstávají ve své poloze stabilizovány svaly a vazy

přednoží. Tento relativní laterální posun ploténky vůči hlavici je spojený i s její rotací směrem do prvního intermetatarsálního prostoru. Dynamický stabilizátor na mediální straně tvořený mediální společnou úponovou šlachou (tzv. medial conjoint tendon) přestává plnit svou funkci a ze šlachy abduktoru palce, která se stáčí plantárně pod hlavici, se stává funkčně další flexor palce. Obdobně je tomu na laterální straně MTP kloubu, kde se společná laterální úponová šlacha dostává až téměř do prvního intermetatarsálního prostoru a její addukční působení na palec nohy se zvyšuje. Vzniká tak typická deformita hallux valgus s prominující hlavici prvního metatarsu v podkoží na mediální straně nohy a pronací (everzí) palce nohy, jež je zřejmá zejména z pozice jeho nehtového lůžka.



Obr. 21: Změna postavení hlavice první nártní kosti vůči plantární ploténce se sezamskými kostmi (na obrázku vpravo).

Na plantární straně MTP kloubu dochází k posunu sezamských kostí směrem ven z podélných žlábků hlavice prvního metatarsu. Na chrupavce kloubních ploch vznikají eroze a dochází k destrukci podélné stabilizační hrany na spodní straně hlavice, což vede k progresi nestability plantární ploténky v zátěži.

Změna postavení plantární ploténky se sezamskými kostmi má za následek také změnu pozice šlachy dlouhého flexoru palce, která se tak dostává mimo osu prvního metatarsu. Rovněž šlacha dlouhého extensoru palce se ve svých jemných závěsech posouvá laterálně od osy metatarsu a centra otáčení prvního MTP skloubení. Funkce šlach se tak mění, z ohybače i natahovače se stávají silné adduktory palce. Při pohybu a zejména pak v odrazové fázi krokového cyklu se deformita zhoršuje tahem těchto šlach.

Pro stabilizaci prvního paprsku je důležitá i část aponeurosis plantaris. Tento centrální pruh, jenž se upíná pomocí sept na mediální a laterální sezamskou kost, se v důsledku relativního laterálního posunu těchto kostí nezřídka ocitá mimo osu prvního metatarsu. Jeho působení jako statického stabilizátoru prvního paprsku pak vede k udržování deformity při statické zátěži.

Při léčbě deformity hallux valgus je potřeba si uvědomit, že změny se odvíjí od nesprávné pozice nebo zhoršené stability prvního metatarsu. Pro optimální výsledek léčby deformity není důležité pouze obnovit anatomické poměry v místě prvního MTP skloubení, ale také stabilizovat první metatars. Důležitá je tedy nejen změna postavení palce, ale také stabilizace mediální části nohy, aby při zátěži a změně pozice prvního metatarsu nedocházelo k relapsu deformity.

Častými obtížemi spojenými s deformitou jsou i bolesti nártu (metatarsalgie), které mají svůj původ právě v dysfunkci prvního paprsku. Napravíme-li deformitu palce nohy, změní se způsob zátěže přednoží a lze očekávat i ovlivnění těchto bolestí.

Osteotomie prvního paprsku slouží ke změně pozice hlavičky prvního MTT, a tím i centra otáčení celého MTP skloubení. Nové postavení hlavičky a její kloubní plochy mění napětí a vyvážení měkkých tkání nohy, jež zabezpečují pozici palce. Posun hlavičky nemění pouze osu palce, ale také napětí vazů prvního TMT skloubení. Tímto způsobem je možné ovlivnit i podstatu vady, která je v úrovni TMT kloubu. Posun centra otáčení musí být dostatečný, abychom docílili správné pozice palce nohy a stabilizovali první TMT kloub.

Vzhledem k tomu, že deformita je vyjádřena ve třech základních anatomických rovinách, je potřeba dosáhnout vhodného posunu centra otáčení nejenom v transverzální, ale také v sagitální rovině. Rotace paprsku ve frontální rovině se jen velmi těžko ovlivňuje klasickými osteotomiemi. Pokud je pronace palce výrazná, je namístě zvolit artrodézu prvního TMT skloubení a první metatars fixovat ve správné rotaci.

6. Stručná historie operativy nohy

První pokusy o chirurgické řešení deformity hallux valgus se datují do 19. století a zaměřovaly se zpočátku na bolestivou mediální prominenci hlavičky prvního metatarsu, jež byla

zdrojem otlaků při nošení užší obuvi. Podstatou zákroku proto byla prostá resekce této exostózy (dnes již víme, že pouze domnělé). Poslední čtvrtina 19. století a první třetina 20. století se nesly v duchu intenzivního hledání optimální operační metody ke korekci vbočeného palce a velké množství autorů publikovalo své originální postupy, jež se mnohdy prolínaly a navzájem se podobaly.

Tyto chirurgické výkony lze kategorizovat dle několika kritérií. Jedno z dělení je na základě úrovně, na které operace zasahuje do oblasti prvního paprsku, a dále dle toho, zda je výkon prováděn na kosti nebo pouze na měkkých tkáních. Základní dělení:

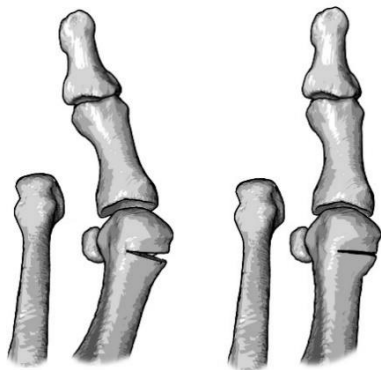
- osteotomie kostí palce nohy
- artrodéza prvního metatarsofalangového skloubení
- resekční artroplastika prvního metatarsofalangového skloubení
- osteotomie distální části prvního metatarsu
- osteotomie těla prvního metatarsu
- osteotomie proximální části prvního metatarsu
- artrodéza prvního tarsometatarsálního skloubení

Výše zmíněné operační zákroky lze i kombinovat, což paletu možností dále rozšiřuje. Navíc jednotlivé výkony lze provádět s různým typem osteosyntetického materiálu, a tím výrazně ovlivňovat průběh a délku pooperačního hojení, což má vliv na výsledek operace. V posledních letech lze některé zákroky provádět miniinvazivně.

6.1. Základní osteotomie

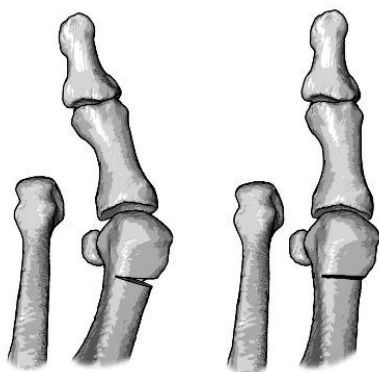
První odbornou práci, která se zabývá operací deformity hallux valgus, publikoval již v 19. století Reverdin (Reverdin 1881). Jednalo se o **distální osteotomii prvního metatarsu**, jež byla prováděna intraartikulárně. Výkon byl založen na close wedge typu osteotomie přímo v oblasti hlavice prvního metatarsu. Po odstranění části mediální prominence hlavice vytínal autor z kosti klín ve frontální rovině. Důležité bylo neporušit laterální kortikální kost hlavice, která po dolomení sloužila jako fixační prvek osteotomie – viz obr. 22. Tento ze současného pohledu jednoduchý výkon byl v období svého vzniku nepochybně technicky náročný. Musíme si uvědomit, že ve druhé polovině 19. století se nepoužívaly vibrační pily a nebyla k dispozici

antibiotika ani moderní anestetika. Protínání hlavice ve frontální rovině distálně od sesamových kostí je rovněž výrazně zatíženo rizikem vzniku aseptické nekrózy.



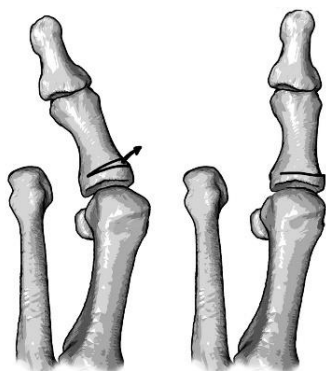
Obr. 22: Operace dle Reverdina

Nelze nezmínit osteotomii dle Hohmanna. Operace byla publikována v roce 1922 a v současné době se tak, jak byla navržena, již nepoužívá (Hohmann 1922, Hohmann 1924). Jedním z důvodů je to, že ani s využitím moderních osteosyntetických materiálů neposkytuje žádné výhody oproti jiným technikám a postrádá pevnou fixaci fragmentů. Operace byla založena opět na close wedge osteotomii, prováděné rovněž ve frontální rovině, ale proximálně od úponu pouzdra prvního MTP skloubení - viz obr. 23. Osteotomie tedy neprobíhala nitrokloubně, což přináší určité výhody oproti Reverdinově operaci. Hohmann neodstraňoval mediální prominenci a výkon na měkkých tkáních prováděl minimálně z důvodu zachování cévního zásobení hlavice.



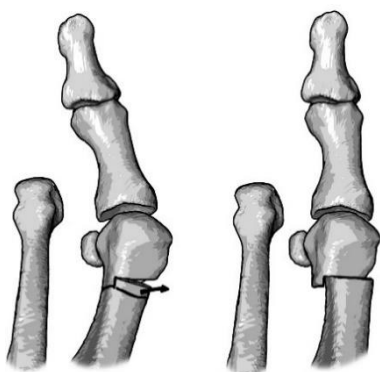
Obr. 23: Operace dle Hohmanna

V roce 1925 popsal Akin klínovitou osteotomii proximálního článku palce s bazí klínu otevřenou mediálně a minimální fixací (Akin 1925) (obr. 24). Tato technika se v současnosti používá jako komplementární pro osteotomie prvního metatarsu, které je nutné pro dosažení dostatečné korekce doplnit dalším kostním výkonem.



Obr. 24: Operace dle Akina

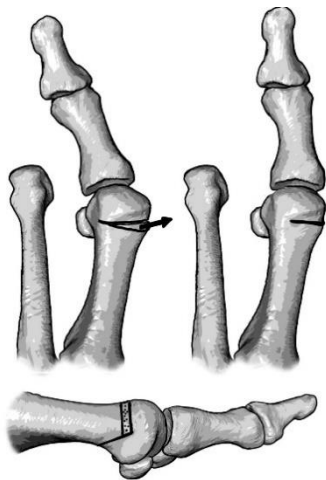
Technika dle Mitchella, poprvé popsaná již v roce 1945 a následně i s retrospektivním hodnocením výsledků publikovaná v roce 1958 (Mitchell et al. 1958), je prováděna rovněž extrakapsulárně - v místě přechodu těla prvního metatarsu v hlavici, proximálně od úponu pouzdra MTP skloubení – viz obr. 25. Nártní kost se protíná nejprve ve frontální rovině a následně je paralelně s tímto řezem vedena druhá, kratší osteotomie, jež na rozdíl od první neprotíná laterální kortikální kost. Po vyjmutí bločku kosti tak na laterální straně metatarsu vzniká kostní výběžek (schod), jenž pooperačně stabilizuje fragment hlavice. Cílem bylo zvýšit pevnost osteotomie. Nicméně takto provedená osteotomie je sice stabilní v transverzální rovině, ale výrazně nestabilní v rovině sagitální. Docházelo proto často k dorsální dislokaci fragmentu hlavice.



Obr. 25: Operace dle Mitchella

V průběhu let se postupně měnily techniky původních distálních osteotomií a další výraznější posun nastal až v 70. letech 20. století. Green v roce 1977 publikoval modifikaci

původní techniky Reverdina (Jenkin a Todd 1991). Osteotomii nevedl pouze ve frontální rovině, ale přidal i rameno osteotomie v rovině transversální, čímž vytvořil moderní typ chevron osteotomie ve tvaru písmene L - viz obr. 26. Z ramena osteotomie, které probíhalo ve frontální rovině podle původní techniky, vytínal klínek. Rovněž šetřil laterální kortikální kost, aby zůstala intaktní a byla k dispozici pro pouhé lehké dolomení a zvýšení stability osteotomie. Autorova modifikace chránila také plantární kloubní plochu pro sezamské kosti. V té době již ale Austin (viz níže) používal svou techniku osteotomie typu chevron.



