

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

DYNAMICKÉ PARAMETRY CHŮZE U PACIENTŮ PO OPERAČNÍ KOREKCI HALLUX VALGUS

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Zuzana Málková, Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Jitka Klugarová, Ph.D.

Olomouc 2014

Jméno a příjmení autora: Bc. Zuzana Málková

Název diplomové práce: Dynamické parametry chůze u pacientů po operační korekci hallux valgus

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jitka Klugarová, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2014

Abstrakt: Hallux valgus, jako jedna z nejčastějších deformit předonoží, ovlivňuje fyziologický průběh zatížení chodidla během chůze. Operační korekce bývá prováděna za účelem snížit klinické obtíže pacienta, obnovit funkci chodidla a korigovat deformitu. Hlavním cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv operační korekce hallux valgus na dynamické parametry chůze 1 rok po jejím provedení. Výzkumnou skupinu tvořilo 20 probandů (průměrný věk $51,4 \pm 11,1$ let, výška $166,1 \pm 6,0$ cm, hmotnost $70,8 \pm 12,2$ kg) s diagnostikovanou deformitou hallux valgus indikovaných k operační korekci. Kontrolní skupinu tvořilo 14 probandů (průměrný věk $47,4 \pm 7,2$ let, výška $169 \pm 6,6$ cm, hmotnost $73,1 \pm 12,8$ kg) bez zdravotních obtíží. Měření pomocí plantografické plošiny Footscan® bylo provedeno před operační korekcí hallux valgus, 3 měsíce a 1 rok po provedené operaci. Výsledky dynamické analýzy chůze naměřené v jednotlivých časových obdobích jsme současně porovnávali s kontrolní skupinou. Nejvýraznější změny dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus jsme zaznamenali 1 rok po operaci, například na obou chodidlech nárůst celkového zatížení i maxima tlaku v celé oblasti zánoží na počátku stojné fáze a v celé oblasti předonoží v závěru stojné fáze při odrazu chodidla od podložky. Z výsledků výzkumu vyplývá, že operační korekce hallux valgus významně ovlivňuje dynamické parametry chůze, nejen operovaného ale i neoperovaného chodidla. Výsledky studie dále ukazují významnou odlišnost mezi zatížením chodidel během chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupinou jak před operační korekcí, tak 3 měsíce i 1 rok po jejím provedení. Toto srovnání také naznačuje, že operační korekce deformity hallux valgus sama o sobě není dostatečným prostředkem k obnovení funkce chodidla a fyziologického průběhu zatížení chodidel při chůzi.

Klíčová slova: chůze, hallux valgus, operační korekce, dynamická plantografie

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Zuzana Málková

Title of the master thesis: Dynamic gait analysis after surgical treatment of hallux valgus

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: Mgr. Jitka Klugarová, Ph.D.

The year of presentation: 2014

Abstract: Hallux valgus is one of the most frequent deformities of the forefoot and it affects physiological foot pressure distribution during gait. Surgical treatment is being performed to decrease patient's clinical difficulties, restore functioning of the foot and to modify the deformity. The main goal of this thesis was to evaluate effect of surgical treatment of hallux valgus on dynamic parameters of the gait 1 year after the surgery. Research group included 20 subjects (average age $51,4 \pm 11,1$ years, average height $166,1 \pm 6,0$ centimetres, average weight $70,8 \pm 12,2$ kilograms) with diagnosed hallux valgus who were indicated to surgical treatment. Control group included 14 healthy subjects (average age $47,4 \pm 7,2$ years, average height $169 \pm 6,6$ centimetres, average weight $73,1 \pm 12,8$ kilograms). The measures were taken by Footscan® foot pressure platform before the surgery, 3 months after and 1 year after the surgery. Results of dynamic analysis of the gait that were taken in defined time periods were compared to control group. The most significant changes of the dynamic parameters of the gait within the group of patients with hallux valgus were noted 1 year after the surgery – for example in both feet there was found increase of total amount of pressure and maximum pressure of the whole area of the rearfoot at the beginning of stance phase and the whole area of the forefoot at the end of the stance phase. Results indicate that hallux valgus surgical treatment significantly affects dynamic parameters of the gait not only in operated but in non-operated foot as well. Results also suggest significant difference between research and control group in foot pressure distribution during gait before the surgery, 3 months after and also 1 year after the surgery. This comparison indicates that surgical treatment of hallux valgus itself is not a sufficient tool to restore functioning and physiological foot pressure distribution during gait.

Keywords: gait, hallux valgus, surgical treatment, dynamic gait analysis

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Jitky Klugarové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. června 2014

.....

Tímto děkuji paní Mgr. Jitce Klugarové, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při psaní této diplomové práce. Také děkuji všem probandům za účast na výzkumu a zejména svým blízkým za podporu a motivaci potřebnou ke studiu.

Děkuji.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	PŘEHLED POZNATKŮ	10
2.1	Noha.....	10
2.1.1	Kineziologie nohy	10
2.1.2	Kineziologie a biomechanika I. paprsku nohy	12
2.1.3	Nožní klenba	13
2.2	Hallux valgus.....	15
2.2.1	Charakteristika	15
2.2.2	Etiologie a patomechanismus.....	15
2.2.2.1	Biomechanické faktory.....	16
2.2.3	Diagnostika.....	18
2.2.3.1	Rentgenové vyšetření	18
2.2.3.2	Klinické vyšetření.....	20
2.2.4	Konzervativní léčba.....	20
2.2.5	Operační léčba.....	21
2.2.5.1	Výkony na měkkých tkáních	22
2.2.5.2	Osteotomie.....	23
2.2.5.3	Artrodézy	26
2.2.5.4	Resekční artroplastiky	27
2.3	Chůze.....	28
2.3.1	Krokový cyklus	28
2.3.2	Souvislost pohybů jednotlivých segmentů těla během krokového cyklu	30
2.3.2.1	Fáze počátečního kontaktu a postupného zatěžování	31
2.3.2.2	Fáze střední opory	32
2.3.2.3	Fáze konečného stoje.....	33
2.3.2.4	Předšvih	33
2.3.3	Průběh zatížení během chůze	34
2.3.4	Chůze u osob s hallux valgus	36
2.3.5	Diagnostika zatížení nohy při chůzi pomocí dynamické plantografie	38
3	CÍLE A HYPOTÉZY	39
3.1	Cíle.....	39
3.2	Hypotézy.....	39

3.3	Výzkumné otázky	40
4	METODIKA	41
4.1	Charakteristika výzkumného souboru	41
4.2	Přístrojové vybavení	42
4.2.1	Footsan RS International	42
4.3	Organizace sběru dat	42
4.4	Analýza dat	43
4.4.1	Zpracování záznamu	43
4.4.2	Statistické zpracování dat	44
5	VÝSLEDKY.....	45
5.1	Stav před operací	45
5.1.1	Porovnání chodidla s hallux valgus a zdravého chodidla	45
5.1.2	Porovnání pacientů s hallux valgus s kontrolní skupinou	46
5.2	Porovnání stavu před operací a 3 měsíce po operaci	50
5.2.1	Operované chodidlo	50
5.2.2	Neoperované chodidlo.....	52
5.3	Stav 3 měsíce po operaci	53
5.3.1	Porovnání operovaného chodidla s neoperovaným.....	53
5.3.2	Porovnání pacientů s hallux valgus s kontrolní skupinou	54
5.4	Porovnání stavu 3 měsíce po operaci a 1 rok po operaci.....	58
5.4.1	Operované chodidlo	58
5.4.2	Neoperované chodidlo.....	61
5.5	Stav 1 rok po operaci	65
5.5.1	Porovnání operovaného chodidla s neoperovaným.....	65
5.5.2	Porovnání pacientů s hallux valgus s kontrolní skupinou	65
5.6	Porovnání stavu před operací a 1 rok po operaci.....	71
5.6.1	Operované chodidlo	71
5.6.2	Neoperované chodidlo.....	74
6	DISKUZE.....	77
6.1	Dynamické parametry chůze u pacientů s hallux valgus před operací.....	77
6.2	Dynamické parametry chůze u pacientů s hallux valgus 3 měsíce po operaci.....	79
6.3	Dynamické parametry chůze u pacientů s hallux valgus 1 rok po operaci.....	82
7	ZÁVĚR.....	86

8	SOUHRN	88
	SUMMARY	91
	REFERENČNÍ SEZNAM	94
	PŘÍLOHY	101

1 ÚVOD

Lidská noha se během evoluce dynamicky vyvíjela od uchopovacího orgánu našich předků primátů až po vysoce specializovanou strukturu schopnou nést zátěž jako je tomu u dnešního moderního člověka. V roce 1976 Mary Leakey objevil 3,6 milionů let staré otisky nohou, které jsou považovány za nejstarší dochovaný důkaz vzpřímené chůze na dvou nohách - důkaz bipedální lokomoce. I na těchto nejstarších otiscích bylo jasně viditelné oddělení palce od zbytku nohy, což potvrzuje jeho důležitou roli pro celé chodidlo (Henning, 2002).

Lidské chodidlo zaručuje stabilní oporu těla, tlumí potenciálně škodlivé nárazy a poskytuje vstupní informace o kontaktu se zemí. Během chůze hraje chodidlo duální roli. Při kontaktu s podložkou je to mobilní struktura schopna adaptace k nerovnému terénu, kdežto během fáze odrazu se stává rigidní a efektivní pákou pohánějící tělo vpřed (Henning, 2002). První metatarzofalangeální kloub představuje ve funkci chodidla důležitý pivot nezbytný pro přenos váhy těla během terminálních fází stojné fáze chůze (Nix, Vincenzino, Collins & Smith; 2013). Chodidlo podobně jako dlaň ruky je významnou součástí aference, která je však díky nošení obuvi značně v útlumu, což dává prostor pro náchylnost k vyvinutí vad a deformit chodidla (Votava, 2002). K nejčastějším ortopedickým vadám předonoží se řadí hallux valgus (Dungl, 2005).

Hallux valgus představuje komplexní, progresivní a permanentní trojrozměrnou deformitu předonoží (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006) spjatou s výskytem deformit prstů, patologiemi měkkých tkání a vytvářením exostóz na mediální straně I. metatarzofalangeálního kloubu. Komplexně tyto změny významně narušující statiku i dynamiku celého chodidla a tudíž i stereotyp chůze (Wülker & Mittag, 2012; (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006). Etiologie vzniku je multifaktoriální (Popelka et al., 2011), nicméně přesná příčina vzniku není zcela jasná (Glasoe, Nuckley & Ludewig, 2010). Možnosti operačního řešení hallux valgus jsou velmi rozsáhlé. Literatura popisuje více než 150 druhů operací s více či méně rozšířeným využitím (Wülker & Mittag, 2012), přičemž kritéria výběru nejvhodnějšího typu operace by měla být přizpůsobena výsledkům zobrazovacích zařízení, stádiu nemoci, věku a celkovému stavu pacienta (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012).

Tato diplomová práce bude pomocí dynamické plantografie hodnotit vliv operační korekce hallux valgus na dynamické parametry chůze.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Noha

Noha jako bohatý zdroj aference vytváří důležité funkční vztahy v rámci dolní končetiny a tak i celého těla. Noha zajišťuje styk těla s terénem a je nezbytný a významný prostředek k udržení rovnováhy ve stoji, chůzi a dalších odvozených aktivitách. Základním předpokladem pro pochopení patologických vztahů a pohybů je nutné dobrá znalost pohybů a vztahů fyziologických (Jacob, 2001; Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006; Rodgers, 1988; Vele, 2006; Votava, 2002).

2.1.1 Kineziologie nohy

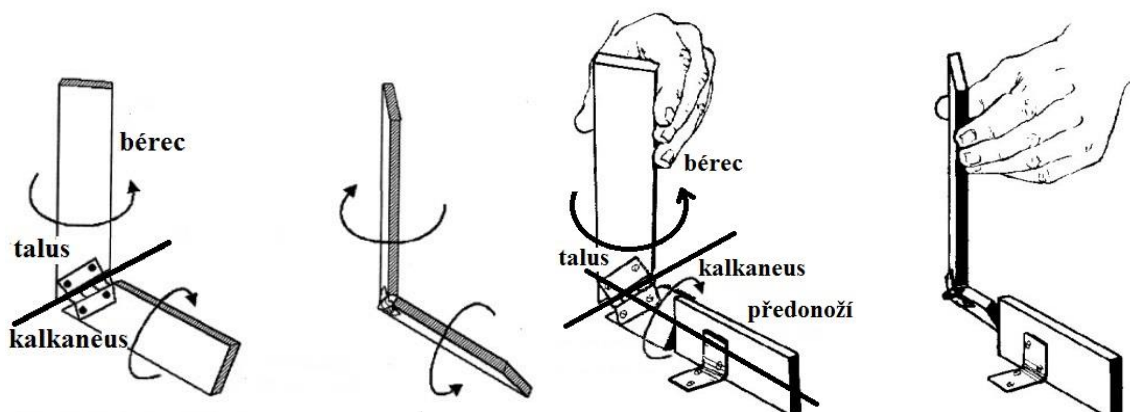
Struktura a funkce nohy jako celku je velice složitá a pohyby v jednotlivých kloubech se vzájemně ovlivňují. Terminologie popisu pohybů jednotlivých kloubů nohy je nejednotná, její specifické problémy vyplývají z vývojového postavení nohy, tzv. pronátorního zkrutu bérce a nohy - původně dorzální části nohy se dostávají ventrálně, a z nulového postavení nohy a bérce. Osy kloubů nohy neleží v hlavních anatomických rovinách a tudíž ani pohyby kolem těchto os neprobíhají v jedné hlavní rovině. Jednotlivé pohyby kloubů nohy jsou na sobě vzájemně závislé, protože jejich pohyby probíhají z největší části v uzavřeném řetězci a pohyb pouze jednoho kloubu tak není možný. Je tedy třeba brát v úvahu užití pojmů od jednotlivých autorů, jaká je osa a rovina pohybu, výchozí postavení a kinematický řetězec (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009).

Pomocí linie Chopartového kloub (tarzometatarzálního, dále TT) a Lisfrankového kloubu (funkční jednotka spojující tarzometatarzální a intermetatarzální kloub) lze nohu rozdělit na tři oddíly – zánoží (talus, calcaneus), středonoží (os cuboideum, os naviculare, ossa cuneiformia) a předonoží (ossa metatarsalia, phalanges). Lze používat i zjednodušené dělení – zánoží a předonoží (zahrnuje i středonoží), které rozděluje Chopartův kloub (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009). Ten má tedy významnou roli v oddělení ale zároveň i v propojení jednotlivých částí nohy s maximem využití pro potřebu plosky se při chůzi přizpůsobit terénu a absorbovat nárazy při úderu paty (Kapandji, 1987).

Hlezenní kloub (articulatio talocruralis, dále TC) je složený kladkový kloub spojující tibii, fibulu a talus (Čihák, 2001). Dle Kapandjeho (1987) se v důsledku šikmého průběhu

osy děje pohyb nejen v rovině frontální (dorzální flexe 20-30°, plantární flexe 30-50°), ale součástí je také lateromediální pohyb předonoží v rovině transverzální (abdukce/addukce) a frontální (supinace/pronace). Zároveň se pohybuje také tibiofibulární skloubení a poté horní tibiofibulární kloub. TC kloub je také úzce spojen s pohybem v subtalárním kloubu.

Dolní zánártní kloub spojuje talus s dalšími kostmi. Skládá se ze dvou oddílů: zadní oddíl (art. subtalaris, dále ST) – samostatný kloub pro vzájemné spojení talu a kalkaneu; přední oddíl (art. talocalcaneonavicularis) – spojuje kalkaneus s hlavicí talu a os naviculare. K tomuto komplexu je ještě připojeno skloubení mezi kalkaneem a os cuboideum (art. calcaneocuboidea) (Čihák, 2001). ST kloub je důležitým převodníkem mezi pohybem proximálního segmentu (bércce) skrze talus a distálním segmentem (nohou) skrze kalkaneus. Zejména talus funguje jako distributor zatížení do celého chodidla (Kapandji, 1987). Pomocí Inmanova a Mannova modelu „pantu“ (Valmassy, 1996; Vařeka & Vařeková, 2003) je možné v uzavřeném kinematickém řetězci vysvětlit funkci subtalárního kloubu. Tento model představuje dvě ramene ve dvou na sebe kolmých rovinách, přičemž pohyb jednoho ramene kolem své dlouhé osy přímo ovlivní pohyb ramene druhého. Vnitřní rotace tibie a zároveň vnitřní rotace /addukce talu v transverzální rovině tedy způsobí zevní rotaci patní kosti kolem její dlouhé osy (tedy pronaci/everzi v rovině frontální). Stejný mechanismus se děje i při zevní rotaci tibie. Výsledný pohyb ST kloubu je tedy rotace zánoží ve frontální rovině, současně také plantární/dorzální flexe a abdukce/addukce.



Obrázek 1. Vlevo: pantový mechanismus ST kloubu; vpravo: model pívotu TT kloubu (upraveno dle Valmassy, 1995)

Chopartův kloub (art. tarsi transversa), je jednotkou funkční, tvoří ji štěrbinata talonavikulární (součást art. talocalcaneonavicularis) a art. calcaneocuboidea (Čihák, 2002). Kombinace pohybů Chopartového kloubu probíhá okolo osy šikmé, dochází tak ke kombinaci pohybů – dorzální flexe s abdukcí/ plantární flexe s addukcí. Pohyby okolo podélné osy probíhají v rovině frontální – supinace/pronace, lze vysvětlit pomocí modelu „pivotu“. Horizontální distální segment je rozdělen čepem na zadní část - zánoží, a přední část - předonoží. Rotace proximálního vertikálního ramene (bérce) může být následována pouze rotací zánoží, kdežto předonoží může zůstat v kontaktu s podložkou. Tento pohyb je nezbytný pro správné provedení stojné fáze chůze - nejprve k tlumení nárazů s následným vytvořením rigidní páky pro odraz. Rozsah pohybů TT kloubu je tedy významně ovlivněn postavením v ST kloubu (Valmassy, 2006; Vařeka & Vařeková, 2003). Kapandji (1987) uvádí pojem Henkeho osa, která spojuje jednotlivé osy ST a TT kloubu. Henkeho osa pak s osou TC kloubu vytváří heterokinetický univerzální kloubu.

2.1.2 Kineziologie a biomechanika I. paprsku nohy

První paprsek vytváří mediální sloupec předonoží a středonoží. Dle Lorimera, Frenche, O'Donella, Burrowa a Walla (2006) se I. paprsek skládá z os cuneiforme mediale, I. metatarzu (MT), proximálního a distálního článku palce a z jednotlivých kloubů mezi nimi - I. tarzometatarzálního kloubu, I. metatarzofalangového kloubu a interfalangeálního kloubu palce (mezi proximálním a distálním phalangaem palce). Glasoe, Yack a Saltzman (1999) označují pouze os cuneiforme mediale a I. MT za I. paprsek nohy.

První paprsek nohy hraje významnou úlohu v tlumení nárazu při úderu paty, stejně tak jako je nezbytný pro stabilizaci nohy během posunu zatížení na přední část nohy k umožnění propulze. Slouží jako opora mediálního oblouku podélné klenby, je tedy rozhodující část kontrolující strukturální integritu nohy. Změna v biomechanice I. paprsku je faktorem mnoha patologií v oblasti nohy (Glasoe, Yack, Saltzman, 1999).

