

Endoprotetika prvního metatarzofalangeálního kloubu

by Vladislav Barták

Submission date: 12-Jan-2022 08:54AM (UTC+0100)

Submission ID: 1740501458

File name: Habilitacni-prace-bartak.pdf (2.37M)

Word count: 14942

Character count: 88260

Univerzita Karlova
1. lékařská fakulta

Ortopedická klinika 1.LF UK a FN Motol



MUDr. Vladislav Barták, Ph.D.

Endoprotetika prvního metatarzofalangeálního kloubu

Habilitační práce z oboru ortopedie

Praha 2021

1 **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a použil jsem jen pramenů, které cituji a jsou uvedeny v seznamu literatury.

21.9.2021

Vladislav Barták

Poděkování

Předem bych chtěl poděkovat prof.MUDr.Antonínu Sosnovi, DrSc., prof. MUDr.Stanislavu Popelkovi, CSc. a prof. MUDr.Ivanu Landorovi, CSs., kteří se stali mými neocenitelnými mentory v oboru ortopedie a výrazně podporovali můj profesní růst.

Dále bych chtěl poděkovat Doc.MUDr.Rastislavu Hromádkovi, Ph.D. s kterým jsme provedli mnoho vědeckých prací a jeho konzultace se stali pro mou práci velmi cennými.

Můj díky patří samozřejmě i celému kolektivu 1. ortopedické kliniky 1.LF UK F Motol za vytvoření přátelského pracovního prostředí a pomoc v mé práci.

Závěrečný, nicméně ne méně hodnotný dík patří celé mé rodině – manželce Iloně , dceři Žofii a synovi Antonínovi za vytvoření zázemí, podporu a trpělivost.

Obsah

1. Úvod

1.1. Teoretický úvod

- 1.1.1. Anatomie I. metatarzofalangeálního kloubu
- 1.1.2. Biomechanika I. metatarzofalangeálního kloubu
- 1.1.3. Hallux limitus a hallux rigidus – definice
- 1.1.4. Hallux limitus a hallux rigidus – etiologie
- 1.1.5. Klinický obraz
- 1.1.6. RTG nález a klasifikace
- 1.1.7. Léčba hallux rigidus
- 1.1.8. Epidemiologie

1.2. Endoprotetika I. metatarzofalangeálního kloubu

- 1.2.1. Historický vývoj implantátů a jejich přehled
- 1.2.2. Materiálové složení náhrad
- 1.2.3. Indikace
- 1.2.4. Operační postup
- 1.2.5. Komplikace

2. Materiál a cíl studií

- 2.1. Naše zkušenosti s náhradou ToeFit Plus®
- 2.2. Anatomická studie úponu m. flexor hallucis brevis
- 2.3. Vývoj náhrady I. MTP kloubu
- 2.4. Klinické zhodnocení náhrady PH – flex
- 2.5. Statistika

3. Přehled a cíle publikací

- 3.1. Barták, V., Popelka, S., Hromádka, R., Pech, J., Jahoda, D., Sosna, A. TOEFIT-PLUS system for replacement of the first metatarsophalangeal joint. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 77: 222-7, 2010.
- 3.2. Bartak, V., Hert, J., Stedry, J., Popelka Jr., S., Popelka, S., Hromadka, R. Long-term results of total joint arthroplasty and phalangeal hemiarthroplasty of the first metatarsophalangeal joint using the ToeFit Plus systém. *Foot Ankle Surg.*, 28:56-61, 2022.

- 3.3. ¹ Barták, V., Hromádka, R., Fulín, P., Jahoda, D., Sosna, A., Popelka, S. Anatomical study of flexor hallucis brevis insertion: Implications for clinical practice. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 78: 145-8, 2011.
- 3.4. Hromádka, R., Bartak, V., Sosna, A., Popelka, S. MEDIN implant of the ¹ first metatarsophalangeal joint. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 79: 124-30, 2012.
- 3.5. Popelka, Ml, S., Hromádka, R., Barták, V., Klouda, J., Landor, I., Popelka S. Our experience with the total replacement of the first metatarsophalangeal joint by medin PH-flex. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 84: 380-385, 2017.

4. Diskuse

- 4.1. Operační léčba nižších stadií hallux rigidus
- 4.2. Artrodéza
- 4.3. Náhrada I. MTP kloubu

5. Literatura

6. Publikace autora

1. Úvod

Onemocnění prvního metatarzofalangeálního (MTP) kloubu palce patří mezi časté v klinické ortopedické praxi. Jedná se především o osové deformity prvního prstu. Druhou nejčastější skupinu tvoří osteoartrotická destrukce tohoto kloubu. Právě artrotické postižení prvního MTP kloubu, označovaného hallux rigidus, je často limitujícím faktorem při správném stereotypu chůze ¹ dospělé populace s vrcholem incidence mezi pátou a šestou dekádou života postihující rovnoměrně ženy i muže. Náhrada tohoto kloubu je jednou z hlavních léčebných modalit, u které můžeme pozorovat v posledních 60 letech intenzivní vývoj. Stále však není tato problematika jednoznačně vyřešena.

1.1. Teoretický úvod

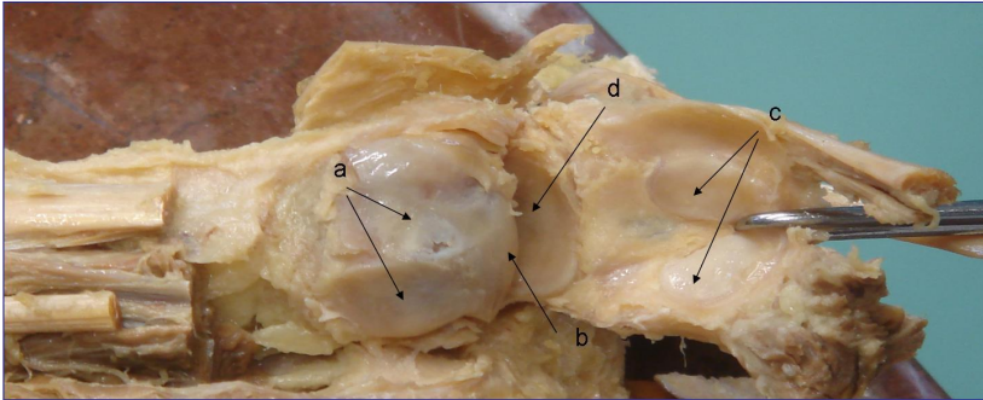
1.1.1. Anatomie I. metatarzofalangeálního kloubu

Spojením kloubní plochy hlavičky prvního metatarzu s bazí proximální falangy je utvořen první metatarzofalangeální kloub (MTP). Mediální porce hlavičky talu, os naviculare, os cuneiforme mediale, první metatarz, proximální a distální falanga palce tvoří kostěný podklad funkční jednotky nohy – mediálního pilíře. Právě metatarzofalangeální kloub jako nejmobilnější část této jednotky je klíčový pro správnou funkci nohy při stoje a chůzi.

První metatarz je tvořen bazí, protáhlou a tubulizovanou diafýzou a hlavičkou. Konvexní kloubní plocha hlavičky je kryta hyalinní chrupavkou. Tvar této plochy není čistě kulový. Od střední části na ni vybíhá krysta paralelní se sagitální osou směřující kaudálně, kde na jejím podkladě vznikají dva žlábký pro dvě sezamkové kůstky (Straus 1927).

Proximální falanga je jako u ostatních článků prstů tvořena bazí, krátkým tubulizovaným tělem, které je mediolaterálně širší než dorzoplantárně a hlavičkou. Kloubní

plocha baze je konkávní, obvod oválný a plochou odpovídá zhruba čtvrtinovému vrchlíku koule. Z funkčního hlediska jsou důležité dva hrbolky na plantární straně, podmíněné úponem šlach ¹ m. flexor hallucis brevis (FHB). Tělo je v mediolaterálním průměru užší než v dorzoplantárním (Obr. 1).



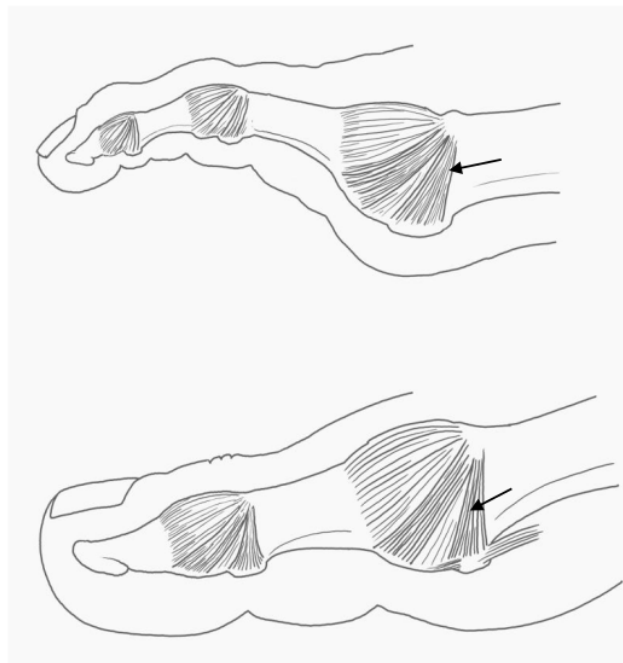
Obr. 1. I. MTP kloub (plantární pohled) odpreparovaná plantární část pouzdra s komplexem sesamových kůstek a flexorovými šlachami (kadaverózní preparát). a – kloubní plochy pro sesamové kůstky na hlavičce prvního metatarzu, b – krysta rozdělující kloubní plochu na dva žlábků pro sesamové kůstky, c – kloubní plochy sesamových kůstek, d – kloubní plocha baze proximální falangy.

Kloubní pouzdro prvního MTP kloubu se upíná proximálně za hlavičkou metatarzu a distálně na rozhraní baze a těla proximálního článku. Nejtenčí je v dorzální části kloubu. Do plantárního průběhu jsou vsazeny sesamové kůstky spolu se šlachami FHB. Postavení sesamových kůstek je centrováno pomocí lig. metatarsosesamoidale mediale et laterale, lig. sesamoideophalangeale mediale et laterale, lig. intersesamoideum, lig. suspensorium metatarsophalangeale mediale et laterale. Mediální porce pouzdra je zesílena pomocí lig. collaterale mediale, které je čistě intrakapsulárním vazem. Laterálně pouzdro zesiluje lig.

collaterale laterale. Tyto vazy hrají významnou roli v osovém postavení kloubu (Obr.2). Celý nitrokloubní povrch pouzdra je kryt tenkou synoviální membránou.

Anatomický popis I. MTP kloubu zahrnuje i šlachy svalů, které se podílí na jeho funkci nebo s ním bezprostředně sousedí. Tyto svaly dělíme na extrinsické a intrinsické. Extrinsickými svaly jsou m. extensor hallucis longus a m. flexor hallucis longus. Ostatní níže zmíněné patří mezi svaly intrinsické.

Hlavním extensorem a biomechanicky hlavním svalem švihové fáze kroku I. MTP kloubu je m. extensor hallucis longus. Šlacha tohoto extrinsického svalu naléhá na dorzální část pouzdra, kde je dobře hmatná, a při forsírované extenzi tvoří dobře viditelnou konturu. S pouzdem je spojena drobným vinkulem (Tate 1976; Rega 1978). Na extenzi v I. MTP se podílí i nejmediálnější hlava m. extensor hallucis brevis upínající se na bazi proximální falangy.



Obr.2. Kolaterální vazy v oblasti MTP kloubů II. – V. prstu – nahoře. I. MTP kloubu - dole. Lig. suspensorium ossis sesamoidei – šipka dolní obrázek.

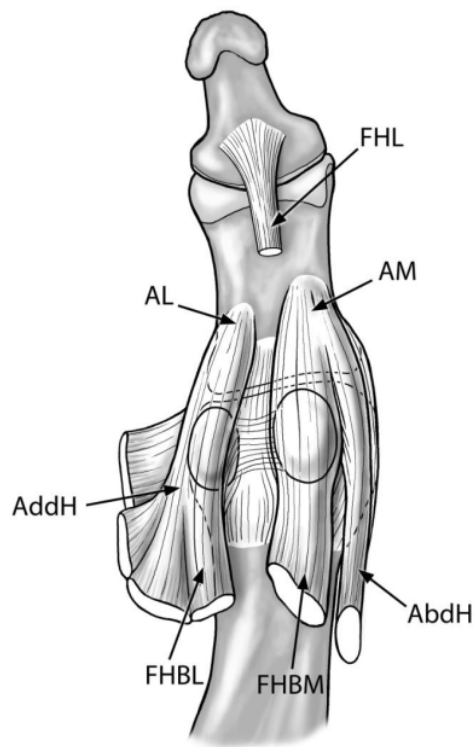
Anatomicky i funkčně je daleko složitější uspořádání flexorového aparátu na plantární straně kloubu. Tento komplex je tvořen ¹ plantární porcí kloubního pouzdra MTP kloubu, průběhem šlachy m. flexor hallucis longus mezi šlachami FHB, sezamskými kůstkami a úpony m. abductor a adductor hallucis (Owens 2005; Sarafian 2003). Nejdůležitější část tohoto komplexu tvoří FHB, a to zejména jako stabilizátor palce při stojné a odrazové fázi kroku, kdy dochází k odvíjení palce do dorziflexe. M. flexor hallucis longus upínající se ¹ na bazi distálního článku je hlavním dynamickým činitelem v odrazové fázi kroku. Poškození, či insuficience jak svalu, tak i jeho úponu vede k výraznému oslabení stability palce a celého mediálního pilíře nohy (Ger 1988).

¹ Začátek FHB je na os cuneiforme laterale, ligamentum plantare longum a laterální porci úponu m. tibialis posterior na os naviculare. V oblasti průběhu pod prvním metatarzem dochází k rozdělení svalového bříška na mediální a laterální porci pokračující dále dvěma šlachami, které se upínají na tuberkuly baze proximálního článku. Do průběhu pod hlavičkou prvního metarzu jsou do šlach vloženy sezamské kůstky (Obr. 3).

¹ Začátek FHB je na os cuneiforme laterale, ligamentum plantare longum a laterální porci úponu m. tibialis posterior na os naviculare. V oblasti průběhu pod prvním metatarzem dochází k rozdělení svalového bříška na mediální a laterální porci pokračující dále dvěma šlachami, které se upínají na tuberkuly baze proximálního článku. Do průběhu pod hlavičkou prvního metarzu jsou do šlach vloženy sezamské kůstky (Obr. 3).

¹ Začátek FHB je na os cuneiforme laterale, ligamentum plantare longum a laterální porci úponu m. tibialis posterior na os naviculare. V oblasti průběhu pod prvním metatarzem dochází k rozdělení svalového bříška na mediální a laterální porci pokračující dále dvěma

šlachami, které se upínají na tuberkuly baze proximálního článku. Do průběhu pod hlavičkou prvního metarzu jsou do šlach vloženy sezamkové kůstky (Obr. 3).



Obr. 3. Plantární strana I. MTP kloubu palce. AL – laterální úpon FHB, AM – mediální úpon FHB, AddH – šlacha m. adduktor hallucis upínající se do laterální šlachy FHB, AbdH – šlacha m. abduktor hallucis – upínající se spolu s mediální hlavou FHB na bazi proximální falangy, FHBL – laterální hlava FHB, FHBM – mediální hlava FHB, FHL – šlacha m. flexor hallucis longus.

Cévní zásobení kloubu je zajištěno z dorzálních a plantárních metatarzálních arterií, jež jsou přímými větvemi arcus arteriosus plantaris et dorsalis pedis. Mediální část je zásobena konečnou větví a. plantaris medialis. Zásadní pro klinickou praxi je znalost cévního zásobení hlavičky prvního metarzu z nutritivní arterie vstupující do kosti plantárně ve

střední třetině diafýzy. Poškození má za následek nekrózu hlavičky (Crock 1967; Shereff 1987).

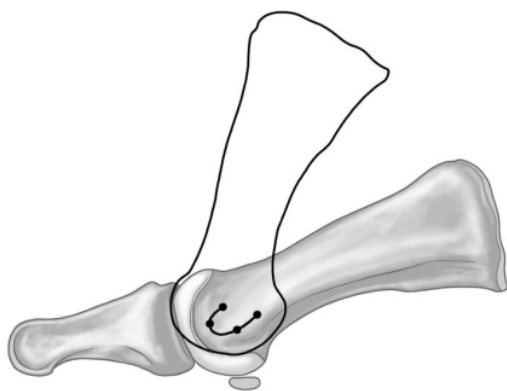
Žilní drenáž z oblasti I. MTP kloubu je variabilní. Krev je odváděna drobnými pleteněmi ústíci do dvou dorzálních a dvou hlubokých metatarzálních vén, které dále ústí z velké části do dorzálního venózního oblouku (Styf 1990).

Na inervaci palce se podílí terminální větve n. plantaris medialis a n. peroneus profundus et superficialis, jež jsou konečnými větvemi n. tibialis. Dorzolaterální část kloubu je senzitivně inervována z n. peroneus superficialis a plantární oblast z n. plantaris medialis (Clemente 1985).

1.1.2. Biomechanika I. metatarzofalangeálního kloubu

První metatarzofalangeální kloub je kloubem složeným, skládajícím se z artikulace mezi kloubní plochou hlavičky prvního metatarzu s kloubní plochou baze proximální falangy a ze skloubení sezamských kůstek se spodinou hlavičky prvního metatarzu. Základním pohybem v kloubu je dorziflexe a plantiflexe v sagitální rovině. Díky kloubním stabilizátorům, jako jsou kolaterální vazy, pouzdro a kolemkloubní svaly, jsou addukce, abdukce, inverze a everze za normálních okolností minimálními pohyby, ačkoliv to tvar kloubních ploch umožňuje. V rovině sagitální tvoří kloubní povrch hlavičky spirálu a v rovině transverzální je sférický, přičemž radius zakřivení je roven šíři hlavičky. Tvar kloubní plochy hlavičky dovoluje pohyb proximálního článku i do addukce, abdukce, inverze a everze (Yoshioka 1988; Brahm 1988). Při fyziologické chůzi je přes první parsek nohy přenášeno 50 – 60 % váhy těla. Jelikož není tvar kloubní plochy na hlavičce prvního metatarzu v sagitální rovině kulový, ale je zakřivena do spirály, nedochází při pohybu v této rovině k

rotaci kolem jedné osy. Při dorzi a plantiflexi tak dochází k translaci osy otáčení (Obr. 4). Z krajní plantiflexe při přechodu do krajní dorziflexe dochází nejprve k přesunu osy otáčení distálně, poté mírně dorzálně a následně proximálně. (Hicks 1954; Ebisui 1968).