Obr. 26: Operace dle Reverdina-Greena

Laird v roce 1988 (Laird et al. 1988) publikoval další modifikaci operace Reverdina a Greena. Jeho technika byla založena na chevron osteotomii, kde ramena svírají úhel 90° (název „chevron“ má původ v podobnosti tvaru osteotomie s prýmkou na vojenské uniformě). První rameno osteotomie je vedeno ve frontální rovině proximálně od kloubní plochy a druhé v transversální rovině. Na rozdíl od Greena protíná Laird i laterální kortikální kost a posouvá fragment hlavice MTT laterálním směrem. Kromě vytěti klínu ve frontální rovině navrhuje autor i vytěti klínu z fragmentu v transversální rovině. Tím se hlavice derotuje a kromě redukce valgosity palce se ovlivní také jeho pronace.

Při modifikaci publikované v roce 1989 autoři (Zyzda a Hineser 1989) vytínali klínek kosti z vertikální osteotomie, který otáčeli o 180° tak, aby nedošlo ke zkrácení prvního MTT, a ještě výrazněji ovlivnili natočení kloubní plochy hlavice.

Jednoduchá osteotomie v jedné rovině je vždy méně pevná než správně provedená osteotomie typu chevron. Proto v současné době dominují především modifikace chevron

osteotomie s různými typy fixace. Základem těchto samofixačních technik je operace dle Austina, která se začala používat přibližně v roce 1962 a jejíž výsledky publikoval autor teprve v roce 1981 (Austin a Leventen 1981).

Technika operace spočívá v provedení dvouramenné osteotomie v oblasti distální části prvního metatarsu, jejíž ramena svírají úhel 60° - viz obr. 27. Spojnice obou ramen osteotomie by se měla nacházet v centru hlavice metatarsu a ramena by měla končit extrakapsulárně. Operátor následně posouvá fragment hlavice laterálně a docílí tak změny pozice centra otáčení v MTP skloubení. Tato nová pozice vede ke změně postavení palce nohy. Osteotomie byla navržena tak, aby primární fixace fragmentů byla docílena jejich vzájemným vklíněním, tj. po posunu fragmentu hlavice se její část zaklínila do fragmentu těla metatarsu.

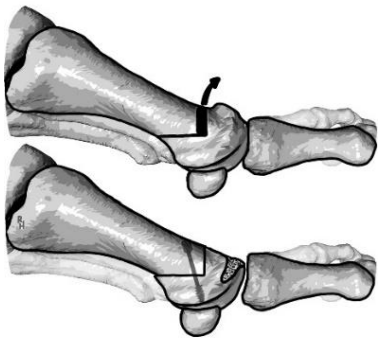


Obr. 27: Operace dle Austina

Součástí tohoto operačního výkonu je i částečné uvolnění laterálních měkkých struktur prvního MTP skloubení, zejména kloubního pouzdra a adduktoru palce, bez kterého není možný posun fragmentu hlavice laterálně. Technika zahrnuje i kapsulorafii, která vychází z přístupu přes mediální kloubní pouzdro ve tvaru písmena L.

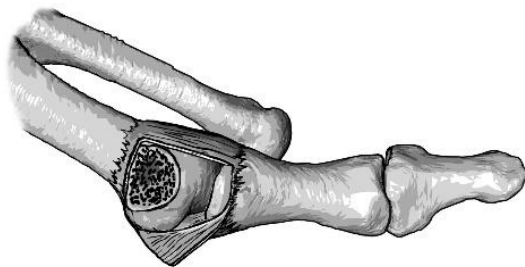
Youngswick v roce 1982 publikoval svou úpravu Austinovy operace (Youngswick 1982). Technika zahrnuje vytěžení kostního bločku o tloušťce 3 až 5 mm z horního ramena 60° chevron osteotomie (obr. 28). Tato modifikace je vhodná v případech, kdy je předoperačně omezená hybnost prvního MTP skloubení a jsou přítomné i jeho mírné degenerativní změny. Pokud provedeme pouze dekompresi kloubu zkrácením metatarsu, může v některých případech dojít ke zvětšení valgozity palce v důsledku napětí laterálních struktur. Proto je potřeba posunout fragment hlavice laterálně a provést uvolnění laterálních měkkých struktur. Tato modifikace

posouvá centrum otáčení MTP skloubení více plantárně než klasická technika, a proto lépe koriguje sagitální složku deformity hallux valgus.



Obr. 28: Operace dle Youngswicka

Souběžně s kostními výkony na distální části prvního metatarsu se rozvíjely i **měkkotkáňové techniky**. První popis převážně měkkotkáňového výkonu podal v roce 1923 Silver – tzv. „Silverova trias“ mimo odstranění mediální prominence hlavice prvního metatarsu zahrnovala i uvolnění laterálního kloubního pouzdra MTP kloubu a části šlachy m. adductor hallucis, což autor doplňoval kapsulorafii mediální části pouzdra (Silver 1923) – viz obr. 29.



Obr. 29: Operace dle Silvera

Jeho technika byla později modifikována McBridem, který přidal i resekci laterální sezamské kůstky, a DuVriesem (McBride 1928, DuVries 1959). Mann a kol. postup následně dále pozměnili a doplnili o protěť lig. metatarsale transversum a laterální kapsulotomii (Mann 1993). V současnosti se laterální uvolnění provádí pouze u rigidity skloubení a nemělo by se používat jako hlavní výkon pro deformitu hallux valgus. Uvolněním (tzv. release) lze lépe nastavit vzájemnou pozici šlach, jež udržují dynamickou stabilitu po kostním výkonu (např. osteotomii).

Jinou cestou, než je osteotomie prvního paprsku, se vydala skupina autorů, která preferovala **resekční artroplastiky**. Nejznámější je operace dle Kellera, původně popsaná

v roce 1904 a 1912 (Keller 1904, Keller 1912) jako resekce proximální třetiny základního článku palce – viz obr. 30. Kellerova artroplastika byla později modifikována Brandesem (Brandes 1929) a stala se jednou z nejužívanějších metod korekce deformity hallux valgus ve 20. století (Zembsch et al. 2000). Pro svůj dopad na stabilitu prvního MTP kloubu palce se ztrátou opěrné funkce, častý rozvoj tzv. transfer metatarsalgií a pozdní výskyt tzv. cock-up deformity palce, je tato technika v primární indikaci většinou operatérů již opuštěna. V dnešní době jsou k dispozici i jiné možnosti a tato procedura by měla zůstat vyhrazena pro starší pacienty s minimálními pohybovými nároky, případně jako záchranná procedura při selhání jiných operačních technik.



Obr. 30: Operace dle Kellera

V současnosti se často používá **L-chevron typ osteotomie** s posunem fragmentu hlavice laterálně a vnitřní fixací osteosyntetickým materiálem (šroub). Vznikla postupnou úpravou původní Austinovy techniky – viz obr. 31. Hlavní nevýhodou L-chevron osteotomie a všech distálních osteotomií obecně je to, že fragment hlavice lze posunout laterálně pouze v omezené míře (např. o 9 mm), a to pro plnou korekci valgosity palce není ve všech případech dostatečné. Proto se již od 70. let 20. století, a zejména pak v průběhu 90. let, začaly rozvíjet osteotomie s delším plantárním ramenem a vznikla tak technika **scarf**, kterou do všeobecného povědomí rozšířil Barouk.



Obr. 31: Osteotomie tvaru L-chevron

Technické řešení osteotomie prvního metatarsu, z níž se vyvinula **scarf osteotomie**, bylo poprvé zmíněno již v 30. letech 20. století, ale publikoval jej až Burutaran (Barouk 2000). Následně byla tato metoda upravena a modifikována Weilem v roce 1984 (Borrelli a Weil 1991) ve Spojených státech amerických, v Evropě ji začal používat Barouk (Barouk 2000). Až ten ji nazval scarf osteotomií a proslavil ji nejenom v Evropě, ale i ve světě (Weil 2000).

Tato technika osteotomie prvního metatarsu, sloužící ke změně postavení hlavice první nártní kosti, je založena na protěti kosti ve tvaru písmena Z (obr. 32). Vychází z tesařské techniky spojení dvou trámů, prováděného za účelem jejich prodloužení. Chirurgická technika je samozřejmě modifikovaná, protože původně celistvá kost se protne a posouvá ne do délky, nýbrž stranově (ačkoli i posun ve smyslu zkratu/prodloužení je možný). Tesařský spoj byl po sesazení pevný, kdežto chirurgický má kvůli stranovému posunu, k němuž dochází téměř v celé délce osteotomie, menší kontaktní plochu obou fragmentů. Z toho plyne jeho nižší stabilita, což má význam při hojení. K vnitřní fixaci se opět používá osteosyntetický materiál (např. šrouby).



Obr. 32: Scarf osteotomie

Weil (Weil 2000) popsal tři typy scarf osteotomie, které se liší svou délkou. Nejkratší osteotomie je přibližně 25 mm dlouhá a odpovídá vlastně distální chevron osteotomii. Je určena nejen ke korekci mírných deformit hallux valgus (IMA do 13°), ale také ke změně DMAA úhlu hlavice (Barouk 2000). Střední délka je doporučena pro středně závažné deformity s IMA do 16° a dlouhý typ osteotomie se využívá ke korekci deformity s IMA od 17° do 23°.

Hlavní výhodou scarf osteotomie je, že umožňuje výrazný posun fragmentu hlavice laterálně (až o 18 mm), a tím větší rozsah změny pozice palce. Ve své dlouhé variantě umožňuje oproti chevron osteotomii výraznější posun hlavice i plantárně, je možné rovněž provést zkrácení nebo prodloužení prvního MTT. Lze provést také změnu DMMA úhlu kloubní plochy hlavice do 10° (Weil 2000). Hlavní nevýhodou scarf osteotomie je potřeba většího operačního přístupu, a tím postižení měkkých tkání a ovlivnění cévního zásobení.

Jednou z variant, jak zmenšit otevřený operační přístup a zároveň zachovat možnost výrazně ovlivnit centrum otáčení prvního MTP skloubení pro korekci deformity hallux valgus, je použití **osteotomie v proximální části prvního metatarsu**.

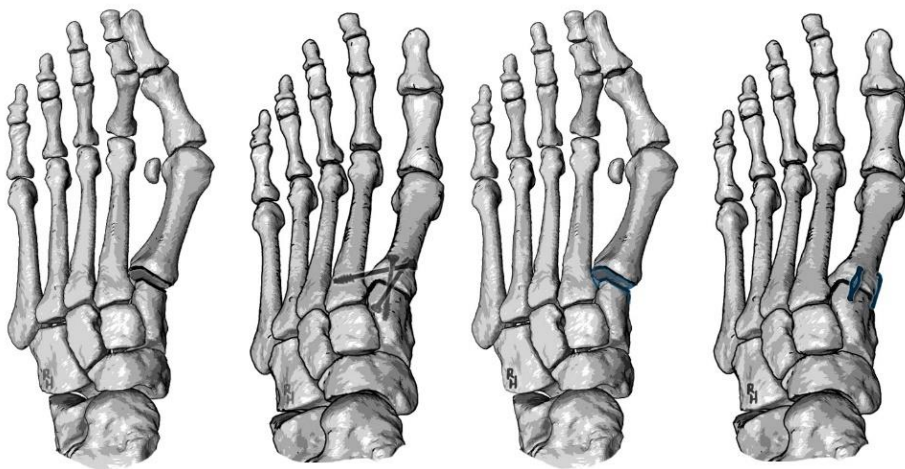
Hlavní výhodou tohoto typu osteotomie je, že dokáže výrazněji než distální osteotomie měnit intermetatarsální úhel mezi prvním a druhým metatarsem. Techniky proximálních osteotomií spočívají v protěti prvního metatarsu různými způsoby. Výkony lze rozdělit na: **obloukovou osteotomii, open wedge osteotomii a close wedge osteotomii**. Detailní popis zmíněných technik přesahuje rámec této disertační práce, v současné době se navíc používají již zcela minimálně.