První tarzometatarzální (dále TMT) kloub je synoviální kloub mezi os cuneiforme mediale a bází os metatarsi I. Osa rotace leží skoro horizontálně, je orientována ze směru proximo-medio-plantárního do disto-latero-dorzálního. Dle orientace osy dochází k pohybům v kombinaci - dorzální flexe s inverzí a plantární flexe s everzí. První paprsek má tendence rotovat a pohybovat se do everze kolem dlouhé osy I. MT. Tato tendence je omezována: pozicí sezamských kůstek, strukturou plantární části hlavičky I. MT, tahem

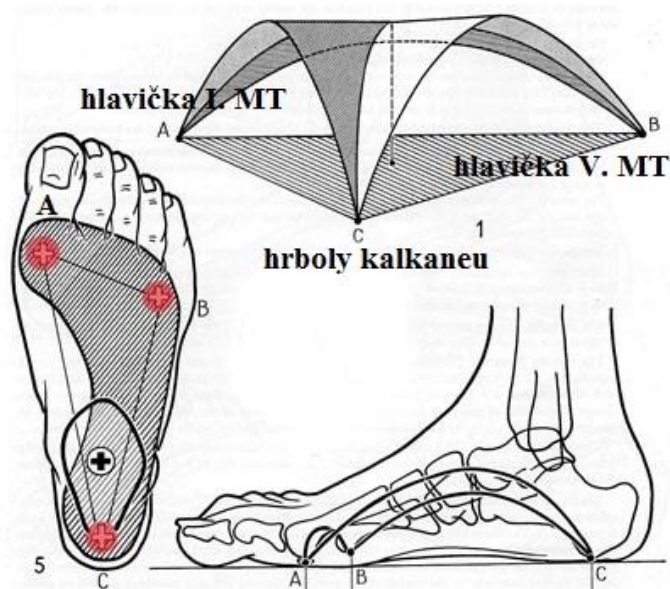
šlachy dlouhého flexoru a extenzoru palce, kontrakcí abduktorů palce a strukturou plantární části kloubního pouzdra metatarzofalangového kloubu (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

Metatarzofalangový (dále MTP) *kloub palce* spojuje I. MT s proximálním článkem palce. V místě průběhu šlachy krátkého flexoru palce přes mediální část MTP kloubu jsou umístěny mediální a laterální sezamská kůstka. Sezamské kůstky udržují integritu MTP kloubu palce a jeho okolních měkkých tkání. Mají řadu funkcí a jsou nezbytné pro průběh normální chůze a přenosu zatížení. Během fáze odrazu palce v terminálním stoji elevují I. paprsek, aby I. MT mohl provést plantární flexi, zvyšují nosnost zatížení I. MT a zvyšují mechanický pákový přenos sil pro upínající se svaly (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

2.1.3 Nožní klenba

Nožní klenba vznikla na podkladě pronátorního zkrutu nohy - v oblasti hlaviček metatarzů dosáhl horizontály, ale na úrovni zánoží se zastavil ve vertikále (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009). Nožní klenba umožňuje přizpůsobení chůze nerovnostem v terénu a zároveň je schopna přenášet aktivitu svalstva až do podložky. Nicméně tyto schopnosti klenby jsou díky nošení obuvi značně tlumeny. K udržení integrity nožní klenby je nezbytný podíl konfigurace kostí, napětí vazivových struktur a svalů, které jednotlivé elementy klenby spojují. Oslabení či hyperaktivita a zkrácení jednoho svalu narušuje celkovou rovnováhu klenby (Kapandji, 1987).

Nožní klenba je svým tvarem porovnatelná s rovnostranným trojúhelníkem, který se skládá ze tří oblouků - mediálního, laterálního a anteriorního sbíhající se do tří pilířů - s místem opory pod hlavičkou I. a V. MT a v místě postero-mediálního a laterálního výběžku patní kosti. Mediální oblouk klenby je nejvyšším, nejdelším a také nejdůležitějším obloukem pro statické a dynamické pohyby. Mediální oblouk zahrnuje 5 kostí: I. MT - pouze hlavička se dotýká podložky, os cuneiforme mediale - není v kontaktu se zemí, os naviculare - vytváří vrchol klenby ve výšce 15-18mm, talus - přijímá veškeré síly z dolní končetiny a předává je dále do klenby, calcaneus - je v kontaktu s podložkou pouze v posteriorní části (Kapandji, 1987).



Obrázek 2. Nožní klenba se třemi oblouky a třemi pilíři (upraveno dle Kapandji, 1987).

Dle Kapandjiho (1987) mediální oblouk klenby udržuje svou konkavitu pomocí vazů a svalů. Vazy odolávají náhlému, silnému a krátko trvajícím napětí - spíše statickému zatížení, kdežto svaly trvalému napětí - dynamickému zatížení. Z vazů jsou nejdůležitější lig. calcaneonaviculare plantare, ligg. talocalcaneare a lig. plantare longum. Ze svalů má vitální funkci m. tibialis posterior, který os naviculare táhne směrem inferiorním a posteriorním pod hlavici talu, což akcentuje celý mediální oblouk klenby. M. peroneus longus se také podílí na akcentaci oblouku pomocí plantární flexe I. MT vůči os cuneiforme mediale a os naviculare. M. flexor hallucis longus se rozpíná téměř v celé délce mediálního oblouku, svým tahem stabilizuje talus a kalkaneus. Působí společně s m. flexor digitorum longus. M. abductor hallucis je rozepjat v celé délce mediálního oblouku a přiblížením paty k úponu jej akcentuje.

Vařeka & Vařeková (2009) ve své práci uvádějí rozdílnost názorů mnoha autorů na roli svalů pro udržení klenby, které by mohly být shrnuty následovně: někteří autoři se přiklánějí k názoru, že stav klenby zabezpečuje pasivní elasticita ligament, plantární aponéurózy ale i aktivní kontrakce svalů. Jiní uvádějí, že svaly jsou u zdravé nohy primárně využity k udržení rovnováhy, k lokomoci, přizpůsobení se nerovnostem terénu a k ochraně ligament před nadměrným zatížením.

2.2 Hallux valgus

2.2.1 Charakteristika

Hallux valgus (dále jen HV), přesněji terminologicky označován jako hallux abductovalgus, patří mezi nejčastější deformity předonoží (Vanore et al., 2002; Wülker & Mittag, 2012). Dle přehledové studie vytvořené Nixem, Smithem a Vicenzinem (2010) se globální prevalence deformity pohybuje mezi 23 % až 35 % - 23% výskyt ve věku mezi 18 až 65 lety, 35% ve věku nad 65 let, přičemž ženy představují převážnou většinu pacientů. Deformita je charakterizována laterální deviací palce v MTP skloubení, korespondující mediální deviací I. MT, instabilitou prvního paprsku, redukcí nebo progresivní ztrátou kontaktu artikulujících ploch I. MTP kloubu a formováním exostóz a puchýřů na mediální straně prominující hlavy I. MT (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

S těmito změnami je spjat výskyt dalších patologií měkkých tkání a kostí v oblasti předonoží – například deformit prstů. V důsledku laterální deviace palce vzniká nedostatek místa pro ostatní prsty, jsou vysunuty mimo svou osu nejčastěji směrem nahoru, což způsobuje tlak proti obuvi. Vznikají tak kladívkovité či drápotivé prsty. Z funkčního hlediska valgózní deformita narušuje oporu palce o zem během chůze. Hlavní tlak v oblasti předonoží se tak přesouvá na hlavičky II. – V. MT, které se přetěžují a vedou k metatarzalgii. Tyto komplexní změny narušují normální funkci nohy během statických i dynamických stereotypů (Wülker & Mittag, 2012).

2.2.2 Etiologie a patomechanismus

Přesná příčina vzniku HV není stále známá. Nicméně teorií vzniku HV již bylo uveřejněno mnoho, přičemž mají společné i odlišné pilíře podstaty (Glasoe, Nuckley & Ludewig, 2010). Dle Lorimera et al. (2006) se deformita vyvíjí postupně, pravděpodobně na základě kombinace faktorů vnitřních (biomechanické faktory, strukturální anomálie dolní končetiny, trauma) a faktorů vnějších (zánětlivá onemocnění kloubů, nemoci pojivových tkání a systémová onemocnění, neuromuskulární onemocnění). Pravděpodobný podíl na vzniku HV mají také genetické faktory (Glasoe, Nuckley & Ludewig, 2010; Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006; Piqué-Vidal, Solé

& Antich, 2007) a nošení nevhodné obuvi - zejména boty těsné, špičaté s plochou podrážkou (Menz & Morris, 2005). Také pohlaví a věk zde hrají důležitou roli, stejně tak jako se předpokládá vztah HV s vyšším body mass indexem (dále BMI), sníženou klenbou nožní a bolestmi chodidel (Nguyen et al., 2010).

2.2.2.1 Biomechanické faktory

Jak již bylo zmíněno výše, existuje mnoho patologických mechanismů, které přispívají ke vzniku HV. Klíčovou roli zde hrají změny v biomechanice chodidla během chůze. K těmto změnám lze řadit nadměrnou či prodlouženou pronaci, změnu osy pohybu prvního paprsku nohy, změnu orientace skeletu a měkkých tkání vytvářející první parsek a posun sezamských kůstek (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006). Souvisejícími faktory mohou také být instabilita a hypermobilita segmentu I. MT či svalové dysbalance v oblasti chodidla (Glasoe, Nuckley & Ludewig, 2010). Větší náchylnost k vyvinutí HV mohou mít také chodidla s určitými variantami normální anatomie. Mezi ně se řadí například metatarsus primus varus – chodidlo s addukční odchylkou I. MT ve vztahu k předonoží. První parsek chodidla s addukční odchylkou má tendence se pohybovat do rotace ve frontální rovině (everze) v I. MTP kloubu a ve skloubení mezi I. MT a os cuneiforme mediale (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

Nadměrná nebo prodloužená pronace vzniká jako kompenzační mechanismus ST kloubu a Chopartového kloubu v reakci na anomálie chodidla nebo dolní končetiny (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006). K těmto anomáliím mimo jiné lze přiřadit flexibilní či rigidní pes planovalgus, rigidní či flexibilní varózní předonoží, flexibilní valgózní předonoží, změnu délky I. MT či hypermobilitu (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). Propulsní síly chůze působící na abdukované nebo pronované předonoží, snižují jeho mediální část a urychlují tak vyvinutí HV (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

Orientace osy pohybu kloubu může ovlivnit směr rotace segmentu. Dle Glasoe, Penyho, Phadkeho a Ludewiga (2008) změna osy pohybu prvního paprsku nohy souvisí s oploštěním podélné klenby a může hrát roli při vzniku HV. Jejich práce hodnotila pokles klenby během zatížení chodidla a jeho potenciální možnost orientovat osu I. MT vertikálně. Vertikální orientace osy by způsobila addukci I. MT, která se podílí na vzniku deformity HV. Práce vychází z předpokladu, že pokud by došlo k úplnému

oploštění mediálního oblouku podélné klenby, navikulární kost by klesla a dostala by se mimo stabilní centrální osu TMT kloubu. Došlo by tak ke snížení nejmediálnějšího bodu osy I. MT a zvýšení jeho nejlaterálnějšího bodu. Tento kolaps mediálního oblouku podélné klenby by změnil osu směrem vertikálním a tak přemístil úhlovou rotaci kolem osy z anatomické sagitální roviny do transverzální roviny. Dorzální flexe I. MT by se během počáteční části stejné fáze stala dorzální flexí s addukcí – směřována rotací kolem osy orientované vertikálně. Díky této změně orientace osy I. MT by se tak sekundárně mohly vyvíjet podmínky vzniku HV.

Jedna z příčin vzniku HV může také spočívat ve změně orientace skeletu a měkkých tkání, které vytvářejí první paprsek. Dochází tak mimo jiné k omezení dorzální flexe I. MTP kloubu, která je kompenzována a zhoršována zvýšením abdukce předonoží jako součást nadměrné pronace ST a TT kloubu, což dále prohlubuje valgózní deformitu I. MTP kloubu (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

Funkce a pozice sezamských kůstek je u HV vážně narušena a tato dysfunkce dále zhoršuje vývoj HV. Mediální sezamská kůstka je tlačena laterálně a laterální sezamská kůstka je posouvána do prostoru mezi I. a II. MT. Rozsah dorzální flexe I. MT je snižován a opět se tak prohlubuje nadměrná pronace během fáze odlepení palce. Addukce hlavičky I. MT, jak je tomu u metatarzu primu varu, způsobuje napětí na mediální části kloubního pouzdra I. MTP kloubu a na mediálním kolaterálním ligamentu. Tyto struktury jsou v protažení a umožňují hlavičce I. MT posouvat set dále do addukce (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

Ke zhoršení mediální deviace hlavy I. MT a laterální deviace palce přispívají také šlachy dlouhého flexoru a extenzoru palce. Tyto svaly probíhají kolem I. MTP skloubení a při kontrakci způsobují efekt jako třetiva luku. Tento efekt je facilitován i laterálním posunem sezamských kůstek, svého maxima dosahuje při chůzi ve fázi odlepení palce a zvyšuje tak úhel valgosity palce. Díky tomu se dlouhý flexor a extenzor palce stávají pomocnými abduktory palce. S axiální rotací palce se snižuje stabilita I. MT skloubení ve frontální rovině a mění se také orientace úponu abduktoru palce. Ten je orientován více směrem plantárním a stává se pomocným plantárním flexorem palce. Není tak dále schopen vyvinout dostatečnou kontrakci na mediální část palce v transverzální rovině a působit v antagonistické funkci k transverzální části adduktoru palce. Palec je tak dále tažen do valgózního postavení (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006). Studie

vytvořená Incelem, Gencou, Erdem a Yorgancioglem (2003) potvrzuje dysbalanci mezi m. abductor a m. adductor hallucis způsobenou sekundárně mechanickými změnami chodidla. Ačkoliv medioplantárním posunem šlachy adduktoru palce se jeho addukční funkce výrazně snižuje, abdukční schopnost abduktoru palce je skoro ztracena ve prospěch jeho flekční funkce. Slabá aktivita adduktoru palce se tak stává při kontrakci dominantní.

Roli ve vývoji HV může mít také hypermobilita I. MT, přičemž zvětšení intermetatarzálního úhlu je jejím indikátorem (Klaue, Hansen & Masquelet, 1994; Glasoe, Allen & Saltzman, 2001). Také generalizována laxicita vazů je významný předpoklad pro vývoj hypermobility I. MT a tak i pro vývoj HV (Carl, Ross, Evanski & Waugh, 1988).

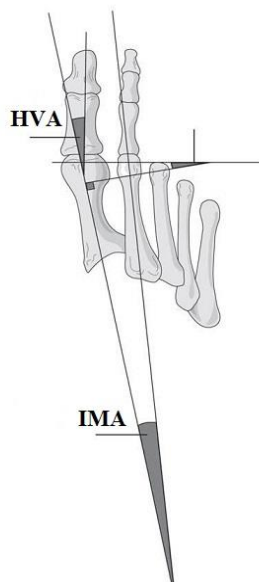
2.2.3 Diagnostika

2.2.3.1 Rentgenové vyšetření

Součástí vyšetření u pacientů s HV by mělo být provedeno rentgenové vyšetření v zatížení z anteroposteriorní, laterální a axiální projekce (Joseph & Mrozcek, 2007). Pomocí rentgenového vyšetření lze změřit úhel valgozity palce (hallux valgus angle – dále HVA), což je úhel mezi longitudinální osou I. MT a proximálním článkem palce, a také intermetatarzální úhel (intermetatarsal angle – dále IMA), úhel mezi longitudinální osou I. a II. MT. Fyziologická hodnota HV úhlu dle Dunga (2005), Josepha a Mroczecka (2007) není větší než 16°, dle Lorimera, Frenche, O'Donella, Burrowa a Walla (2006) není větší než 20°. Fyziologická velikost IM úhlu se pohybuje dle Dunga (2005) mezi 0-14°, dle Lorimera et al. (2006) mezi 8-12°, dle Josepha a Mroczecka (2007) není větší než 9°.

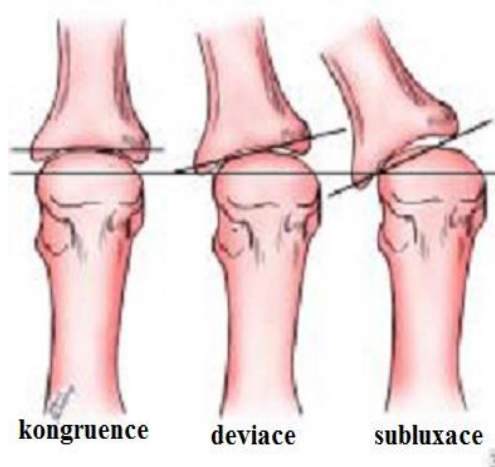
I v hodnocení stupně závažnosti deformity dle hodnot HVA a IMA se autoři rozcházejí. Dle Dunga (2005) je hodnocena jako mírná deformita hodnota 17-25° HVA, jako závažná deformita 26-35°, a pokud hodnota překročí 36° HVA je často spojena již se sublucací I. MTP kloubu. Dle Josepha a Mroczecka (2007) je jako mírná deformita považována hodnota HVA méně než 20° a IMA méně než 11° se sublucací laterální sezamské kůstky méně než 50 %. Jako střední stupeň deformity je určena velikost HVA mezi 20° a 40°, IMA méně než 16° a sublucace laterální sezamské kůstky mezi 50 a 75 %. Závažný stupeň deformity má hodnota HVA více než 40°, IMA více než 16° se sublucací laterální sezamské kůstky více než 75 %. Lorimer et al. (2006) považují deformitu jako mírnou při hodnotách HVA mezi 20-30° a IMA méně než 15°, střední stupeň deformity

s velikostí HVA mezi 30-40° a IMA méně než 15°, závažný stupeň deformity s hodnotou HVA více než 40° a IMA více než 15°.



Obrázek 3. Hodnocení úhlu I. prstku nohy: úhel valgozity palce - HVA, intermetatarzální úhel - IMA (upraveno dle Robinsona & Limberse, 2005)

Z rentgenového snímku je u I. MTP kloub hodnocena také přítomnost nebo míra osteoartrózy a kongruence kloubních ploch, dále velikost mediální prominence a rozsah posunu nebo subluxace sezamských kůstek (Coughlin, 1996).



Obrázek 4. Hodnocení kongruence kloubních ploch MTP kloubu palce (upraveno dle Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012)

2.2.3.2 Klinické vyšetření

Komplexní klinické vyšetření pacienta jakožto předpoklad úspěšné léčby by mělo zahrnovat zhodnocení kožního krytu, vyšetření nervového, cévního a muskuloskeletální systému (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). Základem klinického vyšetření by měla být podrobná anamnéza, nutno se také zaměřit na přítomnost systematických neurologických, vaskulárních či revmatických onemocnění ovlivňující vznik poruch funkce chodidla (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). Kineziologický rozbor by měl obsahovat mimo jiné aspekční zhodnocení stoje a chůze, aspekční a palpační vyšetření chodidla (Kozáková, Janura, Gregorková & Svoboda, 2010). Chodidlo by mělo být vyšetřeno v zatížení i odlehčení. Vyšetřujeme pozici palce - míru jeho laterální vychýlení, míru pronace a přítomnost exostóz; rozsah a kvalitu aktivního i pasivního pohybu nejen I. MTP kloubu (přítomnost drásot či krepitací při pohybu), ale také ostatních kloubů nohy (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). Hodnocena by měla také být mobilita prvního paprsku, rozsah pohybu a jeho klidová pozice, která by měla porovnána s hlavičkou II. MT. Normální rozsah pohybu je celkově 10mm – 5mm dorzální a 5mm plantární flexe. Normální chodidlo se v transversální rovině vyznačuje nulovou či pouze malou mobilitou prvního paprsku, která je ovšem zvýšená u přítomnosti deformity HV (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). Nutno se také zaměřit na palpační vyšetření intermetatarzálních prostorů, přítomnost deformit ostatních prstů, tvar kleneb, stav kůže a distribuci otlaků. Nemělo by také chybět vyšetření hypermobility (Robinson & Limber, 2005). Mimo anatomické ukazatele by měl být také posouzen funkční stav chodidla v porovnání s druhou končetinou, diagnosticky i anatomicky velmi cenný ukazatel. Do úvahy je třeba také brát celkový zdravotní stav a věk pacienta (Kozáková, Janura, Gregorková & Svoboda, 2010).