Obr. 4. Translace osy otáčení při pohybu v sagitální rovině.

Díky této translaci je při odrazové fázi kroku, kdy je kloub zatížen a palec zůstává v kontaktu s podložkou, umožněno odvinutí hlavičky s následnou ztrátou kontaktu s podložkou. Při dorziflexi dochází k valivému pohybu i v ostatních kloubech mediálního pilíře, a to v prvním metatarzokuneiformním kloubu, prvním interkuneiformním a v navikulokuneiformním kloubu.

V nulovém postavení svírá osa prvního metatarzu vůči ose proximální falangy v sagitální rovině přibližně 15° . V transverzální rovině je tento úhel do 5° . Jak již bylo zmíněno, je nejdůležitějším pohybem v I. MTP kloubu dorziflexe a plantiflexe. Rozsah hybnosti na zdravém kloubu je $20-30^\circ$ do plantiflexe a $30-40^\circ$ do dorziflexe.

1.1.3 Hallux limitus a hallux rigidus – definice

Stejně jako ostatní klouby může být i I. MTP kloub postižen artrózou. Toto onemocnění je definováno postupnou degradací hyalinní chrupavky kloubních ploch s následným rozvojem subchondrální sklerózy a tvorbou marginálních osteofytů. Tento proces je provázen lokální bolestivostí na podkladě iritace volných nervových zakončení v subchondrální kosti a reaktivní synovialitidou. S gradací degenerativních změn dochází k omezování rozsahu hybnosti a celkové funkčnosti kloubu, jež vede k výraznému narušení stereotypu chůze. Právě díky postupnému omezení hybnosti je artrotické postižení v této lokalitě u lehčích forem pojmenováno hallux limitus a v pokročilé fázi hallux rigidus (Dungl 2005). Termín „Hallux rigidus” uvedl v roce 1887 jako první Cotterill (1887) a dodnes je nejužívanějším pojmenováním tohoto onemocnění. První novodobý popis artrózy I. MTP kloubu palce pochází nezávisle na sobě od Davis – Colleyho a Lucyho z roku 1887, kteří se ve svých pracích zabývali ztuhlostí palců u mladých mužů. V literatuře se můžeme setkat i s názvem „Hallux equinus,” které je používáno pro stav výrazně omezené dorziflexe I. MTP kloubu se současným flekčním postavením proximální falangy. Toto postižení je však nepoměrně vzácnější než typický hallux rigidus (Rzonca 1984). „Dorsal bunion” je pojem vyskytující se ve starší anglosaské literatuře. Současná anglosaská terminologie používá pro artrotické postižení I. MTP kloubu pojem „arthritis of the fist metatarsophalangeal joint” (McKay 1990).

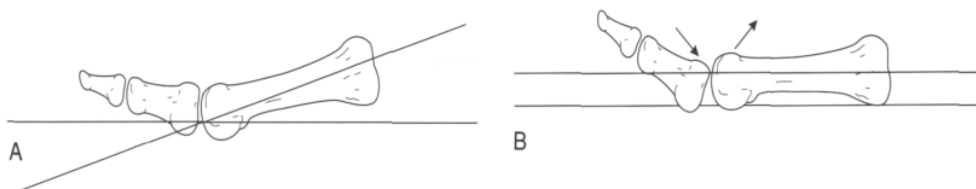
1.1.4. Hallux limitus a hallux rigidus – etiologie

Podíváme-li se na problematiku vzniku hallux rigidus z hlediska dostupné literatury, setkáme se s množstvím etiologických faktorů vedoucích ke společnému morfologickému a klinickému obrazu.

Prolongovaný první metatarz egyptského tvaru přednoží jako etiologický faktor popsal v roce 1930 Nilsonne. Sklon prvního metatarzu v sagitální rovině oproti ostatním metatarzům porovnává ve své studii Lambrinudi (1938). U pacientů s artrotickým postižením I. MTP kloubu se často nachází první MTT v elevačním postavení. Tento stav označujeme metatarsus primus elevatus (Horton 1999; Camasta 1996) a způsobuje při dorziflexi impingement baze falangy v dorzální části hlavičky. V této situaci dochází k vyrovnání fyziologického úhlu základního nulového postavení v I. MTP kloubu. To má za následek omezenou dorziflexi, v jejíž krajní fázi dochází k nárazu dorzálního okraje baze proximálního článku do dorzálního okraje kloubní plochy hlavičky. Na podkladě této opakované traumatizace dochází k degenerativním změnám v této oblasti s progresí vzniku dorzálního osteofytu na hlavičce metatarzu (Obr.5). Ke stejným závěrům došli ve své práci z roku 1958 i Kessel a Boney. Ti navíc u části pacientů označili za vyvolávající faktor drobné osteochondrální léze typu osteochondritis dissecans vzniklé na podkladě úrazu palce. Meyer et al. (1987) udává ve své práci jako příčinu vzniku metatarsus primus elevates svalovou dysbalanci. Klíčovou roli při vzniku tohoto postavení přitom hraje šlacha m. peroneus longus. Ta ve svém průběhu laterálně obkružuje os cuboideum a upíná se z plantární strany na první metatarz. Svým tahem, který se maximálně aktivuje při chůzi, udržuje právě první metatarz ve flekčním postavení vůči podložce. Je-li noha v pronačním postavení, způsobeném malpozicí subtalárních kloubů u podélného plochonoží, je tato funkce m. peroneus longus značně oslabena, což následně přispívá ke vzniku metatarsus primus elevatus. Z toho vyplývá, že při

rozvoji hallux rigidus se uplatňují morfologicky-funkční vlivy i zdánlivě vzdálené od prvního metatarzofalangeálního kloubu.

Při vzniku defektu chrupavky se může uplatnit jedna traumatická událost většího rozsahu, jako je např. distorze či kontuze kloubu, nebo opakovaná menší traumatizace typická pro sportovní aktivity. Právě opakovanou traumatizaci kloubu jako společný etiologický faktor vzniku hallux rigidus publikuje ve své práci Goodfellow (1966). V souladu s touto hypotézou je i práce McMastera (1978), který jako nejčastější místo vzniku chondrální léze udává kontakt dorzálního okraje baze proximálního článku s hlavičkou prvního metatarzu v maximální dorziflexi.



Obr. 5. A – Fyziologické postavení I. metatarzu. B – Metatarsus primus elevatus. Šipka ukazuje na místo kontaktu baze proximální falangy na dorzální část hlavičky. Převzato od J.V Hetheringtona (1994).

Teorii multifaktoriálního vzniku poprvé popsal Root et al. v roce 1977, kdy mezi etiologické faktory řadí prodloužený první metatarz, hypermobilitu, metatarsus primus elevatus, stavy po infekční artritidě, opakované trauma, osteochondrosis disicans, revmatoidní artritidu, dnovou artritidu a následky po operačních výkonech.

Degenerativní postižení I. MTP kloubu je i součástí systémových onemocnění pojiva, jako je revmatoidní a psoriatická artritida, nebo systémových artropatií, z nichž nejčastější jsou dna a hemochromatóza.

Jistou roli při vzniku hallux rigidus hraje i genetická zátěž, jako je tomu u hereditárních degenerativních onemocnění chrupavky spojených s redukcí exprese signálního receptoru pro Bone Morphogenetic Protein (BMPR 1a) (Rountree 2004).

Multifaktoriální vznik hallux limitus/rigidus je v současnosti všeobecně přijímaný konsensus. Jednotlivé noxy mohou hrát různě významnou roli při jeho vzniku a není výjimkou jejich vzájemná potenciace.

1.1.5. Klinický obraz

Bolest palce je základním symptomem, jež přivádí většinu pacientů s počínajícím nebo již rozvinutým hallux rigidus k lékaři. Ta se projevuje nejvíce při pohybu. Bolest I. MTP jako projev akutního dnového záchvatu bývá naopak typicky v klidu a v časných ranních hodinách. Klidová bolest je přítomna u pokročilých případů a je podmíněna reakcí měkkých tkání na nitrokloubní synovialitidu nebo osteofyt, nad kterým vzniká palpačně bolestivý otlak (Obr.6).

S postupující destrukcí kloubních ploch dochází i k progresi omezení hybnosti. Jelikož bývá nejvíce alterována dorziflexe, dochází k postupné kontrakci flexorů a následnému vzniku degenerativního poškození kloubních ploch mezi sezamskými kůstkami a hlavičkou prvního metatarzu. Omezení rozsahu plantiflexe zůstává často méně postiženo. Dochází k němu až po značném poškození kloubních ploch a po vzniku marginálních osteofytů bránících volnému pohybu. Ty vznikají jako obrana organismu na bolestivý pohyb v postiženém kloubu. V plně rozvinutých stádiích je hybnost v kloubu prakticky nulová (Dunl 1989).



Obr.6. Pacient, muž, 47 let s hallux rigidus vlevo, vzniklého opakující se mikrotraumatizací při sportu (hokejbal). Vlevo pohled na dorzální stranu kloubu. Šipka ukazuje na otlak, podmíněný osteofytickou produkcí. Celý kloub je typicky zbytnělý opět na podkladě osteofytické produkce a reakce měkkých tkání na synovialitidu kloubu. Vpravo bočný pohled.

Jak již bylo zmíněno, je první praporek enormě zatěžovaným kloubem. Při stojí na špičkách nese I.MTP kloub přibližně 30 % tělesné váhy. Bolest a omezená hybnost vedou k výraznému narušení pohybového stereotypu a fyziologické chůze. Pacient se intuitivně snaží postižený kloub šetřit, čímž dochází k přetěžování laterálního pilíře nohy. Tento fakt vede k narušení celého pohybového řetězce od nohy, po kolenní, kyčelní a sakroiliakální kloub konče v lumbosakrální páteři. Hallux rigidus tak svým vlivem přesahuje daleko hranice I. MTP kloubu. U pacientů tak můžeme shledat akcentaci bolestí nosných kloubů dolní končetiny s bolestí lumbosakrální páteře způsobené asymetrickým přetížením z nesprávného stereotypu chůze.

U pokročilých stadií nacházíme hyperkeratotické otlaky pod hlavičkami ostatních MTP kloubů jako reakci na přetížení. Dalšími nálezy bývají pronační postavení nohy s hypermobilitou v Chopartově a Lisfrankově kloubu.

1.1.6. RTG nález a klasifikace

Pořízení RTG snímku v dorzoplantární a laterální projekci v nášlapu postiženého kloubu patří do základního vyšetřovacího algoritmu. Dle stadia postižení nacházíme typické známky osteoartrózy, podobně jako u jiných synoviálních kloubů. V počátečních stadiích je kloubní štěrbina zachována nebo mírně zúžena a bývá přítomen nevelký dorzální osteofyt na hlavičce prvního metatarzu. S progresí onemocnění dochází k postupnému zúžování kloubní štěrbiny, tvorbě okrajových osteofytů a vzniku subchondrální sklerózy, někdy i s přítomností subchondrálních cyst jako reakce na degradaci kloubní chrupavky. Po fragmentaci chrupavky může dojít k tvorbě volných nitrokloubních tělísek. V nejtěžších stadiích nacházíme ankylotický kloub se zcela vymizelou kloubní štěrbinou a mohutnými osteofyty přemostující kloubní štěrbinu (Obr. 7).

Pronační postavení nohy lze stanovit z laterální projekce, a to pomocí kalkaneárního inklinčního úhlu a laterálního talokalkaneárního úhlu (Obr.8). K pronačnímu postavení dochází při poklesu kalkaneárního úhlu z normální hodnoty 18° – 23° k nule a zvyšování talokalkaneárního úhlu z normální hodnoty $45^{\circ} \pm 3^{\circ}$.

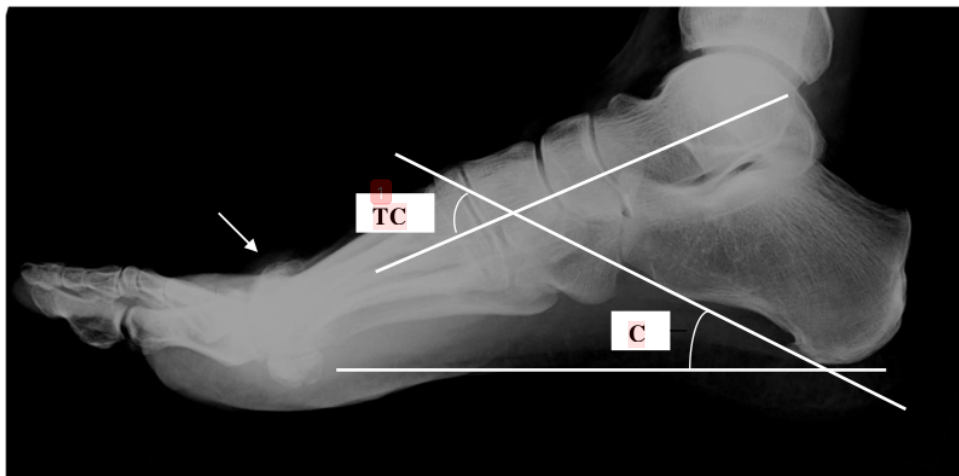
K zařazení stupně postižení používáme klasifikace postavené na klinickém a rentgenovém nálezu, nebo na kombinaci obojího. Stupeň postižení nám napomáhá při stanovení léčebného postupu. Klasifikace založená pouze na klinickém hodnocení je Bonney-McNaba (Bonney 1952). Hlavním hodnotícím kritériem je měření rozsahu hybnosti v I.MTP kloubu a intenzita bolesti. Naopak klasifikace dle Hattrup – Johnsona je čistě radiologickou

(Hattrup 1988). Stupně postižení jsou stanoveny na základě přítomnosti známek artrózy, jako jsou zúžení kloubní štěrbinu, subchondrální skleróza a marginální osteofyty.



Obr. 7. Snímky přednoží v dorzoplantární projekci, a – mírné postižení I. MTP kloubu, kdy je již přítomna subchondrální skleróza (černá šipka) a drobné marginální osteofyty na laterální straně kloubu (bílá šipka), b – pokročilá artróza – téměř ankylotický kloub (šipka ukazuje na kloubní štěrbinu s mohutnou sklerózou), c – artrotické postižení I. MTP kloubu. Patrná jsou mohutná nitrokloubní tělíska (viz šipka), d – nitrokloubní tělíska extirpovaná při implantaci náhrady (identický pacient jako na obr. c).

V klinické praxi jsou nejpoužívanější klasifikace kombinované, a to zejména pro svou komplexnost, dávající jasný obraz postiženého kloubu. Řadíme sem Coughlinovu (2003), Rzoncovu (1984), Dragovu (1984) a Regnauldovu klasifikaci (1986).



Obr. 8. Laterální snímek nohy. Šipka ukazuje typický dorzální osteofyt na hlavičce I. metatarzu. Pronační postavení nohy charakterizuje snížení inklinčního kalkaneárního úhlu (C) a zvětšení laterálního talokalkaneárního úhlu (TC).

Coughlinova klasifikace je v současnosti celosvětově nejpoužívanější právě pro svou komplexnost, přehlednost a dobrou klinickou reproducibilitu (Tab.1.).

Stupeň	Rozsah hybnosti	RTG nález	Bolest
0	DF 40 - 60° (ztráta 20% normálu)	Normální nález.	ne
I	DF 30 - 40°	Přítomný dorzální osteofyt. Jinak minimální změny.	občasná, mírná
II	DF 10 - 30°	Mírné až střední zúžení kloubní štěrbiny, přítomna subchondrální skleróza, dorzální, mediální a laterální osteofyty.	střední, v krajních polohách
III	DF méně než 10°, často PF méně než 10°	Těžké RTG změny s přítomností subchondrální sklerózy, hypertrofických osteofytů a cyst, těžká eroze chrupavky.	stálá střední až silná, při pohybu
IV	ztuhlý kloub	Zánik kloubní štěrbiny, přítomnost hypertrofických osteofytů a cyst, výrazné artrotické postižení sezamských kostí.	stálá silná při každém pohybu

Tab.1. Coughlinova klasifikace hallux rigidus.

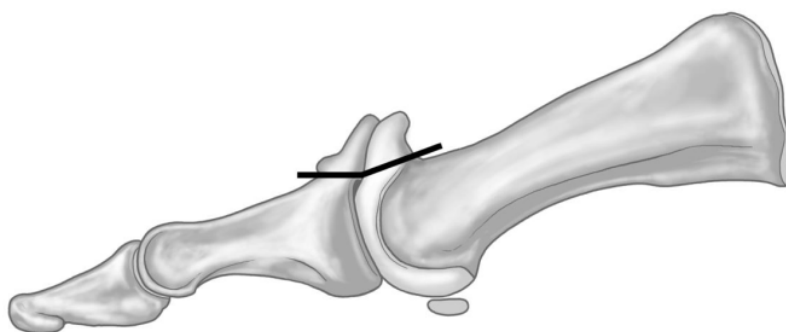
1.1.7. Léčba hallux rigidus

Konzervativní léčba je zpravidla indikována u I. a II. stadia dle Couglinovy klasifikace. K dispozici máme několik terapeutických modalit. K tlumení bolesti a synoviality používáme aplikaci lokálních nesteroidních analgetik, intraartikulární podání depotních kortikoidů a v přiměřené dávce i celkové podání NSAID. K podpoře narušené, ale vitální chrupavky lze intraartikulárně aplikovat kyselinu hyaluronovou. V současnosti probíhají studie ohledně možnosti reparace chrupavky pomocí RPP (rich plate plasma). Nedílnou součástí konzervativní léčby je správně vedená rehabilitační léčba včetně fyzikální terapie (Filip 2008).

Stupeň		Typ výkonu
0, I	Hallux limitus	Cheilotomie
II		Cheilotomie, op. sec. Moberg, op. sec. Youngswick
III, IV	Hallux rigidus	Artrodéza, náhrada MTP, resekční artroplastika (Brandes-Keller)

Tab. 2.

Po vyčerpání postupů konzervativní léčby je indikována operační léčba. Dle stadia postižení kloubu máme k dispozici několik typů operačních postupů, jak ukazuje Tab.2. Dalším kritériem při výběru postupu hraje roli věk a fyzické nároky pacienta.