6.2. Artrodéza prvního tarsometatarsálního skloubení

Znehybnění prvního tarsometatarsálního skloubení bylo v léčbě hallux valgus popsáno již v roce 1911 Albrechtem (Albrecht 1911), v roce 1925 Truslowem (Truslow 1925) a Kleinbergem v roce 1932 (Kleinberg 1932). Technika operace, spojená s distálním výkonem na měkkých tkáních prvního MTP skloubení, byla posléze rozšířena Lapidusem v roce 1934 (Lapidus 1934). Lapidus (Lapidus 1956, Lapidus 1960) následně v roce 1956 publikoval s odstupem své dlouhodobé výsledky a tím také zpopularizoval tuto metodu (obr. 33).

Oblíbenost této techniky spočívá zejména v možnosti ovlivnění všech složek deformity typu hallux valgus, a to ve třech rovinách (Dayton et al. 2002, Blackwood a Gossett 2018).

Operace má kromě transverzální roviny (valgosita palce) vliv na deformitu také v sagitální rovině (elevace prvního paprsku) a ve frontální rovině (pronace prvního paprsku). Umožňuje rovněž ovlivňovat délku metatarsu ve smyslu jeho zkrácení. Zkrácení prvního metatarsu je při korekci vbočeného palce vhodné téměř vždy, až na některé vrozené stavy. Hlavní nevýhodou operace je nemožnost změny postavení distální kloubní plochy hlavice metatarsu, což je u distálních osteotomií snadné. Právě o tomto problému pojednává experimentální část disertační práce.



Obr. 33: Operace dle Lapiduse, osteosyntéza třemi šrouby vlevo a dvěma skobami vpravo

Lapidusova operace je indikována ke korekci středních až těžkých deformit typu hallux valgus (Coetsee et al. 2004, Haas et al. 2007). Nejčastějšími důvody k výběru této techniky jsou ale hypermobilita prvního metatarsu nebo degenerativní změny prvního tarsometatarsálního skloubení (viz Fyzikální vyšetření nohy a přednoží, kapitola 4.1). Samostatnou skupinu tvoří mladí pacienti s juvenilním hallux valgus (Goldner a Gaines 1976, Myerson 1990, Bednarz a Manoli 2000) a pacienti s celkově zvýšenou elasticitou vaziva (Myerson 1990, Bednarz a Manoli 2000).

Artrodéza je vhodná i v případě selhání jiných typů operací, a proto se používá v případě revizí (relaps valgozity, pooperační nadměrná elevace metatarsu atd.). Vzhledem k tomu, že technika je „silná“ v korekci vady a umožňuje změnu pozice první nártní kosti ve

všech rovinách, je i náročná na provedení. Lapidus ve své práci popisuje znehybnění pouze prvního metatarsofalangového skloubení a místo mezi basí prvního a druhého metatarsu ošetřuje kyretou a dlátem tak, aby mohl nastavit první metatars do správné pozice. Nicméně po tomto zásahu docházelo ke zhojení i mezi nártními kostmi navzájem. Technika nebyla zpočátku samozřejmě spojena s vnitřní fixací osteosyntetickým materiálem. V současné době se pro vnitřní osteosyntézu oblasti artrodézy používají různé techniky s využitím šroubů, kostních skob a dlah. Originální popis obsahoval výkon na celém komplexu kostí u base prvního i druhého metatarsu. Kloubní plochy byly opracovány dlátem nejen v místě prvního TMT skloubení, ale také mezi basí prvního a druhého metatarsu. Dnes se tedy používá modifikovaná technika dle Lapiduse, kdy operatér znehybňuje pouze první TMT skloubení a zachovává mobilní spojení mezi klínovými kostmi a basemi metatarsů.

6.3. Miniinvazivní techniky

Miniinvazivní techniky jsou operační výkony, které se provádějí z malých chirurgických přístupů a užívané osteotomie ve své technice vycházejí z klasických otevřených metod v korekci hallux valgus (viz. výše). Způsob provedení operace, tj. osteotomie a vnitřní fixace, je ale upraven tak, aby jej bylo možné provést z malých kožních vstupů pod rentgenovou kontrolou přímo na operačním sále (C-rameno). Rotační nástroje pro úpravu kostěné tkáně se v medicíně používaly již v 19. století (zubní lékařství), nicméně v chirurgii se **méně invazivní výkony** začaly prosazovat až v 80. letech 20. století. Wilson (Wilson 1980) a následně Bösch (Bösch et al. 2000) publikovali své sedmileté zkušenosti s technikou založenou na transversální subkapitální osteotomii prvního metatarsu. Výkon se prováděl z kolmého a krátkého přístupu (obdobně jako Hohmann) a osteotomie byla fixována dlahou. Následně Giannini (Giannini et al. 2003) a Magnan (Magnan et al. 2005) publikovali další výsledky a popularizovali techniku, která byla pojmenovaná „**SERI**“ (Simple, Effective, Rapid, Inexpensive).

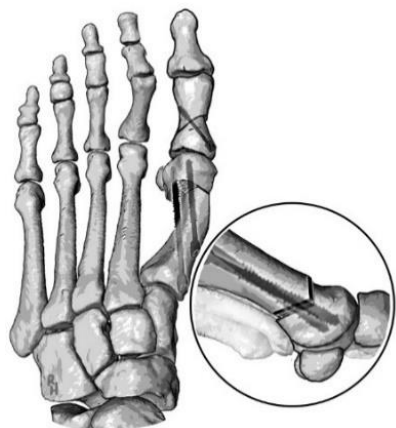
Operatér protíná metatars extrakapsulárně v jedné rovině, a to proximálně od MTP skloubení. Osteotomie se provádí oscilační pilou z minimální vertikální kožní incize, proto označení techniky za perkutánní není zcela správné. Pozice palce a osteotomie je následně fixována Kirschnerovým drátem, jenž je vyveden v podkoží na mediální straně palce. Způsob

fixace je sice jednoduchý a lze provést rychle, nicméně není stabilní (Huang et al. 2011, Ianno et al. 2013).

Technika podle publikací autorů není zatížena vyšší incidencí infekčních komplikací. Aseptickou nekrózu hlavice nebo pseudoartrózu nezaznamenali. Rovněž ve výsledcích hodnocených po 7 letech nebyl prokázán relaps valgozity palce. Nicméně tato technika obecně neumožňuje přímou kontrolu pozice fragmentu hlavice po operaci. Jiní autoři poukazují na vysoký výskyt zhojení v nesprávném postavení fragmentu hlavice a kostní nekrosy (Kadakia et al. 2007).

Za **základ miniinvazivní operativy** hallux valgus je pokládána až osteotomie Ishama (Isham 1991), která je založena na klasické Reverdinově technice. Osteotomie byla vedena v jiném směru než původní. Close wedge osteotomie je prováděna šikmo tak, aby se neprotínaly povrchy a zároveň byla plně intrakapsulární. K tomuto účelu používal autor modifikovanou frézu/vrták (tzv. Shannon burr), který dokáže kost pomocí rotace ve vysokých otáčkách perkutánně protnout i opracovat. Isham výkon kombinoval s osteotomií dle Akina, frézou opracovával také prominenci hlavice metatarsu a perkutánně prováděl uvolnění laterálních struktur MTP skloubení (Bauer et al. 2010, Isham a Nunez 2011). Jeho metodu v Evropě začal používat De Prado (De Prado et al. 2009). Tento postup je v současné době využíván jako doplněk k jiným technikám za účelem změny DMAA úhlu prvního metatarsu.

Moderní miniinvazivní metody k perkutánní korekci hallux valgus jsou založeny na extraartikulárních výkonech s pevnou vnitřní fixací. Jednou z možností je procedura, kterou navrhli Redfern a Vernois (Redfern a Perera 2014). Tato technika je známa pod zkratkou MICA (Minimally Invasive Chevron Akin) – viz obr. 34. Operace je kombinací extrakapsulárních výkonů v oblasti prvního MTP skloubení. V distální části metatarsu se perkutánně pod skiaskopickou kontrolou pomocí rotační Shannonovy frézy provádí chevron typ osteotomie. Ramena osteotomie svírají úhel přibližně 120° a sklon jejího vrcholu se cílí obdobně jako u Austinovy osteotomie.



Obr. 34: Operace MICA, Minimally invasive chevron Akin

Pod RTG kontrolou je možné s hlavicí pomocí elevatoria manipulovat a posunout tak fragment hlavice laterálně a plantárně. Lze dosáhnout posunu až o 100 % šíře hlavice, a tak měnit i její pronaci (a tím pronaci celého palce). Takto provedená osteosyntéza, navíc často s výrazným posunem fragmentů, vyžaduje pevnou vnitřní fixaci. Postavení hlavice se zajišťuje dvěma perkutánně zaváděnými šrouby, které probíhají téměř v dlouhé ose prvního metatarsu. Tento způsob fixace je pro techniku klíčový a umožňuje časný nášlap na operovanou končetinu. Druhá část výkonu je prováděna na proximálním článku palce. Jedná se o perkutánní šikmou close wedge osteotomii dle Akina, fixovanou rovněž perkutánně zaváděným šroubem.

Miniinvazivní operativa deformit přednoží se postupně začíná prosazovat i v České republice. První střednědobé zkušenosti s touto metodou publikoval autorský kolektiv Ortopedické kliniky 1.LF UK a FN Motol (Hromádka et al. 2021).

7. Indikace k operační korekci

Indikací k operačnímu řešení je selhání konzervativní léčby, progredující bolestivá deformita, dysfunkce prvního paprsku při chůzi, obtíže při nošení standardní obuvi, případně obtěžující sekundární deformity přednoží: deformity prstů a metatarsalgie. Cílem operačního zákroku by měla být úleva od bolesti a korekce deformity, zamezení její recidivě, a dále znovuoobnovení a zachování normální funkce nohy (Ford a Hamilton 2009).

Tíže deformity určuje typ operačního zákroku – v současné době jsou preferovanými výkony osteotomie prvního metatarsu (otevřeně nebo metodou MIS = miniinvasive surgery),

u mírných deformit prováděné v distální části metatarsu, u středních a pokročilých deformit pak diafyzární nebo proximální osteotomie, často v kombinaci s měkkotkáňovým výkonem na prvním MTP kloubu.

Stanovení rozsahu deformity pomocí exaktního měření úhlů na předoperačních zátěžových snímcích přednoží (viz výše) je proto společně s důkladným klinickým vyšetřením pacienta klíčové pro výběr optimálního druhu operačního výkonu. Jen tak lze minimalizovat rizika a zvýšit šanci na dobrý funkční výsledek.

8. Experimentální část

8.1. Úvod

Chirurgie nohy obecně a zejména její oblast zabývající se operační rekonstrukcí valgózní deformity palce zůstává i v současnosti poměrně dynamicky se rozvíjející součástí ortopedie. V souvislosti s technickým pokrokem dochází k úsvitu nových operačních metod a postupů, jako jsou např. miniinvasivní osteotomie prováděné pomocí vysokootáčkové frézky (viz výše), standardní výbavou moderních operačních sálů se stává i mini C-rameno k dokonalé skiaskopické kontrole průběhu výkonu.

Souběžně s pokrokem v oblasti technologií však postupuje i naše teoretické poznání – nyní hlouběji chápeme patofyziologii deformity a jsme schopni přesně popsat změny anatomických struktur, ke kterým v průběhu jejího vývoje dochází. Tento teoretický základ se následně promítá i do operativy.

Velký význam měl popis jednotlivých složek deformity typu hallux valgus projevujících se ve všech třech anatomických rovinách. V poslední době se ve svých pracích klíčovým aspektům „trojrozměrného“ pohledu na deformitu palce věnoval především Dayton (Dayton et al. 2013, Dayton et al. 2014, Dayton et al. 2014, Dayton et al. 2015), ale dříve opomíjená rotační složka deformity (tj. pronace vbočeného palce) byla souběžně rozebírána i jinými autory (Mortier et al. 2012, DiDomenico et al. 2014, Klemola et al. 2014). Zmíněné studie naznačují, že právě pochopení významu rotační složky deformity (tj. především změny polohy prvního metatarsu ve frontální rovině) je klíčové pro optimální korekci postavení prvního

paprsku v zátěži a umožnění plné obnovy normálních anatomických poměrů v MTP kloubu palce během operačního zákroku.