2.2.4 Konzervativní léčba

V prvních fázích vývoje deformity HV bývá první možností volby konzervativní terapie (Dungl, 2005). Cílem konzervativní terapie je snížit subjektivní obtíže pacienta, obnovit funkční vlastnosti chodidla a tímto i zlepšit provedení pohybových stereotypů. Její součástí je cílené funkční ortézování a rehabilitace na podkladě funkčního vyšetření nohy. Je používán gumový korektor, který se vkládá mezi palec a II. prst, na noc pak noční redres přikládáný z mediální strany, ke kterému je palec přitahován řemínkem,

a ortopedické vložky s mediálním a retrokapitálním vyvýšením (Kolář et al., 2009). Z výsledků krátkodobé studie vytvořené Pleissem et al. (2011), porovnávající manuální a manipulativní terapii s aplikací nočních ortéz u 75 pacientů, vyplývá, že z krátkodobého hlediska je manuální a manipulativní terapie rovnocenná v porovnání s klasickou léčbou v podobě aplikace nočních ortéz u mírného až středního stupně deformity HV.

Dle poznatků Glasoe, Nuckleyho a Ludewiga (2010) by mohly ortézy, vytvořené za účelem podpory mediálního oblouku podélné klenby před kolapsem při zátěži, orientovat osu I. MT horizontálně, což by teoreticky mohlo pomoci potlačit fyziologickou rotaci I. MT do sagitální roviny a optimalizovat tak vnitřní schopnosti mediálního oblouku klenby udržet zátěž. Nicméně k implementaci do praxe je nutných dalších studií k určení, které typy chodidel by byly vhodné k takto vytvořeným ortézám. Torrki et al. (2003) porovnávali operační korekci s nošením ortéz. Zahrnuli do své studie 209 pacientů rozdělených do tří skupin: okamžitá operace, rok odklad operace s nošením ortézy a rok odklad bez nošení ortézy. Ze závěrů práce vyplývá, že operační řešení je lepší než odklad operace nebo nošení ortéz. Nicméně ani roční odklad operace s nošením nebo nenošením ortézy neohrožuje výsledky následně provedeného zákroku.

Cílem kinezioterapie a fyzikální terapie je dle možností co nejvíce optimalizovat osu I. paprsku a zapojit palce do funkční aktivity během stoje a chůze. Prostředky k dosažení jsou měkké a manuální techniky pro I. paprsek a další segmenty nohy. Nezbytnou součástí je senzomotorické cvičení k propioceptivní facilitaci (Kolář et al., 2009). Jednou z možností konzervativní léčby je také kineziotaping s hlavním cílem odlehčit a snížit nocicepci, zpevnit segment ve fyziologickém postavení a zachovat funkční cílené pohyby s pozitivním ovlivněním propiocepce a exterocepce (Flandera, 2006). Součástí konzervativní léčby by mělo být také zvolení vhodné obuvi s minimálním tlakem na prominující hlavičku I. MTP kloubu. Ideálně boty s prohloubením a rozšířením přední části s pružného materiálu (Joseph & Mroczek, 2007). Dle Nurse, Hulligera, Wakelinga, Nigga a Stefanyshyna (2005) již při změně textury vložky do boty beze změny jejího tvaru může dojít k pozměnění svalové aktivity během chůze.

2.2.5 Operační léčba

K operační korekci HV většinou dochází v případě neúspěšnosti konzervativní terapie snížit symptomy pacienta, nebo pokud je konzervativní terapie z určitých důvodů

nerealizovatelná. Cílem operační terapie je snížit klinické obtíže pacienta se zachováním rozsahu pohybu I. MTP kloubu, obnovit funkci chodidla a korigovat deformitu. Operatér by měl zvážit komplexní stav pacienta, jeho anamnézu, vyšetření i výsledky zobrazovacích metod. Nutný je individuální přístup (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). Možnosti operační terapie HV jsou široké. Existuje přes 150 druhů operací s více či méně rozšířeným využitím. Jednotlivé techniky jsou i často modifikovány přímo jednotlivými pracovišti. Nicméně pouze malé množství studií bylo doposud provedeno zabývající se porovnáváním odlišných typů operačních technik, což ukazuje na nedostatek vědeckých informací z této oblasti. Je tak velice obtížné poskytnout informace k průběhu léčby HV podložené vědeckými důkazy (Wülker & Mittag, 2012). Přehledová studie provedena Ferrarim, Higginsem a Prioerem (2009) porovnávala 21 vědeckých studií. Většina prací měla malý soubor probandů a neposkytla žádné doporučení vztahující se k technikám operace. Z celkových výsledků nevyplývalo, že by určitý druh operační techniky byl nadřazen jiným. Dle této studie také velká část pacientů (25 – 33 %) nebyla s výsledkem operace zcela spokojena.

Indikace k operaci přichází většinou při bolestech, které nezmírní změna obuvi nebo konzervativní léčba. Bolesti by měly být pravidelného a trvalého charakteru narušující funkci zasažené končetiny a způsobující další poruchy a deformity v oblasti nohy (Wülker & Mittag, 2012). Jako kontraindikace operační léčby jsou uváděny zejména rozsáhlé poruchy vaskularizace, aktivní infekce, pokročilý věk a nespolupráce pacienta (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012).

Hlavní náplní každé operace je korekce valgozity palce a odstranění mediální prominence hlavičky I. MT. Dle nálezu jsou zahrnovány také korekce souvisejících deformit, jako jsou kladívkovité prsty, odchýlení V. MT, tětivový efekt m. extensor hallucis longus nebo tlakové keratózy (Dungl, 2005).

2.2.5.1 Výkony na měkkých tkáních

Výkony na měkkých tkáních zahrnují resekci mediální prominence hlavičky, uvolnění šlachy m. adductor hallucis, kapsulotomii MTP kloubu, mediální kapsulorafii a výkony na šlachách (Dungl, 2005).

Operace dle Silvera zahrnuje tři výkony – resekci mediální prominence, kapsulorafii mediální části pouzdra a uvolnění tahu m. adductor hallucis. Řezem ve tvaru písmene Y je

vytvořen trojúhelníkový lalok spojený s bází proximálního článku palce. Jeho vychýlením dojde k posunu palce do varozity 45° čímž dojde ke zkrácení kloubního pouzdra. Nevýhodou této operace je častá ztráta korekce vytržením laloku ze sutury a častý vznik hallux varus. Tato technika nekoriguje abnormality HVA nebo IMA (Dungl, 2005).

Operace podle McBridea převzala své základy ze Silverovy operace, doplněna byla exstirpací laterální sezamské kůstky a přesunem šlachy m. adductor hallucis do laterální části hlavičky MT. DuVries vytvořil v pozdějších letech její modifikaci (Joseph & Mrozcek, 2007). Nicméně po operacích vznikaly nepřesvědčivé výsledky a nechtěné následky v podobě hallux varus, hallux extensus nebo docházelo k recidivitě valgozity. Problém byl pravděpodobně v přecenění síly příčné hlavy m. adductor hallucis (Dungl, 2005). V současnosti je tato technika skoro vždy používána v kombinaci s výkony na skeletu (Jason & Bustillo, 2007). Ve studii vytvořená Mannem a Pfeffingerem (1991) byla použita DuVriesova modifikace McBridovy operace u 72 probandů s celkovou spokojeností dle skóre pro deformitu hallux valgus Americké ortopedické asociace chodidla a hlezna (American orthopaedic foot and ankle society, dále jen AOFAS) v 92 %. HVA byl zlepšen z 32° na 16° a IMA z 14° na 9° . V průběhu 4 let nedošlo k progresi deformity. Operace nebyla vhodná pro závažný stupeň deformity a byla tak doporučena pro pacienty s HVA do 30° a IMA menším než 15° .

2.2.5.2 Osteotomie

Dle stupně závažnosti deformity jsou použity osteotomie v různých úrovních metatarzu – osteotomie proximální, diafyzální nebo distální. Slouží především ke korekci varozity I. MT a valgozity palce (Jason & Bustillo, 2007). Osteotomie mohou být lineární, šikmé, klínovité, ve tvaru písmene V, extrakapsulární nebo intrakapsulární. Mohou být doplněny dalšími výkony například protětím adduktoru palce nebo výkony na měkkých tkáních (Dungl, 2005).

Distální osteotomie jsou využívány u mírného stupně deformity, pro kongruentní i nekongruentní kloub s IMA menším než 15° (Jason & Bustillo, 2007). Mezi rozšířené osteotomie patří *Chevron osteotomie* jako alternativa modifikované McBride bunionectomie. Osteotomie dle Chevrona, dříve známá jako Austin Osteotomie, využívá linie ve tvaru písmene V skrze mediální část hlavičky a krčku I. MT s laterálním posunutím hlavičky. Posunutí je obvykle 5-6mm což většinou odpovídá 1/3 průměru hlavičky MT a výsledkem

je zlepšení IMA o 5°. Úhel osteotomie se může lišit – od 60 do 90° dle příslušných pracovišť. Korekce je nejčastěji fixována K - drátem. Dochází tak k minimálnímu zkrácení prstu, zlepšení korekce IMA a HVA bez výrazného zvýšení tuhosti I. MTP kloubu. Nevýhodou je potenciální riziko avaskulární nekrózy hlavice I. MT (Abidi, 2003). Schneider, Aigner, Pinggera a Knahr (2004) provedli Chevron osteotomii v kombinaci s výkony na měkkých tkáních u 73 pacientů (112 chodidel), sledování probíhalo minimálně 10let. HVA byl zlepšen z 27,7° na 13,8° a IM úhel z 13,8° na 8,7°. Výsledky u skupiny mladších a starších probandů byly srovnatelné. Měření byla opakována po 5,6 a 12,7 letech, kdy hodnoty IMA a HVA společně s pozicí sezamských kůstek zůstaly nezměněny. Progrese artritidy I. MTP kloubu mezi 5,6 a 12,7 lety po operaci byla statisticky signifikantní.

Ve spojení s Chevron osteotomií bývá často používána *Akin osteotomie* ke korekci zbývající valgozity základního článku palce (Jason & Bustillo, 2007). Zahrnuje resekci mediální prominence, odstranění přebytečných tkání mediální části kloubního pouzdra a mediální closing wedge osteotomii (Joseph & Mrozcek, 2007). Je kontraindikována jako primární procedura pro inkongruentní kloub (Jason & Bustillo, 2007).

Distální osteotomie u mírných deformit lze také provést *perkutánní technikou*. Mezi výhody patří zejména miniinvazivost, výrazně kratší operační čas a také snížení rizika sekundárních komplikací (Magan, Pézze, Rossi & Bartolozzi, 2005). K distálním osteotomiím se řadí také *Mitchell osteotomie*, která používá dvojité řez přes krček I. MT zanechávající laterálně schodek v povrchové vrstvě. Tento schod slouží k upevnění hlavičky metatarzu. Hlavní fragment je posunut laterálně a plantárně a připevněn stehy (Robinson & Limbers, 2005).

Diafyzální osteotomie jsou méně stabilní než distální osteotomie a mohou narušovat krevní zásobení v operačním místě. Nicméně jejím použitím lze dosáhnout větší korekce deformity a prodloužení I. MT po rotaci nebo translokaci a současně tak korekci IMA. Tento typ osteotomií lze provádět u mírného až středního stupně deformit, s IMA větším než 15° a HVA menším než 40° s doporučeným užitím u pacientů s dobrou kvalitou kostní hmoty, například bez výrazné osteopenie (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012).

Mezi diafyzální osteotomie se řadí *Scarf osteotomie*, dle Dunga (2005) poprvé popsána Mayerem v roce 1926. Její princip vychází z tesařského spojení trámů. Jedná se o podélnou osteotomii metatarzu v transverzální rovině ve tvaru písmene Z provedenou od

hlavice po bázi s laterální rotací distálního fragmentu, což vede ke snížení IMA (Adam, Choung, Gu & O'Maley, 2011). K posunu dochází maximálně v rozsahu 2/3 šířky metatarzu s nutností fixace kovovým materiálem (Skoták & Běhounek, 2006). Jedná se o biomechanicky velmi stabilní osteotomii nicméně technicky velmi náročnou s rizikem snížení pohyblivosti I. MTP kloubu (Jason & Bustillo, 2007). Adam, Choung, Gu a O'Maley (2011) provedli Scarf osteotomii v kombinaci s výkony na měkkých tkáních na 34 chodidlech. Průměrná délka sledování byla 24,6 měsíců s celkovou spokojeností pacientů dle AOFAS skóre v 94 %. Hodnota HVA byla snížena z 34,6° na 14,9° a IMA z 15,8° na 7,2°. Doplnující Akin osteotomie byla provedena ve čtyřech případech. Studie provedená Kilmartinem & O'Kanem (2010) u 50 pacientů potvrzuje úspěšnost techniky v kombinaci s Akin osteotomií bez výskytu metatarzalgii nebo omezení při nošení obuvi v 86 %. Průměrná délka sledování byla více jak 9 let a průměrný věk pacientů byl 57 let. Berg, Olsthroon a Pöll (2007) hodnotily 72 operovaných chodidel Scarf osteotomií a 15chodidel, u kterých byla navíc použita Akin osteotomie. HV úhel byl výrazně zlepšen ze 32° na 18° (minimální sledování 6 let, průměrné 7,5 let). V době posledního měření činila průměrná spokojenost pacientů s výsledkem operace 78 % dle AOFAS skóre.

K diafyzárním technikám se řadí také *modifikovaná Ludloff osteotomie*. Tato osteotomie požívá šikmý řez orientovaný od hlavy až po bázi metatarzu s posunem distálního fragmentu kosti laterálně (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012).

Proximální osteotomie jsou považovány za nejméně stabilní s největším rizikem elevace metatarzu a selhání fixace, nicméně umožňují korekci IMA. Tyto techniky jsou určeny pro středně těžké až závažné deformity s IMA větším než 15° a HVA větším než 40° bez hypermobility TMT skloubení (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). Jsou nejčastěji používány v kombinaci s distálními operacemi na měkkých tkáních (Robinson & Limbers, 2005).

Crescentis osteotomie využívá řezu 1cm distálně k I. TMT skloubení s konkavitou proximálně. Diafýza metatarzu je rotována laterálně a zajištěna šroubem nebo drátem. Je tak dosaženo minimálního zkrácení. Mezi rizika patří sekundární metatarzalgie (Jason & Bustillo, 2007). Zettl, Trnka, Easley, Salzer a Ritsch (2000) prezentovali retrospektivní studii 96 pacientů (117 chodidel) s průměrnou předoperační hodnotou IMA 17,8° a HVA 41°. Pooperační hodnota HVA se snížila na 14,6° a IMA na 7,8°. Výborná nebo dobrá

spokojenost byla hodnocena 91 % pacientů dle AOFAS skóre. Komplikace zahrnovaly 8 případů hallux varus a 5 případů selhání fixace.

Proximální Chevron osteotomie je technicky snadnější a vnitřně stabilnější do dorzální flexe než *Crescentic* osteotomie. Mediálním přístupem je v proximální části metatarzu vytvořena osteotomie ve tvaru písmene V. Diafýza metatarzu je rotována laterálně na inferiorním sloupci řezu a pro stabilitu je do superiorního sloupce řezu vložen kostní štěp z vyříznuté mediální eminence. Korekce pozice je zajišťována stehy mezi I. a II. MT (Robinson & Limbers, 2005). Studie vytvořená Mittagtem et al. (2013) potvrdila úspěšnost metody pro závažný stupeň deformity s použitím jednoduchého šroubu k fixaci v kombinaci s výkony na měkkých tkáních. Do výzkumu bylo zahrnutou 151 probandů s průměrným věkem 54 let, HVA 36,4° a průměrným IMA 16,8°. Klinické a RTG hodnocení probíhalo 2 dny a 6 týdnů po operaci. Hodnota HVA 2dny po operaci byla 3,5° a 6 týdnů 13,4°, hodnota IMA 6,4° 2 dny po a 9,8° v měření 6 týdnů po zákroku. Průměrná délka I. metatarzu klesla 6 týdnů po operaci z 56,4 mm na 53,6 mm. Komplikace v podobě pravděpodobného pakloubu byla zaznamenána ve čtyřech případech. Studie také poukazuje na ekonomickou výhodnost proximální Chevron osteotomie.

K proximálním osteotomiím se řadí také *proximální wedge osteotomie*. Korekce osy I. MT je dosažena vyjmutím kostního klínu na straně tupého úhlu odchytky (closing wedge osteotomie) nebo rozevřením linie osteotomie (opening wedge osteotomie) na straně ostrého úhlu (Jason & Bustillo, 2007). Při opening wedge dochází k prodloužení a protažení měkkých tkání, defekt je nezbytné vyplnit kostním transplantát. Closing wedge způsobuje zkrácení a rizikem je vnitřní instabilita (Jason & Bustillo, 2007). Dle Coopera, Berleta, Shurnase a Leea (2007) je opening wedge osteotomie porovnatelná s ostatními technikami pro korekci středního až závažného stupně deformity HV s rovnocenným nebo nižším výskytem pooperačních komplikací.

2.2.5.3 Artrodézy

Artrodézy I. MTP kloubu palce a I. TMT kloubu jsou používány nejčastěji u závažného stupně deformity, degenerativních změn MTP kloubu, revmatoidní artritidy, neuromuskulárních onemocnění nebo selhání předešlých operací (Jason & Bustillo, 2007).

Operace dle Lapiduse zahrnuje korekční osteotomii a artrodézu TMT spojení s korekcí varozity I. MT, je nejčastěji používána u IMA více než 20° a hypermobilního I. paprsku.

Operace zahrnuje klínovitou resekci s bází laterálně, čímž dochází ke korekci varózního postavení I. MT a zároveň také valgózního postavení palce. Fixace probíhá pomocí K-drátu, šroubů nebo paměťových skob. Tato technika dále zahrnuje uvolnění šlachy m. adductor hallucis a laterální části kloubního pouzdra I. MTP kloubu (Popelka et al., 2011). Dle Popelky, Vavříka, Hromádky a Sosny (2008) správně provedená technika zajistí korekci valgózního postavení palce a umožní nebolestivou chůzi.

Dále lze korigovat valgózní postavení palce pomocí *artrodézy MTP kloubu* palce čímž dojde i příznivému ovlivnění postavení ostatních prstů. Palec je ztužován v lehké valgositě přibližně 10° a mírné dorzální flexi asi 15-20° (Popelka et al., 2011).

2.2.5.4 Resekční artroplastiky

V současné době je odklon od resekčních artroplastik palce, preferovány jsou techniky zachovávající MTP kloub palce (Havlíček, Kovanda & Kunovský, 2007). Resekční operace jsou prováděny pouze u starších fyzicky neaktivních pacientů. Nejrozšířenější technikou je resekční *artroplastika dle Kellera* zahrnující resekci báze proximálního článku palce a výrůstku na mediální straně hlavičky I. MT, uvolnění šlachy m. adductor hallucis a uvolnění laterálního kloubního pouzdra (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). K nevýhodám z dlouhodobého hlediska patří možnost recidivy valgózního postavení palce. Palec také často bývá zkrácen a během chůze tak není v dostatečném kontaktu s podložkou, nevytváří dostatečnou oporu a dochází tak k přetěžování ostatních metatarzů a sekundárním metatarzalgíím. Při nadměrné resekci palce může dojít k vyvinutí cock-up deformity, při níž je palec v extenčním postavení a nedotýká se tak při stoji podložky (Popelka et al., 2011).