Obr. 9. Odstranění dorzálních osteofytů při cheilotomii

Nejjednodušším operačním postupem je cheilotomie. Při tomto výkonu jsou odstraněny prominující osteofyty, zejména dorzální, k uvolnění dorzální flexe (Obr.9.). Součástí této operace jako i u jiných je mobilizace sezamských kůstek (Hattrup 1984; Filip 2008). Mezi nejkonzervativnější operační postupy zachovávající kloub řadíme osteotomii baze proximální falangy dle Moberga a zkracovací osteotomii distální části prvního metatarzu dle Youngswicka (Kessel 1958; Kilmartin 2005; Moberg 1979). Mobergovu osteotomii indikujeme u bolestivých kloubů při dorziflexi s minimálním postižením kloubní chrupavky a zachovanou plantiflexí. Je-li zároveň přítomna varianta dlouhého prvního metatarzu podmiňující dlouhý první paprsek egyptský tvar nohy, volíme právě abreviační chevron osteotomii dle Youngswicka (Havlíček 2007; Slullitel 2020). Proximalizací hlavice dojde k odlehčení a distalizaci sezamských kůstek a odlehčení v MTP kloubu, což vede k uvolnění dorziflexe.

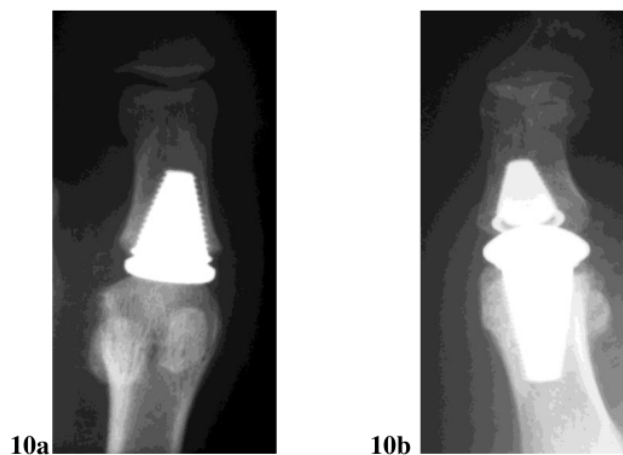
V případě drobných kloubních defektů a nevelkých osteofytů je možno provést artroskopickou operaci. Právě artroskopická operativa byla v posledních letech zavedena do koncepce ošetření hallux rigidus. Výhodou je malá invazivita, naopak nevýhodou jsou úzké indikační spektrum a omezené možnosti ošetření dané menší operační manévrovatelností. Přesto má artroskopie I. MTP kloubu v dnešní době své místo s dobrými výsledky.

V pokročilých stádiích, kdy kloubní chrupavka prakticky chybí a je přítomno výrazné omezení hybnosti, volíme výkony na samotném kloubu. Artrodéza, neboli ztužení kloubu, totální endoprotéza nebo hemiartroplastika a resekční artroplastika jsou třemi základními výkony indikovanými u III. a IV. stadia.

V posledních dvou dekádách došlo prakticky k opuštění indikace resekční artroplastiky. Ta se zúžila pouze na starší pacienty s minimálními pohybovými nároky. Výhodou je technická nenáročnost, úleva od bolesti a relativně rychlá rekonvalescence. Naproti tomu nevýhodou je špatná funkce palce, vedoucí často ke ztrátě statické a dynamické funkce prvního prstu. Nejčastěji používanými resekčními artroplastikami je operace dle Kellera a operace dle Maya (Keller 1904; Gibson 2005).

Ztužení I. MTP kloubu se může na první pohled zdát jako velmi omezující stav právě díky ztrátě hybnosti. Při správném provedení artrodézy a dobré hybnosti interfalangeálního kloubu však zdézovaný kloub poskytuje velice dobrou funkci prvního prstu i u mladých a velmi aktivních pacientů. Spolu s endoproteikou je tento výkon v současnosti nejpreferovanější.

Naopak implantace totální endoprotézy nebo hemiartroplastiky poskytuje obnovení funkce kloubu s vymizením bolesti (Gibson 2005; Kundert 2005; Seeber 2007; Barták 2010; Crachiolo 1992). Díky těmto výhodám je tato modalita mezi pacienty často upřednostňována (Obr. 10). Oproti dobře provedené a zhojené artrodéze však endoprotetika naráží na úskalí životnosti náhrady. Opotřebením, mechanické selhání, aseptické uvolnění a infekce jsou hlavními příčinami limitující životnost.



Obr.10. a – I. MTP kloub s implantovanou hemiartroplastikou ToeFit Plus. b – s implantovanou totální náhradou ToeFit Plus

Novým trendem posledních deseti let v léčbě pokročilých stadií hallux rigidus je implantace náhrad ze syntetické chrupavky na bázi hydrogelu polyvinylalkoholu (Obr.11). Tento materiál je plně biokompatibilní s vlastnostmi srovnatelnými s hyalinní chrupavkou. Výsledky těchto náhrad jsou v krátkodobém horizontu slibné. Poskytují úlevu od bolesti se zachováním hybnosti v kloubu. Otázkou zůstávají dlouhodobé výsledky vzhledem k relativně krátké době pozorování (Baumhauer 2016).



Obr. 11 - Cartiva Synthetic Cartilage Implant (SCI)

1.1.8. Epidemiologie

S degenerativním procesem I. MTP kloubu se setkáváme jak u žen, tak i u mužů v dospělosti, přičemž vrchol výskytu rozvinutých stadií je zaznamenáván v páté až šesté dekádě života. Pacienti ve věku pod padesát let nejsou v klinické praxi výjimkou. Jelikož neexistují žádné národní registry tohoto onemocnění a ani registry provedených operací v této indikaci, nelze incidenci a prevalenci tohoto onemocnění přesně stanovit. Určitý odhad lze vyvodit z publikovaných studií. Grady analýzou ¹ 264 RTG snímků přednoží nalezl artrotické postižení v různém stupni v 81 případech, tj. 30 % incidence (Grady 2002). V podobné studii z roku 2014 Howard stanovil prevalenci u 127 pacientů z celkového souboru 517 (25%), kteří pro úraz podstoupili RTG vyšetření přednoží. Výskyt artrózy byl častější u žen (32 %) než u mužů (18 %). Zároveň udává vyšší prevalenci v populaci nad 60 let, a to 66 % u žen a 47 % u mužů. Slabinou všech těchto studií jsou chybějící klinická data, zejména bolestivost a omezení hybnosti. Z těchto dat tedy vyplývá, že degenerativní postižení I. MTP kloubu je velmi častým postižením dospělé populace.

¹ **1.2. Endoprotetika I. metatarzofalangeálního kloubu**

1.2.1. Historický vývoj implantátů a jejich přehled

Celosvětově je v současné době artrodéza I. MTP kloubu zlatým standartem v řešení pokročilých stadií hallux rigidus. I přes tento fakt má implantace náhrady své místo a to právě proto, že poskytuje obnovení bezbolestného pohybu se zachováním stability kloubu a délky prvního paprsku.

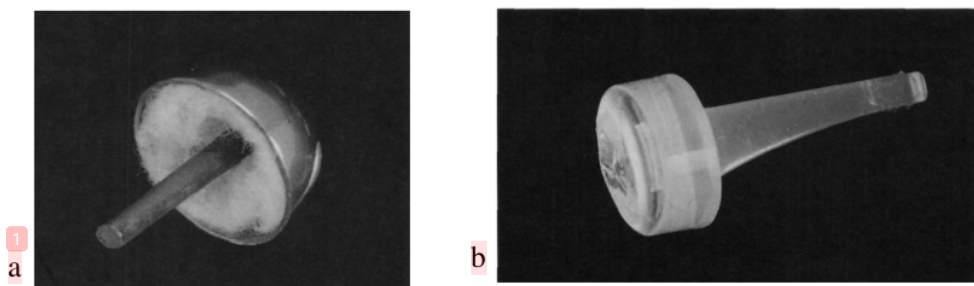
Náhrady dělíme na hemiartroplastiky, kdy je nahrazena jen metatarzální nebo falangeální část kloubu, totální náhrady, kdy jsou nahrazeny obě části kloubu zároveň, a interpoziční náhrady, kdy je do oblasti kloubní štěrbiny vložen implantát.

Dle způsobu fixace rozlišujeme implantáty cementované a necementované. Použití cementovaných náhrad se v endoprotetice I. MTP kloubu pro vysoké procento uvolnění neujalo. Díky tomu jsou prakticky všechny implantáty v současnosti necementované, kdy je fixace ¹ zajištěna press-fitovým nebo závitovým mechanismem a následně dochází k integraci kosti do povrchu náhrady (Mouzin 2001; Sun 2001). Samostatnou skupinu představují implantáty, které jsou pouze vsazeny do předmodelovaných kanálků v kosti a nejsou v nich kotveny. Mezi takové se řadí silikonové náhrady, které připomínáme z historického hlediska.

Pestrý historický vývoj v oblasti endoprotetiky I. MTP kloubu můžeme pozorovat ¹ od poloviny dvacátého století díky rozvoji ortopedické operativy.

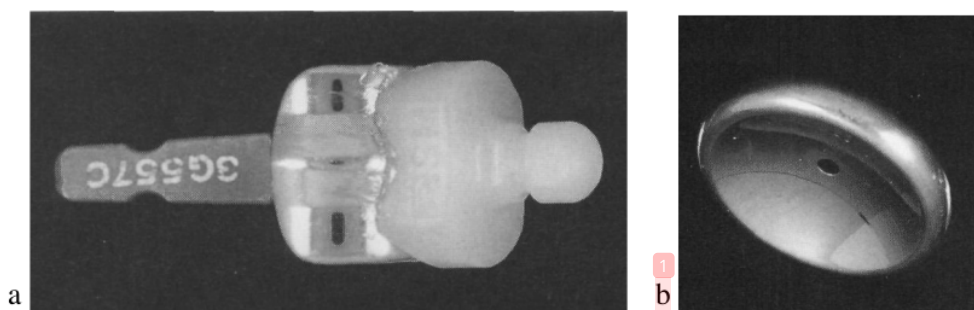
Zcela první publikovaný případ náhrady provedl ¹ v roce 1952 Endler implantací acrylmetacrylátové náhrady baze proximální falangy (Endler 1951). První kovovou necementovanou náhradou je Swansonova protéza z roku 1952. Jednalo se o sférickou náhradu hlavičky prvního metatarzu (Swanson 1973). V roce 1964 Seeburger implantoval duralliovou náhradu hlavičky metatarzu. Indikací k implantaci byl zprvu hallux valgus a až později byla používána k rekonstrukci hallux rigidus (Seeburger 1964). Ze stejného období pochází i totální vitalliová protéza Joplinova (Joplin 1971). V roce 1965 konstruuje Downey jediný ztištěný implantát pro použití na I. MTP kloubu, který nikdy nevyšel do klinické praxe (Downey 1965). Jak již bylo zmíněno, vstoupily do historie endoprotetiky i implantáty ze silikonu. S tím přichází v roce 1965 Swanson ve formě dřívkové metatarzální hemiartroplastiky (Swanson 1972; Freed 1993; Smetana 2003). ¹ O dva roky později představil ve spolupráci s firmou Dow Corning Wright i falangeální hemiartroplastiku (Kaplan 1984).

Po zkušenostech s předešlými protézami uvádí do praxe v roce 1974 monoblokovou silastikovou náhradu se dvěma dříky pro kotvení jak v hlavičce metatarzu, tak i v bazi proximální falangy. Tento model se uplatnil i v endoprotetice metakarpofalangeálních kloubů u revmatických destrukcí. Slabinou těchto implantátů byl silastikem indukovaný granulom, který způsobil osteolýzu kosti jak v oblasti baze proximální falangy, tak i hlavičky metatarzu (Swanson 1979). Tento výrazný nedostatek se snažil odstranit aplikací titanových pouzder na dříky, které měly zamezit přímému otěru silastiku o kost (Swanson 1991).



Obr. 11. a – Seeburgova duralliová hemiplastika (1964). b – Swansonova silastiková hemiplastika 1964. Převzato od J.V Hetheringtona.

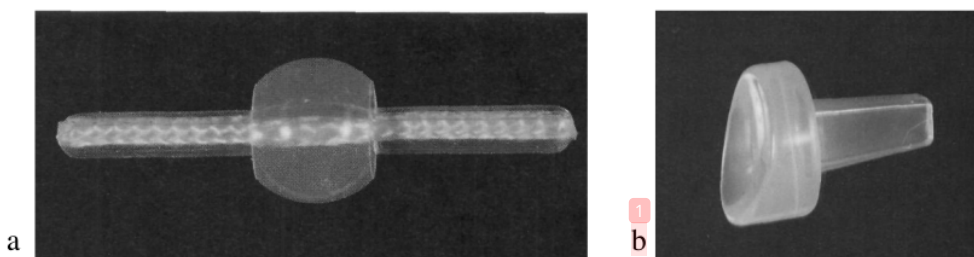
První náhradu skládající se ze samostatné falangeální a metatarzální komponenty za použití artikulačních povrchů ocel-polyethylen vyvinul v roce 1975 Richard (Weil 1984). Jelikož bylo pro kotvení v kosti nutno použít cement, docházelo k vysokým počtům uvolnění. Ačkoliv nenašla tato náhrada velkého klinického uplatnění, svou konstrukcí udala směr pro náhrady moderního designu.



Obr. 12. a – Richardova náhrada. b – Baroukova interpoziční náhrada. Převzato od J.V Hetheringtona (2000)

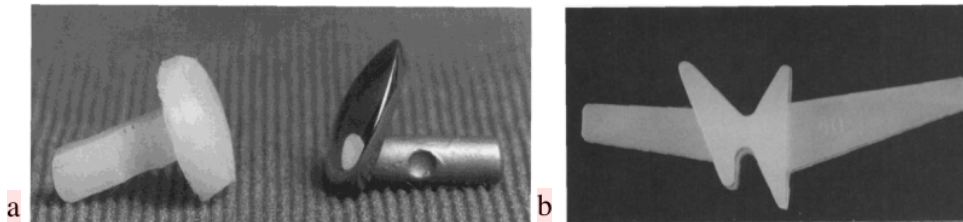
Typ interpoziční plastiky na principu vitaliové destičky kopírující kloubní povrchy sestrojil v roce 1975 Regnauld. Ta měla zamezit přímému styku resekovaných kloubních ploch a vést na témže místě k vytvoření vazivové chrupavky. Po několika měsících bylo provedeno vynětí (Regnauld 1986). Na stejném základě byla i Baroukova interpoziční plastika z roku 1984 (Barouk 2004). Ta byla ještě fixována Kirschnerovým drátem, aby byla zachována optimální poloha. I přes tento postup však docházelo k častým dislokacím.

Další z řady silikonových protéz, které je nutno pro úplnost zmínit, je Weilova modifikace Swansonovy hemiartroplastiky a Helalova univerzální náhrada pro drobné klouby - obě z roku 1977 (Arenson 1984; Helal 1982). Jisté vývojové zlepšení silikonových protéz představuje Sutterova náhrada z roku 1982. Ta byla v sagitální rovině vyhnuta o 15°, aby zůstalo zachováno fyziologické postavení v kloubu (Jarvis 1986).



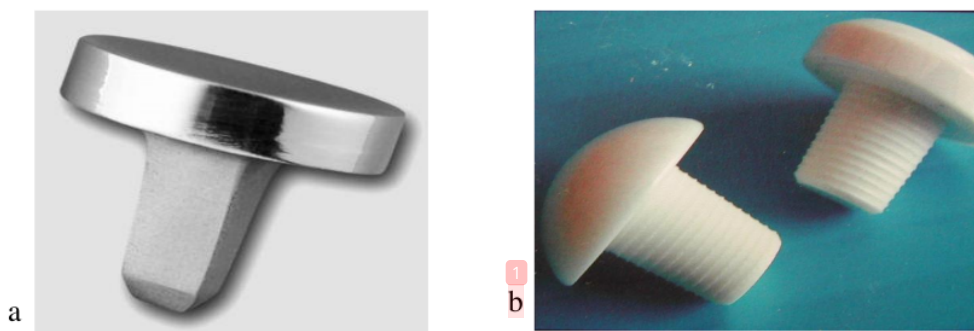
Obr. 13. a – Helalova univerzální náhrada. b – Weilova silikonová hemiartroplastika. Převzato od J.V Hetheringtona (2000)

Z řad cementovaných náhrad je dvoukomponentová protéza DePuy (1981) určená pro starší pacienty (Johnson 1981).



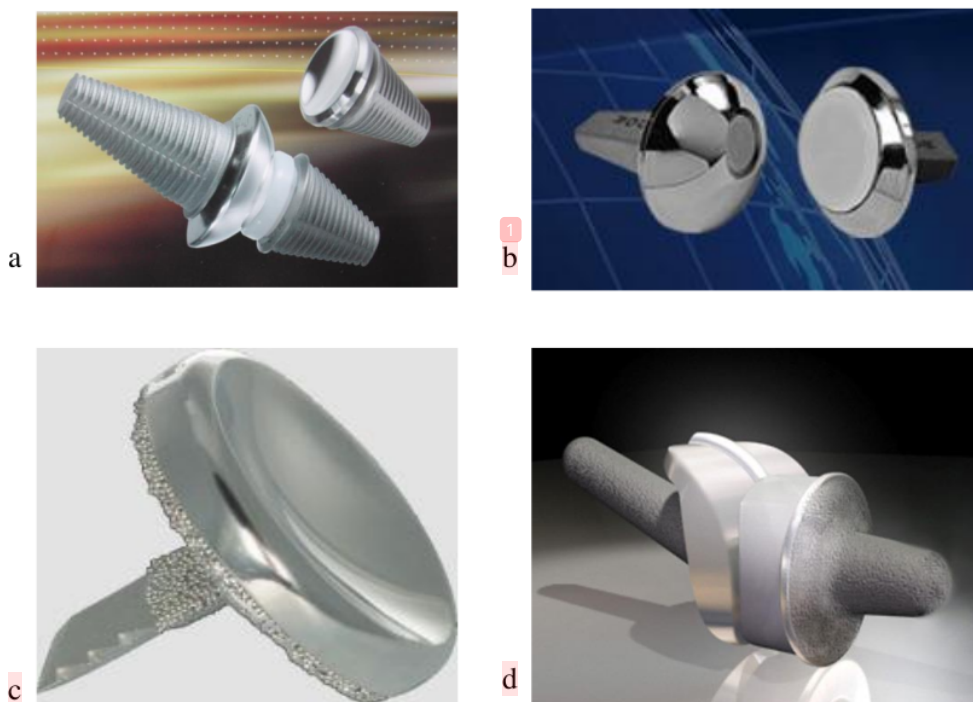
Obr. 14. Cementovaná náhrada DePuy. b – Sutterova silikonová protéza. Převzato od J.V Hetheringtona (2000)

Klinické studie prokázaly špatné výsledky po implantaci, které byly srovnatelné s resekční artroplastikou. Nepříliš dobré výsledky přinesla Lubinusova bipolární náhrada (Lubinus 1983), která byla implantována pouze u 22 pacientů. V roce 1986 konstruuje Swanson svou první titanovou falangeální hemiplastiku. Díky velmi dobrým výsledkům se tento design stal vzorem pro další generace implantátů až do současnosti. S velmi nadějnou koncepcí přišel v roce 1982 Hetherington, který setrojil pyrokarbonovou náhradu (Hetherington 1982). Tento materiál je pro své vynikající tribologické a mechanické vlastnosti a dobrou biokompatibilitu optimálním pro konstrukci kloubních implantátů. Výroba pyrokarbonu v této době byla velice náročná a nákladná, proto nedošlo k většímu klinickému uplatnění. V dnešní době díky zlepšení technologických postupů při jeho výrobě zažíváme renesanci v endoprotetice drobných kloubů, zejména ruky. Dalším nadějným materiálem v endoprotetice se stala keramika. První totální náhradu složenou ze dvou komponent zkonstruovali Giannini a Moroni v roce 1991 (Giannini 1991). Vzhledem ke špatné osteointegraci keramiky bylo procento uvolnění a následné migrace velmi vysoké.