Jedním z výkonů nejčastěji využívaných k operační rekonstrukci pokročilých deformit typu hallux valgus s přítomnou nestabilitou prvního TMT skloubení je, mimo různých typů osteotomie prvního metatarsu, Lapidusova operace (viz kapitola 6). Tato technika umožňuje výrazný prostorový posun prvního metatarsu, stejně jako téměř libovolné nastavení jeho rotace. Nepřímo je při tom však ovlivněna pozice kloubní plochy hlavice prvního metatarsu, ač zákrok provádíme prakticky kompletně na jeho opačné straně, tj. v oblasti base. Správná prostorová orientace kloubní plochy hlavice má mimořádný význam pro dobrý funkční výsledek operace.

Pozici artikulační plochy hlavice prvního metatarsu lze předoperačně i pooperačně dokumentovat na RTG snímcích přednoží zhotovených v zátěži vahou těla (viz výše kapitola 4.2). Hodnotíme ji pomocí různých parametrů včetně tzv. úhlu TASA (tangential angle to the second axis) (Shechter a Doll 1985). Úhel je definován dvěma přímkami. První spojuje nejvíce mediální a nejvíce laterální okraj distální kloubní plochy hlavice prvního metatarsu, druhá přímka je kolmicí na dlouhou osu druhého metatarsu (tím je určen sklon kloubní plochy prvního metatarsu vůči ose přednoží, jež odpovídá ose druhého metatarsu – viz obr. 35).

Sklon kloubní plochy vůči ose nohy se v průběhu operační korekce mění v důsledku změny rotace prvního metatarsu, kdy korigujeme zmíněnou pronační složku deformity. Lapidusova operace snižuje intermetatarsální úhel (intermetatarsal angle, IMA) mezi dlouhou osou první a druhé nártní kosti. Změna pozice artikulační plochy hlavice prvního metatarsu v prostoru je následkem posunu celé první nártní kosti, neboť poloha (= sklon) kloubní plochy vůči ose prvního metatarsu se nemění (provádíme zákrok na proximální části metatarsu, nikoli distálně). Hypoteticky tedy může v případě preexistujícího zvýšeného sklonu kloubní plochy vůči ose nohy dojít v důsledku operační korekce osového postavení palce k dalšímu prohloubení tohoto stavu, což je nežádoucí. Některé operační procedury jako např. klínovitá close wedge osteotomie proximálního článku palce (operace dle Akina) mají potenciál tento nevýhodný sklon kloubních ploch v oblasti prvního MTP skloubení kompenzovat.

Účelem naší odborné práce bylo hodnotit pomocí srovnání předoperačních a pooperačních RTG snímků změnu prostorové orientace distální kloubní plochy prvního

metatarsu, jež nastala v průběhu operačního zákroku, ve vztahu k ose přednoží. Hodnocen byl soubor pacientů operovaných shodnou základní technikou – jednalo se o artrodézu dle Lapiduse, doplněnou v indikovaných případech komplementárními procedurami za účelem dosažení dostatečné korekce deformity. Posuzovali jsme především vliv změny pozice prvního metatarsu na měřitelné hodnoty (úhly) po provedení Lapidusovy operace. Úhel TASA (viz výše) byl použit jako hlavní parametr k popisu změny pozice distální artikulační plochy.

Sekundárním cílem studie bylo zjistit, zda má měření tohoto úhlu širší využití v předoperačním plánování rekonstrukcí přednoží. Třetím cílem studie bylo posoudit potenciální výhody kombinace Lapidusovy operace a Akinovy osteotomie při korekci osových deformit prvního paprsku.

8.2. Metodika

Retrospektivně jsme zhodnotili předoperační a pooperační RTG snímky **134 nohou** (69x levá strana, 65x pravá) celkem **110 pacientů** (99 žen, 11 mužů), kteří podstoupili v letech 2010 až 2015 operační rekonstrukci přednoží na Ortopedické klinice 1.LF UK a FN Motol. **Průměrný věk** pacientů v době operace byl **60,6 roku** (v rozmezí od 14 do 79 let). Oboustranný výkon (ne v jedné době, druhostranná operace vždy s časovým odstupem) byl proveden u 19 nemocných, což odpovídalo 17 % všech případů. Každý zákrok byl proveden jedním ze skupiny 6 chirurgů, specializujících se na operativu nohy.

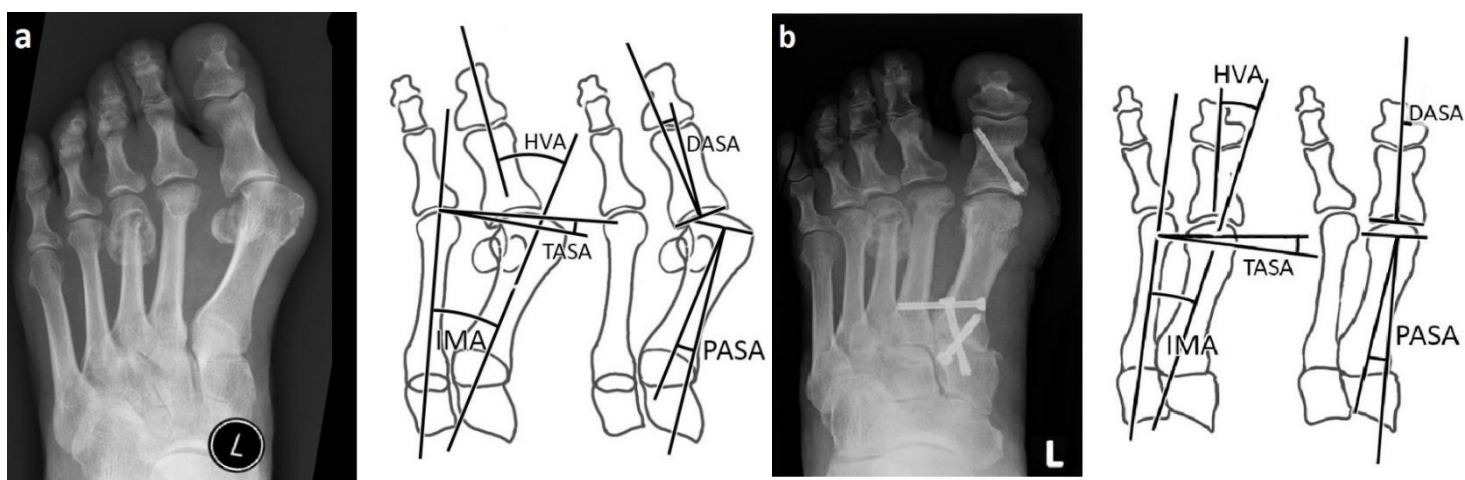
Operační technika: korekce osového postavení palce bylo dosaženo provedením **Lapidusovy operace** – vždy otevřeně, s využitím mediodorzálního podélného přístupu k prvnímu tarzometatarzálnímu (TMT) skloubení. Artrodéza prvního TMT kloubu byla fixována pomocí 2-3 šroubů, nebo 2 paměťových skobek. Zákrok byl v indikovaných případech kombinován s doplňkovými procedurami, jako například Akinova osteotomie proximálního článku palce, nebo výkony na 2. - 5. metatarsu. U těchto doplňkových zákroků na metatarsech či základním článku palce jsme používali otevřený nebo miniinvazivní přístup, případně jejich kombinaci. Pravidelnou součástí výkonu byl laterální release prvního MTP kloubu. Obvykle jsme jej prováděli z malého samostatného řezu v prvním meziprstí, nebo s využitím McGlamryho elevatoria cestou mediálního přístupu.

Ve všech případech byla zhotovena RTG dokumentace formou předoperačního zátěžového snímku (případně snímků) přednoží a série pooperačních RTG vyšetření v rámci

plánovaných klinických kontrol (6T, 3M, 6M, 12M). Veškerá obrazová dokumentace pacientů byla nezávisle na sobě posouzena dvěma hodnotiteli, kteří po digitálním zpracování snímků prováděli měření předem stanovených standardizovaných parametrů (úhlů).

Celkem bylo měření provedeno na **449 RTG snímcích**, průměrně tedy na jednoho pacienta ve studii připadalo **3,3 snímku**. K měření úhlů byl použit grafický software (ImageJ), který byl vybrán pro hardwarovou nenáročnost, jednoduché ovládání a možnost automatické kalibrace. Všechny snímky byly nejprve konvertovány do JPG formátu, následně postupně zobrazovány a kalibrovány výše zmíněným programem, jenž umožňuje okamžité měření a zaznamenávání definovaných úhlů po vyznačení oblasti zájmu.

Na každém obrázku byly nejprve vyneseny pomocné linie (viz. obr. 35): jednalo se o osu prvního metatarsu, odpovídající ose těla první nártní kosti, dále byla obdobně vyznačena osa druhého metatarsu a rovněž podélná osa proximálního článku palce. Čtvrtá pomocná linie spojovala nejvíce mediální a nejvíce laterální okraj kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu. Pátá přímka byla spojnicí mediálního a laterálního okraje kloubní plochy proximálního článku palce.



Obr. 35 a, b: Předoperační a pooperační snímky RTG snímky pacienta, u něhož byla provedena Lapidusova artrodéza v kombinaci s osteotomií dle Akina. Schéma měření úhlu HVA, IMA, TASA, DASA a PASA; HVA – hallux valgus angle, IMA – intermetatarsal angle, TASA – tangential angle to the second axis, DASA – distal articular set angle, PASA – proximal articular set angle.

Jednotlivými hodnotiteli bylo provedeno měření celkem pěti předem určených úhlů, jejichž hodnoty byly zaznamenány do tabulky: jednalo se o **úhel valgozity palce** (HVA; hallux valgus angle) – úhel mezi osou prvního metatarsu a osou proximálního článku palce, dále první **intermetatarzální úhel** (IMA; intermetatarsal angle) – úhel mezi osou prvního a druhého metatarsu, **úhel TASA** (tangential angle to the second axis) – úhel mezi linií procházející okrají kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu a kolmicí na osu druhého metatarsu, **úhel PASA** (proximal articular set angle) – úhel mezi dlouhou osou prvního metatarsu a kolmicí na přímkou procházející okrají kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu, a konečně **úhel DASA** (distal articular set angle) – úhel mezi dlouhou osou proximálního článku palce a kolmicí na linii procházející okrají proximální kloubní plochy základního článku palce.

Po získání všech dat byla provedena jejich statistická analýza k hodnocení spolehlivosti metody a shody mezi hodnotiteli – zde byl užít standardní protokol (Cohenovo kappa).

Smyslem měření bylo posoudit úroveň změny předem určených parametrů (úhly HVA, IMA, TASA, DASA A PASA) způsobené chirurgickým zákrokem na přednoží. Úhel TASA je jeden z parametrů, které lze pro popis těchto změn využít (Shechter a Doll 1985). Popisuje orientaci (inklinaci, potažmo i rotaci) kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu vzhledem k ose nohy procházející druhým metatarssem. Tento úhel byl zvolen s ohledem na typ základního operačního výkonu v daném souboru pacientů – Lapidusova operace nezahrnuje zákrok na kosti v distální části prvního metatarsu, není tedy v důsledku jejího provedení předpokládána změna sklonu kloubní plochy hlavičky vzhledem k dlouhé ose metatarsu (tedy úhlu PASA).

Studie se nezaměřovala pouze na rozdíly v hodnotách úhlu TASA před- a pooperačně, hodnoceny byly i některé kombinace úhlů a součty jejich hodnot. Soubor pacientů byl pro tyto účely rozdělen na dvě skupiny – na pacienty, u nichž byla provedena **pouze Lapidusova operace**, a na druhou skupinu, kde byla jako **komplementární výkon** doplněna **Akinova osteotomie** (nejčastěji pro nedostatečnou korekci osového postavení palce). Síla korekce dosažené pomocí Akinovy osteotomie dobře koresponduje se změnou hodnoty úhlu DASA. Součet úhlů TASA a DASA byl proto určen jako vhodný parametr pro porovnání obou podskupin mezi sebou. Účelem bylo co nejpřesněji popsat změnu prostorové orientace kloubních ploch v prvním MTP skloubení pomocí snadno měřitelných hodnot.