2.3 Chůze

Chůze jako základní způsob lidské lokomoce je vysoce individuální a charakteristický motorický projev každého jedince. Přestože je chůze základní projev lokomoce, není snadné ji definovat. Dle Vélého (2006, s. 348), „chůze probíhá jako rytmický translatorní pohyb těla kyvadlového charakteru“. Whitley (1996) popisuje chůzi jako způsob lokomoce zahrnující střídavé použití obou dolních končetin poskytující oporu a propulzi, přičemž musí být vždy alespoň jedna končetina v kontaktu s podložkou. Dle Perryho a Burnfielda (2010) je chůze charakteristická opakovanou sekvencí pohybů končetin za účelem pohybovat tělo směrem vpřed a zároveň udržovat jeho posturální stabilitu. V případě absence patologií je chůze efektivní, koordinovaný a nenamáhavý způsob lokomoce.

Chůze probíhá pod vlivem zejména subkortikálních oblastí, nicméně celkově se na celém procesu chůze podílejí všechny 3 úrovně řízení motoriky. Chůzi významně ovlivňují také aferentní signály z periferie, například bolestivá signalizace z oblasti nohy mění délku nebo rytmus kroku (Véle, 2006). V motorické ontogenezi dítěte je dle Vojty (1993) sociální bipedální lokomoce, tedy schopnost samostatné chůze za konkrétním cílem s regulací rychlosti a směru, ukončena mezi 14. – 16. měsícem. Její kvalita se postupně zvyšuje až do konkrétní podoby chůze dospělého člověka, která je dosažena kolem 6 let věku v době dozrání mozečku.

Abychom mohli pochopit abnormální chůzi, je nezbytné v první řadě porozumět chůzi „normální“. Nicméně pod pojmem normální je skryta široká variabilita možností provedení, u mužů i žen všech věkových kategorií s rozdílnou možností hybností kloubů. Pokud se chůze nějakým způsobem liší od normálních standardů, neznamená to, že je nějakým způsobem nežádoucí a naší snahou bude ji změnit. Vhodná kritéria by měla být vybrána dle individualit posuzovaného člověka (Whittley, 1994).

2.3.1 Krokový cyklus

Mezi tři hlavní části chůze patří fáze zahajovací, cyklická fáze a fáze ukončení (Vařeka & Vařeková, 2009). Během krokového cyklu dochází k recipročnímu střídání stojné (stance phase) a švihové fáze (swing phase), přičemž stojná fáze zaujímá přibližně 60 % krokového cyklu a fáze švihová 40 %. Přesný čas trvání jednotlivých fází se mění v závislosti na rychlosti chůze v inverzním vztahu. Dle sekvence kontaktu chodidla

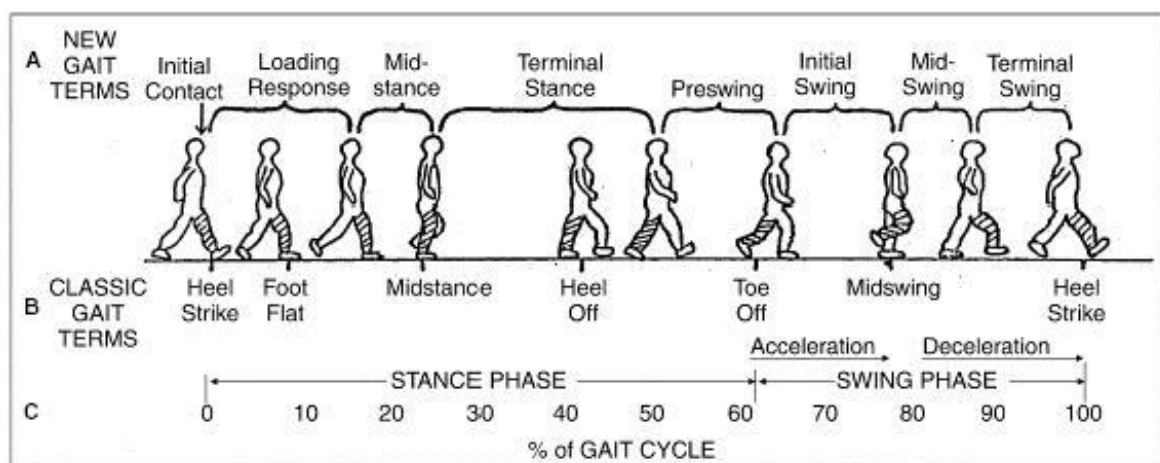
s podložkou lze stojnou fází dále rozdělit na tři komponenty: na začátku i na konci stojné fáze dochází ke kontaktu obou chodidel, nastává tak fáze dvojí opory (double limb support) - iniciální a terminální, uprostřed stojné fáze dochází k fázi jedné opory (single limb support) - v kontaktu s podložkou je pouze jedno chodidlo (Perry & Burnfield, 2010; Whittley, 1996).

Perry a Burnfield (2010), Whittleyho (1996), Ustal a Baerga (2004) dělí dále stojnou fází na:

- počáteční kontakt (initial contact IC), 0-2 % krokového cyklu
- postupné zatěžování (loading response, LR), 2-12 %
- střední stoj (midstance, MS), 12-31 %
- konečný stoj (terminal stance, TS), 31-50 %
- předšvih (pre-swing), 50-62%

a fázi švihovou na:

- počáteční švih (initial swing), 62-72 %
- mezišvih (mid swing), 72-87 %
- konečný švih (terminal swing), 87-100 %



Obrázek 5. Fáze krokového cyklu (Ustal & Baerga, 2004)

Kombinace těchto fází krokového cyklu také umožňuje končetině dosáhnout třech základních bodů – akceptování hmotnosti (weight acceptance), opory jedné končetiny a švihového posunu končetiny vpřed (swing limb advancement). První bod, *přijetí hmotnosti*, je nejnáročnější částí krokového cyklu, dochází totiž k náhlému přesunu

hmotnosti těla na končetinu, která právě dokončila švihovou fázi a má tak nestabilní postavení. V této fázi musí dojít ke splnění třech funkčních požadavků – ztlumení nárazu, počáteční stability končetiny a udržení postupu končetiny vpřed. Děje se tak během fáze počátečního kontaktu a postupného zatěžování. Druhý bod, *opora jedné končetiny*, začíná zvednutím druhé končetiny pro švihovou fázi a končí kontaktem s podložkou dané končetiny. Během této doby, zatímco pohyb vpřed pokračuje, nese jedna končetina hmotnost celého těla v sagitální i frontální rovině. Dvě fáze krokového cyklu jsou zahrnuty: mezistoj a terminální stoj. Ke splnění vysokých nároků třetího bodu, *švihového posun končetiny* vpřed, je nutné připravit a zaujmout posturu (nastavení) již během stoje. Při zvedání se pak končetina pohybuje skrze tři postavení, pokračuje dokončením délky dvojkroku a připravuje se dále na opornou fázi. Děje se tak během čtyř krokových fází: předšvih, počáteční švih, střední švih a konečný švih (Perry & Burnfield, 2009).

Saunders, Inman, Eberhart (in Cuccurullo, 2009) určili 6 mechanismů chůze nezbytných k minimalizaci exkurzí těžiště těla a k podpoře produkce pohybu vpřed co nejekonomičtějším způsobem. Těchto 6 proměnných ovlivňujících energetický výdej představuje: rotace pánve, pánevní sklon, flexe kolene během stojné fáze, činnost chodidla, činnost kolene a laterální vychýlení pánve.

V terminologii je dále uváděn pojem dvojkrok, což je ekvivalentem krokového cyklu, tedy interval mezi dvěma následujícími počátečními kontakty chodidel stejné končetiny. Pojem krok vyjadřuje vzdálenost mezi dopadem paty levé a pravé končetiny (Vařeka & Vařeková, 2009). Whittle (1994) z podstatných časoprostorových parametrů zmiňuje čas krokového cyklu, délku kroku a rychlost chůze. K časovým parametrům dále ještě délku stojné či švihové fáze, délku jednooporové a dvouoporové fáze.

2.3.2 Souvislost pohybů jednotlivých segmentů těla během krokového cyklu

I přes společné základní charakteristiky a principy chůze existuje široká individuální variabilita v načasování, kvalitativním i kvantitativním hledisku. Daná variabilita je ovlivněna jednak strukturálně (např. anteverzní úhel krčku nebo somatotyp ovlivňují biomechaniku), tak průběhem psychomotorického vývoje a také vnitřními (únava, stres) a vnějšími (kvalita povrchu, osvětlení) faktory (Vařeka & Vařeková, 2009).

Perry a Burnfield (2009) rozdělují lidské tělo dle funkcí během chůze na jednotku „cestující“ (passanger unit) a na jednotku „lokomoční“ (locomotor unit). Hlava, krk, trup a horní končetiny přímo nepřispívají k aktu chůze, jsou pouze nesené, jsou tedy zahrnuty v jednotce cestující. Svaly hlavy, krku a trupu svou aktivitou udržují neutrální postavení kloubů páteře a minimalizují přenos posturálních změn od pánve k hlavě. Souhryb horních končetin, pasivní i aktivní, není nezbytný k provedení normálního vzoru chůze. K lokomoční skupině patří dolní končetiny a pánev zahrnující 11 kloubních spojení (lumbosakrální, bilaterálně kyčelní, kolenní, hlezenní, subtalární a MTP klouby), které jsou ovládnuty 57 svaly. Pánev tvoří hybný článek mezi dvěma končetinami a během švihové fáze postupuje s pohybující se končetinou. Mimo to pánev slouží také jako dolní část jednotce cestující. Dolní končetiny plní funkci podpůrnou a nosnou cestující části těla, způsobem hybným vpřed, a zároveň funkci švihovou. Každá oporná končetina musí plnit čtyři základní funkce: tlumení nárazu, propulzi, stabilitu a uchování energie.

Vzhledem k zaměření této diplomové práce bude dále detailně popsána pouze stojná fáze chůze.

2.3.2.1 Fáze počátečního kontaktu a postupného zatěžování

Stojná fáze chůze začíná iniciálním kontaktem, často je také nazývána tato fáze obdobím dopadu paty (heel strike), a pokračuje obdobím postupného zatěžování. *Hlezenní kloub* je na počátku v neutrálním postavení či v dorziflexi, excentrickou kontrakcí m. tibialis anterior, m. extenzor digitorum longus a m. extenzor hallucis longus zahajuje pasivní plantární flexi. V supinovaném/invertovaném *ST kloubu* díky iniciálnímu kontaktu na laterální výběžek patní kosti nastává pronace/everze (Perry & Burnfield, 2009; Whittle, 1996). Předonoží není schopné sledovat plný rozsah pronace/everze zánoží, tudíž v *TT kloubu* probíhá kolem longitudinální osy relativní supinace/inverze. Nastává tak odemknutí TT kloubu, který má minimální stabilitu ale maximální volnost a umožňuje tak plynulé přizpůsobení plošky povrchu a dochází k tlumení nárazu (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009).

Během pronace/everze ST kloubu dochází díky pantovému mechanismu k addukci talu vyvolávající vnitřní rotaci *bérce* spojenou s pohybem do flexe v *kolenním kloubu*, který byl před dopadem paty téměř plně extendován (Vařeka & Vařeková, 2009). Hyperextenzi na konci švihové fáze brání excentrická kontrakce hamstringů pokračující také na začátku

stojné fáze. Excentrická aktivita vastu medialis et lateralis m. quadriceps femoris limituje a zpomaluje flexi kolene přibližně kolem 20°, tlumí tak náraz a zároveň udržuje stabilitu. *Kyčelní kloub* začíná extendovat zprvu zejména díky koncentrické kontrakci m. gluteus maximu a m. adductor magnus, v pozdější fázi také aktivitou hamstringů. *Páneve* je v této fázi v maximu dopředné rotace přibližně 5° a zároveň kontralaterální strana v maximu rotace vzad (Perry & Burnfield, 2004; Whittle, 1996). Dochází tak k vnitřní rotaci v kyčelním kloubu, což je příkladem velké individuální variability. Problém v popisu nastává v určení vztažného bodu, vzhledem ke kterému je popsána rotace, a také existence kolodiafyzárního úhlu a úhlu krčku femuru v transverzální rovině (Vařeka & Vařeková, 2009). V tomto období nastává velká reakce abduktorů kyčle s cílem zpomalit a kontrolovat náhlý pokles kontralaterální strany pánve, který je přibližně 10° (Perry & Burnfield, 2004). *Trup* je v nejnižší vertikální pozici, klesá 23mm pod svou obvyklou pozici během krokového cyklu, a má také nejvyšší okamžitou rychlost směrem vpřed. Začíná laterální vychýlení nad stojnou končetinu. *Ramenní pletence* rotují v opačném směru vzhledem k pánvi. *Horní končetiny* dosáhli svého maxima během švihové fáze, rozsah pohybu je velmi individuální, a začínají se vracet zpět (Whittle, 1996).

2.3.2.2 Fáze střední opory

Fáze střední opory následuje po dosažení plného kontaktu plosky s podložkou. V *hlezenním kloubu* dochází k pasivní dorzální flexi, excentrická kontrakce m. soleus a m. gastrocnemius zajišťuje stabilitu a progresi hlezenního kloubu (Perry & Burnfield, 2009). V *ST kloubu* začíná supinace/inverze díky částečnému přesunu zatížení na metatarzy a odlehčená *patní kost* je tak aktivitou m. triceps surae supinována/invertována. Souběžně dochází i k dorzální flexi *I. MTP kloubu* a může se tudíž uplatnit kladkový mechanismus plantární aponeurózy. Díky kontaktu laterální strany chodidla s podložkou není předonoží schopné sledovat pohyb *ST kloubu* a dochází tudíž k relativní pronaci/everzi v *TT kloubu*. Tyto mechanismy uzamykají a stabilizují *TT kloub*, m. tibialis posterior a m. peroneus longus zpevňují přední tarsus a zatížení se posouvá ještě dále mediálně. Celkově je tak z nohy vytvořena pevná páka nezbytná pro další fázi krokového cyklu (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009). *Kolenní kloub* začíná pohyb do extenze a flexe se tak zmenšuje na 15°, což je doprovázeno zevní rotací *bérce* a abdukci *talů*. *Kyčelní kloub* pokračuje pohyb do extenze, *páneve* se díky kontrakci horních vláken m. gluteus maximus a m. gluteus medius vrací do neutrální pozice (Perry & Burnfield, 2009). *Trup* dosahuje

nejvyšší vertikální pozice, asi 23mm nad průměr a zpomaluje svou dopřednou rychlost. Laterální vychýlení dosahuje svého maxima, asi 20 mm ze své centrální pozice, směrem nad stojnou končetinu. *Ramenní pletence* jsou v neutrálním postavení (Whittle, 1994).

2.3.2.3 Fáze konečného stoje

Ve fázi konečného stoje dochází k aktivnímu odrazu a odlepení paty. V *hlezenním kloubu* během okamžiku odlepení paty je dosažena maximální dorzální flexe 10° a pomocí aktivity m. triceps surae přechází do fáze aktivní plantární flexe (Perry & Burnfield, 2009). V *ST kloubu* pokračuje supinace/inverze a v *TT kloubu* tak relativní pronace/everze. (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009). Dle Leardiniho et al. (2006) dochází během terminálního stoje k průměrné 10° everzi/pronaci *středonoží* danou přesunem zatížení z laterální části do mediální části předonoží, která je nezbytná pro stabilizaci *I. MT* ve fázi odrazu. Aktivitou m. peroneus longus a tahem plantární fascie (jejíž mediální část je pod větším napětím), která se navíjí okolo hlaviček metatarzů, je přitahována pata k předonoží a akcentován mediální oblouku klenby. Jak již bylo zmíněno výše, z nohy je díky těmto mechanismům vytvořena rigidní páka nezbytná pro plné uplatnění lokomoční funkce lýtkových svalů (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009). Současně je flexor hallucis longus a flexor digitorum longus protahován, čímž dochází ke zvýšení jejich následné kontrakce. Flexor digitorum longus et brevis zvyšují sílu odrazu pomocí zvýšení tlaku na podložku. Nejdůležitějším svalem v tomto ohledu je však flexor hallucis longus. Musculi lumbricales svou akcí vyrovnávají akci dlouhých flexorů a zabraňují prolamování prstů během odrazu palce.

Kolenní kloub během odlepení paty dosahuje maximální extenze v krokovém cyklu (přibližně 3° flexe) a poté se opět začíná pohybovat do flexe. *Kyčelní kloub* přes nulové postavení pokračuje dále do extenze (Vařeka & Vařeková, 2003, 2009). Laterální vychýlení *trupu* nad stojnou končetinu se snižuje. *Ramenní pletence* se pohybují v kotrarotaci vzhledem k pánvi (Whittle, 1994).

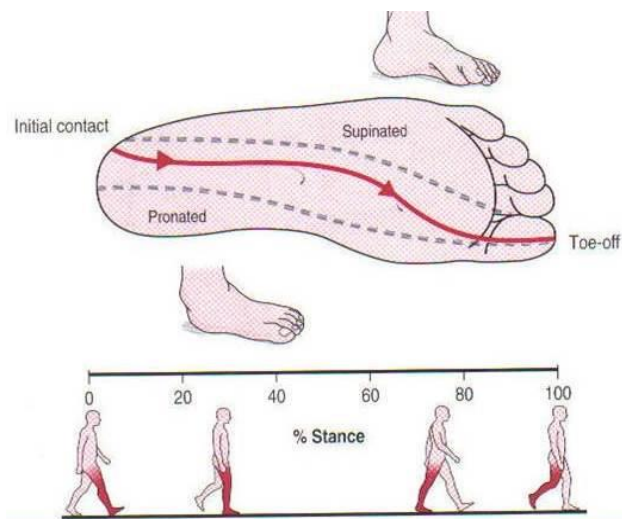
2.3.2.4 Předšvih

Rozhraní předšvihu a počátečního švihu čili rozhraní stojné a švihové fáze představuje období odrazu palce (toe off) stojné končetiny (Whittle, 1996). Během fáze předšvihu pokračuje v *hlezenním kloubu* plantární flexe, v *ST kloubu* supinace a v *TT kloubu* pronace

kolem longitudinální osy (Vařeka & Vařeková, 2009). Leadini et al. (2006) uvádí nárůst plantární flexe *I. MT* (průměrně 15°) s cílem dosáhnout dostatečné dorzální flexe *palce* pro odraz (průměrně 35° v MTP kloubu palce), přičemž *MTP kloub palce* má také tendence se pohybovat do varozity (průměrně 5°). Dorzální flexí všech MTP kloubů dochází k pasivnímu protažení měkkých tkání, což dále stabilizuje podélnou nožní klenbu zejména pro fázi odrazu (Perry & Burnfield, 2009). Současně je flexor hallucis longus a flexor digitorum longus protahován, čímž dochází ke zvýšení jejich následné kontrakce. Flexor digitorum longus et brevis zvyšují sílu odrazu pomocí zvýšení tlaku na podložku. Nejdůležitějším svalem v tomto ohledu je však flexor hallucis longus. Musculi lumbricales svou akcí vyrovnávají akci dlouhých flexorů a zabraňují prolamování prstů během odrazu palce (Standring, 2008). *Kolenní kloub* pokračuje zahájenou flexí do 40° umožňující snadné odlepení palce v další fázi. V *kloubu kyčelním* je dokončena maximální extenze a zahájena rychlá flexe. Proto je někdy tato fáze nazývána jako období zrychlení končetiny (Perry & Burnfield, 2009).