Obr. 15. a – Titanová Swansonova hemiartroplastika. b – Keramická náhrada „MOJE“

Přehled ukázal, viz výše, že nejideálnějšími se staly titanové necementované implantáty. V roce 2002 Seeber a Knessl uvedli do praxe moderní titanový necementovaný implantát ToeFit[®]Plus možný k použití jak ve variantě hemiartroplastiky, tak totální náhrady s polyethylenovou artikulační vložkou. Ten se po svém uvedení do klinické praxe stal jedním z celosvětově nejpoužívanějších (Seeber 2002; Seeber 2007; Gupta 2017; Barták 2021). Výčet všech náhrad zavedených do klinické praxe v posledních dvaceti letech vysoce přesahuje rozměr této kapitoly. Pro úplnost ještě zmiňujeme nejrozšířenější implantáty posledních dvou dekad - totální náhradu Bio-Action Great Toe Implant[®], Movement Great Toe System[®], RotoGlide[®], BioPro[®] a ReFlexion[®] (Pulavarti 2005; Townley 1994; Ess 2002; Tunstall 2017; Richter 2019).



Obr. 16. Typy moderních náhrad I. MTP kloubu, a – ToeFit Plus ve variantě hemiplastiky a totální náhrady, b – Bio-Action, c – Hemiplastika Townley – BioPro, d – totální náhrada RotoGlide.

1.2.2. Materiálové složení náhrad

Pro výrobu náhrad je třeba, aby materiál byl biokompatibilní. Zároveň musí být dostatečně pevný, pružný a s minimální tvorbou otěrových částic. Svými vlastnostmi by se měl maximálně podobat nahrazované tkáni. (Frisch 1984, Burns 1991). U prvních endoprotéz bylo všeobecně používáno dřevo, sklo, slonovina, různé slitiny kovů. Postupem času se mnohé, zejména přírodní materiály zcela vyeliminovaly. Jak již bylo zmíněno, velké naděje se vkládaly v počátcích endoprotetiky prvního metatarzofalangeálního kloubu do silikonu a polyethylenu. Silikonový elastomer zprvu naplňoval předpoklady ideálního materiálu. S postupem času docházelo u většiny implantovaných náhrad díky vysoké reaktivnosti makrofágů na silikonové otěrové mikročástice k rozvoji agresivního granulomu způsobujícího osteolýzu okolní kosti (Kaplan 1984). Další komplikace, která byla ve větší míře

zaznamenána, byl vznik lymfadenopatií v regionálních uzlinách (Verhaar 1989; Scheider 1987; Lim 1983).

Problémem legovaných chirurgických ocelí bez povrchové úpravy kotvící části byla špatná osteointegrace do kosti, což vedlo k uvolnění a následné migraci náhrady provázené bolestí. Právě na osteointegraci náhrad byl zaměřen vývoj moderních náhrad. První náhradou s dobrými osteointegračními vlastnostmi se stala již zmiňovaná Swansonova hemiartroplastika (Obr.15). Správnost této filosofie podtrhují dobré klinické výsledky tohoto implantátu. Dalším mezníkem u této náhrady se stalo použití titanu jako velmi odolného, pevného a biokompatibilního materiálu. Navíc povrch titanových slitin lze velmi dobře makro i mikroporézně upravit, což výrazně zvyšuje osteointegrační vlastnosti (Jenkin 1988). Díky těmto vlastnostem je titan v současnosti nejpoužívanějším materiálem kotvících částí endoprotetiky všeobecně. Jedinou nevýhodou titanu je špatná leštitelnost jeho povrchu, čímž ho nelze použít pro konstrukci artikulačních povrchů. Ke konstrukci artikulačních povrchů se dnes běžně používá UHWMP (Ultra high weight molculat polyethylene) v kombinaci s chrome – kobaltovou ocelí.

1.2.3. Indikace

Nejčastější indikací k provedení náhrady I. MTP kloubu je osteoartróza. Ostatní příčiny vzniku destrukce, jak jsou popsány v kapitole 1.2.7, jsou v klinické praxi raritní. Zvláště postinfekční artróza je relativní kontraindikací pro možnost vzniku infekční komplikace po implantaci. Indikované klouby jsou zpravidla ve III. nebo IV. stádiu postižení dle Coughlina.

V rámci plánování operace je zapotřebí dodržet celková a lokální indikační kriteria. Ta zahrnují rizikové faktory zásadně ovlivňující následné přežití náhrady (Tab. 3). Z relativních kontraindikací lze uvést věk. Jelikož má náhrada určitou životnost pohybující se v mediánu

10-15 let, je téměř jisté, že u 40letého pacienta budeme muset řešit komplikace jako je uvolnění nebo selhání implantátu ještě za jeho aktivního života. Dalším relativním kritériem je fyzická zátěž, která logicky ovlivňuje životnost náhrady. Proto velmi aktivní muži středního věku tvoří minimum z celkového souboru pacientů s náhradou. S vyšším procentem komplikací se setkáváme taktéž u pacientů s revmatoidní artritidou (Jenkin 1988).

Lokální kritéria	Celková kritéria
1. Dobrá kvalita kostí – nepřítomnost kostní nekrózy 2. Adekvátní kvalita měkkých tkání 3. Dobré prokrvení a inervace 4. Dobrý stav kožního krytu 5. Nepřítomnost alergie na implantovaný materiál 6. Intermetatarzální úhel menší než 12-14° 7. Nepřítomnost akutního nebo chronického infektu v oblasti operované končetiny	1. Pacienti s BMI ≤ 30 2. Spolupracující pacient 3. Intaktní imunitní systém 4. Nepřítomnost chronického infekčního onemocnění 5. Nepřítomnost akutního infekčního onemocnění v posledních 6 měsících 6. Nepřítomnost neurovaskulárního postižení 7. Správný stereotyp chůze

Tab.3.

1.2.4. Operační postup

V popisu operačního postupu není mezi jednotlivými implantáty většího rozdílu. Ty jsou dány pouze velikostí a tvarem nitrodřeňových fréz pro kotvení implantátu a drobnými rozdíly v resekcí kloubních ploch. Pro ilustraci použijeme postup s naším implantátem PH – flex, jehož vývoj je předmětem analytické části této práce.

Implantace hemiartroplastiky i totální náhrady lze provést ve svodné (foot block) nebo celkové anestezii s použitím pneumatického turniketu k zajištění bezkreví. Operaci provádíme v ATB cloně cefalosporiny III. generace (Cefuroxime 1,5 g i.v.) celkem třemi dávkami. První dávka je podána 30 minut před operací a další následně á 8 hod. Během

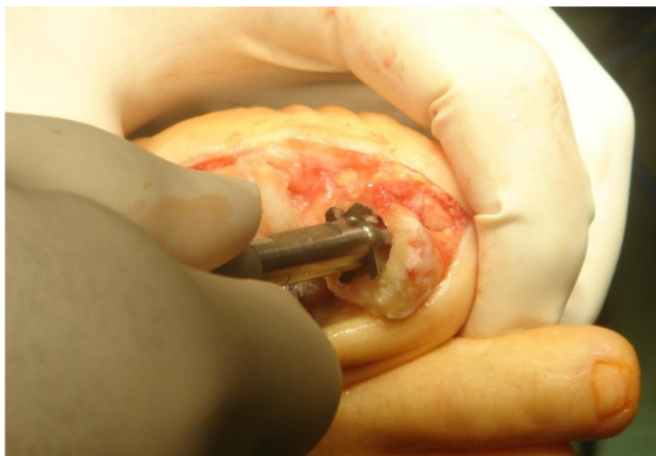
operace podáváme antiedematózní dávku kortikoidů. Do kloubu pronikáme pomocí dorzomediálního podélného přístupu. Výhodou tohoto přístupu je dobrá přehlednost kloubu s minimální alterací pouzdra a kolaterálních vazů důležitých pro následnou stabilitu a správné osové postavení. Rizikem je poranění podkožního mediálního senzitivního nervu. Po podélné discizi pouzdra a proniknutí do kloubu provádíme cheilektomii neboli snesení okrajových osteofytů, a to zejména dorzálního osteofytu hlavičky metatarzu.



Obr.34. Přístup a uvolnění kloubu. Vidíme výraznou osteofytickou produkci na hlavičce metatarzu.

Abychom se dostali dostatečně ke kloubním plochám a mohli provést modelaci dřevných dutin, je zapotřebí provést subluxaci v kloubu. K tomu je nezbytné uvolnění kloubního pouzdra v okolí baze falangy. Při tomto kroku je zapotřebí v plantární oblasti maximálně šetřit úpon obou šlach m. flexor hallucis brevis, které, jak již bylo zmíněno, mají zásadní vliv na správnou funkci v I.MTP kloubu. Dalším důležitým krokem je uvolnění sezamských kůstek a odstranění jejich osteofytů. Právě dobrá a bezbolestná funkce sezamských kůstek při jejich pohybu na plantární straně hlavičky metatarzu je zcela zásadní

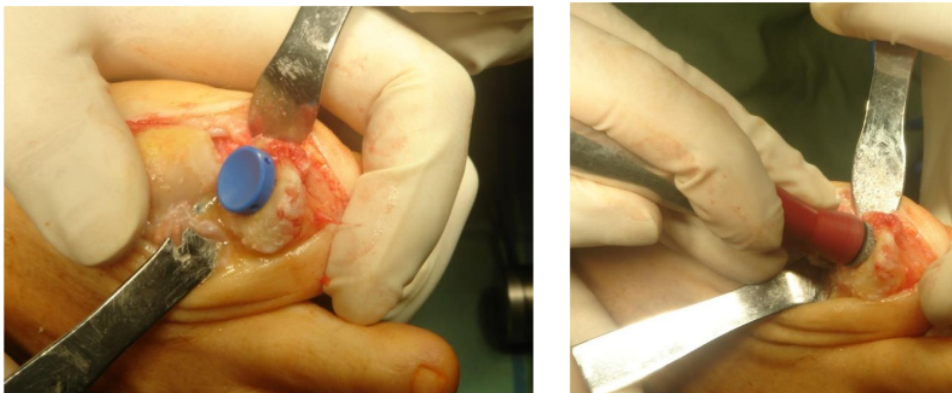
pro dobrou funkci náhrady. Bolestivost a špatná mobilita sezamských kůstek jsou častou příčinou omezené dorziflexe. V případě implantace hemiartroplastiky provádíme resekci baze proximální falangy. Rovina této resekce je kolmá na dlouhou osu falangy a prochází skrz subchondrální kost. Opět nesmí být tímto manévrem poškozen úpon krátkého flexoru. Linie resekce by neměla překročit hranici stanovenou anatomicke studii, jež je součástí této práce a bude detailně zmíněna. Šíře kloubní štěrbiny by se po resekci při lehkém tahu za palec měla pohybovat kolem 7 mm. Příliš těsný kloub má za následek výrazné omezení hybnosti již v časném pooperačním období provázené bolestivostí. Naopak příliš volný kloub vede k nestabilitě s rizikem subluxace, až luxace kloubu. U sklerotické kosti provádíme nejprve navrtání dřevové dutiny malou frézou z originálního instrumentária.



Obr.35. Zahájení modelace dřevové dutiny malou frézou s T-griffem.

Poté již kalibrovanými frézami s T-griffem modelujeme dřevovou dutinu do finálního tvaru odpovídajícího kotvící části náhrady. Velikost kotvící části je určena pomocí rysek na fríze. Po vyfrézování aplikujeme zkušební kotvící část se zkušební artikulací konkávní jamkou. Na těchto komponentách zkusíme tonus v lehkém tahu, kdy by šíře štěrbiny měla být 5 mm. Dalším testem je volnost hybnosti. Všimáme si, zda kloubní plocha nahrazené falangy volně

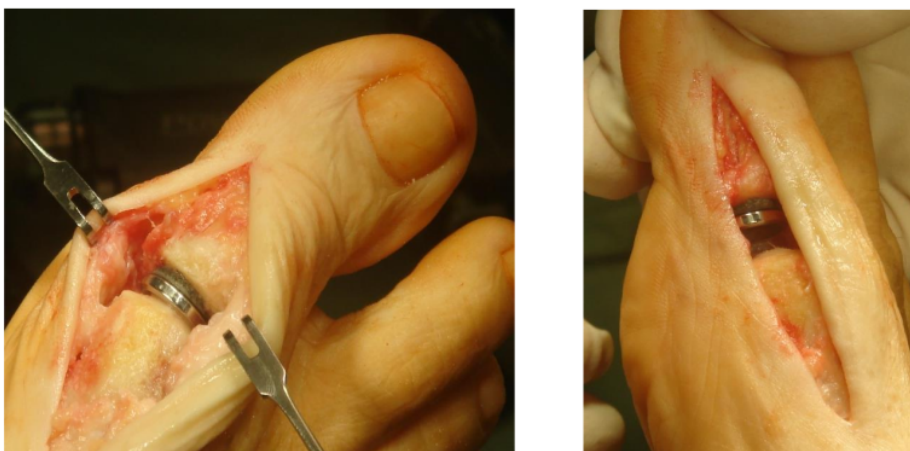
klouže po hlavičce a nedochází k jejímu zasekávání. Implantaci originálních komponent začínáme usazením kotvící části s lehkým doražením kladívkem. Při optimální modelaci a dobré kvalitě kosti dřevné dutiny je primární fixace press-fitem velmi pevná a stabilní. Na usazenou kotvící část nasazujeme originální leštěnou artikulaci. Ta je kotvena na principu Morseho konusu.



1 Obr.36. Vlevo – vložena zkušební komponenta. Vpravo – usazení a doražení originální titanové kotvící části do baze falangy.

Opět provedeme vyzkoušení chodu protézy do plantiflexe a dorzi flexe a tonus kloubu tahem za palec. Kloubní pouzdro při sutuře netonizujeme, aby nedocházelo k varizaci palce.

Následuje výplach a sutura kůže.



Obr.37. Vlevo - implantovaná hemiartroplastika. Vpravo zkouška vyvážení tahem za palec.

U totální náhrady je implantace falangeální komponenty stejná jako u hemiartroplastiky. Následuje resekce hlavičky prvního metatarzu. Rovina resekce probíhá ve 20° sklonu v sagitální rovině k dlouhé ose metatarzu. K dosažení optimálního vyvážení je požadováno, aby kloubní štěrbina při lehkém tahu za palec byla mezi 14 – 17 mm. Dále modelujeme dřevovou dutinu opět pomocí originální frézy do požadované velikosti. Pomocí zkušebních komponent provádíme vyvážení a chod implantátu. Testujeme vyvážení v lehkém tahu za palec, přičemž šíře štěrbiny by měla být kolem 5 mm. Následuje implantace originální kotvící komponenty, kdy lze ještě provést přezkoušení na zkušebních artikulacích. Oproti hemiartroplastice je falangeální artikulární plocha polyetylenová a metatarzální artikulární plocha z chrom-kobalt-molybdenové oceli.

Po operaci jak hemiartroplastiky, tak i totální náhrady následuje jednotný rehabilitační protokol. První pooperační den povolujeme chůzi o francouzských holích bez zatěžování operované končetiny. Na chůzi používáme rehabilitační botu se zvýšeným podpatkem tak, aby nedocházelo k zatížení přednoží. Ta přináší i celkový komfort pro pacienta a nedochází k výraznému narušení stereotypu chůze. S rozvíčováním operovaného kloubu začínáme druhý pooperační den pod analgetickou clonou a vedením edukovaného fyzioterapeuta. Nikdy

necvičíme bolestivý kloub, aby nedošlo ke vzniku reflexního omezení hybnosti. Postupně, ještě před dimisí, která bývá zpravidla třetí pooperační den, se snažíme o zapojení aktivní hybnosti v kloubu a provádíme rehabilitační instruktáž. Dbáme na důsledné odlehčení přednoží při chůzi do čtvrtého pooperačního týdne. Po tomto období přechází pacient na plnou zátěž operované končetiny s nácvikem stereotypu chůze pod dohledem fyzioterapeuta. Častým úskalím tohoto období je právě přenášení váhy na zevní stranu chodidla. Tento špatný návyk, nedojde-li k jeho včasnému odstranění, může dlouho přetrvávat a být zdrojem vertebrogenních bolestí. V celém rehabilitačním období dochází k intenzivnímu docvičení pasivní i aktivní hybnosti. Nedílnou součástí rehabilitačního procesu je i antiedematózní terapie. V prvních dvou týdnech, je nezbytná důsledná elevace a následně aplikace antiedematózních rehabilitačních procedur. Dobré zkušenosti máme s lymfodrenážemi a lokální aplikaci LASERu po zhojení rány. V ideálním případě je pacient schopen po osmi týdnech plného zatížení bez omezení běžných pohybových aktivit.