8.3. Výsledky

Na předoperačních a pooperačních snímcích byly dvěma hodnotiteli nezávisle na sobě změřeny úhel valgozity palce (**HVA**), intermetatarzální úhel (**IMA**), úhel **TASA** (tangential angle to the second axis), úhel **DASA** (distal articular set angle) a úhel **PASA** (proximal articular set angle). Mezi měřeními obou pozorovatelů nebyly prokázány statisticky významné odchylky ($p = 0.083$, $\eta^2 = 0.028$).

Níže jsou uvedeny výsledky operační korekce posuzované pomocí srovnání průměrných předoperačních a pooperačních hodnot výše zmíněných úhlů (bez rozlišení typu operačního zákroku, tj. pro skupinu všech 110 pacientů). Průměrné hodnoty byly získány sumarizací dat od obou pozorovatelů.

Před operací: průměrná hodnota úhlu **HVA** v posuzovaném souboru pacientů byla $45,6^\circ \pm 20,5^\circ$ (rozmezí $25,0^\circ$ až $77,0^\circ$), průměrná hodnota úhlu **IMA** byla $16,9^\circ \pm 3,8^\circ$ (od $8,5^\circ$ do $28,5^\circ$), průměrná hodnota úhlu **TASA** byla $3,8^\circ \pm 8,5^\circ$ (od $-17,0^\circ$ do $26,0^\circ$), průměrná hodnota úhlu **PASA** byla $20,5^\circ \pm 7,5^\circ$ (od $3,3^\circ$ do $40,0^\circ$) a průměrná hodnota úhlu **DASA** byla $1,5^\circ \pm 4,0^\circ$ (od $-9,0^\circ$ do $20,0^\circ$).

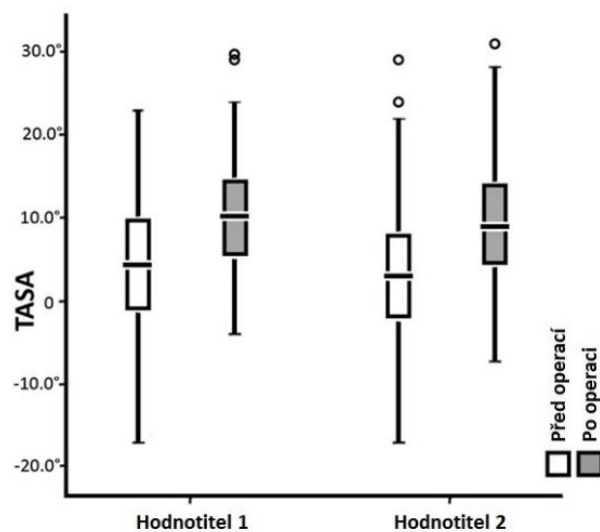
Po operaci: průměrná hodnota úhlu **HVA** byla $24,6^\circ \pm 14,4^\circ$ (od $2,1^\circ$ do $36,0^\circ$), průměrná hodnota úhlu **IMA** byla $9,8^\circ \pm 5,3^\circ$ (od $-2,0^\circ$ do $27,8^\circ$), průměrná hodnota úhlu **TASA** byla $9,9^\circ \pm 6,9^\circ$ (od $-5,6^\circ$ do $30,3^\circ$), průměrná hodnota úhlu **PASA** byla $19,4^\circ \pm 6,9^\circ$ (od $2,6^\circ$ do $36,9^\circ$) a průměrná hodnota úhlu **DASA** byla $3,4^\circ \pm 5,2^\circ$ (od $-13,5^\circ$ do $15,0^\circ$). Souhrn výsledků je uveden v Tab. 1.

Úhel	Před operací	Po operaci
HVA	$45,6^\circ \pm 20,5^\circ$ (od $25,0^\circ$ do $77,0^\circ$)	$24,6^\circ \pm 14,4^\circ$ (od $2,1^\circ$ do $36,0^\circ$)
IMA	$16,9^\circ \pm 3,8^\circ$ (od $8,5^\circ$ do $28,5^\circ$)	$9,8^\circ \pm 5,3^\circ$ (od $-2,0^\circ$ do $27,8^\circ$)
TASA	$3,8^\circ \pm 8,5^\circ$ (od $-17,0^\circ$ do $26,0^\circ$)	$9,9^\circ \pm 6,9^\circ$ (od $-5,6^\circ$ do $30,3^\circ$)
PASA	$20,5^\circ \pm 7,5^\circ$ (od $3,3^\circ$ do $40,0^\circ$)	$19,4^\circ \pm 6,9^\circ$ (od $2,6^\circ$ do $36,9^\circ$)
DASA	$1,5^\circ \pm 4,0^\circ$ (od $-9,0^\circ$ do $20,0^\circ$)	$3,4^\circ \pm 5,2^\circ$ (od $-13,5^\circ$ do $15,0^\circ$)

HVA – hallux valgus angle, IMA – intermetatarsal angle, TASA – tangential angle to the second axis, DASA – distal articular set angle, PASA – proximal articular set angle; průměrná hodnota \pm standardní odchylka (rozmezí hodnot)

Z výsledků je patrné, že operací bylo dosaženo účinné korekce osového postavení prvního paprsku – pooperačně došlo k redukci úhlu valgozity palce (HVA) i intermetatarzálního úhlu (IMA), a to průměrně o 21°, resp. 7,1°. Průměrná hodnota úhlu PASA dle očekávání nebyla operací prakticky ovlivněna, zjištěná změna průměrně o 1,1° odpovídá spíše chybě měření. V případě úhlu DASA již vlivem operace ke zřetelné změně hodnot došlo, a to především v závislosti na tom, zda součástí zákroku byla i osteotomie proximálního článku palce. Nejdůležitějším zjištěním byla průměrná změna úhlu TASA, stejně jako poměrně široká škála hodnot, kterých tento úhel v daném souboru předoperačně i pooperačně nabýval.

V průběhu zákroku došlo k signifikantní změně hodnot úhlu TASA, prokazatelné srovnáním předoperačních a pooperačních snímků ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.361$). **Průměrná změna hodnoty úhlu TASA** byla $6,1^\circ \pm 6,9^\circ$. Distribuce hodnot úhlu TASA naměřených oběma hodnotiteli je zobrazena na obr. 36.



Obr. 36: Distribuce hodnot úhlu TASA zaznamenaných dvěma hodnotiteli. Bílá oblast – předoperační hodnoty, šedá oblast – pooperační hodnoty.

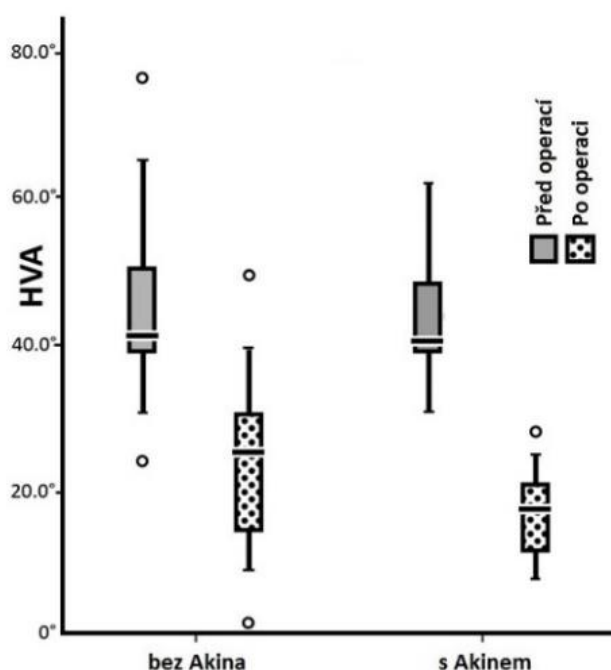
Provedli jsme rovněž porovnání podskupin pacientů s ohledem na typ užitého operačního zákroku. První skupina pacientů podstoupila pouze Lapidusovu operaci (s případným měkkotkáňovým výkonem na prvním MTP skloubení), u druhé byla tato doplněna

i kostním výkonem, tj. Akinovou osteotomií. Výsledky měření hodnot úhlů HVA a TASA v obou skupinách před operací a po operaci jsou uvedeny v Tab. 2. Distribuce hodnot úhlu HVA zaznamenaných u skupin „Akin+/Akin-„ jsou zobrazeny na obr. 37.

Tabulka 2: Vybrané úhly měřené na RTG před operací a po operaci, Lapidusova operace s použitím a bez použití Akinovy osteotomie

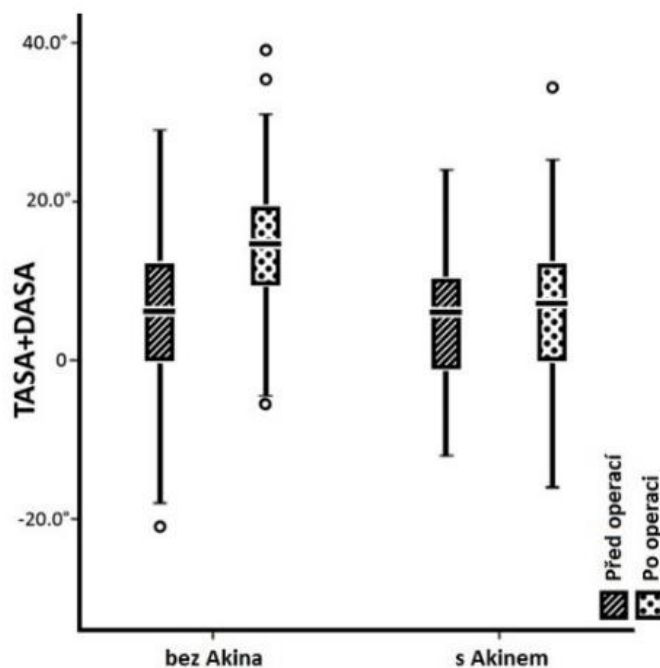
Úhel	Před operací		Po operaci	
HVA	bez Akina 45,6° ± 20,5° (od 25,0° do 77,0°)	s Akinem 42,7° ± 20,7° (od 28,0° do 56,0°)	bez Akina 26,2° ± 15,1° (od 2,1° do 36,0°)	s Akinem 17,3° ± 11,9° (od 6,6° do 26,6°)
TASA	bez Akina 3,7° ± 8,5° (od -17,0° do 23,4°)	s Akinem 4,7° ± 8,0° (od -6,0° do 23,5°)	bez Akina 9,7° ± 6,5° (od -5,6° do 27,8°)	s Akinem 10,9° ± 8,5° (od -2,5° do 30,1°)
DASA	bez Akina 1,5° ± 4,1° (od -9,0° do 20,0°)	s Akinem 1,1° ± 3,8° (od -5,8° do 7,5°)	bez Akina 4,6° ± 4,1° (od -8,3° do 15,0°)	s Akinem -4,3° ± 4,8° (od -13,5° do 5,9°)

HVA – hallux valgus angle, TASA – tangential angle to the second axis, DASA – distal articular set angle; průměrná hodnota ± standardní odchylna (rozmezí)



Obr. 37: Distribuce hodnot úhlu HVA před operací a po operaci. Pacienti, u kterých byla provedena pouze Lapidusova operace, jsou zobrazeni na levé straně. Pacienti, u nichž byla Lapidusova artrodéza doplněna osteotomií dle Akina, jsou zobrazeni na pravé straně. Šedá oblast odpovídá předoperačním hodnotám, tečkovaná pooperačním hodnotám.

Na obr. 38 je zobrazena distribuce **součtu hodnot úhlů TASA a DASA**. Průměrná hodnota součtu těchto úhlů pro skupinu, kde byla provedena **pouze operace dle Lapiduse**, byla $5,2^\circ \pm 9,3^\circ$ před operací a $14,2^\circ \pm 7,8^\circ$ po operaci. Ve skupině pacientů, kde byla užitá i **doplňková osteotomie dle Akina**, byla zjištěna průměrná hodnota $5,3^\circ \pm 8,4^\circ$ před operací a $6,9^\circ \pm 10,2^\circ$ po operaci. Porovnáním výsledků těchto skupin mezi sebou byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0.005$, $\eta^2 = 0.075$). Průměrný rozdíl v součtu hodnot úhlů TASA a DASA mezi skupinami byl **7,3° korekce „navíc“** ve prospěch skupiny, kde byla jako **komplementární výkon** provedena **osteotomie dle Akina**.