2.3.3 Průběh zatížení během chůze

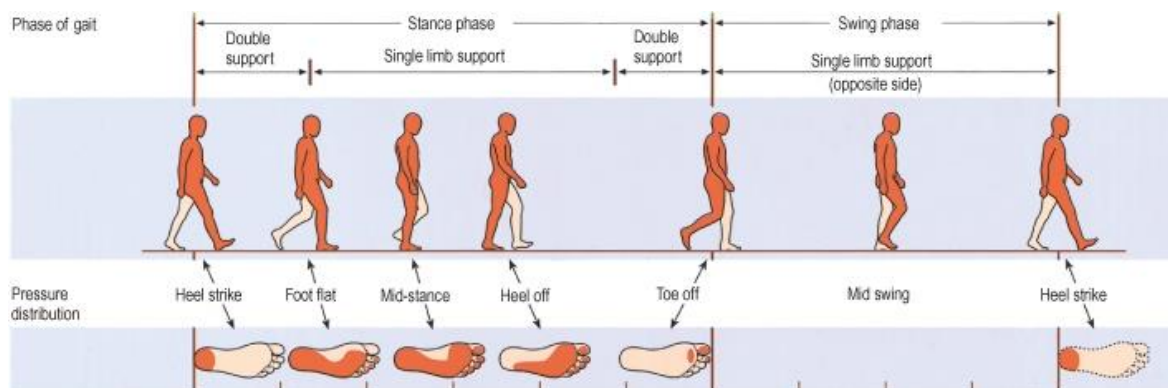
Během stojné fáze se působiště reakční síly (center of pressure - COP), které je v rovině podložky, rychle pohybuje od laterálního okraje paty při iniciálním kontaktu směrem do centrální části metatarzů, kde přebývá zhruba půlku stojné fáze, než se propaguje dále distálně a mediálně až směrem k palci v předšvihové fázi (Coughlin & Mann, 2007). V průběhu dochází také k mírnému latero - mediálnímu vychýlení (De Cock, Vanrenterghem, Willems Witvrouw & De Clercq, 2007).



Obrázek 6. Průběh přesunu působíště reakční síly podložky během krokového cyklu (Kirtley, 2006).

Průběh zatížení lze analyzovat pomocí tlakových plošin. Průběh zatížení jednotlivých oblastí nohy se liší při chůzi na bosu či v různých typech obuvi, stejně tak se je ovlivněno rychlostí chůze. Se zvyšující se rychlostí chůze se zvyšují maxima tlaků zejména na patě, I. MT, laterálním předonoží a palci (Kirtley, 2006). Vyskytuje se zde také velká interindividuální variabilita (Perry & Burnfield, 2009). Zatížení palce během stojné fáze je více než dvojnásobné v porovnání se všemi zbylými prsty (Coughlin & Mann, 2007).

Doba kontaktu předonoží tvoří 80-85 % celkové doby stojné fáze, přičemž palec, hlavička I. a II. MT tvoří většinu - přibližně 64 % z celkového zatížení předonoží. (Coughlin & Mann, 2007).



Obrázek 7. Průběh přesunu zatížení během krokového cyklu (Kirtley, 2006).

I. paprsek nohy je nejzatíženější strukturou při chůzi (Rodgers, 1988). Na šlachy dlouhého a krátkého flexoru palce je vyvíjena síla přibližně rovna 52% a 36% hmotnosti

těla, na m. peroneus longus více než 58%. Výsledná síla působící na hlavičku I. MT je odhadována okolo 119 % hmotnosti těla. Tyto velké síly působící podél šlach flexorů palce vysoce zatíženého I. paprsku zpevňující mediální oblouk podélné klenby. II. MT je podroben také velkému zatížení, ale zejména v ohybu, s výslednou silou působící na jeho hlavičku okolo 45 % hmotnosti těla. Pokud je I. paprsek se silným palcem zbaven své funkce, s největší pravděpodobností funkce II. MT také selže (Jacobs, 2001). Správný průběh zatížení I. paprsku je tedy nezbytný předpoklad pro fyziologicky provedený krokový cyklus (Rodgers, 1988).

2.3.4 Chůze u osob s hallux valgus

Provedení krokového cyklu je u pacientů s HV významně narušeno. Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2.2, děje se tak zejména v důsledku vyvinutí kompenzačních mechanismů reagujících na změny orientace skeletu a měkkých tkání v oblasti chodidla.

Narušením funkce I. paprsku, palce a plantární aponeurózy dochází ke snížení mediální části předonoží, což je během fáze terminálního stoje a začátku švihové fáze spjato s redukcí mechanismu uzávěru TT kloubu a noha tak zůstává flexibilní a mobilní i v pozdějších fázích chůze. Je narušena dynamická stabilizace I. paprsku nohy. Chodidlo tak nemůže plnit funkci rigidní páky, což má dopad na celkovou efektivitu chůze (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

V ST kloubu se osa supinace/pronace posouvá blíže k úponu m. tibialis anterior. Zkracuje se tak jeho rameno páky a klesá moment síly supinace (Vařeka & Vařeková, 2005). Tímto dochází tedy k redukcí celkové supinace a naopak k nadměrné či prodloužené pronaci během terminálního stoje a začátku švihové fáze. Reakční síly podložky tak působí zejména na disto-mediální část prvního paprsku a palec je tak ve fázi odrazu tlačěn do abdukce. Komplexně tedy nadměrná pronace zánoží způsobí zvýšení mobility středonoží, snížení stability kloubů předonoží a narušení efektivity supinace předonoží (Lorimer, French, O'Donell, Burrow & Wall, 2006).

Pro průběh normální propulze během chůze je nezbytné dosáhnout v I. MTP kloubu 65° až 70° dorzální flexe. Nicméně dorzální flexe palce zajištěná kontrakcí m. extenzor hallucis longus je pouze 20-30°. Zbylých 40° je tak dosaženo plantární flexí hlavičky I. MT díky kontrakci m. peroneus longus (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012). U pronovaného předonoží je efektivita kontrakce m. peroneus longus ohrožena a aktivní

dorzální flexe I. MTP kloubu je redukována skoro o dvě třetiny. Aktivní dorzální flexe je tak dosažena primárně kontrakcí m. extenzor hallucis longus a reakčními silami podložky, což výrazně narušuje stabilitu I. MTP kloubu. Také díky nižší efektivitě m. peroneus longus inklinuje první paprsek k postavení v dorzální flexi. Reakční síly podložky jsou tak přesunuty k II. – V. MTP kloubu zvyšující predispozice k metatarzalgii a kloubní degeneraci. Omezená dorzální flexe I. MTP kloubu je tak kompenzována a zhoršována zvýšením abdukce předonoží jako součást nadměrné pronace ST kloubu. Dorzální flexe I. MT kloubu je také snižována narušením funkce a posunem sezamských kůstek. Což v konečném důsledku dále prohlubuje nadměrnou pronaci během terminálního stoje a začátku švihové fáze a tudíž i valgózní deformitu I. MTP kloubu (Lorimer, French, O'Donnell, Burrow & Wall, 2006).

Narušení funkce kloubů a funkční centrace jednoho segmentu, v tomto případě nohy, způsobuje funkční decentraci i ostatních segmentů s možným přetížením daných oblastí (Kolář, 2001). To se může projevit například v podobě patelofemorálního syndromu nebo bolestmi zad (Vařeka & Vařeková, 2005). Khamis a Yizhar (2006) zkoumali vliv nadměrné či prodloužené pronace zánoží na postavení dolních končetin a pánve u zdravých probandů během stoje. Měření probíhalo ve 4 pozicích - stoj na rovné zemi a stoj na klínech se zešíkmením 10°, 15° a 20° k navození hyperpronace. Z výsledků studie vyplývá, že síly působící na oblast nohy mohou změnit nastavení celé dolní končetiny včetně pánve. Při stoji na klínech byla oproti stoji na rovné zemi naměřena výrazně větší vnitřní rotace bérce s větší everzí kalkaneu, která dále vedla k větší vnitřní rotaci v kyčelním kloubu, což při bilaterální akci způsobilo větší anteriorní náklon pánve.

Ze studie provedené Hwangem, Choim, Leem a Kimem (2006) s použitím 3D analýzy pohybu multisegmentálního modelu nohy vyplývá, že pacienti s HV využívají zejména během terminálního stoje menší rozsah plantární a dorzální flexe. Tato práce také potvrdila nadměrnou addukci mediálních MTP kloubů nohy během terminálního stoje, zevní rotaci MTP kloubu palce a hlezenního kloubu během celého krokového cyklu. Také výsledky studie provedené Kozákovou, Janurou, Svobodou, Elfmarkem a Klugarem (2011) potvrdily změny funkce ostatních kloubů dolních končetin u pacientů s HV. Během začátku stojné fáze bylo dosaženo větší maximum plantární flexe, ale menší maximum dorzální flexe během celé stojné fáze. Výsledky studie dále přinesly větší maximum extenze kolene na konci švihové fáze, menší maximum abdukce kyčle a menší rozsah pohybů pánve ve frontální rovině během krokového cyklu.

2.3.5 Diagnostika zatížení nohy při chůzi pomocí dynamické plantografie

Pro evaluaci chůze je v současnosti rozšířeno využití biomechanické analýzy v podobě dynamické plantografie, silových plošin, 3D kinematické analýzy a také elektromyografie (Perry & Burnfield, 2009).

Dynamická plantografie přináší cenné informace o statickém či dynamickém zatížení nohy během krokového cyklu. Využívá tlakových plošin nebo tlakových stélek v obuvi k hodnocení rozložení a velikosti tlaku při kontaktu chodidla s podložkou. Podstatné je také hodnocení tlakového zatížení daných oblastí v závislosti na čase a tudíž i posouzení dynamiky odvalu (Razak, Zayegh, Begg & Wahab, 2012). Existuje řada typů senzorů, nejčastěji jsou využívány kapacitní či odporové senzory. Liší se také hustota umístění a citlivost senzorů a snímkovací frekvence od 100Hz – 500Hz. Plošiny mohou být dlouhé od 0,5m až po 2m, a široké kolem 0,4m. Vyšší frekvence snímání nebo delší plošina znamená kratší čas měření. Výstupem jsou základní parametry distribuce tlaku a jeho změny v čase - např. impuls, oblast kontaktu, maximální tlak, a také odvozené parametry např. délka kroku, frekvence kroků, doba zatížení jedné končetiny, trajektorie působení reakční síly podložky. V současnosti jsou v České republice používány tlakové plošiny systémů Emed, Footscan a Baropodometr (Anonymous, 2011).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 Cíle

Hlavní cílem práce bylo zhodnotit vliv operační korekce hallux valgus na dynamické parametry chůze 1 rok po jejím provedení.

Dílčí cíle:

- a) Porovnat rozložení a distribuci zatížení při kontaktu operovaného chodidla s podložkou při chůzi u pacientů před operační korekcí hallux valgus, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus.
- b) Porovnat rozložení a distribuci zatížení při kontaktu neoperovaného chodidla s podložkou při chůzi u pacientů před operační korekcí hallux valgus, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus .
- c) Porovnat rozložení a distribuci zatížení při kontaktu chodidla s podložkou při chůzi mezi operovanou a neoperovanou dolní končetinou u pacientů před, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus.
- d) Porovnat rozložení a distribuci zatížení při kontaktu chodidel s podložkou při chůzi výzkumného souboru před operační korekcí hallux valgus, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus v porovnání s kontrolní skupinou.

3.2 Hypotézy

H₀₁: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operované a neoperované dolní končetiny před operační korekcí hallux valgus.

H₀₂: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operovaného chodidla při chůzi u osob před a 3 měsíce po operační korekci hallux valgus.

H₀₃: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu neoperovaného chodidla při chůzi u osob před a 3 měsíce po operační korekci hallux valgus.

H₀₄: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operované a neoperované dolní končetiny 3 měsíce po operační korekci hallux valgus.

H₀₅: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operovaného chodidla při chůzi u osob 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus.

H₀₆: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu neoperovaného chodidla s podložkou při chůzi u osob 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus.

H₀₇: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operované a neoperované dolní končetiny 1 rok po operační korekci hallux valgus.

H₀₈: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operovaného chodidla při chůzi u osob před a 1 rok po operační korekci hallux valgus.

H₀₉: Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu neoperovaného chodidla s podložkou při chůzi u osob před a 1 rok po operační korekci hallux valgus.

Nulová hypotéza bude zamítnuta, pokud dojde ke statisticky významné změně alespoň jednoho z hodnocených parametrů.

3.3 Výzkumné otázky

1. výzkumná otázka

Jak se liší zatížení chodidel při chůzi u pacientů s hallux valgus před operační korekcí ve srovnání s kontrolní skupinou?

2. výzkumná otázka

Jak se liší zatížení chodidel při chůzi u pacientů s hallux valgus 3 měsíce po operační korekci ve srovnání s kontrolní skupinou?

3. výzkumná otázka

Jak se liší zatížení chodidel při chůzi u pacientů s hallux valgus 1 rok po operační korekci ve srovnání s kontrolní skupinou?

4 METODIKA

Výzkum v rámci diplomové práce „Dynamické parametry chůze u pacientů po operační korekci hallux valgus“ byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci a etickou komisí Fakultní nemocnice Olomouc (Příloha 1).

Testované osoby byly seznámeny s průběhem měření a jeho cílem. Před samotným započítáním výzkumu podepsaly informovaný souhlas (Příloha 2). U všech probandů byla vyloučena systémová onemocnění.

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumná skupina (dále VS) byla vytvořena ve spolupráci s Ortopedickou klinikou Fakultní nemocnice Olomouc. Do výzkumné skupiny byli zařazeni pacienti s vyloučením systémového onemocnění (metabolického, neurologického, ischemické choroby dolních končetin).

Výzkumnou skupinu tvořilo 20 probandů (průměrný věk $51,4 \pm 11,1$ let, výška $166,1 \pm 6,0$ cm, hmotnost $70,8 \pm 12,2$ kg) z toho 19 žen a 1 muž, s diagnostikovanou deformitou hallux valgus indikovaných k operační korekci, kteří byli měřeni před a 3 měsíce po operaci. Měření po 1 roce od provedené operační korekce se vzhledem k nízké adherenci zúčastnilo 11 žen (průměrný věk $47,9 \pm 12,9$ let, výška $166,3 \pm 6,7$ cm, hmotnost $70,6 \pm 10,6$ kg). Jedna pacientka absolvovala pouze měření před operací a 1 rok po operaci.

V tabulce 1 jsou uvedeny typy operačních zákroků provedených u pacientů s deformitou hallux valgus a počet odoperovaných probandů. Často byly techniky provedeny v kombinaci - osteotomie v kombinaci s výkony na měkkých tkáních.

Tabulka 1. Typy operačních zákroků a počet odoperovaných probandů

Typ operační korekce	Název techniky	Počet probandů
Osteotomie I. MTP kloubu	Chevron	3
	Scarf	4
Osteotomie II. – IV. MTP kloubu	Weil	4
	Wolf	1
Resekční artroplastiky	Mayo Keller	1
Artrodézy	Lapidus	1
Výkony na měkkých tkáních	McBride	5
	Du Vries	2
	Shede	1

Legenda: MTP - metatarzofalangeální kloub

Kontrolní skupinu (dále KS) tvořilo 14 probandů (průměrný věk $47,4 \pm 7,2$ let, výška $169 \pm 6,6$ cm, hmotnost $73,1 \pm 12,8$ kg), 11 žen a 3 muži bez zdravotních obtíží.

4.2 Přístrojové vybavení

4.2.1 Footscan RS International

Pro analýzu zatížení nohy během chůze u pacientů s HV bylo provedeno měření pomocí plantografické plošiny Footscan® (RSCcan International, Belgium) o délce 2m, s hustotou senzorů 2,6 senzoru na cm^2 (16 386 snímačů pod krycí deskou). Frekvence snímkování byla 100Hz a 125Hz při délce měření 2,5s a 2s. K zajištění plynulé a přirozené chůze byla plantografická plošina z obou stran doplněna dřevěnými deskami výškově shodnými s měřicí plošinou. Software Footscan gait (verze 7, 97) byl využit pro následné zpracování a vyhodnocení naměřených dat.

4.3 Organizace sběru dat

Měření bylo vždy provedeno v biomechanické laboratoři Katedry přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci se zajištěním tepelného komfortu, dostatečného osvětlení a minimalizováním rušivých faktorů.

První měření probíhalo den před vlastní operací probandů. Na začátku byl proveden podrobný kineziologický rozbor, poté dynamická a kinematická analýza chůze. Po operaci měli probandí možnost absolvovat 4 - 6 týdenní rehabilitaci v RRR centru nebo v rehabilitačním zařízení dle místa svého bydliště.

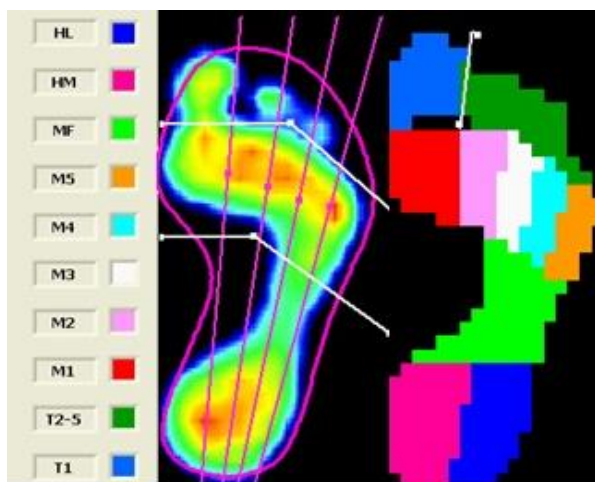
Po třech měsících od provedené operace bylo provedeno 2. měření dynamické analýzy chůze.

Řádově rok od provedené operace bylo provedeno 3. měření dynamické analýzy chůze, které probíhalo ve spodním prádle bez obuvi. Před zahájením měření měli probandi možnost si opakovaně vyzkoušet chůzi po měřicí plošině. Do jejich přirozeného rytmu a rychlosti chůze nebylo zasahováno. Bylo naměřeno 15 pokusů. Měření bylo totožné pro všechny testované osoby.

4.4 Analýza dat

4.4.1 Zpracování záznamu

Pro analýzu dat bylo z 15 naměřených pokusů použito 10. U každého pokusu probanda, u obou dolních končetin, byly vyhodnoceny dynamické parametry pro jednotlivé části nohy: palec (T1), prsty (T2-5) a hlavičky metatarzů (M1, M2, M3, M4, M5), středonoží (midfoot), mediální část paty (heel medial), laterální část paty (heel lateral). Pro potřeby této diplomové práce byly ve výsledcích tyto části nohy rozděleny na oblast předonoží (T1, T2-5, M1, M2, M3, M4, M5, MF) a oblast zánoží (HM, HL).



Obrázek 8. Rozdělení chodidla v programu Footscan 7.97 (RSscan International, 2009)

Data byla exportována do programu Microsoft Office Excel (OS Windows). Zde bylo pracováno s hodnotami dynamických parametrů (Příloha 3). Dopočítali jsme pro jednotlivé oblasti chodidla procentuální vyjádření okamžiku zahájení kontaktu zatěžované oblasti vzhledem k trvání stojné fáze chůze (Start time), okamžiku ukončení kontaktu zatěžované

oblasti vzhledem k trvání stojné fáze chůze (End time) a také bylo dopočítáno procentuální vyjádření okamžiku dosažení maxima tlaku vzhledem ke stojné fázi chůze (Time MaxP). Z výchozích dat byla dále použita hodnota celkového zatížení (Impuls), hodnota maxima tlaku (MaxP), maximální hodnota tlaku naměřená na některém ze senzorů v dané oblasti (Max peak sensor value in area), hodnota relativní doby kontaktu dané oblasti vzhledem k trvání stojné fáze (% Contact area), hodnota plochy kontaktu (Contact area) a hodnota rychlosti zatížení (Load rate).