První kontrolní RTG snímek provádíme první pooperační den. Druhý po šesti týdnech. Jsou-li na snímku přítomny známky dobré osteointegrace bez migrace implantátu, může pacient naplno zatěžovat. Další kontroly jsou ve třech měsících, půl roce a roce po operaci. Obvykle zveme pacienty ke kontrole každě další dva roky.



1
Obr.38. Zkouška hybnosti po implantaci protézy. Vlevo dorziflexe, vpravo plantiflexe.



Obr.39.



Obr.40.

1.2.4. Komplikace

Stejně jako v endoprotetice jiných kloubů se setkáváme s obdobným spektrem komplikací I. MTP kloubu. Podle Vanoreho et al. (1984) lze komplikace náhrad rozdělit do čtyř skupin, a to na komplikace vycházející ze selhání implantátu, ze špatného vyvážení a nestability, ze špatného stavu kosti a funkční komplikace.

Budeme-li vycházet z klinické praxe, tvoří největší skupinu soubor pacientů s aseptickým uvolněním implantátu a vzniklou osteolýzou okolní kosti. Diagnostika se zde

opírá o provedení RTG snímku, na kterém vidíme osteolytický lem kolem kotvící části náhrady s různou mírou dislokace implantátu. Klinické příznaky jako bolest a omezení hybnosti jsou vyjádřeny v závislosti na rozsahu postižení. V naprosté většině případů je řešením extrakce implantátu. Následně můžeme ponechat kloub volný, bez náhrady, jako resekční artroplastiku. V tomto případě je výrazně omezená funkce kloubu a palec je ve zkratu. Daleko výhodnějším řešením je provedení artrodézy s použitím autogenního trikortikálního štěpu vloženého do místa kloubní štěrbině a fixovaného dorzální úhlově stabilní dlahou. Nevýhodou je dlouhá doba prohojování artrodézy s možností vzniku pakloubu.

Další významnou skupinu komplikací tvoří infekty. Incidence infekčních komplikací se významně neliší od jiných endoprotetických operačních výkonů a pohybuje se mezi 2 - 4 % (Jacobs 1984). Přítomnost cizího materiálu, kterým náhrada je, samozřejmě zvyšuje afinitu k bakteriální kolonizaci. V diagnostice je toto nutné odlišit od aseptického uvolnění. Při vzniku raného, tj. do jednoho měsíce, či pozdního infektu nacházíme lokální známky zánětu – zarudnutí, bolest, teplou kůži, v protrahovaných případech píštěl s pustulózní sekrecí a v laboratorním obrazu – elevaci C-reaktivního proteinu, leukocytózu a zvýšenou sedimentaci. Vzhledem k přirozené poloze dolní končetiny je noha oblast se zvýšenou venostázou, která brání přirozené mikrocirkulaci a predisponuje tak k tvorbě rezistentních pooperačních otoků. Díky tomu je často narušena vitalita tkání a kůže, čímž dochází ke zpomalenému hojení a snížení imunitní reakce. Není tak výjimkou vznik raných infektů v oblasti takto predisponované kůže a podkoží, čemuž se snažíme předcházet právě častou elevací, antiedematózní terapií a šetrnou operativou.

U pozdních infektů bývá příčinou nejčastěji infikovaný defekt kůže v okolí kloubu. Méně často je v této lokalitě příčinou kolonizace kloubu hematogenní cestou z dýchacích, močových nebo stomatologických fokusů. Diagnostickou punkci s provedením vyšetření na

bakteriální kultivaci, PCR a hladinu alfa – defensinu provádíme pouze, je-li kloub výrazně naplněn. V opačném případě, a jedná se o častější nález, bývá punkce suchá.

U každého podezření na infekci postupujeme v terapii razantně, neboť protražovaný infekční proces působí destruktivně jak na měkké tkáně, tak na kost. Raný infekci kožního krytu léčíme i.v. antibiotiky dle kultivace. Při podezření na infekci kloubu přistupujeme k operační revizi. V případě již integrovaného implantátu a v době trvání infektu do dvou týdnů provedeme pečlivý debridement a výplach jetlavagí. V případě uvolnění implantátu a známého patogenu s dobrou citlivostí k antibiotické terapii můžeme u raného infektu provést jednodobou reimplantaci náhrady. U pozdních infekcí se řídíme podobným algoritmem. Odlišné řešení nastává v případě dlouhodobě trvajících infekcí nebo uvolnění implantátu s přítomností osteolytických ložisek. Zde indikujeme extrakci náhrady, debridement a výplach jetlavagí. Plánujeme-li provedení artrodézy trikortikálním štěpem ve druhé době, aplikujeme temporární cementový spacer. Po šesti až osmi týdnech při dobré vitalitě okolních tkání můžeme přistoupit k provedení artrodézy. Tento postup je však časově velmi náročný a může vést k trvalému narušení správné funkce nohy při chůzi z důvodu dlouhodobého odlehčování. Příklad konverze hemiartroplastiky na artrodézu s ponecháním kotvící části ukazuje Obr. 41.

Funkční komplikace, do kterých zahrnujeme omezení hybnosti, bolest a osové deformity, bývají zpravidla na strukturálním podkladě, jako jsou již zmíněná aseptická uvolnění, infekci, artrofibróza a vznik atopických osifikací omezující hybnost. Zde je potřeba zmínit právě peroperační poranění flexorového aparátu. K poškození může dojít jednak v oblasti průběhu obou šlach krátkého flexoru, ale daleko častěji je možnost poranění úponu těchto šlach na bazi falangy chybně vedenou resekcí. Následná insuficience má za následek oslabenou flexi a vznik hallux extensus neboli „cock up“ deformity (Coughlin 2003).



Obr.41 – Pacient, muž, 62 let po falangeální hemiarthroplastice PH – flex, a – 4 roky po implantaci je náhrada velice dobře integrována, b – hybnost v kloubu je však výrazně omezená díky zařezávání artikulární plochy do hlavičky I. MTT, c – stav po extrakci artikulární části a provedení artrodézy dlahou, kotvící je část pro absolutní osteointegraci ponechána in situ, d – stav po vynětí dlahy půl roku po provedení artrodézy, která je dokonale prohojena.

Mezi vzácné komplikace patří traumatické luxace, zlomeniny, alergická reakce na materiál náhrady a vlastní selhání implantátu.

Z hlediska času lze komplikace rozdělit na časné a pozdní. Z časných komplikací se setkáváme především se špatným hojením rány, podmíněnou peroperační traumatizací, raným infektem nebo poruchou lokální mikrocirkulace. Mezi časné řadíme i krvácení podmiňující abnormální hematom. Tyto komplikace vedou ke zvýšené bolestivosti a zpomalují rehabilitaci. Mezi pozdní řadíme všechny ostatní výše uvedené. Samozřejmě se můžeme setkat i s celkovými komplikacemi provázející operační výkon. Mezi nejčastější patří tromboembolická nemoc. Té se snažíme efektivně předcházet podáváním nízkomolekulárních heparinů.



Obr. 42. Cock-up deformita palce.

2. Materiál a cíl studií

Předmětem této práce je komplexně zhodnotit vývoj endoprotetiky I. MTP kloubu na Ortopedické klinice 1. LF UK a FN Motol od roku 2005, kdy začaly implantace náhrady moderního typu ToeFit Plus®. V roce 2007 byl na naší klinice pod vedením mého školitele prof. MUDr. Stanislava Popelky, CSc. a doc. MUDr. Rastislava Hromádky, Ph.D. zahájen ve spolupráci s firmou MEDIN a.s. vývoj náhrady vlastní konstrukce. Podkladové anatomické studie, následný vývoj náhrady, instrumentária a uvedení do klinické praxe byly tématem mé disertační práce postgraduálního studia v oboru experimentální chirurgie na 1. LF UK, kterou jsem obhájil v roce 2011. Cílem habilitační práce je shrnout dosavadní zkušenosti a poznatky v oblasti endoprotetiky I. MTP kloubu na naší klinice. Významnou část tvoří přehled vývoje vlastního implantátu PH – flex a zhodnocení jeho klinických výsledků.

2.1. Naše zkušenosti s náhradou ToeFit Plus®

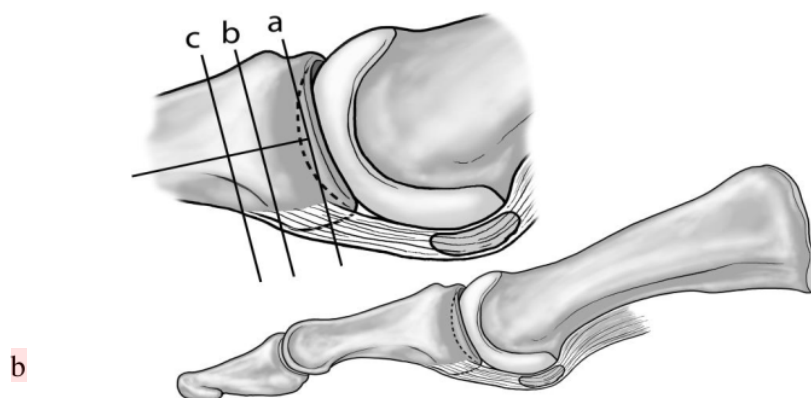
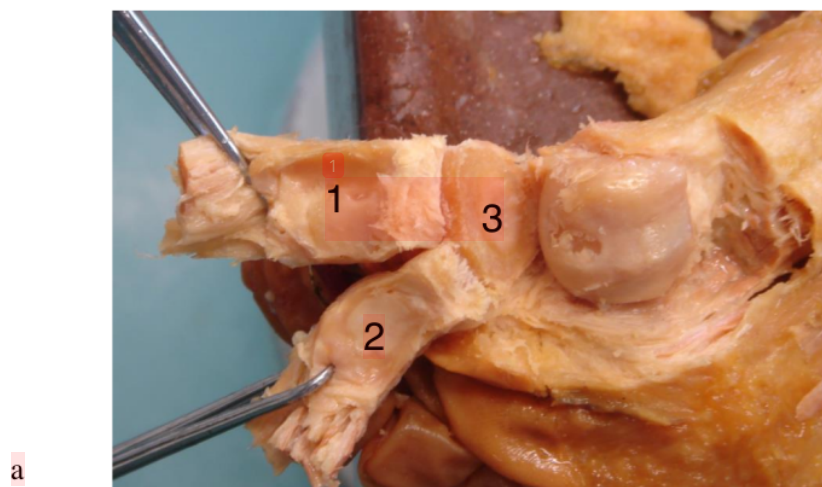
První necementovanou titanovou náhradou moderního typu, používanou na naší klinice, se stal implantát ToeFit Plus® vyráběný firmou Plus Orthopedics Holding, SA, Switzerland.

V rozmezí let 2005 a 2009 jsme provedli implantaci 19 totálních náhrad u 18 pacientů a 12 hemiartroplastik u 11 pacientů. Zpočátku jsme implantovali tuto náhradu jako falangeální hemiartroplastiku a následně převážila implantace totální náhrady. První hodnocené výsledky jsme provedli s průměrnou dobou pozorování $24 \pm 13,2$ (7-47) měsíců u skupiny totálních náhrad a $32 \pm 14,8$ (11-51) měsíců u skupiny hemiartroplastik. Další hodnotící studii na stejném souboru jsme provedli v roce 2019 s průměrnou dobou pozorování $11,2 \pm 1,1$ (9,8-13,1) let u skupiny totálních náhrad a $11,8 \pm 1,8$ (9,5-13-9) let u skupiny hemiartroplastik.

Soubor pacientů jsme hodnotili pomocí AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society score) hallux metatarsophalangeal-interphalangeal skóre, dále jsme zjišťovali rozsah pohybu (ROM – range of motion) a bolest pomocí VAS (Visual analog scale). Tyto parametry jsme odečítali před operací, pak po třech měsících, po roce a každé další dva roky po operaci. U dlouhodobých výsledků jsme sestrojili Kaplan-Meierovu křivku přežití jak pro soubor totálních náhrad, tak i hemiartroplastik.

2.2. Anatomická studie úponu m. flexor hallucis brevis

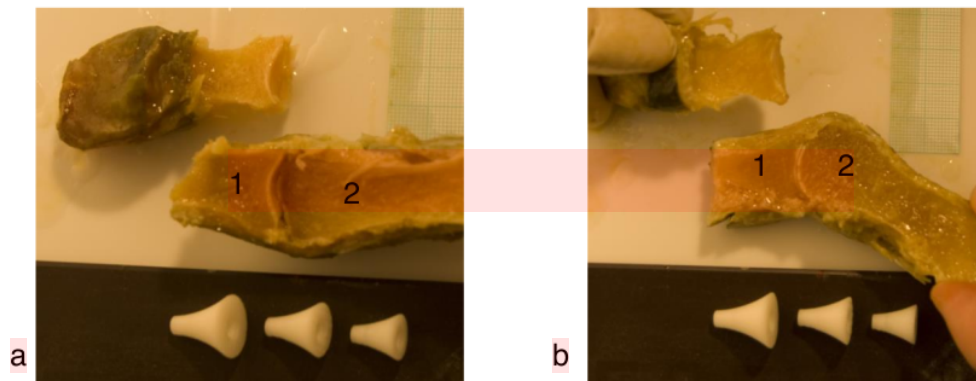
Poškození úponu m. flexor hallucis brevis na bazi proximální falangy je jedním z rizik při implantaci náhrady. Anatomická studie úponu FHBT se stanovením referenční linie a bezpečné zóny resekce má za cíl toto riziko minimalizovat. Měření jsme provedli na 36 kadaverózních preparátech dolních končetin. Všechny preparáty byly před měřením dopreparovány autory v plantární oblasti MTP kloubu. Nejprve byly izolovány šlachy FHB a šlachy m. abduktor hallucis se sezamskými kůstkami a následně jsme subperiostálně uvolnili úponové šlachy od baze falangy. Poté jsme měřili vzdálenost od okraje falangy ke konci úponu. V další fázi jsme provedli resekci baze proximálního článku v rovině kolmé na dlouhou osu článku. Tato rovina probíhala subchondrálním vrcholem konkavity kloubní plochy a určuje počátek úponu FHBT. Druhou měřenou hodnotou byla vzdálenost konce úponu od této roviny. Nakonec jsme změřili celkovou délku základního článku (Obr. 23).



Obr. 23. a – plantární pohled na I. MTP kloub, 1 – mediální 2 – laterální šlacha FHB odklopená plantárně, 3 – resekovaná baze proximální falangy, b - laterální pohled na I. metatarzofalangeální kloub, a – rovina kolmá na dlouhou osu falangy jdoucí subchondrální spodinou konkavitu kloubní plochy, b – výsledná rovina doporučené konečné resekce proximální falangy, c – rovina procházející koncem úponu laterální šlachy FHB.

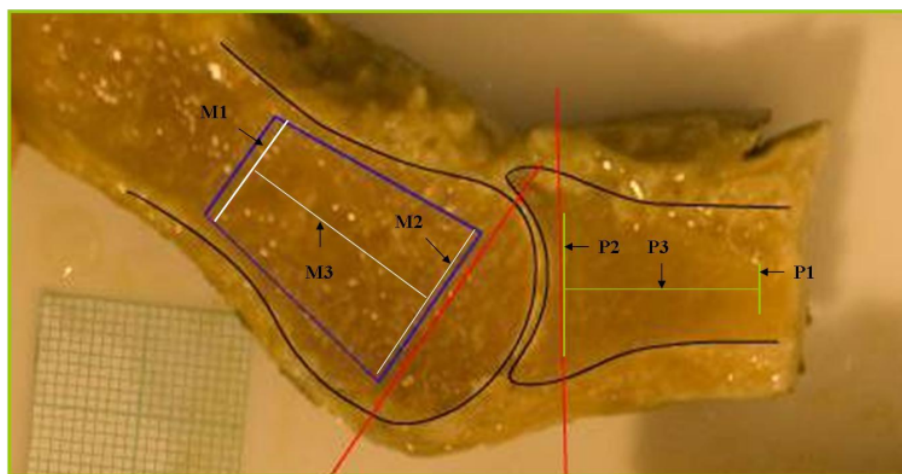
2.3. Vývoj náhrady I. MTP kloubu

V první fázi jsme provedli anatomickou studii s cílem stanovení tvaru a rozměrů dřevové dutiny distální poloviny prvního metatarzu a proximální poloviny základního článku palce na 30 kadaverózních preparátech I. MTP kloubu. (Obr.18).



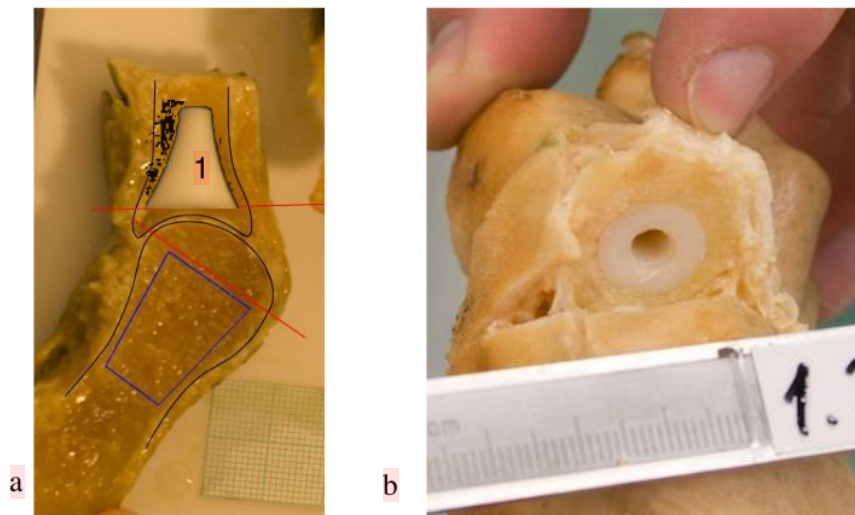
Obr. 18. a – transversální řez, b – sagitální řez I. MTP kloubem, 1 – proximální článek, 2 – první metatars. Dole na obou snímcích jsou modely kotvicích částí falangeální komponenty ve třech velikostech.

Řezy byly nafoceny a nakalibrovány. Následně byl stanoven tvar a rozměr dřevových dutin s velikostní škálou dle předpokládaného tvaru kotvicích částí. (Obr.18). Pro stanovení konečného tvaru a velikostí kotvicích částí byly stanoveny rozměry M1, M2 a M3 u metatarzální komponenty a rozměry P1, P2 a P3 u falangeální komponenty (Obr. 19). Pro naměřené hodnoty jsme spočítali průměr a dle jejich rozložení v histogramech určili základní rozměrovou škálu pro kotvicí komponenty.