Obr. 38: Distribuce a porovnání hodnot součtu úhlů TASA a DASA. Pacienti, u kterých byla provedena pouze Lapidusova operace, jsou zobrazeni na levé straně. Pacienti, u nichž byla Lapidusova artrodéza doplněna osteotomií dle Akina, jsou zobrazeni na pravé straně. Šrafovaná oblast odpovídá předoperačním hodnotám, tečkovaná pooperačním hodnotám.

8.4.Diskuse

Operační korekce deformit přednoží (nejčastěji deformita typu hallux valgus) je běžnou součástí ortopedické praxe a obecně jeden z nejčastějších operačních zákroků. Redukce úhlu valgozity palce (HVA), resp. normalizace jeho hodnot, nejčastěji pomocí různých typů osteotomie prvního metatarsu, je jedním z hlavních cílů operace. Dosažení optimálního

osového postavení prvního paprsku a obnovení jeho funkce při přenosu zátěže při chůzi je možné pouze kombinací měkkotkáňových a kostních výkonů, které mění pozici a prostorovou orientaci kloubních ploch především v oblasti prvního MTP skloubení.

Lapidusova operace je efektivní zákrok, jenž umožňuje účinnou korekci deformity a zlepšení postavení prvního metatarsu. Operace umožňuje nejen změnu intermetatarzálního úhlu, ale, což má ještě větší význam, lze ovlivnit i rotaci a délku prvního metatarsu (Mortier et al. 2012, Dayton et al. 2013, Dayton et al. 2014, Dayton et al. 2014, DiDomenico et al. 2014, Klemola et al. 2014, Dayton et al. 2015). Tento výkon má i své nevýhody. Operační technika je náročná na provedení a vyžaduje určitou zkušenost chirurga, neboť pozice, ve které je provedena artrodéza prvního TMT skloubení, musí postihnout deformitu ve všech rovinách – transverzální, sagitální i frontální. Obzvláště důležitá je frontální rovina, tedy rotační složka deformity.

Tato relativní složitost provedení vede k nižší reprodukovatelnosti výsledků operace, pokud porovnááme práci více chirurgů. Učební křivka je delší než např. u distálních osteotomií prvního metatarsu a klíčová je zde osobní zkušenost s určením správné pozice artrodézy. Není-li operace prováděna pod skiaskopickou kontrolou, je potenciálním rizikem i nedostatečná kontrola nad pozicí distálních kloubních ploch prvního metatarsu (oblast prvního MTP skloubení). **Správné výsledné postavení prvního metatarsu je při provedení Lapidusovy operace extrémně důležité** – artrodéza zhojená v malpozici je pacienty v důsledku výrazně hůře tolerována než např. nedostatečně zkorigovaná deformita po distální osteotomii prvního metatarsu, nebo tato osteotomie zhojená ve špatném postavení. Na druhou stranu, velká potenciální síla korekce a možnost přímo ovlivnit postavení metatarsu ve všech rovinách nabízí širokou škálu možností při reoperacích, kde Lapidusova artrodéza pravidelně nalézá své uplatnění jako záchranná procedura.

Snížení intermetatarzálního úhlu (IMA), které je obvykle cílem jakékoli operační rekonstrukce přednoží, může mít za následek **zvětšení úhlu TASA**, tedy sklonu kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu vzhledem k ose přednoží. Teoreticky je za normálních podmínek v platnosti vztah **TASA = PASA-IMA** (Bettazzoni et al. 2004). Úhel PASA popisuje orientaci distální kloubní plochy prvního metatarsu vůči jeho dlouhé ose. Jelikož Lapidusova operace je dle originálního popisu prováděna pouze v proximální části metatarsu v oblasti prvního TMT skloubení, není hodnota úhlu PASA tímto zákrokem ovlivněna. Změnou hodnoty úhlu IMA tedy dle výše uvedené rovnice logicky musí dojít i ke změně hodnoty úhlu TASA.

V naší studii jsme zaznamenali průměrné **zvýšení hodnoty úhlu TASA o $6,1^\circ \pm 6,9^\circ$** , zatímco průměrné **snížení úhlu IMA** po operaci bylo **$7,1^\circ$** . Změna hodnoty obou úhlů (TASA, IMA) provedením operace se tedy lišila minimálně – v celkovém průměru šlo o rozdíl 1° (medián 0°), což potvrzuje platnost výše uvedených teoretických východisek. Vlivem Lapidusovy operace tedy nepochybně dochází ke zvýšení hodnoty úhlu TASA korespondujícímu se snížením intermetatarzálního úhlu při obnovení osy prvního paprsku. Důsledky této očekávané změny pak závisí na předoperačních hodnotách úhlu TASA, tedy na tom, jaká je inklinace kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu vůči ose nohy. Chirurg provádějící operaci by na to měl být připraven zejména v situaci, kdy úhel TASA je již předoperačně pozitivní.

Výsledek operace závisí nejen na úrovni snížení intermetatarzálního úhlu, ale také na správném nastavení rotace prvního metatarsu. Pronace metatarsu je nedílnou součástí a logickým důsledkem rozvoje deformity (Mortier et al. 2012, Randich et al. 2021) a její precizní korekce (tj. provedení derotace) je při snaze o obnovení fyziologických poměrů zcela esenciální (Dayton et al. 2013, Dayton et al. 2014, Wagner a Wagner 2020).

Naší hypotézou bylo, že **derotace prvního metatarzu bude silně ovlivňovat úhel TASA a korekce jeho pronačního postavení povede ke zlepšení hodnot TASA**. Zjištěné výsledky však překvapivě ukázaly, že **derotace naopak vůbec neměla na úhel TASA vliv**.

Jelikož v dostupné literatuře je minimum informací o případném užití měření úhlu TASA v předoperačním plánování, cílem naší studie bylo rovněž posoudit jeho potenciální využitelnost v tomto ohledu. Dle námi naměřených hodnot zřejmě existuje enormní interindividuální variabilita v hodnotách úhlu TASA, které ve sledovaných případech kolísaly v rozmezí -26° až 20° . Při **standardním předoperačním plánování proto měření úhlu TASA nedoporučujeme**.

Dvojice úhlů DASA a PASA poskytuje důležité informace o pozici artikulárních ploch prvního MTP kloubu, což má velký význam pro správnou korekci deformity hallux valgus. Hodnota úhlu DASA ovlivňuje nejen mechanickou osu palce, ale uplatňuje se také v působení extrinsických svalů (Coughlin 2006). Čím nižší je úhel DASA pooperačně, tím lepší korekce deformity bylo dosaženo (Balding a Sorto 1985). Hodnoty úhlu DASA by operací dle Lapiduse teoreticky neměly být ovlivněny, v našem souboru však **rozdíl v hodnotách DASA předoperačně a po operační korekci vysledovatelný byl**. **Průměrná změna byla $3,1^\circ$** u skupiny

pacientů, kde **nebyla provedena Akinova osteotomie**, a **5,4°** u pacientů, kteří **podstoupili Akinovu operaci** jako doplněk základního výkonu (tj. Lapidusovy operace) – viz Tab.2.

Statisticky významnou změnu úhlu DASA zaznamenanou i v případech bez provedení osteotomie proximálního článku palce přisuzujeme vstupní pronaci palce v rámci základní deformity – po její úpravě derotací prvního metatarsu dojde ke změně pozice jeho artikulární plochy ve frontální rovině blíže fyziologickým poměrům. Tak se změní i poloha krajních bodů, určujících průběh pomocné přímky užívané při měření úhlu DASA, což lze následně zachytit na AP snímku přednoží. Jsou popsány i specifické RTG známky nadměrné pronace prvního metatarsu na zátěžovém anteroposteriorním snímku přednoží (Yamaguchi et al. 2015).

Náš výzkum se zaměřoval na **vliv dodatečné Akinovy osteotomie** na rekonstrukci přednoží provedenou pomocí Lapidusovy operace. Není mnoho prací, které by posuzovaly výsledky korekce deformity hallux valgus v závislosti na provedení operace dle Akina (Shibuya et al. 2016).

Součet úhlů TASA a DASA byl hodnocen zvlášť pro nohy operované pouze artrodézou dle Lapiduse a zvlášť pro kombinaci Lapidusovy a Akinovy operace.

Na obr. 38 je graficky znázorněna distribuce zjištěných hodnot součtu úhlů TASA+DASA. Naše studie mimo jiné prokazuje, že pokud vlivem operace dle Lapiduse dojde ke zvýšení úhlu TASA, pak snížení úhlu DASA může zlepšit výslednou pozici vzájemně korespondujících kloubních ploch v oblasti prvního MTP skloubení. Průměrný statistický rozdíl v korekci pozice artikulárních ploch s využitím nebo bez využití Akinovy osteotomie byl 7,3° (rozdíl součtu hodnot úhlů TASA a DASA mezi jednotlivými skupinami). Snížení úhlu DASA na vrub doplňkové Akinovy osteotomie přineslo v průměru dalších 8,9° korekce navíc (průměrná pooperační hodnota DASA u „Akin-“, skupiny byla 4,6° oproti průměrné hodnotě -4,3° u skupiny „Akin+“ – viz Tab. 2.) Doporučujeme proto provedení komplementární Akinovy osteotomie ve všech případech, kde nelze pomocí pouhého laterálního uvolnění prvního MTP kloubu dosáhnout dostatečné korekce deformity.

Dle našeho názoru nelze nevýhodnou změnu úhlu TASA, a tedy i pozice kloubní plochy hlavičky prvního metatarsu, ke které dochází vlivem Lapidusovy operace, ovlivnit jakoukoli osteotomií na úrovni prvního TMT skloubení nebo v proximální části prvního metatarsu. Jinou možností řešení, než je operace dle Akina, by bylo doplnit artrodézu prvního TMT kloubu distální osteotomií prvního metatarsu – např. osteotomie dle Reverdina-Ishama (Isham 1991).

Potenciální nevýhodou tohoto postupu je možná ztuhlost prvního MTP kloubu a jeho omezená hybnost.

Naše popisná studie vycházející především z obrazové a RTG dokumentace nehodnotila vyvážení měkkých tkání. Právě to společně s různou distribucí zátěže v průběhu propulsní fáze kroku mění pozici prvního paprsku a úhel valgozity palce. Součástí zákroku v hodnoceném souboru pacientů byly pravidelně i měkkotkáňové procedury jako laterální release prvního MTP kloubu za účelem obnovení fyziologické pozice sezamských kůstek, nebo uvolnění šlachy *m. extensor hallucis longus*.

Praktické využití našich měření ilustruje obr. 35: hodnota úhlu TASA (obr. 35a) je předoperačně negativní (-10°). Po snížení úhlu IMA provedením operační korekce deformity se dostává do pozitivních hodnot (2°). Platí výše zmíněná rovnice „ $TASA = PASA - IMA$ “, hodnota úhlu PASA přitom není operací ovlivněna. Hodnota intermetatarzálního úhlu (IMA) se snížila o 12° . Hodnoty úhlů PASA a DASA před operací byly zhruba 30° (obr. 35a). Hodnota PASA zůstává po operaci prakticky neměnná (obr. 35b). Úhel DASA se provedením Akinovy osteotomie snížil téměř na nulovou hodnotu. Pokud by zde jako komplementární zákrok k Lapidusově operaci byl použit pouze laterální release, tj. měkkotkáňový výkon, výsledná pozice palce při chůzi s plnou zátěží by byla neuspokojivá. Z toho důvodu byla provedena navíc ještě Akinova osteotomie ke zlepšení osového postavení palce (dodatečné korekci).

Chirurg provádějící operační korekci deformity by v rámci předoperačního plánování měl být ostražitý především v situaci, kdy úhel TASA má již předoperačně pozitivní hodnotu.