Při srovnání pacientů s hallux valgus s kontrolní skupinou (dále KS) jsme zvolili ekvivalent porovnání: operovaná končetina pacientů s hallux valgus (dolní končetina s deformitou hallux valgus) = nepreferovaná dolní končetina KS, neoperovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus (zdravá dolní končetina) = preferovaná dolní končetina KS.

4.4.2 Statistické zpracování dat

Statistické zpracování naměřených dat bylo provedeno v softwaru SPSS verze 15 (SPSS Inc., Chicago, USA). Ze získaných dat byly vypočítány základní parametry (průměr, median, směrodatná odchylka, minimum, maximum). Hypotézy byly testovány na hladině statistické signifikantnosti $p < 0,05$. K určení signifikantnosti porovnávaných parametrů výzkumného souboru ve všech třech časových obdobích byl použit Wilcoxonův párový test s Bonferroniho korekcí. K určení signifikantnosti porovnávaných parametrů výzkumného souboru a kontrolní skupiny byl použit Mann-Whitney U test s Bonferroniho korekcí.

K porovnání signifikantnosti věku, výšky a váhy kontrolní skupiny a výzkumné skupiny byl použit Studentův t-test a Mann-Whitney U test. Soubory se neliší signifikantně ve věku, výšce a hmotnosti.

5 VÝSLEDKY

V jednotlivých podkapitolách výsledků jsou uvedeny pouze parametry, u nichž došlo k statisticky významným změnám na hladině statistické významnosti $p < 0,05$. Souhrnný přehled těchto parametrů je pak uveden v příloze 4. Všechny hodnoty byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa

Veškeré parametry s hodnotami základních statistických veličin jsou souhrnně uvedeny v příloze 5.

Z didaktických důvodů s cílem dosáhnout, co největší přehlednosti výsledků porovnávaných parametrů, bylo chodidlo ve výsledcích dále rozděleno na oblast předonoží (T1, T2-5, M1, M2, M3, M4, M5, MF) a oblast zánoží (HM, HL).

5.1 Stav před operací

5.1.1 Porovnání chodidla s hallux valgus a zdravého chodidla

- Oblast předonoží

U pacientů s deformitou hallux valgus (dále HV) jsme zaznamenali statisticky dříve maximum tlaku (% Time MaxP) vzhledem k trvání stojné fáze v oblasti 2. - 5. prstu ($p < 0,05$) u chodidla s HV ve srovnání se zdravým chodidlem. Dále jsme u chodidla s HV našli statisticky významně nižší maximum tlaku (MaxP) v oblasti II. metatarzu ($p < 0,05$) a významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti I. metatarzu ($p < 0,05$) než u zdravého chodidla (Tabulka 2).

Tabulka 2. Porovnání dynamických parametrů chůze chodidla s hallux valgus a zdravého chodidla před operační korekcí v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		HVDK	ZDK	HVDK	ZDK	
% Time MaxP [%]	T2-5	84,76	86,33	3,32	3,65	0,02
MaxP [N.cm ⁻²]	M2	5,4	6	2,78	3,43	0,04
Contact area [cm ²]	M1	14,6	13,7	3,19	2,63	0,04

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HVDK - dolní končetina s hallux valgus, ZDK - zdravá dolní končetina, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz

- **Oblast zánoží**

U pacientů s HV měřených před operací jsme v oblasti zánoží nenalezli statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi dolní končetinou s HV a zdravou končetinou v žádném z měřených parametrů.

H₀₁: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operované a neoperované dolní končetiny před operační korekcí hallux valgus“. - **zamítáme**

5.1.2 Porovnání pacientů s hallux valgus s kontrolní skupinou

1. výzkumná otázka: „Jak se liší zatížení chodidel při chůzi u pacientů s hallux valgus před operační korekcí ve srovnání s kontrolní skupinou?“

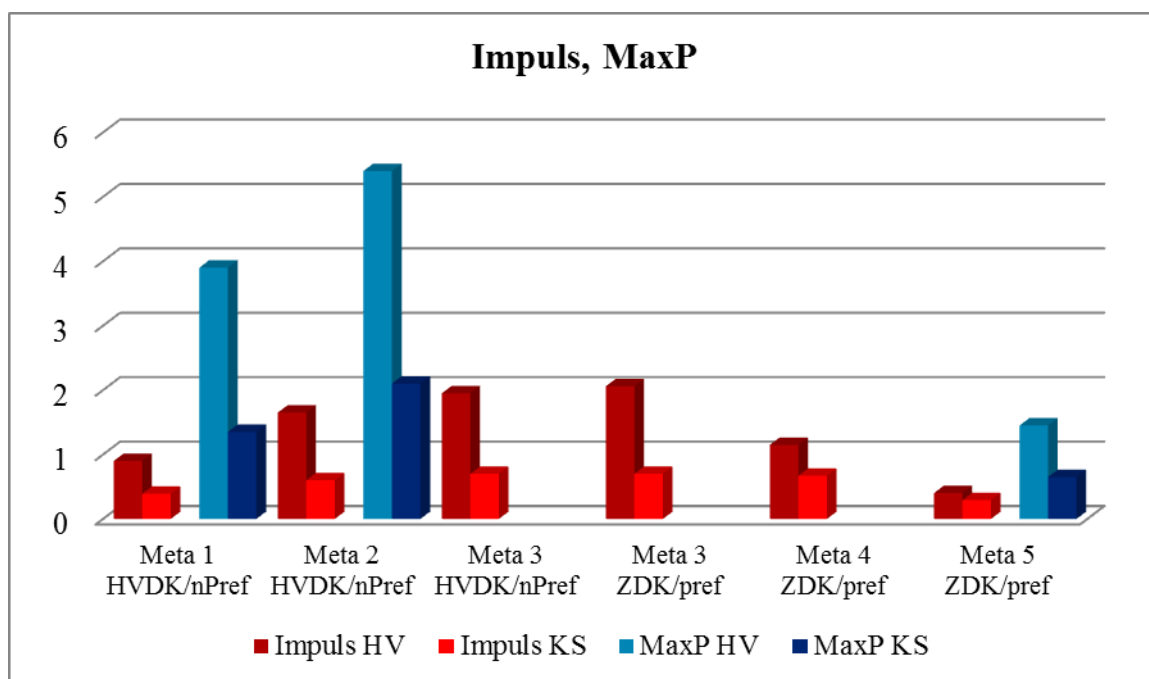
- **Oblast přednoží**

U pacientů s deformitou HV měřených před operací jsme zaznamenali statisticky významné zpoždění ukončení kontaktu (% End time) v oblasti 2. - 5. prstu ($p < 0,05$) u obou chodidel vzhledem k trvání stojné fáze (Tabulka 3a, 3b).

Na dolní končetině s HV ve srovnání s nepreferovanou dolní končetinou u kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV měřených před operací zjistili statisticky významně delší relativní dobu zatížení (% Contact) v oblasti II. a III. metatarzu ($p < 0,05$) vzhledem k trvání stojné fáze (Tabulka 3a). Dále jsme zaznamenali statisticky významně větší maximum tlaku (MaxP) v oblasti I. - II. metatarzu ($p < 0,05$) a také statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti I. - III. metatarzu ($p < 0,05$) (Tabulka 3a, Obrázek 9). Také jsme na dolní končetině s HV ve srovnání s nepreferovanou dolní končetinou u kontrolní skupiny zjistili významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti I. metatarzu ($p < 0,05$) (Tabulka 3a).

Na zdravé dolní končetině ve srovnání s preferovanou dolní končetinou kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV měřených před operací zaznamenali statisticky významné zpoždění ukončení kontaktu (% End time) v oblasti IV. - V. metatarzu ($p < 0,05$) a také statisticky významně zpoždění jsme zaznamenali v dosažení maxima tlaku (% Time MaxP) v oblasti IV. a V. metatarzu ($p < 0,05$) vzhledem k trvání stojné fáze. Také jsme naměřili statisticky významně delší relativní dobu zatížení (% Contact) v oblasti IV. - V. metatarzu ($p < 0,05$) vzhledem k trvání stojné fáze (Tabulka 3b). Na zdravé dolní končetině ve srovnání s preferovanou dolní končetinou u kontrolní skupiny jsme dále naměřili

statisticky významně větší maximum tlaku (MaxP) v oblasti V. metatarzu ($p < 0,05$) a také jsme zjistili statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti III. - V. metatarzu ($p < 0,05$) (Tabulka 3b, Obrázek 9). Také jsme naměřili statisticky významně menší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti V. metatarzu ($p < 0,05$) (Tabulka 3b).



Legenda: Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, HV - pacienti s hallux valgus, KS - kontrolní skupina, HVDK/nPref - dolní končetina s HV/nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, ZDK/pref - zdravá dolní končetina/preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, Meta 1 - I. metatarz, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, Meta 5 - V. metatarz

Obrázek 9. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operační korekcí v oblasti předonoží

Tabulka 3a. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operační korekcí v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		HVDK	KS nPref	HVDK	KS nPref	
% End time [%]	T2-5	98,54	97,27	1,86	1,81	0,04
MaxP [N.cm ⁻²]	M1	3,9	1,35	3,51	0,98	0,01
	M2	5,4	2,1	2,77	1,25	0,02
Impuls [N.s.cm ⁻²]	M1	0,9	0,39	1,12	0,24	0,01
	M2	1,65	0,6	0,82	0,28	0,01
	M3	1,95	0,7	0,99	0,43	0,02
Contact area [cm ²]	M1	14,6	10,5	3,19	5,31	<0,01
% Contact [%]	M2	82	76,21	4,07	5,75	0,02
	M3	83,5	81,5	3,35	5,37	0,02

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HVDK - dolní končetina s hallux valgus u pacientů před operací, KS nPref - nepreferovaná dolní končetina u kontrolní skupiny, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz

Tabulka 3b. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operační korekcí v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		ZDK	KS pref	ZDK	KS pref	
% End time [%]	T2-5	98,82	97,72	1,52	2,07	0,02
	M4	92,9	90,59	1,78	3,87	0,05
	M5	88	83,13	2,21	7,22	0,03
% Time MaxP [%]	M4	73,59	66,83	4,38	8,26	0,01
	M5	70,15	55,46	10,65	12,5	0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	M2	5,4	2,1	2,77	1,25	0,02
	M5	1,45	0,65	1,98	0,93	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	M3	2,06	0,7	1,4	0,58	0,03
	M4	1,15	0,67	1,44	0,5	0,02
	M5	0,4	0,29	0,73	0,2	0,03
Contact area [cm ²]	M5	10,85	12,55	2,54	6,2	0,03
% Contact [%]	M4	83	78,5	3,18	5,58	0,02
	M5	83	78,5	3,18	5,57	0,03

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, ZDK - zdravá dolní končetina u pacientů před operací, KS pref - preferovaná dolní končetina u kontrolní skupiny, T2-5 - 2. - 5. prst, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz

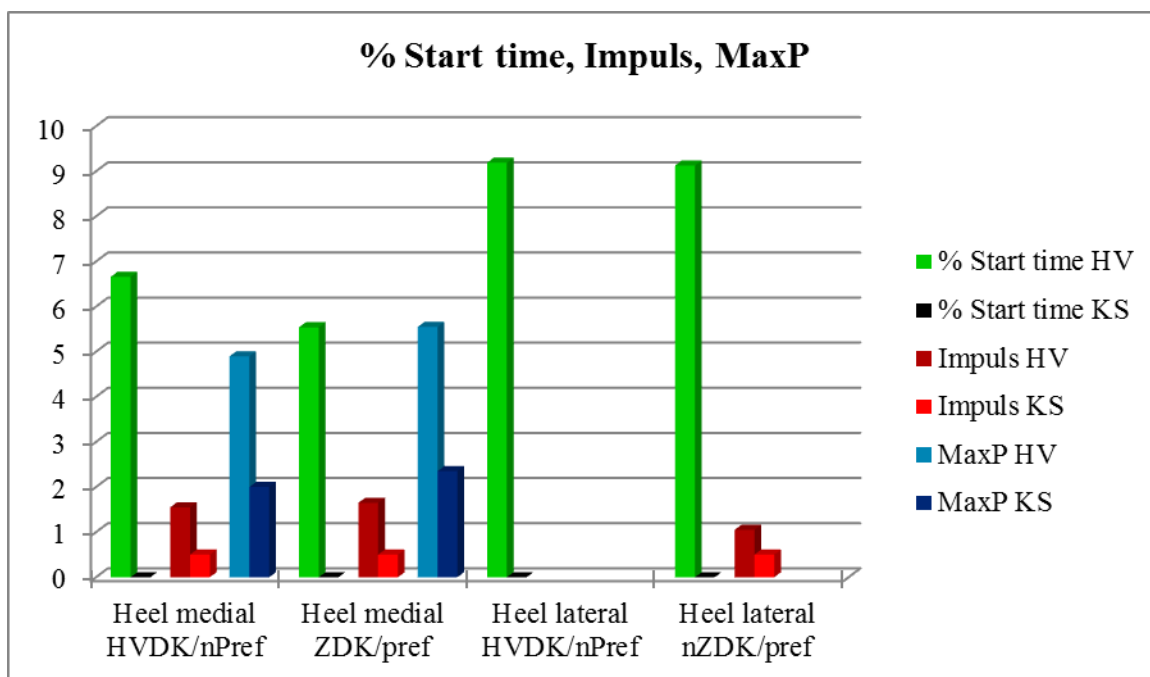
• Oblast zánoží

Na obou chodidlech pacientů s deformitou HV před operační korekcí jsme naměřili statisticky významné zpoždění v zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti laterální i mediální části paty ($p < 0,05$) vzhledem k stejné fázi chůze. Dále jsme našli statisticky významně větší maximum tlaku (MaxP) a větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti mediální části paty ($p < 0,05$) (Tabulka 4a, 4b, Obrázek 10).

Na chodidle s HV ve srovnání s nepreferovaným chodidlem kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV před operační korekcí zjistili větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti laterální části paty ($p < 0,05$) (Tabulka 4a).

Na zdravé dolní končetině ve srovnání s preferovanou dolní končetinou kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV měřených před operací zaznamenali zpoždění v ukončení kontaktu (% End time) v oblasti laterální části paty ($p < 0,05$) vzhledem k trvání stejné fáze a také statisticky významně delší relativní dobu zatížení (% Contact) v oblasti laterální části paty vzhledem k stejné fázi chůze ($p < 0,05$) (Tabulka 4b). Dále jsme na zdravé dolní končetině ve srovnání s preferovanou dolní končetinou kontrolní skupiny zaznamenali

statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti laterální části paty ($p < 0,05$) (Tabulka 4b, Obrázek 10).



Legenda: % Start time - okamžik zahájení kontaktu, Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, HV - pacienti s hallux valgus, KS - kontrolní skupina, HVDK/nPref - dolní končetina s HV/nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, ZDK/pref - zdravá dolní končetiny/preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, Heel medial - mediální část paty, Heel lateral - laterální část paty

Obrázek 10. Porovnání okamžiku zahájení kontaktu, velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operační korekcí v oblasti zánoží

Tabulka 4a. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operační korekcí v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		HVDK	KS nPref	HVDK	KS nPref	
% Start Time [%]	HM	6,66	0	7,33	0,09	0,02
	HL	9,19	0	11,57	0	0,02
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	4,9	2	3,44	1,58	0,02
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,55	0,5	0,99	0,41	0,01
Contact area [cm ²]	HL	17,8	16,1	2,5	7,4	0,04

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HVDK - dolní končetina s hallux valgus u pacientů před operací, KS nPref - nepreferovaná dolní končetina u kontrolní skupiny, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

Tabulka 4b. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operační korekcí v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		ZDK	KS pref	ZDK	KS pref	
% Start Time [%]	HM	5,54	0	6,39	0,02	0,04
	HL	9,13	0	11,09	0	0,04
% End time [%]	HL	63,67	55,49	8,09	7,9	0,03
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	5,55	2,35	4,79	1,72	0,03
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,65	0,5	1,29	0,45	0,01
	HL	1,05	0,5	0,89	0,3	0,01
% Contact [%]	HL	60,15	53	8,28	8,86	0,04

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, ZDK - zdravá dolní končetina u pacientů před operací, KS pref - preferovaná dolní končetina u kontrolní skupiny, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

5.2 Porovnání stavu před operací a 3 měsíce po operaci

5.2.1 Operované chodidlo

- **Oblast předonoží**

U pacientů 3 měsíce po operační korekci bylo na operovaném chodidle dosaženo maxima tlaku (% Time MaxP) statisticky významně později v oblasti palce, III. - V. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací vzhledem k trvání stejné fáze. Dále jsme zaznamenali statisticky významné zpoždění ukončení kontaktu (% End time) v oblasti V. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) operovaného chodidla v porovnání před operací vzhledem k trvání stejné fáze. Naměřili jsme také statisticky významně kratší relativní dobu zatížení (% Contact) v oblasti II. metatarzu ($p < 0,05$) na operovaném chodidle než před operací vzhledem k trvání stejné fáze (Tabulka 5).

Na operovaném chodidle u pacientů 3 měsíce po operaci došlo k poklesu maxima tlaku (MaxP) v oblasti prstů a I. metatarzu ($p < 0,05$) a také k poklesu celkového zatížení (Impuls) v oblasti palce, prstů a I. metatarzu ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 5).

Tabulka 5. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle před a 3 měsíce po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	3 měsíce po operaci	před operací	3 měsíce po operaci	
% End Time [%]	M5	87,42	91,1	3,64	2,81	0,01
	MF	68,44	77,17	12,06	9,38	0,02
% Time MaxP [%]	T1	88,38	92,36	3,98	4,28	0,01
	M3	77,47	80,58	4,15	2,08	0,01
	M4	72,42	78,51	8,87	3,39	0,01
	M5	66,25	76,92	12,88	10,61	0,01
	MF	37,3	52,94	15,2	15,51	0,03
MaxP [N.cm ⁻²]	T2-5	1,01	0,51	1,02	0,41	0,01
	M1	3,9	2,05	3,51	0,81	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	T1	0,25	0,1	0,27	0,12	0,03
	T2-5	0,15	0,1	0,34	0,07	0,02
	M1	0,9	0,5	1,12	0,26	0,01
% Contact [%]	M2	82	79	4,1	4,1	0,03

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

- **Oblast zánoží**

U pacientů 3 měsíce po operační korekci jsme na operovaném chodidle v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) zaznamenali statisticky významně dříve zahájení kontaktu (% Start time) a také statisticky významné zpoždění v ukončení kontaktu (% End time) ve srovnání se stavem před operací vzhledem k trvání stojné fáze. V oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) jsme dále naměřili statisticky významně delší relativní dobu zatížení (% Contact) než před operací vzhledem k trvání stojné fáze (Tabulka 6).

Tabulka 6. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle před a 3 měsíce po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	3 měsíce po operaci	před operací	3 měsíce po operaci	
% Start time [%]	HM	6,66	0	7,33	0,04	0,01
	HL	9,19	0	11,57	0	0,01
% End time [%]	HM	61,05	71,93	9,19	10,15	0,01
	HL	59,25	71,75	9,54	11,18	0,01
% Contact [%]	HM	59,5	68,5	9,4	10,2	0,01
	HL	58	68	9,9	11,1	0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

H₀₂: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operovaného chodidla při chůzi u osob před a 3 měsíce po operační korekci hallux valgus.“ - **zamítáme**

5.2.2 Neoperované chodidlo

- **Oblast předonoží**

U pacientů 3 měsíce po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle zaznamenali statisticky významné zpoždění v zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti IV. metatarzu ($p < 0,05$) a také statisticky významné zpoždění v dosažení maxima tlaku (% Time MaxP) v oblasti palce ($p < 0,05$) než před operací vzhledem k stejné fázi (Tabulka 7).

Na neoperovaném chodidle u pacientů 3 měsíce po operaci HV došlo k nárůstu plochy kontaktu (Contact area) v oblasti palce ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 7).