Obr. 19.

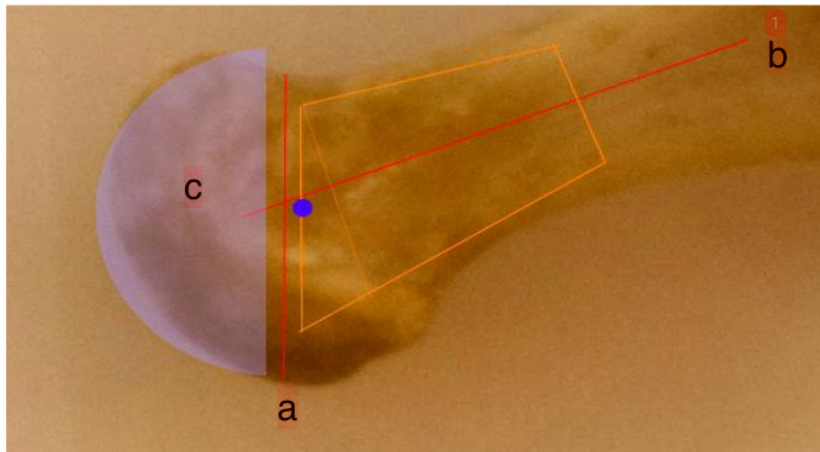
Dle zhotovených snímků byl stanoven základní tvar kotvících částí. Tyto digitální modely byly následně testovány na všech snímcích. (Obr. 20a). Na podkladě těchto modelů byly vytištěny na 3D tiskárně zkušební modely a následně otestovány spolu s dřevěnými frézami na kadaverózních preparátech (Obr.20b). Díky těmto výsledkům byl dokončen tvar kotvících částí spolu s frézami a finalizována velikostní škála. Poté byly opět vytvořeny modely a odzkoušeny na kadaverózních preparátech.



Obr. 20. a – snímek sagitálního řezu I. MTP kloubu se zobrazenými konturami kortikální kosti. Modře zobrazen tvar metatarsální kotvící části. Ověření tvaru falangeální komponenty přiložením snímku modelu (1) do dřevěné dutiny proximálního článku. b – odzkoušení modelu kotvící části falangeální komponenty na kadaverózním preparátu.

Další část anatomické studie byla zhotovena na snímcích 58 suchých kadaverózních preparátů prvního metatarzu vyfocených z laterálního pohledu s kalibračním měřítkem. Cílem této studie bylo získat rádius zakřivení kloubní plochy jako podklad tvaru a velikostní škály artikulační metatarzální plochy. Stejně měření jsme provedli i z dorzoplantárního pohledu. Pro zachování dobré hybnosti kloubu u hemiartroplastiky je potřeba zvolit větší ze dvou

měřených rádiusů, což je v našem případě mediolaterální. V opačném případě by mohlo docházet k výraznému narušování chrupavky zařezáváním artikulační plochy do hlavičky I.MTT. Tyto údaje byly podkladem nejen pro rádius jamky pro hemiartroplastiku, ale i pro zhotovení velikostní škály hlaviček metatarzální komponenty. Důležitým údajem pro konstrukci metatarzální komponenty je úhel mezi hlavičkou a diafýzou prvního metatarzu. Tento sklon hlavičky vůči kotvící části přibližuje náhradu skutečné anatomické situaci. Vylepšením hlavičky je i ubrání 1/6 vrchlíku z plantární strany tak, aby nedocházelo k mechanickému dráždění sezamských kůstek a flexorového aparátu.



Obr. 21. Boční snímek suchého kadaverózního preparátu prvního metatarzu. a – červená osa představuje rovinu hlavičky prvního metatarzu, b – červená osa diafýzy prvního metatarzu, c – kružnice přiložená ke stanovení jejího rádiusu. Modrý bod značí úhel osy hlavičky a metatarzu.

Dle námi získaných výsledků z anatomických studií byly vyrobeny originální kotvící a artikulační komponenty spolu s kompletním instrumentáři firmy MEDIN orthopaedics a.s.

2.4. Klinické zhodnocení náhrady PH – flex

Od ledna 2011 do roku 2016 jsme na Ortopedické klinice 1. LF UK a FN Motol provedli 35 implantací totální náhrady MEDIN, nově pojmenované PH – flex, u 31 pacientů. Průměrný věk pacientů v době implantace byl 57.7 let (39 - 72). V souboru bylo zastoupeno 29 žen a 2 muži. Pro klinické hodnocení jsme použili jako v případě náhrady ToeFit Plus® AOFAS skóre stanovení rozsahu hybnost a bolesti pomocí VAS. Při každé kontrole jsme opět provedli RTG snímek ke zhodnocení postavení náhrady a osteointegrace. V případě přítomnosti radiolucenční linie jako známky uvolnění v oblasti kotvící části byl tento fakt zaznamenán, stejně jako ostatní komplikace.

2.5. Statistika

Pro všechny číselné parametry byl stanoven průměr, směrodatná odchylka a rozpětí. Rozložení číselných souborů bylo provedeno pomocí Shapiro – Wilkova testu. K porovnání hodnot parametrických souborů (AOFAS, ROM, VAS) jsme použili Studentův t-test. Grafy rozložení číselných hodnot a všechno testování bylo provedeno programem Statistica 9 a 10 od společnosti Statsoft®.

3. Přehled a cíle publikací

3.1. BARTÁK, V., POPELKA, S., HROMÁDKA, R., PECH, J., JAHODA, D., SOSNA,

A. TOEFIT-PLUS[®] system for replacement of the first metatarsophalangeal joint. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 77: 222-227, 2010.

<http://www.achot.cz/detail.php?stat=371>

V první publikaci jsme provedli první zhodnocení námi implantovaných 19 totálních náhrad a devět hemiartroplastik ToeFit Plus[®], implantovaných mezi roky 2005 až 2009. Jedná se o první implantát moderního typu určeného přímo pro I. MTP kloub používaný na naší klinice. U všech pacientů jsme hodnotili rozsah pohybu AOFAS skóre, bolest pomocí VAS (visual analog scale), rozsah hybnosti, a to bezprostředně před operací, ve 3 měsících po operaci a v době pozorování. V souboru pacientů jsou zastoupeny majoritně ženy, a to v poměru 8:1. Tento poměr je typický v indikaci náhrady I. MTP kloubu, jelikož ženy kladou větší důraz na zachování hybnosti kloubu a jejich pohybové nároky nejsou v porovnání s muži tak velké. Dalším bodem hodnocení bylo porovnání totálních náhrad a hemiartroplastik. V klinickém hodnocení jsme našli nepatrně lepší hodnoty u souboru hemiartroplastik. Tento rozdíl však nebyl statisticky významný. Díky menšímu počtu komplikací se jeví implantace hemiartroplastiky výhodnější. Na limitaci těchto výsledků je však krátká doba pozorování.

3.2. BARTAK, V., HERT, J., STEDRY, J., POPELKA Jr., S., POPELKA, S., HROMADKA, R. Long-term results of total joint arthroplasty and phalangeal hemiarthroplasty of the first metatarsophalangeal joint using the ToeFit Plus[®] systém. *Foot Ankle Surg.* 28: 56-61, 2022.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1268773121000266?via%3Dihub>

V této práci jsme provedli dlouhodobé zhodnocení souboru pacientů z předešlé práce, rozšířené o implantaci tří hemiarthroplastik. Právě dlouhodobé výsledky přináší skutečný náhled na úspěšnost implantátů. Doba sledování u souboru totálních náhrad byla 12,2 let a u souboru hemiarthroplastik 11,1 let. V souboru totálních náhrad došlo ke zlepšení AOFAS skóre z 37 předoperačně na 79 v době poslední kontroly u přeživších implantátů, respektive z 45 na 86 u souboru hemiarthroplastik. Přes tyto dobré klinické výsledky přeživších implantátů byl počet revizí u totální náhrady 7 (37 %) a ve skupině hemiplastik dvě revize (17 %). Maximum revizí totálních náhrad bylo provedeno v rozmezí 5 až 7 let po primoimplantaci. U hemiarthroplastik byly revizní operace provedeny po deseti letech od primoimplantace. Většina revizních operací byla provedena z důvodu aseptického uvolnění s progresí bolestivosti a omezení hybnosti. Jako příčinu shledáváme špatný osteointegrační potenciální povrch kotvících částí. Právě vysoké procento revizních operací nás vedlo k ukončení implantací této náhrady.

3.3. BARTÁK, V., HROMÁDKA, R., FULÍN, P., JAHODA, D., SOSNA, A., POPELKA, S. Anatomical study of flexor hallucis brevis insertion: Implications for clinical practice. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 78: 145-148, 2011.

<http://www.achot.cz/detail.php?stat=435>

Třetí publikace, která je použita pro tuto práci, je anatomická studie flexorového aparátu a úponu šlach krátkého flexoru I. MTP kloubu. Studie probíhala v Anatomickém ústavu 1. LF UK v Praze v roce 2010. Ve světové literatuře jsme našli pouze jednu publikaci zabývající se touto problematikou. Vlastní měření délek úponových míst FHB nebylo zatím publikováno, čímž je tato práce unikátní. Data byla získána preparací 36 kadaverózních preparátů.

3.4. HROMÁDKA, R., BARTÁK, V., SOSNA, A., POPELKA, S. MEDIN implant of the first metatarsophalangeal joint. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 79: 124-130, 2012.

<http://www.achot.cz/detail.php?stat=534>

Ve čtvrté publikaci je detailně popsán vývoj náhrady MEDIN vlastní konstrukce. Vývoji předcházelo několik anatomických a ověřovacích studií tak, jak je popsáno v metodice. Výsledkem je necementovaný titanový implantát s nástřikem syntetického hydroxyapatitu (Arbond, firmy Artech). Volba tohoto povrchu měla výrazně zvýšit osteointegrační schopnost kotvicích částí a předejít tak aseptickému uvolnění. Materiály pro artikulární povrchy jsou obvyklé pro moderní implantáty: falangeální plocha z UHMWPE (ultra high molecular weight polyetylene) a metatarzální artikulární plocha chrom- kobalt- molybdenové (Co- Cr- Mo) oceli. Hemiartoplastika je falangeálního typu s artikulární plochou z Co-Cr-Mo oceli.

3.5. POPELKA jr., S., HROMÁDKA, R., BARTÁK, V., KLOUDA, J., LANDOR, I.,

POPELKA S. Our experience with the total replacement of the first metatarsophalangeal joint by medin PH-flex. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 84: 380-385, 2017.

<http://www.achot.cz/detail.php?stat=924>

V poslední páté práci použité pro tuto habilitační práci hodnotíme střednědobé výsledky totální endoprotézy PH- flex, původně pojmenované MEDIN, s průměrnou dobou pozorování 3 let (0,9 – 5,5). Klinické výsledky ukazují na velmi dobrou funkci náhrady ve střednědobém aspektu. Jelikož nebylo zaznamenáno aseptické uvolnění, lze soudit, že volba osteointegračního povrchu byla správná. Jako u zmíněných studií náhrady Toe-Fit Plus rozhodnou o úspěšnosti náhrady až dlouhodobé výsledky.

4. Diskuse

4.1. Operační léčba nižších stadií hallux rigidus

Základními operačními technikami používanými u nižších stadií artrózy I. MTP kloubu jsou cheilektomie, deflekční osteotomie proximálního článku dle Moberga nebo zkracovací osteotomie prvního metatarzu dle Youngswicka. Výsledky těchto výkonů mají dobré výsledky při zachování indikačních kritérií. Použití deflekční osteotomie dle Moberga v kombinaci s cheilektomií je základním výkonem u I. a II. stadia. Maes et al. (2020) ve své studii uvádějí signifikantní zlepšení hybnosti kloubu a ústupu bolestivosti v horizontu dvouletého pozorování po provedené operaci. Indikací k provedení Youngswickovy operace je primárně prodloužený první metatarz s postižením MTP kloubu I. a II. stupně. Dobré dlouhodobé výsledky této metody dokládá ve své práci Slullitel et al. (2020). Na souboru 61 pacientů s průměrnou dobou pozorování 54 měsíců od operace popisuje výborné klinické výsledky. AOFAS u žádného pacienta v době sledování nekleslo pod 75 bodů a u žádného pacienta nebylo zatím potřeba provedení artrodézy. Další operační technikou u I. a II. stadia je distální oblouková osteotomie hlavičky metatarzu. Z biomechanického hlediska je cílem této operace dosažení flekčního postavení hlavičky vedoucí ke zvýšení rozsahu dorzální flexe a zároveň ke zmenšení tlaku baze falangy na hlavičku. Velmi dobrého výsledku u souboru 33 pacientů s průměrnou dobou pozorování 36 měsíců udává Voegeli (2017). U souboru došlo k signifikantnímu zvětšení AOFAS z předoperační hodnoty 41,5 na 89,1 v době poslední kontroly.

Zcela novým postupem v léčbě málo rozvinutých stadií se stalo použití umělé chrupavky na bázi polyvinylalkohol hydrogelu (PVA). Brandao (2020) et al. uvádí ve studii srovnávající 52 implantovaných hemiplastik Cartiva a 23 cheilektomií v pětiletém hodnocení lepší klinické výsledky u pacientů po cheilektomii. Ve srovnávací studii 103 pacientů po implantaci hemiartroplastiky z PVA a 52 pacientů po Mobergově osteotomii s dobou sledování 24 měsíců uvádí Eble (2020) signifikantně nižší bolestivost u pacientů s osteotomií než s implantovaným PVA, kteří však vykazují signifikantní zlepšení v klinickém hodnocení ve srovnání předoperačních a pooperačních výsledků. Zajímavostí studie je velmi vysoké procento přežití implantátů z PVA. Zaznamenali pouze dvě selhání v období 24 měsíců. Naproti tomu Cassinelli (2019) uvádí na souboru 60 pacientů s náhradou hlavice z PVA selhání u 20 % náhrad vyžadujících reoperaci, z nichž v osmi případech byla provedena konverze na artrodézu. I přes klinické zlepšení po implantaci hodnotí výsledky této metody jako průměrné s nutností přehodnocení indikačních kritérií.

Použití bifázického, osteochondrálního, biodegradabilního materiálu na bázi aragonitu při léčbě středně pokročilého hallux rigidus se zdá být daleko perspektivnější metodou než PVA náhrada. Velmi dobré vlastnosti v náhradě hyalinní chrupavky a subchondrální kosti se potvrdily nejen v preklinických zkouškách, ale i v léčbě izolovaných osteochondrálních defektů v oblasti kolena a hlezna. Drobnic (2021) na souboru 20 pacientů s dvouletou dobou pozorování udává velmi dobré klinické výsledky při použití materiálu Agili-C™. U všech pacientů byla provedena kontrolní magnetická rezonance s průkazem přestavby biodegradabilního materiálu spojené s regenerací kloubní chrupavky a subchondrální kosti.

4.2. Artrodéza

Nejčastějším léčebným postupem při řešení rozvinutých stadií hallux rigidus v posledních třech dekadách se stala artrodéza I. MTP kloubu. Velký vliv na dobré výsledky a

rozvoj této metody měl vývoj moderních osteosyntetických implantátů používaných k zajištění primární stability artrodézy. V současné době jsou pro fixaci používány dorzálně umístěné úhlově stabilní dlahy nebo dva šrouby opatřené dvojím stoupáním k zajištění komprese. V odborné literatuře se setkáváme s mnoha jak biomechanickými, tak klinickými studii srovnávající obě metody. Právě kombinace použití zkřížených kanalizovaných šroubů a „cup and ball” resekce je nejpoužívanějším operačním postupem. Nejčastější komplikací provedení artrodézy je neprohojení zfúzovaného kloubu vedoucí ve většině případů k bolestivosti při chůzi a nutnosti reoperace. Asif (2018) v práci hodnotící tuto metodu u 166 artrodéz udává 11 (6,6 %) radiologicky prokázaných neprohojených artrodéz, z nichž 4 (36 %) vyžadovalo reoperaci. Zajímavostí této práce je nález vyššího výskytu paklobů u mužů. Ve shodě s těmito výsledky je i souborná práce Roukissova (2011), který udává 5,4 % radiologicky neprohojených artrodéz se srovnatelným procentem symptomatických případů.

Ačkoliv je ztužený kloub zbaven hybnosti, při dobrém postavení dýzy nedochází k větším problémům při odvíjení nohy při chůzi a první paprsek nohy tak splňuje svou funkci (Rzonca 1983; Coughlin 1994; Filip 2008). Při srovnání náhrady a artrodézy je zajímavým jevem nižší bolestivost a větší spokojenost u pacientů s náhradou v krátkodobém hodnocení. S přibývajícím odstupem od operace se hodnocení bolesti a spokojenosti pacientů překlápá na stranu artrodézy (Stone 2017).

4.3. Náhrada I. MTP kloubu

U pacientů, kteří odmítají artrodézu, je totální náhrada a hemiarthroplastika dalším možným řešením u rozvinutého hallux rigidus. Právě implantace náhrady se stala alternativou k artrodéze I. MTP kloubu. V souborné metaanalýze 46 hodnotících studií na 1868 pacientech porovnal Franca (2021) 570 artrodéz, 690 totálních náhrad a 608 hemiarthroplastik. Artrodéza

vykazuje v průměru 80 bodů AOFAS skóre i v dlouhodobém horizontu. Nejčastější totální náhradou je ToeFit Plus, zastoupena v souboru 300krát. Soubor totálních náhrad vykazuje velmi dobré výsledky vyjádřené pomocí AOFAS (rozpětí 80-100) s nulovým procentem selhání do dvou let od operace. Ve třech letech je však procento přežití 76 %. U hemiartroplastik je naopak procento selhání v dlouhodobém hodnocení nízké. Z toho vyplývá, že hemiartroplastika poskytuje dobrou alternativu artrodéze při zachování hybnosti kloubu. Nevýhodou této studie, stejně jako jiných metaanalýz, je nesourodost hodnocených souborů, přesto tato práce velmi dobře nastiňuje problematiku možnosti řešení rozvinutých stadií hallux rigidus.