Naše studie má několik omezení a nedostatků – nehodnotili jsme na předoperačních a pooperačních snímcích pozici sezamských kůstek (tibial sesamoid position – TSP). Tato proměnná je důležitým měřítkem pro klinické hodnocení výsledku jakékoli operační korekce deformity prvního paprsku. Prezentovaná studie se naproti tomu zaměřovala převážně na pozici kloubních ploch prvního MTP skloubení před a po operaci a dále na význam měření úhlu TASA v plánování a hodnocení výsledků operačního výkonu. Míra úspěšnosti operační korekce deformity ve sledovaném souboru byla pro nás spíše druhořadým parametrem. Na druhou stranu je třeba přiznat, že případné zahrnutí pozice sezamských kůstek (TSP) mezi sledované veličiny by poskytlo detailnější náhled na samotný vliv chirurgického zákroku na změnu postavení prvního metatarsu.

Dalším limitujícím faktorem našeho výzkumu je určitá nehomogenost fixačních technik užitých k osteosyntéze v místě artrodézy. V našem souboru pacientů byl první

tarsometatarsální kloub fixován převážně pomocí paměťových skobek, v některých případech byla však využita i fixace 2-3 šrouby, nebo ojediněle dlahou.

V neposlední řadě byla ne ve všech případech peroperačně dostupná skiaskopická kontrola pozice artrodézy, což dále snižuje homogenitu sledovaného souboru a reprodukovatelnost operačních výsledků.

Do budoucna se jako potřebný jeví další výzkum za účelem hodnocení účinnosti operační korekce deformit palce pomocí Lapidusovy operace kombinované s Akinovou osteotomií, ideálně v prospektivním designu studie a s využitím obecně rozšířených skórovacích systémů (např. AOFAS Forefoot Score atd.)

9. Shrnutí

Výsledky námi provedené RTG analýzy potvrzují hypotézu o nevýhodné laterální inklinaci kloubní plochy hlavice prvního metatarsu v důsledku provedení operace dle Lapiduse. Průměrné zhoršení úhlu TASA, popisujícího sklon kloubní plochy hlavice vůči ose přednoží po tomto typu operačního zákroku, bylo dle námi naměřených dat $6,1^\circ \pm 6,9^\circ$. Statisticky významné zhoršení tohoto parametru po operaci koresponduje s redukcí intermetatarsálního úhlu IMA, není způsobeno derotací prvního metatarsu. Akinova osteotomie proximálního článku palce je vhodným komplementárním výkonem k Lapidusově operaci, neboť koriguje postavení kloubních ploch prvního MTP skloubení, čímž zlepšuje klinický výsledek operace a funkci prvního paprsku v zátěži vahou těla při chůzi.

10. Klinický výstup studie

Úhel TASA (tangential angle to the second axis), popsáný Shechterem a kol. v roce 1985, se ukázal být užitečným parametrem v hodnocení pozice artikulárních ploch v prvním MTP skloubení, a především polohy kloubní plochy hlavice prvního metatarsu s ohledem na dlouhou osu nohy. Jeho standardní použití v předoperačním plánování na základě vlastních výsledků nedoporučujeme. Při samotné předoperační rozvaze je však dle našich zjištění vhodné vyhodnotit výchozí sklon kloubní plochy hlavice prvního metatarsu vůči ose prvního paprsku a ose celého přednoží.

V případě pozitivních předoperačních hodnot úhlu TASA doporučujeme vést v patrnosti, že snížení intermetatarsálního úhlu, které je cílem korekce deformity, pravděpodobně povede ke zhoršení postavení kloubních ploch v prvním MTP skloubení a nevýhodné laterální inklinaci hlavice prvního metatarsu. Neprovedeme-li dodatečnou korekci tohoto zhoršeného postavení, může být funkční výsledek i jinak kvalitně provedené Lapidusovy operace neuspokojivý. Ne ve všech případech je dostatečným „doplňkovým“ výkonem pouhá měkkotkáňová korekce (tj. především laterální uvolnění prvního MTP kloubu). Jako nejvýhodnější se na podkladě našich výsledků v teoretické i praktické rovině jeví být kombinace Lapidusovy artrodézy a osteotomie proximálního článku palce dle Akina.

Summary

The results of our X-ray analysis confirm the hypothesis of an unfavourable lateral inclination of the articular surface of first metatarsal head after the Lapidus procedure. The mean worsening of TASA angle after performing this type of operation is $6.1^\circ \pm 6.9^\circ$. The significant deterioration after surgery corresponds with the reduction of intermetatarsal angle (IMA) and it is not caused by the derotation of the first metatarsal. The Akin osteotomy of the proximal phalanx is a suitable complement to the Lapidus arthrodesis and improves the articular set (position of the articular surfaces) of the first MTP joint.

The TASA angle (tangential angle to the second axis) described by Shechter et al. in 1985 proved to be a valuable parameter in the assessment of the first MTP joint articular surface position, especially where the exact placement of first metatarsal head in relation to the overall foot axis is to be assessed. Subject to our findings, we don't support standard use of this measurement in preoperative planning. Nonetheless, the evaluation of the initial inclination of the first metatarsal articular surface towards the axis of the foot is important in the preliminary phase of any surgical correction of the deformity.

It should be emphasized, that in the cases of patients with positive TASA values before surgery, the reduction of IMA, which is usually pursued by any type of hallux valgus deformity correction, will probably lead to an impairment of articular surfaces setting in the first MTP joint and an unadvantageous lateral inclination of the first metatarsal head. If we don't compensate this deterioration with an additional procedure, the functional outcome of an otherwise accurate Lapidus arthrodesis can be unsatisfactory. Sometimes a soft tissue procedure (i.e. lateral release of the first MTP joint) can be a sufficient addition, but not in all cases. In our view, supported by presented results, the combination of Lapidus arthrodesis and Akin osteotomy seems to be the most fitting solution of the above mentioned situation.

11. Literatura

- Akin OF (1925) *The treatment of hallux valgus: a new operative procedure and its results*. Med Sentinel 33: 678-679
- Albrecht GH (1911) *The pathology and treatment of hallux valgus*. Russ Vrach 10: 14-19
- Austin DW, Leventen EO (1981) *A new osteotomy for hallux valgus: a horizontally directed "V" displacement osteotomy of the metatarsal head for hallux valgus and primus varus*. Clin Orthop Relat Res 157: 25-30
- Balding M, Sorto LA Jr (1985) *Distal articular set angle. Etiology and x-ray evaluation*. J Am Podiatr Med Assoc 75(12): 648-652
- Barouk LS (2000) *Scarf osteotomy for hallux valgus correction. Local anatomy, surgical technique, and combination with other forefoot procedures*. Foot Ankle Clin 5(3): 525-558
- Barouk, LS (2014) *The effect of gastrocnemius tightness on the pathogenesis of juvenile hallux valgus: a preliminary study*. Foot Ankle Clin 19(4): 807-822
- Bauer T, Biau D, Lortat-Jacob A, Hardy P (2010) *Percutaneous hallux valgus correction using the Reverdin-Isham osteotomy*. Orthop Traumatol Surg Res 96(4): 407-416
- Bednarz PA, Manoli A 2nd (2000) *Modified Lapidus procedure for the treatment of hypermobile hallux valgus*. Foot Ankle Int 21(10): 816-821
- Bettazzoni F, Leardini A, Parenti-Castelli V, Giannini S (2004) *Mathematical model for pre-operative planning of linear and closing-wedge metatarsal osteotomies for the correction of hallux valgus*. Med Biol Eng Comput 42(2): 209-15
- Blackwood S, Gossett L (2018) *Hallux valgus/medial column instability and their relationship with posterior tibial tendon dysfunction*. Foot Ankle Clin 23(2): 297-313
- Bock P, Kristen KH, Kroner A, Engel A (2004) *Hallux valgus and cartilage degeneration in the first metatarsophalangeal joint*. J Bone Joint Surg Br 86(5): 669-673
- Borrelli AH, Weil LS (1991) *Modified scarf bunionectomy: our experience in more than one thousand cases*. J Foot Surg(30): 609-612
- Bösch P, Wanke S, Legenstein R (2000) *Hallux valgus correction by the method of Bosch: a new technique with a seven-to-ten-year follow-up*. Foot Ankle Clin 5(3): 485-498, v-vi
- Brandes M (1929) *Zur operativen therapie des hallux valgus*. Zentralbl Chir 56: 2434-2440

- Breslauer C, Cohen M (2001) *Effect of proximal articular set angle-correcting osteotomies on the hallux sesamoid apparatus: a cadaveric and radiographic investigation*. J Foot Ankle Surg 40(6): 366-373
- Budny AM, Masadeh SB, Lyons MC 2nd, Frania SJ (2009) *The opening base wedge osteotomy and subsequent lengthening of the first metatarsal: an in vitro study*. J Foot Ankle Surg 48(6): 662-667
- Carrino JA, Al Muhit A, Zbijewski W, Thawait GK, Stayman JW, Packard N, Senn R, Yang D, Foos DH, Yorkston J, Siewerdsen JH (2014) *Dedicated cone-beam CT system for extremity imaging*. Radiology 270(3): 816-824
- Coetzee JC, Resig SG, Kuskowski M, Saleh KJ (2004) *The Lapidus procedure as salvage after failed surgical treatment of hallux valgus. Surgical technique*. J Bone Joint Surg Am 86-A Suppl 1: 30-36
- Conti MS, Ellis SJ (2020) *Weight-bearing CT scans in foot and ankle surgery*. J Am Acad Orthop Surg 28(14): e595-e60
- Coughlin MJ (1996) *Hallux valgus*. J Bone Joint Surg Am 78(6): 932-966
- Coughlin MJ, Jones CP (2007) *Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment*. Foot Ankle Int 28(7): 759-777
- Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL. *Surgery of the Foot and Ankle*. Elsevier Health Sciences, Amsterdam, The Netherlands 2006
- Dayton P, Lopiccolo J, Kiley J (2002) *Reduction of the intermetatarsal angle after first metatarsophalangeal joint arthrodesis in patients with moderate and severe metatarsus primus adductus*. J Foot Ankle Surg 41(5): 316-319
- Dayton P, Feilmeier M, Kauwe M, Hirschi J (2013) *Relationship of frontal plane rotation of first metatarsal to proximal articular set angle and hallux alignment in patients undergoing tarsometatarsal arthrodesis for hallux abducto valgus: a case series and critical review of the literature*. J Foot Ankle Surg 52(3): 348-354
- Dayton P, Feilmeier M, Hirschi J, Kauwe M, Kauwe JS (2014) *Observed changes in radiographic measurements of the first ray after frontal plane rotation of the first metatarsal in a cadaveric foot model*. J Foot Ankle Surg 53(3): 274-278
- Dayton P, Feilmeier M, Kauwe M, Holmes C, McArdle A, Coleman N (2014) *Observed changes in radiographic measurements of the first ray after frontal and transverse plane*