Tabulka 7. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle před a 3 měsíce po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	3 měsíce po operaci	před operací	3 měsíce po operaci	
% Start time [%]	M4	7,1	9,6	2,9	4,1	0,01
% Time MaxP [%]	T1	87,06	89,46	3,77	3,3	0,02
Contact area [cm ²]	T1	8,8	9,6	3,18	2,32	0,03

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, T1 - palec, M4 - IV. metatarz

- **Oblast zánoží**

U pacientů 3 měsíce po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle zjistili statisticky významně dříve zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti laterální části paty ($p < 0,05$) než před operací vzhledem k trvání stejné fáze (Tabulka 8).

Tabulka 8. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle před a 3 měsíce po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	3 měsíce po operaci	před operací	3 měsíce po operaci	
% Start time [%]	HL	9,13	0	11,09	0,07	0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HL - laterální část paty

H₀₃: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu neoperovaného chodidla při chůzi u osob před a 3 měsíce po operační korekci hallux valgus“. - **zamítáme**

5.3 Stav 3 měsíce po operaci

5.3.1 Porovnání operovaného chodidla s neoperovaným

- **Oblast předonoží**

U pacientů 3 měsíce po operaci HV byl u operovaného chodidla statisticky významně dříve ukončen kontakt (% End time) v oblasti I. a II. metatarzu ($p < 0,05$), naopak v oblasti V. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) byl kontakt ukončen statisticky významně později ve srovnání s neoperovaným chodidlem vzhledem k trvání stejné fáze chůze. Dále bylo u operovaného chodidla dosaženo maxima tlaku (% Time MaxP) statisticky významně později v oblasti palce, III. - V. metatarzu ($p < 0,05$) než na neoperovaném chodidle vzhledem k trvání stejné fáze. Také jsme zaznamenali statisticky významně delší relativní dobu trvání kontaktu (% Contact) v oblasti IV. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) ve srovnání s neoperovaným chodidlem vzhledem k trvání stejné fáze (Tabulka 9).

Na operovaném chodidle u pacientů 3 měsíce po operační korekci jsme také našli statisticky významně menší maximum tlaku (MaxP) v oblasti palce, prstů a I. metatarzu ($p < 0,05$) ve srovnání s neoperovaným chodidlem (Tabulka 9).

Tabulka 9. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus mezi operovaným a neoperovaným chodidlem 3 měsíce po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		operovaná DK	neoperovaná DK	operovaná DK	neoperovaná DK	
% End time [%]	M1	93,67	94,8	2,11	2,34	0,02
	M2	95,69	96,27	1,37	1,84	0,03
	M5	91,1	87,84	2,81	3,88	<0,01
	MF	77,17	74,34	9,38	8,52	<0,01
% Time MaxP [%]	T1	92,36	89,46	4,28	3,3	0,01
	M3	80,58	77,89	2,08	3,68	0,02
	M4	78,51	74	3,59	5,84	<0,01
	M5	76,92	69,18	10,61	10,91	<0,01
	MF	52,94	39,96	15,51	11,55	0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	T1	1,2	1,3	0,6	2	0,03
	T2-5	0,5	0,9	0,4	0,7	<0,01
	M1	2,05	2,9	0,81	1,41	0,02
% Contact [%]	M5	77	73,5	12,9	12	0,03
	MF	69	60,5	14,8	13,9	<0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

- **Oblast zánoží**

U pacientů 3 měsíce po operační korekci HV jsme na operovaném chodidle zjistili statisticky významné zpoždění v ukončení kontaktu (% End time) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání s neoperovaným chodidlem vzhledem k stejné fázi chůze. Na operovaném chodidle bylo také dosaženo maxima tlaku (% Time MaxP) statisticky významně později v oblasti laterální části paty ($p < 0,05$) než na neoperovaném chodidle vzhledem k stejné fázi. Také jsme na operovaném chodidle zaznamenali statisticky významně delší relativní dobu kontaktu (% Contact) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) v porovnání s neoperovaným chodidlem vzhledem k stejné fázi chůze (Tabulka 10).

Tabulka 10. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus mezi operovaným a neoperovaným chodidlem 3 měsíce po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		operovaná DK	neoperovaná DK	operovaná DK	neoperovaná DK	
% End time [%]	HM	71,39	67,11	10,15	7,19	0,01
	HL	71,75	66,62	11,18	7,71	0,01
% Time MaxP [%]	HM	24,47	21,63	7,46	6,31	0,03
% Contact [%]	HM	68,5	64	10,2	7,2	0,01
	HL	68	63,5	11,1	7,6	<0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HL - laterální část paty, HM - mediální část paty

H₀₄: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operované a neoperované dolní končetiny 3 měsíce po operační korekci hallux valgus.“ - **zamítáme**

5.3.2 Porovnání pacientů s hallux valgus s kontrolní skupinou

2. výzkumná otázka: „Jak se liší zatížení chodidel při chůzi u pacientů s hallux valgus 3 měsíce po operační korekci ve srovnání s kontrolní skupinou?“

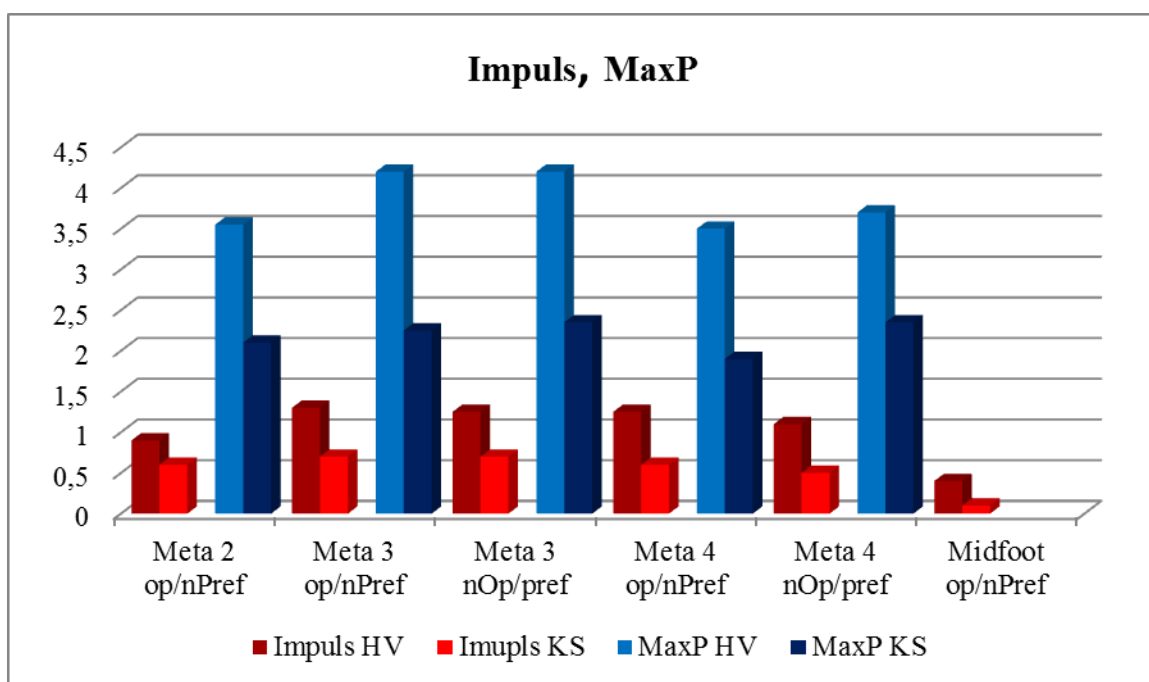
- **Oblast předonoží**

Na obou chodidlech pacientů s HV měřených 3 měsíce po operační korekci jsme ve srovnání s kontrolní skupinou našli statisticky významné zpoždění v ukončení kontaktu (% End time) v oblasti 2. - 5. prstu, II. - IV. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) vzhledem k stejné fázi. V oblasti palce, 2. - 5. prstu, III. - IV. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) bylo dále dosaženo maxima tlaku (% Time MaxP) statisticky významně později vzhledem k stejné fázi chůze (Tabulka 11a, 11b). Dále jsme u pacientů s HV měřených 3 měsíce po

operaci zaznamenali statisticky významně větší maximum tlaku (MaxP) v oblasti III. a IV. metatarzu ($p < 0,05$) a také jsme naměřili významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti III. a IV. metatarzu ($p < 0,05$) obou chodidel ve srovnání s kontrolní skupinou (Tabulka 11a,11b, Obrázek 11).

Na operovaném chodidle ve srovnání s nepreferovaným chodidlem kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV 3 měsíce po operační korekci zaznamenali statisticky významně větší maximum tlaku (MaxP) v oblasti II. metatarzu ($p < 0,05$) a také statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti II. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) (Tabulka 11a, Obrázek 11). Dále jsme zjistili statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti I. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) (Tabulka 11a).

Na neoperovaném chodidle ve srovnání s preferovaným chodidlem kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV 3 měsíce po operační korekci zjistili statisticky významné zpoždění v zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti I. a V. metatarzu ($p < 0,05$) vzhledem k stejné fázi chůze a také statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti V. metatarzu ($p < 0,05$) (Tabulka 11b).



Legenda: Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, HV - pacienti s hallux valgus, KS - kontrolní skupina, op/nPref - operovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus/nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, nOp/pref - neoperovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus /preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, MF - středonoží

Obrázek 11. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 3 měsíce po operační korekci v oblasti předonoží

Tabulka 11a. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 3 měsíce po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		op DK	KS nPref	op DK	KS nPref	
% End Time [%]	T2-5	98,88	97,27	2,03	1,81	0,05
	M4	94,11	91,67	2,01	3,01	0,01
	M5	91,1	85,83	2,81	6,9	<0,01
% Time MaxP [%]	T1	92,36	85,14	4,28	3,93	<0,01
	T2-5	89,19	83,79	5,32	3,94	0,01
	M3	80,58	77,42	2,08	4,5	0,03
	M4	78,51	69,57	10,61	11,07	0,01
	M5	76,92	65,57	10,61	11,07	0,01
	MF	52,94	32,59	15,51	11,44	0,03
MaxP [N.cm ⁻²]	M3	4,2	2,25	2,37	1,65	0,05
	M4	3,5	1,9	2,23	1,48	0,04
Impuls [N.s.cm ⁻²]	M2	0,9	0,6	0,53	0,28	0,03
	M3	1,3	0,7	0,6	0,43	0,03
	M4	1,25	0,6	0,72	0,4	0,02
	MF	0,4	0,1	0,59	0,14	0,04
Contact area [cm ²]	M1	14,6	10,5	3,19	5,31	0,01
	MF	29,6	21,95	11,41	13,42	0,04

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, op DK - operovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus, KS nPref - nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

Tabulka 11b. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 3 měsíce po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		nOp DK	KS nPref	nOp DK	KS nPref	
% Start time [%]	M1	21,08	15,69	9,35	4,35	0,05
	M5	10,81	10,46	12,27	5,51	0,05
% End time [%]	T2-5	99,29	97,22	1,55	2,07	0,01
	M2	96,27	94,79	1,84	1,48	0,02
	M3	95,93	93,75	2,08	1,78	0,02
	M4	93	90,59	2,22	3,87	<0,01
	M5	87,84	83,13	3,88	7,22	0,03
% Time MaxP [%]	T1	89,46	85,54	3,3	3,65	0,05
	M4	74	66,83	5,84	8,26	0,01
	M5	69,18	55,46	10,91	12,5	0,02
MaxP [N.cm ⁻²]	M3	4,2	2,35	3,16	2,28	0,03
	M4	3,7	2,35	2,24	1,97	0,04
Impuls [N.s.cm ⁻²]	M3	1,25	0,7	0,84	0,58	0,02
	M4	1,1	0,5	0,8	0,5	0,01
Contact area [cm ²]	M5	10,9	8,65	2,43	2,98	0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, nOp DK - neoperovaná dolní končetina pacientů s HV, KS pref - preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz

- **Oblast zánoží**

U pacientů s HV 3 měsíce po operační korekci jsme zjistili statisticky významné zpoždění ukončení kontaktu (% End time) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) obou chodidel ve srovnání s kontrolní skupinou vzhledem k stejné fázi. Také jsme zaznamenali statisticky významně delší relativní dobu kontaktu (% Contact) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) obou chodidel v porovnání s kontrolní skupinou vzhledem k stejné fázi (Tabulka 12a, 12b).

Dále jsme u pacientů s HV 3 měsíce po operační korekci naměřili statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti mediální a laterální část paty ($p < 0,05$) obou chodidel v porovnání s kontrolní skupinou. Také jsme zjistili statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti laterální části paty obou ($p < 0,05$) chodidel ve srovnání s kontrolní skupinou (Tabulka 12a, 12b).

Tabulka 12a. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 3 měsíce po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		op DK	KS nPref	op DK	KS nPref	
% End time [%]	HM	71,93	60	10,15	7,83	<0,01
	HL	71,75	57,02	11,18	7,44	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,3	0,5	0,88	0,41	<0,01
	HL	1,25	0,5	0,99	0,3	<0,01
Contact area [cm ²]	HL	18	16,1	2,54	7,4	0,03
% Contact [%]	HM	68,5	55,5	10,15	7,4	<0,01
	HL	68	53,5	11,06	6,89	0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, op DK - operovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus, KS nPref - nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

Tabulka 12b. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 3 měsíce po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		nOp DK	KS pref	nOp DK	KS pref	
% End time [%]	HM	67,11	57,38	7,19	8,39	0,02
	HL	66,62	55,49	7,71	7,9	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,3	0,5	0,67	0,45	0,01
	HL	1,05	0,4	0,81	0,41	0,02
Contact area [cm ²]	HL	18,2	15,6	2,68	7,6	0,04
% Contact [%]	HM	64	56	7,18	8,8	0,03
	HL	63,5	53	7,61	8,86	0,02

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, nOp DK - neoperovaná dolní končetina pacientů s HV, KS pref - preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

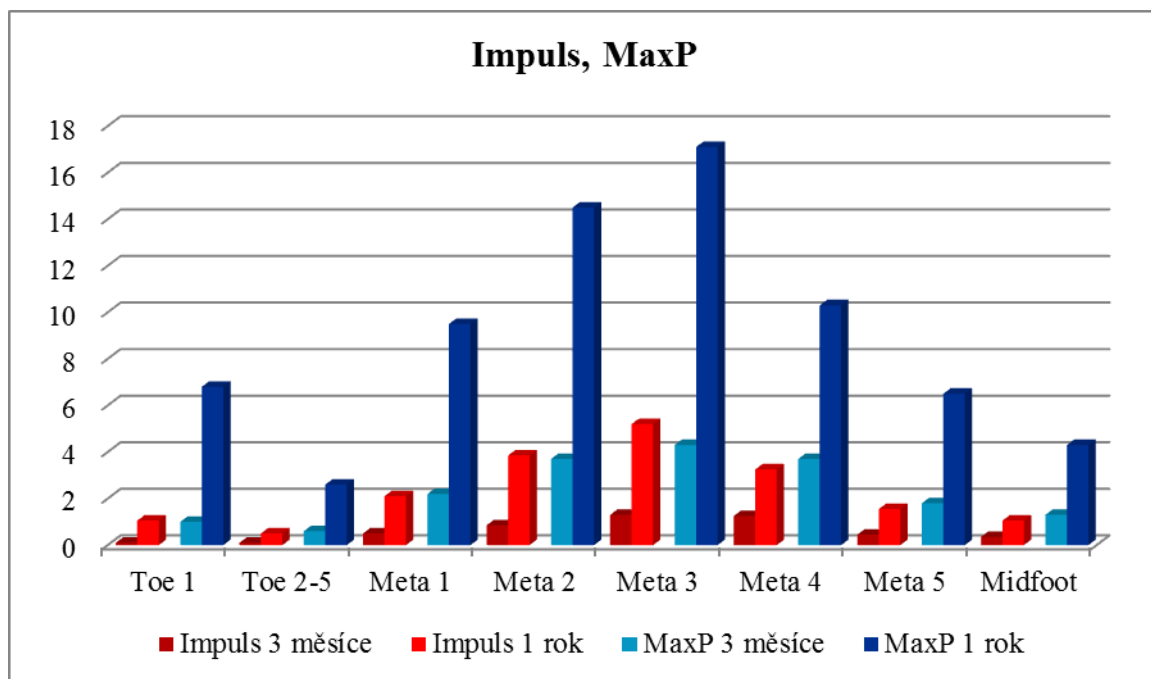
5.4 Porovnání stavu 3 měsíce po operaci a 1 rok po operaci

5.4.1 Operované chodidlo

- **Oblast předonoží**

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci bylo na operovaném chodidle dosaženo maxima tlaku (% Time MaxP) statisticky významně dříve v oblasti 2. - 5. prstu a III. - V. metatarzu ($p < 0,05$) a dále byl statisticky významně dříve ukončen kontakt (% End time) v oblasti II. metatarzu, V. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem 3 měsíce po operaci vzhledem k stejné fázi (Tabulka 13).

Na operovaném chodidle pacientů s HV měřených 1 rok po operační korekci došlo také k nárůstu maxima tlaku (MaxP) u všech oblastí předonoží ($p < 0,05$) a k nárůstu celkového zatížení (Impuls) v oblasti palce, 2. - 5. prstu a I. - IV. metatarzu ($p < 0,05$) v porovnání se stavem 3 měsíce po operaci (Tabulka 13, Obrázek 12).



Legenda: Impuls - celkové zatížení MaxP - maximum tlaku, Toe 1 - palec, Toe 2-5 - 2. - 5. prst, Meta 1 - I. metatarz, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, Meta 5 - V. metatarz, Midfoot - středonoží

Obrázek 12. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

U pacientů 1 rok po operační korekci jsme na operovaném chodidle dále zaznamenali statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti palce ($p < 0,05$), ale naopak menší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti IV. a V. metatarzu ($p < 0,05$) a také jsme naměřili statisticky významně vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti prstů, I. - V. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) než 3 měsíce po operaci (Tabulka 13).