Zhruba šedesátiletá historie endoprotetiky I. MTP je přehledně zachycena v úvodu této práce. Vrátime-li se k výše citované metaanalýze Franca (2001) a jiných studií srovnávajících artrodézu a náhrady I. MTP, naskytne se otázka, zda může endoprotetika konkurovat artrodéze. Odpověď se skrývá v zachování hybnosti. Právě díky tomuto faktu má implantace totální náhrady nebo hemplastiky své opodstatnění. Dojde-li u artrodézy k dobrému prohojení, lze stav považovat za doživotně neměnný a klinické hodnocení zůstává vysoké. Naproti tomu u náhrad lze s přibývajícím věkem očekávat postupné selhávání. A právě na eliminaci tohoto faktu je zaměřena snaha všech konstruktérů v historii endoprotetiky.

Implantáty, u kterých docházelo k velkému procentu selhání, byly kotveny pouze do spongiozní kosti. Mechanickým namáháním docházelo k „plavání“ náhrady s následným uvolněním a selháním (Giannini 1991, Joplin 1971, Seeburger 1964, Swanson 1973). Stejně tak i kotvení pomocí kostního cementu se v endoprotetice I. MTP kloubu neujalo (Weil 1984, Johnson 1981). Teprve v roce 1986 vyvinul Swanson titanovou necementovanou náhradu ve formě hemiartroplastiky. Primární fixace byla založena na kontaktu titanového povrchu kotvící části s kortikální kostí distálního metatarzu a sekundární fixace na osteointegraci – vrůstání kosti do povrchu protézy. Tato náhrada se díky velice dobrým klinickým výsledkům

a do té doby relativně malému procentu uvolnění stala vzorem pro současnou generaci náhrad. Nejpoužívanějším implantátem z této nové generace se stala náhrada ToeFit® Plus. Principem kotvení tohoto implantátu je kontakt titanového povrchu protézy s vnitřní kortikální kostí I. MTP a proximální falangy (Seeber 2002; Seeber 2007; Barták 2010). Na základě mé osobní korespondence s jedním z autorů této náhrady Dr. Jurgenem Knesslem, se autoři inspirovali kotvením dentálních implantátů. Pro zvýšení primární fixace jsou kotvící části opatřeny jemným závitem. Při implantaci je nutno kuželovou kotvící část, odpovídající tvarem vnitřnímu tvaru dřeňové dutiny, do dutiny zašroubovat. Tím je dosaženo vynikající primární fixace. Právě dodržení nejvíce odpovídajícího tvaru kotvící části s tvarem dřeňové dutiny určené vnitřní kortikalis bylo i naším záměrem. S tímto cílem byly provedeny první anatomické studie. Oproti náhradě ToeFit® Plus jsme zvolili tvar rotačního elipsoidu u falangeální části a rotačního kuželu u metatarzální části. Tím jsme docílili maximální kontaktní plochy mezi náhradou a kostí. Podobnou filosofii konstrukce na základě anatomických studií nalezneme i u jiných implantátů (Sorbie 2008). Při druhé pitevní zkoušce jsme ověřili správnost zvolených velikostí a tvaru kotvících částí. Další odlišností námi konstruované protézy je sklon hlavičky metatarzální komponenty vůči kotvící části. Ten je dle našeho názoru zásadní pro obnovení rozsahu dorziflexe. S touto myšlenkou přišli již LaPorta u náhrady Sutter (Jarvis 1986) V současnosti tuto úpravu nacházíme u většiny náhrad. Typickým příkladem je náhrada Roto-Glide (Kofoed 2009).

Dalším vylepšením metatarzální komponenty náhrady PH flex je snesení vrchlíku její hlavičky s cílem zabránit dráždění flexorových šlach. S touto koncepcí přišel již v roce 1982 Sutter u falangeální silikonové náhrady. Tato náhrada, stejně jako jiné silikonové implantáty, se v klinické praxi významněji neujala (Swanson 1972; Freed 1993; Smetana 2003). Naproti tomu se obdobnou úpravou setkáváme u úspěšného implantátu MOVEMENT™ Great Toe System.

Jedním z hlavních problémů endoprotetiky je aseptické uvolnění. Právě špatně zvolený povrch náhrady ToeFit® Plus, nezajišťující dostatečnou osteointegraci, vedl k vysokému procentu selhání. Ke zlepšení sekundární osteointegrace a díky tomu i snížení rizika aseptického uvolnění jsme kotvící části opatřili povrchem z titanové slitiny a syntetického hydroxyapatitu ARBOND® americké firmy ARTECH. Tento povrch vyniká výbornými osteoinduktivními vlastnostmi podporující navázání osteoprogenitorových buněk, čímž je výrazně zlepšena sekundární osteointegrace (Landor 2009; Geesink 1993; Mouzin 2001; Ghalambor 2002). Další výhodou je makroporézní úprava nástřiku, která dále osteointegrační vlastnosti potencuje. Tyto vlastnosti jsou podloženy výsledky mnoha experimentálních i klinických studií (Sun 2001; D'Antonio 1996). Na naší klinice jsme si tyto vlastnosti ověřili na několika implantátech, např. použitím na femorálních dřících totální náhrady kyčelního kloubu Walter (Landor 2009). Konečným potvrzením dobré volby se staly výsledky v našem souboru implantovaných náhrad, kdy jsme zatím nezaznamenali aseptické uvolnění. Ačkoliv nemáme k dispozici dlouhodobé výsledky, už nyní lze říci, že náhrada naší konstrukce patří z hlediska aseptického uvolnění k velmi úspěšným. Obdobnou koncepci volby povrchu zvolili i u již zmiňované náhrady RotoGlide, která vykazuje výborné výsledky s minimálním procentem uvolnění. Kofoed et al. (2018) dokonce ve svém souboru 80 náhrad s dobou sledování 7-15 let neuvádí žádnou revizi pro aseptické uvolnění. Naproti tomu u náhrady ToeFit® Plus se s přibývajícím dobou pozorování setkáváme s vysokým procentem aseptického uvolnění, pohybujícího se mezi 13 – 30 %. Stejný trend potvrzují i výsledky našeho souboru (Barták 2021). Jedním z moderních implantátů je i tříkomponentová náhrada METIS s anatomickou metatarzální komponentou. Tato část je nasazena na zmodelovanou hlavičku a fixace je následně závislá na osteointegraci do makroporézního povrchu. Tento koncept je odlišný od většiny implantátů kotvených nitrodřeňově. Wassink et al. (2017) ve svém souboru 55 implantátů nachází 18 případů, kdy je přítomna radiolucenční linie mezi metatarzální

komponentou a hlavičkou, po dvou letech sledování. Přesto hodnotí 87 % pacientů operaci pozitivně.

Při pohledu na klinické výsledky náhrady PH-flex vidíme srovnatelné výsledky jako u ostatních moderních implantátů. Po jednom roce se průměrný rozsah pohybu ustálil na hodnotě 36° (rozsah, 15°–60°). Při delším sledování můžeme vidět mírné zmenšování rozsahu pohybu, které však není statisticky významné. Právě toto postupné omezování rozsahu pohybu, zejména na vrub dorziflexe, je všeobecným problémem endoprotetiky I. MTP kloubu. Pro dosažení dostatečného rozsahu pohybu je nutné uvolnění kloubního pouzdra prvního MTP skloubení, a to zejména plantárně, spojené s uvolněním sezamských kůstek a odstraněním jejich osteofytů. V časném pooperačním období, tj. do dvou měsíců, je nutná správně vedená a intenzivní rehabilitace. Ta by však neměla narušit proces osteointegrace kotvící komponenty do kosti. Ve srovnání se soubory implantátů Rotoglide, který je představitelem moderního úspěšného implantátu, jsou klinické výsledky našeho implantátu srovnatelné. V našem souboru došlo ke zlepšení AOFAS skóre z 55.6 (35–65) předoperačně na 80,8 (65–95) v době poslední kontroly. Kofoed et al. (2017) u implantátu Rotoglide vykazuje zlepšení v AOFAS skóre z 40 na 95. Tunstall (2017) ve svém souboru 33 náhrad RotoGlide, který je svou strukturou a dobou pozorování velmi podobný našemu souboru, udává zlepšení AOFAS skóre z 41.4 (17-67) na 76 (29-100) a zlepšení průměrné hybnosti z 32 na 61 stupňů. Ve srovnávací studii 25 náhrad RotoGlide a 49 artrodéz nachází Richter stejné klinické výsledky, vyjma rozsahu hybnosti u obou souborů. Uplatnění náhrady v klinické praxi podkládá i nulovým procentem selhání (Richter 2019). U celosvětově nejpopulárnějšího implantátu v období mezi roky 2000 a 2010 ToeFit® Plus, jak je patrné z našich souborů i jiných souborů (Seeber 2007, Barták 2021, Gupta 2017), vidíme relativně dobré klinické výsledky, avšak vykoupené vysokým počtem uvolněných implantátů. Právě díky zlepšení osteointegrace náhrad spojené s dobrými střednědobými klinickými výsledky

lze do budoucna očekávat i dobré dlouhodobé výsledky. Použití náhrady v léčbě u rozvinutých stadií hallux rigidus zaujímá plnohodnotné místo vedle artrodézy.

5.Literatura:

Arenson, D., J.: The angled great toe implant (Swanson design/Weil modification) in the surgical reconstruction of the first metatarsophalangeal joint. *Clin Podiatry*, 1: 89, 1984.

Asif, M., Qasim, S., Kannan, S., Bhatia, E., M. et al.: A Consecutive Case Series of 166 First Metatarsophalangeal Joint Fusions Using a Combination of Cup and Cone Reamers and Crossed Cannulated Screws. *J Foot and Ankle Surg.*, 57(3): 462-465, 2018.

Barták, V., Popelka, S., Hromádka, R., Pech, J., Jahoda, D., Sosna, A.: Naše zkušenosti s náhradou I. MTP kloubu palce implantátem ToeFit Plus. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 222 – 227, 2010.

Barouk, L., S.: *Forefoot Reconstruction*. Springer, s. 379, 2004.

Baumhauer, J., F. et al.: Prospective, Randomized, Multi-centered Clinical Trial Assessing Safety and Efficacy of a Synthetic Cartilage Implant Versus First Metatarsophalangeal Arthrodesis in Advanced Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 37(5):457-69, 2016.

Bonney, G., McNab, I.: Hallux valgus and hallux rigidus. *J Bone Joint Surg*, 34B: 366 – 385, 1952.

Brahm, S., M.: Shape of the first metatarsal head in hallux rigidus and hallux valgus. *J Am Podiatr Med Assoc*, 78: 300, 1988.

Brandao, B., Hall. A.: Joint sparing management of hallux rigidus: Cartiva SCI vs cheilectomy a comparative review. *Journal of Orthopaedics*, 20: 338-341, 2020.

Burns, A.: Implant procedures, s. 269, in Gerbert J (ed).: *Textbook of union surgery*. 2nd Ed. Futura Publishing, Mount Kisco, NY, 1991.

Camasta, C., A.: Hallux limitus and hallux rigidus. Clinical examination, radiographic findings and natural history. *Clin. Podiatr. Med. Surg.*, 13: 423 – 428, 1996.

Cassinelli S. J., Chen S., Thordarson D. B.: Early Outcomes and Complications of Synthetic Cartilage Implant for Treatment of Hallux Rigidus in the United States. *Foot Ankle Int.*, 40(10): 1140-1148. 2019.

Clemente, C., D.: *Gray's Anatomy*. 30th American Ed. Lea and Febiger, Philadelphia, 1985.

Cotterill, J., M.: Stiffness of of the great toe in adolescents. *Brit. Med. J.* 1: 1158, 1887.

- Coughlin, M., J., Abdo, R., V.:** Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint with Vitallium plate fixation. *Foot Ankle Int*, 15: 18 – 28, 1994.
- Coughlin, M., J., Shurnas, P., S.:** Hallux rigidus. Grading and long term results of operative treatment. *J Bone Joint Surg*, 83A: 2072 – 2088, 2003.
- Crock, F., T., V.:** The blood supply of the lower limb bones in man. ES Livingston, Edinburgh, 1967.
- D'Antonio, J. A., Capello, W. N., Manley, M. T.:** Remodeling of bone around hydroxyapatite-coated femoral stems. *J Bone Jt Surg.*, 78-A: 1226 – 1234, 1996.
- Davis - Colley, N.:** On contraction of the metatarsophalangeal joint of the great toe (hallux flexus). *Trans Clin Soc Lond*, 20: 165 – 171, 1887.
- Drago, J., Oloff, L., Jacobs, A.:** A comprehensive review of hallux limitus. *J Foot Surg*, 23: 213 – 220, 1984.
- Downey, M., A.:** A ball and socket metal prosthetic joint replacement, as applied to the foot. *J Am Podiatry Assoc.*, 55: 343, 1965.
- Drobnic, M., Vannini, F., Kon, E. et al.:** Treatment of hallux rigidus by a novel bi-phasic aragonite-based implant: results of a two year multi-centre clinical trial. *International orthopaedics*, 45: 1033-1041, 2021.
- Dungl, P.:** Ortopedie a traumatologie nohy. Avicenum. Praha, 1989.
- Dungl, P. a kolektiv:** Ortopedie. Grada: 177, 2005.
- Ebisui, J., M.:** The first ray axis and the first metatarsophalangeal joint. An anatomical and pathomechanical study. *J Am Podiatry Assoc*, 58: 160, 1968.
- Eble, S., K., Hansen, O., B.:** Clinical Outcomes of the Polyvinyl Alcohol (PVA) Hydrogel Implant for Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.*, 41(9): 1056-1064, 2020.
- Endler, F.:** Zur entwicklung einer kuenstlichen arthroplastik des grosszehnengrundgelenke und ihre bisherede indication. *Z Orthop.*, 80: 480, 1951.
- Ess, P., Hamalainen, M., Leppilahti, J.:** Non- constrained titanium polyethylene total endoprosthesis in the treatment of hallux rigidus. A prospective clinical 2-year followup study. *Scand. J. Surg.*, 91: 202 – 207, 2002.
- Filip, L., Stehlík, J., Musil, D., Sadovský, P.:** Indikace a metody léčy hallux rigidus na našem pracovišti. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 75: 173 – 179, 2008.
- Franca, G., Nunes, J., Pinho, P. et al.:** Is arthrodesis still the best treatment option for first metatarsophalangeal joint arthritis?-a systematic review of arthrodesis and arthroplasty outcomes. *Annals of joint*, 6 (1); 2021, 20-24.

- Freed, J. B.:** The increasing recognition of medullary lysis, cortical osteophytic proliferation and fragmentation of implanted silicone polymer implants., *J Foot Ankle Surg.*, 32: 171 – 179, 1993.
- Frisch, E., E.:** Biomaterials in foot surgery. *Clin Podiatry*, 1: 11, 1984
- Fuhrmann, R., A.:** MTP Prosthesis (ReFlexion) for Hallux Rigidus. *Tech. Foot and Ankle Surg.*, 4: 2-9, 2005.
- Geesink, R., G., T., Manley, M., T.:** Hydroxyapatite coating in orthopaedical surgery. New York, Raven 1993.
- Ger., R.:** Clinical anatomy of the flexor hallucis brevis muscle. *Clin Anat*, 1: 117, 1988.
- Ghalambor, N., Cho, D., R., Goldring, S., R., Nihal, A., Trepman, E.:** Microscopic metallic wear and tissue response in failed titanium Hallux metatarsophalangeal implants: two cases. *Foot Ankle Int.*, 23: 158 – 162, 2002.
- Giannini, S., Moroni, A.:** Alumina total joint replacement of the first metatarsophalangeal joint, str. 39. In Bonfield, W., Hastings, G., W., Tanner, K., E. (eds): *Bioceramics. Vol. 4.* Butterworth-Heinemann, London, 1991.
- Gibson, J., Thompson, C.:** Arthrodesis or Total Replacement Arthroplasty for Hallux Rigidus. *Foot and Ankle Int.*, 26: 680 – 690, 2005.
- Goodfellow, J.:** Aetiology of hallux rigidus. *Proc R Soc Med.* 59: 821-824, 1966.
- Grady, F., X., Axe, T., M., Zager, E., J., Sheldon, L., A.:** A retrospective analysis of 772 patient with hallux limitus. *J. Am. Podiat. Med. Assoc.*, 92: 102 – 108, 2002.
- Gupta, S., Masud, S.:** Long term results of the Toefit-Plus replacement for first metatarsophalangeal joint arthritis. *Foot*. 2017.
- Hattrup, S., J., Johnson, K., A.:** Subjective results of hallux rigidus following treatment with chilectomy. *Clin Orthop*, 226: 182 – 191, 1988.
- Havlíček, V., Kovanda, M., Kunovský, R.:** Surgical management of hallux valgus y techniques preserving the first metatarsophalangeal joint: long term results. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 74: 105 – 110, 2007.
- Helal, B., Chen, S., C.:** Arthroplastik des grosszehengrundgelenks mit einer neuen silastik-endoprothese. *Orthopade*, 11: 220, 1982.
- Hetherington, V., J.:** Textbook of hallux valgus and forefoot surgery. 2000. www.ocpm.edu/hallux/.
- Hetherington, V., J., Kavros, S., J., Conway, F. et al.:** Pyrolytic carbon as a joint replacement in the foot, a preliminary report. *J Foot Surg*, 21: 160, 1982.
- Hicks, J., H.:** The mechanics of the foot. In. *The Joints. J Anat*, 87: 345, 1954.