- rotation of the hallux: does the hallux drive the metatarsal in a bunion deformity?* J Foot Ankle Surg 53(5): 584-587
- Dayton P, Kauwe M, Feilmeier M (2015) *Is our current paradigm for evaluation and management of the bunion deformity flawed? A discussion of procedure philosophy relative to anatomy.* J Foot Ankle Surg 54(1): 102-111
- De Prado M, Ripoll PL, Golanó P. *Minimally invasive foot surgery surgical techniques, indications, anatomical basis.* About Your Health, Barcelona 2009
- DiDomenico LA, Fahim R1, Rollandini J, Thomas ZM (2014) *Correction of frontal plane rotation of sesamoid apparatus during the Lapidus procedure: a novel approach.* J Foot Ankle Surg 53(2): 248-251
- DuVries, HL. *Surgery of the foot.* Mosby, St. Louis 1959
- Ford LA, Hamilton GA (2009) *Procedure selection for hallux valgus.* Clin Podiatr Med Surg 26(3): 395-407, Table of Contents
- Giannini S, Ceccarelli F, Bevoni R, Vannini F (2003) *Hallux valgus surgery: The minimally invasive bunion correction (SERI).* Techniques in Foot & Ankle Surgery 2(1): 11-20
- Goldner JL, Gaines RW (1976) *Adult and juvenile hallux valgus: analysis and treatment.* Orthop Clin North Am 7(4): 863-887
- Gonzalez-Martin C, Alonso-Tajes F, Perez-Garcia S, Seoane-Pillado MT, Pertega-Diaz S, Couceiro-Sanchez E, Seijo-Bestilleiro R, Pita-Fernandez S (2017) *Hallux valgus in a random population in Spain and its impact on quality of life and functionality.* Rheumatol Int 37(11): 1899-1907
- Gottschalk FA, Sallis JG, Beighton PH, Solomon L (1980) *A comparison of the prevalence of hallux valgus in three South African populations.* S Afr Med J 57(10): 355-357
- Haas Z, Hamilton G, Sundstrom D, Ford L (2007) *Maintenance of correction of first metatarsal closing base wedge osteotomies versus modified Lapidus arthrodesis for moderate to severe hallux valgus deformity.* J Foot Ankle Surg 46(5): 358-365
- Habbu R, Holthusen SM, Anderson JG, Bohay DR (2011) *Operative correction of arch collapse with forefoot deformity: a retrospective analysis of outcomes.* Foot Ankle Int 32(8): 764-773
- Hardy RH, Clapham JC (1951) *Observations on hallux valgus; based on a controlled series.* J Bone Joint Surg Br 33-B(3): 376-391

- Hewitt D, Stewart AM, Webb JW (1953) *The prevalence of foot defects among wartime recruits*. Br Med J 2(4839): 745-749
- Hohmann G (1922) *Symptomatische oder physiologische Behandlung des hallux valgus*. Muench Med Wochenschr 33:1042
- Hohmann G (1924) *Zur hallux valgus-operation*. Zentralb Chir 51:230
- Hromádka R, Klouda J, Popelka S, Bek J, Kodat L, Barták V (2021) *Minimally invasive hallux valgus surgery*. Acta Chir Orthop Traumatol Cech 88(2): 137-143
- Huang PJ, Lin YC, Fu YC, Yang YH, Cheng YM (2011) *Radiographic evaluation of minimally invasive distal metatarsal osteotomy for hallux valgus*. Foot Ankle Int 32(5): 503-507
- Ianno B, Familiari F, De Gori M, Galasso O, Ranuccio F, Gasparini G (2013) *Midterm results and complications after minimally invasive distal metatarsal osteotomy for treatment of hallux valgus*. Foot Ankle Int 34(7): 969-977
- Isham SA (1991) *The Reverdin-Isham procedure for the correction of hallux abducto valgus. A distal metatarsal osteotomy procedure*. Clin Podiatr Med Surg 8(1): 81-94
- Isham SA, Nunez OE (2011) *The Reverdin-Isham procedure for the correction of hallux valgus*. In: Maffulli N., Easley M. (eds) *Minimally Invasive Surgery of the Foot and Ankle*. Springer, London: 97-108
- Jenkin WM, Todd WF (1991) *Osteotomies of the first metatarsal head: Reverdin modifications, Hohmann, Hohmann modifications*. In: Gerbert J (ed): *Textbook of Bunion Surgery*, 2nd Ed. Futura Publishing, Mount Kisco, NY: 223
- Johnson CH, Christensen JC (2005) *Biomechanics of the first ray part V: The effect of equinus deformity. A 3-dimensional kinematic study on a cadaver model*. J Foot Ankle Surg 44(2): 114-120
- Kadokia AR, Smerek JP, Myerson MS (2007) *Radiographic results after percutaneous distal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus deformity*. Foot Ankle Int 28(3): 355-360
- Kaipel M, Krapf D, Wyss C (2011) *Metatarsal length does not correlate with maximal peak pressure and maximal force*. Clin Orthop Relat Res 469(4): 1161-1166
- Keller WL (1904) *The surgical treatment of the bunions and hallux valgus*. N Y Med J 80: 741-742
- Keller WL (1912) *Further observations on the surgical treatment of hallux valgus and bunions*. N Y Med J 95: 696-698

- Kilmartin TE, Wallace WA (1992) *The significance of pes planus in juvenile hallux valgus*. Foot Ankle 13(2): 53-56
- Klaue K, Hansen ST, Masquelet AC (1994) *Clinical, quantitative assessment of first tarsometatarsal mobility in the sagittal plane and its relation to hallux valgus deformity*. Foot Ankle Int 15(1): 9-13
- Kleinberg S (1932) *Operative cure of hallux valgus and bunions*. Am J Surg 15: 75
- Klemola T, Leppilähti J, Kalinainen S, Ohtonen P, Ojala R, Savola O (2014). *First tarsometatarsal joint derotational arthrodesis-a new operative technique for flexible hallux valgus without touching the first metatarsophalangeal joint*. J Foot Ankle Surg 53(1): 22-28
- Laird PO, Silvers SH, Somdahl J (1988) *Two Reverdin-Laird osteotomy modifications for correction of hallux abducto valgus*. J Am Podiatr Med Assoc 78(8): 403-405
- Lapidus PW (1934) *Operative correction of metatarsus varus primus in hallux valgus*. Surg Gynecol Obstet 58: 183-191
- Lapidus PW (1956) *A quarter of a century of experience with the operative correction of the metatarsus varus primus in hallux valgus*. Bull Hosp Joint Dis 17(2): 404-421
- Lapidus PW (1960) *The author's bunion operation from 1931 to 1959*. Clin Orthop 16: 119-135
- Laporta G, Melillo T, Olinsky D (1974) *X-ray evaluation of hallux abducto valgus deformity*. J Am Podiatry Assoc 64(8): 544-566
- Limbird TJ, DaSilva RM, Green NE (1989) *Osteotomy of the first metatarsal base for metatarsus primus varus*. Foot Ankle 9(4): 158-162
- Magnan B, Pezze L, Rossi N, Bartolozzi P (2005) *Percutaneous distal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus*. J Bone Joint Surg Am 87(6): 1191-1199
- Mann RA, Coughlin MJ (1981) *Hallux valgus-etiology, anatomy, treatment and surgical considerations*. Clin Orthop Relat Res(157): 31-41
- Mann RA, Rudicel S, Graves SC (1992) *Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up*. J Bone Joint Surg Am 74(1): 124-129
- Mann RA (1993) *Distaler Weichteileingriff und proximale Metatarsaleosteotomie*. In: Wirth CJ, Ferdini R, Wülker N (Hrsg) Vorfußdeformitäten. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 285–299
- McBride ED (1928) *A conservative operation for bunions*. J Bone Joint Surg 10: 735

- Mitchell CL, Fleming JL, Allen R, Glenney C, Sanford GA (1958) *Osteotomy-bunionectomy for hallux valgus*. J Bone Joint Surg Am 40-a(1): 41-58; discussion 59-60
- Mortier JP, Bernard JL, Maestro M (2012) *Axial rotation of the first metatarsal head in a normal population and hallux valgus patients*. Orthop Traumatol Surg Res 98(6): 677-683
- Morton DJ (1928) *Hypermobility of the first metatarsal bone: The interlinking factor between metatarsalgia and longitudinal arch strain*. J Bone Joint Surg 10(2): 187-197
- Morton, DJ. *The human foot: its evolution, physiology and functional disorders*. Hafner, New York 1935
- Myerson M (1990) *Metatarsocuneiform arthrodesis for treatment of hallux valgus and metatarsus primus varus*. Orthopedics 13(9): 1025-1031
- Myerson M, Allon S, McGarvey W (1992) *Metatarsocuneiform arthrodesis for management of hallux valgus and metatarsus primus varus*. Foot Ankle 13(3): 107-115
- Nix S, Smith M, Vicenzino B (2010) *Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis*. J Foot Ankle Res 3: 21-21
- Ouzounian TJ, Shereff MJ (1989) *In vitro determination of midfoot motion*. Foot Ankle 10(3): 140-146
- Piqué-Vidal C, Sole TM, Antich J (2007) *Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity*. J Foot Ankle Surg 46(3): 149-154
- Piqué-Vidal C, Vila J (2009) *A geometric analysis of hallux valgus: correlation with clinical assessment of severity*. J Foot Ankle Res 2: 15
- Randich JR, John KJ, Gomez K, Bush W (2021) *Frontal plane rotation of the first ray in hallux valgus using standing computerized tomography (CT)*. J Foot Ankle Surg 60(3): 489-493
- Redfern D, Perera AM (2014) *Minimally invasive osteotomies*. Foot Ankle Clin 19(2): 181-189
- Reverdin J (1881) *The deviation of hallux valgus and its treatment. De la deviation en dehors du gros orl (hallux valgus) et son traitement chirurgical*. Trans Int Med Congress 2: 408-412
- Richardson EG, Graves SC, McClure JT, Boone RT (1993) *First metatarsal head-shaft angle: a method of determination*. Foot Ankle 14(4): 181-185
- Roukis TS, Weil LS, Weil LS, Landsman AS (2005) *Predicting articular erosion in hallux valgus: clinical, radiographic, and intraoperative analysis*. J Foot Ankle Surg 44(1): 13-21
- Shechter DZ, Doll PJ (1985) *Tangential angle to the second axis. A new angle with implications for bunion surgery*. J Am Podiatr Med Assoc 75(10): 505-512

- Shibuya N, Jupiter DC, Ciliberti LJ, VanBuren V, La Fontaine J (2010) *Characteristics of adult flatfoot in the United States*. J Foot Ankle Surg 49(4): 363-368
- Shibuya N, Kitterman RT, LaFontaine J, Jupiter DC (2014) *Demographic, physical, and radiographic factors associated with functional flatfoot deformity*. J Foot Ankle Surg 53(2): 168-172
- Shibuya N, Thorud JC, Martin LR, Plemmons BS, Jupiter DC (2016) *Evaluation of hallux valgus correction with versus without Akin proximal phalanx osteotomy*. J Foot Ankle Surg 55(5): 910-914
- Shine IB (1965) *Incidence of hallux valgus in a partially shoe-wearing community*. Br Med J 1(5451): 1648-1650
- Silver D (1923) *The operative treatment of hallux valgus*. J Bone Joint Surg 5: 225
- Singh D, Biz C, Corradin M, Favero L (2016) *Comparison of dorsal and dorsomedial displacement in evaluation of first ray hypermobility in feet with and without hallux valgus*. Foot Ankle Surg 22(2): 120-124
- Slullitel G, Lopez V, Calvi JP, Seletti M, Bartolucci C, Pinton G (2016) *Effect of first ray insufficiency and metatarsal index on metatarsalgia in hallux valgus*. Foot Ankle Int 37(3): 300-306
- Steel MW 3rd, Johnson KA, DeWitz MA, Ilstrup DM (1980) *Radiographic measurements of the normal adult foot*. Foot Ankle 1(3): 151-158
- Truslow W (1925) *Metatarsus primus varus or hallux valgus?* J Bone Joint Surg 7: 98
- Wagner P, Wagner E (2020) *Role of coronal plane malalignment in hallux valgus correction*. Foot Ankle Clin 25(1): 69-77
- Wanivenhaus A, Pretterklieber M (1989) *First tarsometatarsal joint: anatomical biomechanical study*. Foot Ankle 9(4): 153-157
- Weil LS (2000) *Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results*. Foot Ankle Clin 5(3): 559-580
- Wilson DW (1980) *Treatment of hallux valgus and bunions*. Br J Hosp Med 24(6): 548-549
- Yamaguchi S, Sasho T, Endo J, Yamamoto Y, Akagi R, Sato Y, Takahashi K (2015) *Shape of the lateral edge of the first metatarsal head changes depending on the rotation and inclination of the first metatarsal: a study using digitally reconstructed radiographs*. J Orthop Sci 20(5): 868-874

- Youngswick FD (1982) *Modifications of the Austin bunionectomy for treatment of metatarsus primus elevatus associated with hallux limitus*. J Foot Surg 21(2): 114-116
- Zembsch A, Trnka HJ, Ritschl P (2000) *Correction of hallux valgus. Metatarsal osteotomy versus excision arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res (376): 183-194
- Zyzda MJ, Hineser W (1989) *Distal L osteotomy in treatment of hallux abducto valgus*. J Foot Surg 28(5): 445-448