- Horton, G., A., Park, Y., W., Myerson, M., S.:** Role of metatarsus primus elevatus in the pathogenesis of hallux rigidus. *Foot Ankle Int*, 20: 777 – 780, 1999.
- Howard, N., Cowen, Ch., Caplan, M., Platt, S.:** Radiological prevalence of degenerative arthritis of the first metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int*. 2014, Dec; 35(12):1277-81.
- Hromádka, R., Barták, V., Popelka, S., Jahoda, D., Pokorný, D., Sosna, A.:** Bloková anestezie nohy provedená ze dvou kožních vpichů (anatomická studie). *Acta Chir. ortop. Traum. čech.*, 76: 104 – 109, 2009.
- Jacobs, A., Oloff, L., M.:** Implants, s. 274. In Marcus, S., A. (eds.): Complications in foot surgery. Williams and Wilkins, Baltimore, 1984.
- Jarvis, B., D., Moats, D., B., Burns, A., Gerbert, J.:** Lawrence design first metatarsophalangeal joint prosthesis. *J Am Podiatr Med Assoc*, 76: 617, 1986.
- Jenkin, W., M., Olof, L., M.:** Implant arthroplasty in the rheumatoid arthritic patient. *Clin Podiatr Med Surg*, 5: 213, 1988.
- Johnson, K., A., Buck, P., G.:** Total replacement arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle*, 1: 307, 1981.
- Joplin, R., J.:** The proper digital nerve, vitallium stem arthroplasty, and some thoughts about foot surgery in general. *Clin Orthop Relat Res.*, 76: 199, 1971.
- Kaplan, E., G., Kaplan, G., S., Kaplan, D., M., Kaplan, R., K.:** History of implants. *Clin Podiatry.*, 1: 3, 1984.
- Keller, W. L.:** The surgical Treatment of Bunion and Hallux valgus. *N. Y. Med. J.*, 80: 741, 1904.
- Kessel, L., Bonney, G.:** Hallux rigidus in the adolescent. *J Bone Joit Surg*. 40B: 668- 673, 1958.
- Kilmartin, T.:** Phalangeal Osteotomy Versus First Metatarsal Decompression Osteotomy for the Surgical Treatment of Hallux Rigidus. *Foot and Ankle Surg.*, 44: 2-12, 2005.
- Kitaoka, H., B., Alexander, I., J., Adelaar, R., S., Nunley, J., A., Myerson, M., S., Sanders, M.:** Clinical rating system for the ankle hind-foot , midfoot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int.*, 15: 349 – 353, 1994.
- Kofoed, H.:** Alternatives to MTP – 1 fusion in end stage AO. The evidence or lack of it. In: EFAS advance forefoot symposium. 11. – 12. December 2009.
- Kofoed, H., Danborg, L., Grindsted, J. et al.:** The Rotoglide (TM) total replacement of the first metatarso-phalangeal joint. A prospective series with 7-15 years clinico-

- radiological follow-up with survival analysis. *Foot and Ankle Surg.*, 148-152 ;)3(23 2017.
- Kundert, H-P., Zollinger-Kies, H.:** Endoprothetik bei Hallux rigidus. *Orthopäde*, 34: 748-757, 2005.
- Lambrinudi, C.:** Metatarsus primus elevatus. *Proc R Soc Med.*, 31: 1273, 1938.
- Landor, I., Vavřík, P., Jahoda, D., Pokorný, D., Ballay, R., Sosna, A.:** Dlouhodobé zkušenosti s kominovaným hydroxyapatitovým povrchem ARBOND v osteointegraci implantátu. *Acta Chir. ortop. Tram. Čech.*, 76: 172 – 178, 2009.
- Lange, J., Merk, H., Barz, T., Walther, C., Follak, N.:** Mittelfristige Ergebnisse der ToeFit-Grosszehengrundgelenksendoprothese. *Z Orthop Unfall*, 146: 609-615, 2008.
- Lim, W., T., Landru, K., Weinberger, B.:** Silicone lymphadenitis secondary to implant degeneration. *J Foot Surg*, 22: 243, 1983.
- Lubinus, H.:** Endoprothetischer ersatz des rozehengrundgelenkes. *Arch Trauma Surg*, 121: 89, 1983.
- Lucy, R.:** Stiffness of the great toe in male adolescents. *Brit. Med. J* 1: 726 – 727, 1887.
- Maes D. J., De Vil J. et al.:** Clinical and Radiological Outcomes of Hallux Rigidus Treated With Cheilectomy and a Moberg-Akin Osteotom. *Foot Ankle Int*, 41(3): 294-302, 2020.
- McKay, D.:** Dorsal bunion in children. *J Bone Joint Surg*, 65A: 975 – 980, 1983.
- McMaster, M.:** The pathogenesis of hallux rigidus. *J Bone Joint Surg*, 60B: 82-87, 1978.
- Meyer, J., et al.:** Metatarsus primus elevatus and the etiology of hallux rigidus. *J Foot Surg*, 26: 237-241, 1987.
- Moberg, E.:** A Simple Operation for Hallux Rigidus. *Clin. Orthop.*, 142: 55-56, 1979.
- Mouzin, O., Soballe, K., Bechtold, J. E.:** Loading improves anchorage of hydroxyapatite implants more than titanium implants. *J. Biomed. Mat. Res. Appl. Biomater.*, 58: 61-68, 2001.
- Nilsonne, H.:** Hallux rigidus and its treatment. *Acta Orthop. Scand.* 1: 295 – 303, 1930.
- Owens, S., Thordarson, D. B.:** The adductor hallucis revisited. *Foot Ankle Int.*, 22: 186 – 91, 2005.
- Popelka, S., Vavřík, P.:** Revmatochirurgie nohy a hlezna. *Studia Geo* 2005.
- Pulavarti, R., S., McVie, J., L., Tulloch, C., J.:** First Metatarsophalangeal Joint Replacement Using the Bio-Action Great Toe Implant: Intermediate Results. *Foot Ankle Int*, 26: 1033 – 1038, 2005.

- Rega, R., Green, D., R.:** The extensor hallucis longus and the flexor hallucis longus tendons in hallux abducto valgus. *J Am Podiatr Assoc*, 68: 467, 1978.
- Regnauld, B.:** The foot (Techniques Chirurgicales du Pied), s. 335. Springer – Verlag, New York, 1986.
- Richter M.:** Total joint replacement of the first metatarsophalangeal joint with Roto-Glide as alternative to arthrodesis. *Fuss und Sprunggelenk*; 17(1): 42-50, 2019.
- Root, M., Orien, W., Weed, J.:** Normal and Abnormal Function of the Foot, Vol.2, str. 358. Clinical Biomechanics Corp., Los Angeles, 1977.
- Roukis, T.,S.:** Nonunion after arthrodesis of the first metatarsal-phalangeal joint: a systematic review. *J Foot Ankle Surg*; 50, 710-713, 2011.
- Rountree, R., B., Shoor, M., Chen, H., et al.:** BMP receptor signaling is required for postnatal maintenance of articular cartilage. *PLoS Biol.*, 2: 355, 2004.
- Rzonca, E., Levitz, S., Lue, B.:** Hallux equinus. *J Am Podiatry Assoc.*, 74: 390- 393, 1984.
- Sarafian, S. K.:** Anatomy of the Foot and Ankle 2nd ed. Philadelphia, Lippincott 2003.
- Seeber, E., Knessl, J.:** Treatment of hallux rigidus with the TOEFIT-Plus joint replacement system. *Interact Surg*, 2: 77-85, 2007.
- Seeber, E., Knessl, J.:** Die Grosszehengrundgelenksprothese „Toefit-Plus“. *Med Orthop Tech*, 122: 98 – 100, 2002.
- Seeburger, R., H.:** Surgical implants of alloyed metal in joints of the feet. *J Am Podiatry Assoc.*, 54: 391, 1964.
- Shereff, M., J., Yang, Q., M., Kummer, F., J.:** Extraosseus and intraosseus arterial supply to the first metatarsal and metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle*, 8: 81, 1987.
- Scheider, H., J., Weiss, M., A., Stern, P., J.:** Silicone induced erosive arthritis: radiologic features in seven cases. *AJR*, 148: 923, 1987.
- Stullitel G. López V. et al.:** Youngswick osteotomy for treatment of moderate hallux rigidus: Thirteen years without arthrodesis. *Foot and Ankle Surg.*, 26(8): 890-894, 2020.
- Smetana, M., Vencálková, S.:** Patnáct let používání silikonové endoprotézy I. Metatarzofalangeálního skloubení při diagnóze hallux rigidus. *Acta Chir. ortop. Traum. čech.*, 70: 177-181, 2003.
- Straus, W., L.:** Growth of the human foot and its evolutionary significance. *Contrib Emryol Carnegie Inst*, 19: 93, 1927.
- Styf, J.:** The venous pump of the human foot. *Clin Physiol*, 10: 77, 1990.

- Sorbie, Ch., Saunders, G., A., B.:** Hemiarthroplasty in the treatment of hallux rigidus. *Foot Ankle Int.*, 29: 273 – 281, 2008.
- Stone, O.,D., Ray, R., Thomson C.,E., Gibson, J.,N. :** Long-term follow-up of arthrodesis vs total joint arthroplasty for hallux rigidus, *Foot Ankle Int*, 38; 375-380, 2017.
- Sun, L., Berndt, C.C., Gross, K.A., Kucuk, A.:** Material fundamentals and clinical performance of plasma-sprayed hydroxyapatite coatings: a review. *J Biomed. Mat. Res. Appl. Biomater.*, 58: 570 – 592, 2001.
- Swanson, A. B.:** Implant arthroplasty for the great toe. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 85: 75 – 81, 1972.
- Swanson, A., B.:** Flexible Implant Resektion Arthroplasty in the Hand and Extremities. CV Mosby, St. Luis, 1973.
- Swanson, A., B., Lumsden, R., M. II, Swanson, G., D.:** Silicon implant arthroplasty of the great toe. *Clin Orthop Relat Res.*, 142: 30, 1979.
- Swanson, A., B., Swanson, G de G., Maupin, B., K., et al.:** The use of a grommet bone linear for flexible hinge implant arthroplasty of the great toe. *Foot Ankle*, 12: 149, 1991.
- Tate, R., Pachnik, R., L.:** The accessory tendon of extensor hallucis longus. *J Am Podiatr Assoc*, 66: 899, 1976.
- Tomáš, T.:** Pacient – rizikový faktor infekce totální náhrady. *Acta Chir. ortop. Tram. Čech.*, 75: 451 – 456, 2008.
- Townley, C. O., Taranow., W. S.:** A metallic hemiarthroplasty resurfacing prosthesis for the hallux metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int.*, 15: 575 – 580, 1994.
- Tunstall, C., Laing, P., Al-Maiyah, M.:** 1st metatarso-phalangeal joint arthroplasty with ROTO-glide implant. *Foot and Ankle Surg.*, 23(3); 153-156, 2017.
- Vanore, J., O’Keefe, R., Pikscher, I.:** Silastic implant arthroplasty: complications and their classifications. *J Am Podiatr Med Assoc*, 74: 423, 1984.
- Verhaar, J., Vermuelen, A., Bulstra, S., Walenkamp, G.:** Bone reaction of silicone MPJ hemiprosthesis. *Clin Orthop Relat Res*, 245: 228, 1989.
- Voegeli, A.,V., Marcellini et all.:** Clinical and radiological outcomes after distal oblique osteotomy for the treatment of stage II hallux rigidus: mid-term results. *Foot Ankle Surg*, 23: 21-26, 2017.
- Wassink, S., Burger, B., Saragas, N. et al.:** A prospective 24 months follow-up of a three component press-fit prosthesis for hallux rigidus. *Foot and Ankle Surgery*, 23(3): 157-162, 2017.

¹ **Weil, L., S., Pollak, R., A., Goller, W., L.:** Total first joint replacement in hallux valgus and hallux rigidus, longterm results in 484 cases. *Clin Podiatry.*, 1: 103-107, 1984.

¹ **Yoshioka, Y., Siu, D., W., Derek, T., Cooke, V., Bryant, J., T., Wyss, J.:** Geometry of the first metatarsophalangeal joint. *J Orthop Res*, 6: 878-884, 1988.

6. Publikace autora

6.1. Publikace v časopisech s IF

1. **Bartak, V.**, Hert, J., Stedry, J., Popelka Jr., S., Popelka, S., Hromádka, R. Long-term results of total joint arthroplasty and phalangeal hemiartroplasty of the first metatarsophalangeal joint using the ToeFit Plus system. *FootAnkleSurg*. In Press
IF – 2,705, Q2
2. Heřt, J., **Barták, V.**, Fulín, P., Pokorný, D., Sosna, A. Does the Femoral CCD Angle Measurement in a Standard AP Projection Correlate with the True Anatomical Shape of the Femur? *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 88(3), 169-175, 2021.
IF – 0,531, Q4
3. Hromádka, R., Klouda, J., Popelka, S., Bek, J., Kodat, L., **Barták, V.** Minimally Invasive Hallux Valgus Surgery: First Experience. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 88(2): 137-142, 2021.
IF – 0,531, Q4
4. **Bartak, V.**, Stedry, J., Hornova, J., Hert, J., Tichy, P., Hromádka, R. Biomechanical Study Concerning the Types of Resection in Arthrodesis of First Metatarsophalangeal Joint. *J Foot Ankle Surg.*, 59(6): 1135-1138, 2020.
IF – 1,286, Q4
5. Popelka jr., S., Popelka, S., **Bartak, V.**, Fulin, P., Pokorny, D., Sosna, A. Long-Term Results of the Ludloff Procedure in Relation to the Intraoperative Finding on Acetabular Labrum. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 85(6): 398-404, 2018.
IF- 0,456, Q4
6. Popelka jr., S., Hromádka, R., **Barták, V.**, Kklouda, J., Landor, I., Popelka S. Our experience with the total replacement of the first metatarsophalangeal joint by medín PH-flex. *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 84(5), 380-385, 2017.
IF – 0,645, Q4

7. Popelka, S., Sosna, A., Vavřík, P., Jahoda, D., **Barták, V.**, Landor, I. Eleven-Year Experience with Total Ankle Arthroplasty *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 83(2), 74-8, 2016
IF – 0,560, Q4
8. Jahoda, D., Landor, I., Benedík, J., Pokorný, D., Judl, T., **Barták, V.**, Jahodová, I., Fulín, P., Síbek, M. PCR diagnostic system in the treatment of prosthetic joint infections., *Folia Microbiol (Praha)*., 60(5), 385-91, 2015
IF – 1,335, Q4
9. **Barták, V.**, Krátký, Z., Popelka Jr., S. Tumour-like lesion of the forefoot due to a retained toothpick fragment. Case report., *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 81(2): 152-4, 2014.
IF – 0,388, Q4
10. Hromádka, R., **Barták, V.**, Bek, J., Popelka, S. Jr., Bednářová, J., Popelka S. Lateral release in hallux valgus deformity: from anatomic study to surgical tip. *J Foot Ankle Surg.*, 52(3): 298-302, 2013.
IF – 0,979, Q4
11. Popelka, S., Hromádka, R., Vavřík, P., **Barták, V.**, Popelka, S. Jr., Sosna, A.
Hypermobility of the first metatarsal bone in patients with rheumatoid arthritis treated by Lapidus procedure. *BMC Musculoskelet Disord.*, 20(13): 148, 2012.
IF-1,875, Q3
12. Melicherčík, P., Jahoda, D., Nyč, O., Klapková, E., **Barták, V.**, Landor, I., Pokorný, D., Judl, T., Sosna, A. Bone grafts as vancomycin carriers in local therapy of resistant infections. *Folia Microbiol (Praha)*., 57(5): 459-62, 2012.
IF-0,791, Q4
13. Hromádka, R., **Barták, V.**, Popelka, S., Pokorný, D., Jahoda, D., Sosna, A. Ankle block implemented through two skin punctures. *Foot Ankle Int.*, 31(7), 619-23, 2010.
IF – 1,092, Q2
14. **Barták, V.**, Pech, J., Veigl, D., Hromádka, R., Pokorný, D., Sosna, A. Os Pisiforme Transposition in the Treatment of Kienböck's Disease - Long Term Results. *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 76(4): 314-8, 2009.
IF – 1,628, Q4

15. Hromádka, R., **Barták, V.**, Popelka, S., Jahoda, D., Pokorný, D., Sosna, A. Regional anaesthesia of the foot achieved from two cutaneous points of injection: an anatomical study. *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 76(2), 104-9, 2009.
IF – 1,628, Q4
16. Sosna, A., Pokorný, D., Hromádka, R., Jahoda, D., **Barták, V.**, Pinskerová, V. A new technique for reconstruction of the proximal humerus after three- and four - part fractures. *J Bone Joint Surg Br.*, 90 (2): 194-9, 2008.
IF – 2,196, Q1

6.2. Práce v recenzovaných časopisech:

1. Popelka, S., Hromádka, R., Klouda, J., **Barták, V.**, Štefan, J., Landor, I.: Aponeurosis plantaris a její vztah k deformitám přednoží. *Ortopedie*, 10(4), 2016.
2. Hromádka, R., **Barták, V.**, Sosna, A., Popelka S.: Release of the lateral structures of the first metatarsophalangeal joint during hallux valgus surgery. *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 79(3): 222-7, 2012.
3. Hromádka, R., **Barták, V.**, Sosna, A., Popelka, S. MEDIN implant of the first metatarsophalangeal joint. *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 79(2): 124-30, 2012.
4. Popelka, S., Hromádka, R., Bartak, V., Sosna, A.: Bilateral arthrodesis of the medial foot joints in a patient with rheumatoid arthritis. *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 79(1): 74-9, 2012.
5. Fulín, P., **Barták, V.**, Pokorný, D., Jahoda, D., Tomaides, J., Sosna, A. Long-term results of the SVL total knee arthroplasty. *Acta ChirOrthopTraumatol Cech.*, 78(6), 524-7, 2011.
6. **Barták, V.**, Hromádka, R., Fulín, P., Jahoda, D., Sosna, A., Popelka, S.: Anatomical study of flexor hallucis brevis insertion: Implications for clinical practice. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 78(2): 145-8, 2011.
7. Popelka, S., Vavřík, P., Hromádka, R., **Barták, V.**, Sosna, A.: Ruptura šlachy m. tibialis posterior u pacientů s revmatoidní artritidou. *Čes. Revmatol.*, 2010, roč. 18, s. 176-180.
8. Melicherčík, P., Jahoda, D., **Barták, V.**, Klapková, E., Nyč, O., Pokorný, D.: In Vitro Assessment of Vancomycin Released from Bone Grafts. *Acta Chir OrthopTraumatol Cech.*, 77(5): 411-415, 2010.

9. ¹ **Barták, V.**, Popelka, S., Hromádka, R., Pech, J., Jahoda, D., Sosna, A.: ¹ **TOEFIT-PLUS** systém for replacement of the first metatarsophalangeal joint. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 77(3): 222-7, 2010.
10. ¹ Jahoda, D., Pokorný, D., Nyč, O., **Barták, V.**, Hromádka, R., Landor, I., Sosna, A.: Infectious complications of total shoulder arthroplasty. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 75(6): 422-8, 2008.
11. ¹ Pech, J., Veigl, D., Dobiáš, J., Popelka, S., ¹ **Barták, V.**: First experience with total wrist replacement using an implant of our design. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.*, 75(4): 282-7, 2008.

Endoprotetika prvního metatarzofalangeálního kloubu

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

24%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

MATCHED SOURCE



dspace.cuni.cz

Internet Source

24%

24%

★ dspace.cuni.cz

Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches < 10 words

Exclude bibliography Off

Endoprotetika prvního metatarzofalangeálního kloubu

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72