Tabulka 13. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

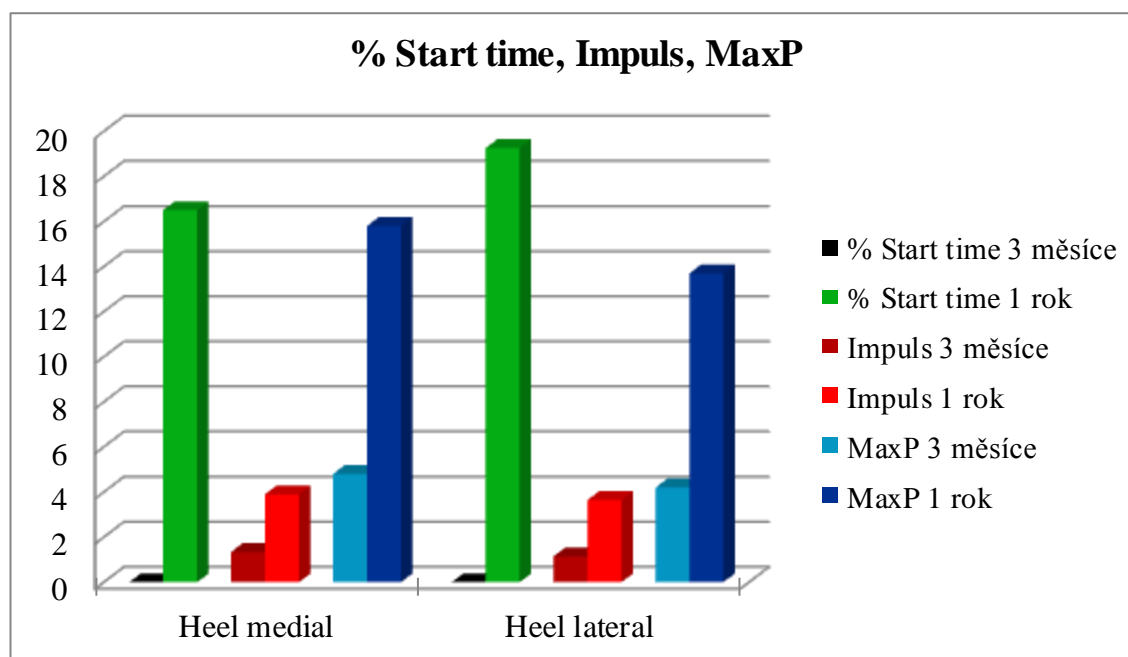
parametr	oblast	median		SD		p
		3 měsíce po operaci	1 rok po operaci	3 měsíce po operaci	1 rok po operaci	
% End time [%]	M2	96,3	94,57	1	1,89	0,05
	M5	92,22	88,49	3,24	6	0,01
	MF	77,6	68,05	11,95	8,94	0,04
% Time MaxP [%]	T2-5	90,25	82,09	3,83	4,01	0,02
	M3	81,28	74,6	2,32	3,31	0,01
	M4	78,52	69,39	4,25	11,18	0,01
	M5	77,45	64,31	13,79	15,45	0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	T1	1	6,8	0,69	3,78	0,01
	T2-5	0,6	2,6	0,45	1,9	0,01
	M1	2,2	9,5	0,72	4,69	0,01
	M2	3,7	14,5	2,37	9,58	0,01
	M3	4,3	17,1	2,02	10,99	0,01
	M4	3,7	10,3	2,45	7,57	0,01
	M5	1,8	6,5	1,15	2,44	0,01
	MF	1,3	4,3	2,07	2,29	0,05
Impuls [N.s.cm ⁻²]	T1	0,1	1,05	0,14	0,6	0,02
	T2-5	0,1	0,5	0,08	0,54	0,02
	M1	0,5	2,1	0,18	0,88	0,02
	M2	0,85	3,85	0,67	2,56	0,02
	M3	1,3	5,2	0,72	3,69	0,02
	M4	1,25	3,25	0,87	2,72	0,02
	M5	0,45	1,55	0,29	0,77	0,02
	MF	0,35	1,05	0,8	0,85	0,02
Contact area [cm ²]	T1	10,5	16,1	3,94	4,3	0,01
	M3	10,5	8,2	1,41	0,67	0,02
	M4	10,5	8,2	1,49	0,7	0,01
Load rate [N/(cm ² .s)]	T2-5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	M1	0,01	0,04	0,01	0,02	0,01
	M2	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01
	M3	0,01	0,05	0,01	0,04	0,01
	M4	0,01	0,03	0,01	0,1	0,01
	M5	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01
	MF	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

- **Oblast zánoží**

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na operovaném chodidle zjistili statisticky významné zpoždění zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem 3 měsíce po operaci vzhledem k stejné fázi (Tabulka 14, Obrázek 13). V oblasti mediální části paty ($p < 0,05$) jsme také zjistili statisticky významně dříve ukončení kontaktu (% End time) než 3 měsíce po operaci vzhledem k stejné fázi (Tabulka 14).

Na operovaném chodidle u pacientů s HV 1 rok po operaci došlo v oblasti mediální i laterální oblasti paty ($p < 0,05$) také k významnému nárůstu maxima tlaku (MaxP) a k nárůstu celkového zatížení (Impuls) ve srovnání se stavem 3 měsíce po operaci (Tabulka 14, Obrázek 13).



Legenda: % Start time - okamžik zahájení kontaktu, Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, Heel medial - mediální část paty, Heel lateral - laterální část paty

Obrázek 13. Porovnání okamžiku zahájení kontaktu, velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na operovaném chodidle dále zaznamenali statisticky významně větší plochu zatížení (Contact area) v oblasti mediální

části paty ($p < 0,05$) než 3 měsíce po operaci. Také jsme na operovaném chodidle naměřili vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání s obdobím 3 měsíce po operaci (Tabulka 14).

Tabulka 14. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		3 měsíce po operaci	1 rok po operaci	3 měsíce po operaci	1 rok po operaci	
% Start time [%]	HM	0	16,5	0	6,09	0,01
	HL	0	19,26	0	11,41	0,01
% End time [%]	HM	68,25	62,46	11,86	7,43	0,05
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	4,8	15,8	2,69	4,82	0,01
	HL	4,2	13,7	2,87	4,59	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,35	3,9	1,11	1,43	0,04
	HL	1,15	3,65	1,36	1,25	0,04
Contact Area [cm ²]	HM	17,2	19,5	1,75	1,01	0,01
Load rate [N/(cm ² .s)]	HM	0,12	0,57	0,08	0,44	0,02
	HL	0,12	0,49	0,1	0,45	0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HM - mediální část paty, HL, laterální část paty

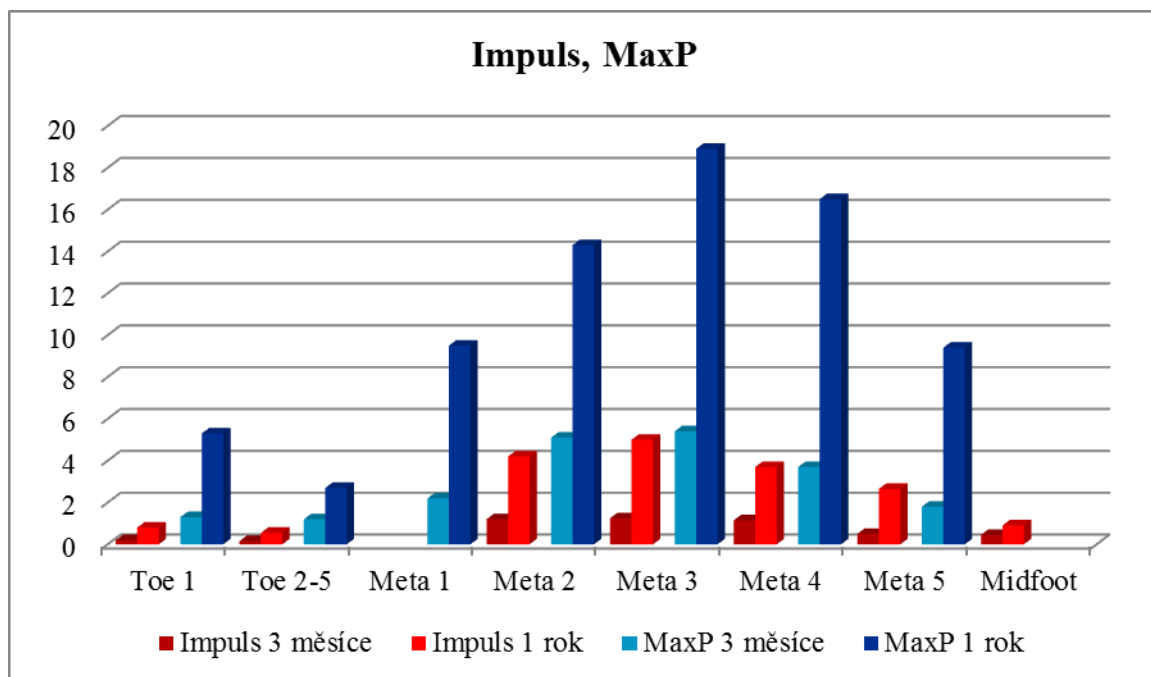
H₀₅: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operovaného chodidla při chůzi u osob 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus.“ - **zamítáme**

5.4.2 Neoperované chodidlo

- **Oblast předonoží**

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci byl na neoperovaném chodidle statisticky významně dříve zahájen kontakt (% Start time) v oblasti palce a V. metatarzu ($p < 0,05$) v porovnání se stavem 3 měsíce po operaci vzhledem k stejné fázi chůze. Také jsme zaznamenali statisticky významně delší relativní dobu zatížení (% Contact) v oblasti V. metatarzu ($p < 0,05$) než 3 měsíce po operaci vzhledem k stejné fázi chůze (Tabulka 15).

Na neoperovaném chodidle u pacientů s HV měřených 1 rok po operaci došlo také k nárůstu maxima zatížení (MaxP) všech oblastí předonoží ($p < 0,05$) a také k nárůstu celkového zatížení (Impuls) v oblasti palce, prstů a I. - V. metatarzu ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem 3 měsíce po operaci (Tabulka 15, Obrázek 14).



Legenda: Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, Toe 1 - palec, Toe 2-5 - 2. - 5. prst, Meta 1 - I. metatarz, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, Meta 5 - V. metatarz, Midfoot - středonoží

Obrázek 14. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci pro oblast předonoží

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle dále zaznamenali větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti palce ($p < 0,05$) a menší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti III. a IV. metatarzu ($p < 0,05$) než 3 měsíce po operaci. Také jsme na neoperovaném chodidle naměřili vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti palce a I. - V. metatarzu ($p < 0,05$) ve srovnání s 3 měsíci po operaci (Tabulka 15).

Tabulka 15. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		3 měsíce po operaci	1 rok po operaci	3 měsíce po operaci	1 rok po operaci	
% Start time [%]	T1	66,53	44,61	20,88	19,07	0,04
	M5	10,11	7,87	4,22	2,04	0,05
MaxP [N.cm ⁻²]	T1	1,30	5,30	1,34	2,85	0,01
	T2-5	1,2	2,7	0,33	1,36	0,02
	M1	2,2	9,5	0,73	4,69	0,01
	M2	5,1	14,3	2,39	7,8	0,01
	M3	5,4	18,9	2,9	7,02	0,01
	M4	3,7	16,5	2,88	6,52	0,01
	M5	1,8	9,4	2,19	4,18	0,01

pokračování						
Impuls [N.s.cm ⁻²]	T1	0,2	0,8	0,25	0,51	0,03
	T2-5	0,15	0,55	0,24	0,3	0,02
	M1	0,8	1,85	0,39	0,84	0,02
	M2	1,2	4,2	0,7	1,71	0,01
	M3	1,25	5	1,02	2,42	0,01
	M4	1,15	3,7	1,07	2,03	0,01
	M5	0,5	2,65	0,75	0,98	0,03
	MF	0,45	0,9	0,6	0,93	0,02
% Contact [%]	M5	71	76	12,93	3,99	0,02
Contact area [cm ²]	T1	9,8	15,4	5,16	4,09	0,05
	M3	9,8	8,2	0,88	0,64	0,01
	M4	10,5	8,2	1,5	0,7	0,01
Load rate [N/(cm ² .s)]	T1	0,01	0,03	0,02	0,2	0,05
	M1	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
	M2	0,02	0,05	0,01	0,03	0,01
	M3	0,02	0,06	0,01	0,02	0,01
	M4	0,01	0,06	0,12	0,02	0,02
	M5	0,01	0,04	0,011	0,02	0,01

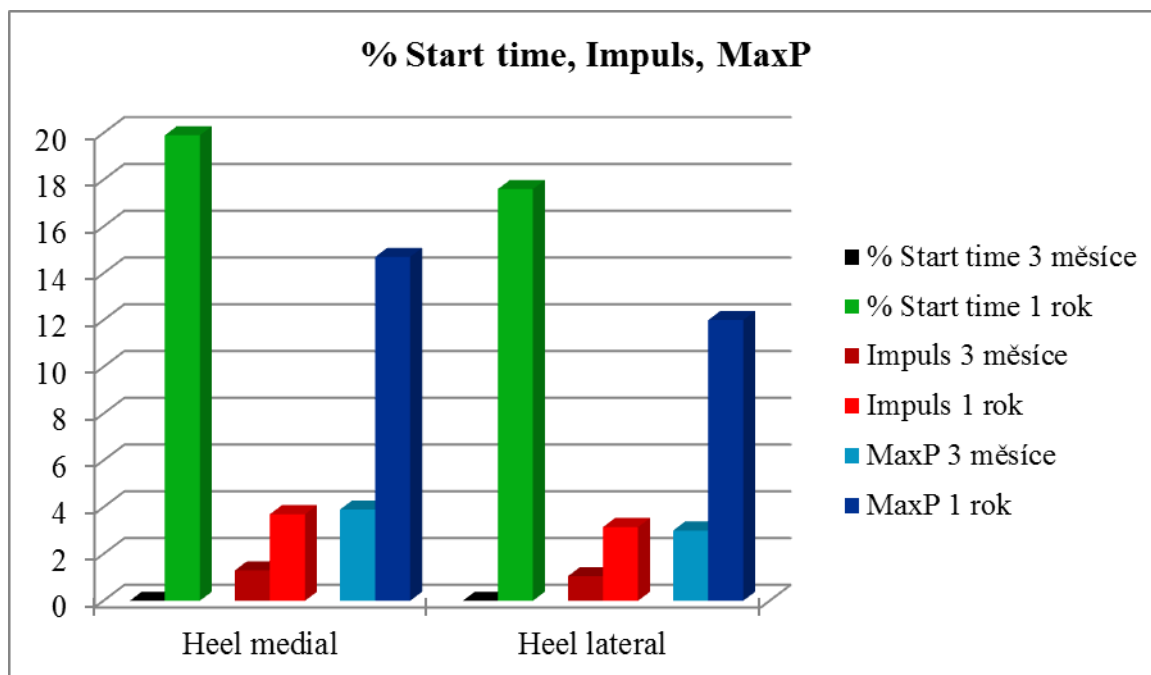
Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

• Oblast zánoží

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle zjistili statisticky významné zpoždění zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem 3 měsíce po operaci vzhledem k stejné fázi (Tabulka 16, Obrázek 15).

Na neoperovaném chodidle u pacientů s HV 1 rok po operaci došlo také k statisticky významnému nárůstu maxima zatížení (MaxP) a k nárůstu celkového zatížení (Impuls) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání s obdobím 3 měsíce po operaci (Tabulka 16, Obrázek 15).

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle dále zaznamenali větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti mediální části paty ($p < 0,05$) než 3 měsíce po operaci. Také jsme na neoperovaném chodidle naměřili vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání s 3 měsíci po operaci (Tabulka 15).



Legenda: % Start time - okamžik zahájení kontaktu, Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, Heel medial - mediální část paty, Heel lateral - laterální část paty

Obrázek 15. Porovnání doby zahájení kontaktu, velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

Tabulka 16. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		3 měsíce před operací	1 rok po operaci	3 měsíce před operací	1 rok po operaci	
% Start time [%]	HM	0	19,9	0,1	5,78	0,01
	HL	0	17,6	0,01	9,41	0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	3,9	14,7	2,9	4,02	0,01
	HL	3	12	3,15	2,42	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,3	3,7	0,56	1,07	0,02
	HL	1,05	3,15	0,88	0,86	0,02
Contact area [cm ²]	HM	17,2	18,8	2,08	1,53	0,02
Load rate [%]	HM	0,12	0,65	0,21	0,73	0,01
	HL	0,09	0,44	0,27	0,27	0,04

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

H₀₆: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu neoperovaného chodidla s podložkou při chůzi u osob 3 měsíce a 1 rok po operační korekci hallux valgus.“ - **zamítáme**

5.5 Stav 1 rok po operaci

5.5.1 Porovnání operovaného chodidla s neoperovaným

U pacientů s HV měřených 1 rok po operační korekci nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi operovanou a neoperovanou dolní končetinou v žádném z měřených parametrů.

H₀₇: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operované a neoperované dolní končetiny 1 rok po operační korekci hallux valgus.“ - nelze zamítnout

5.5.2 Porovnání pacientů s hallux valgus s kontrolní skupinou

3. výzkumná otázka: „*Jak se liší zatížení chodidel při chůzi pacientů s hallux valgus 1 rok po operační korekci ve srovnání s kontrolní skupinou?*“

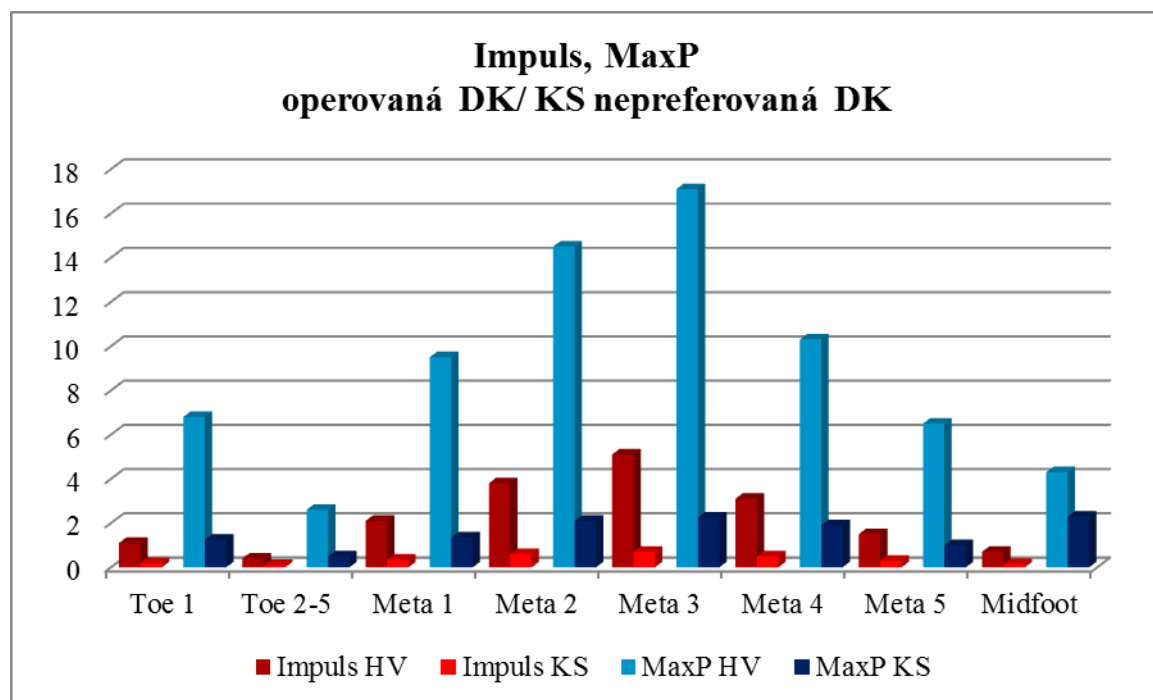
- **Oblast předonoží**

Na obou chodidlech pacientů s HV měřených 1 rok po operační korekci jsme ve srovnání s kontrolní skupinou našli statisticky významně dříve zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti prstů ($p < 0,05$) vzhledem k stejné fázi (Tabulka 17a, 17b). Dále jsme zaznamenali statisticky významně větší maximum tlaku (MaxP) ve všech oblastech předonoží ($p < 0,05$) a také statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti prstů, I. - V. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) obou chodidel výzkumné skupiny ve srovnání s kontrolní skupinou (Tabulka 17a, 17b, Obrázek 16 a 17). Také jsme u pacientů s HV 1 rok po operaci naměřili statisticky významně delší relativní dobu zatížení (% Contact) v oblasti prstů ($p < 0,05$) obou chodidel ve srovnání s kontrolní skupinou vzhledem k stejné fázi. U pacientů s deformitou HV jsme 1 rok po operační korekci dále zjistili statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti palce ($p < 0,05$) a vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti prstů, I. - III. metatarzu, V. metatarzu a středonoží ($p < 0,05$) obou chodidel ve srovnání s kontrolní skupinou (Tabulka 17a, 17b).

Na operovaném chodidle ve srovnání s nepreferovaným chodidlem kontrolní skupiny u pacientů s HV měřených 1 rok po operaci bylo v oblasti palce ($p < 0,05$) dosaženo maxima tlaku (% Time MaxP) statisticky významně později vzhledem k stejné fázi

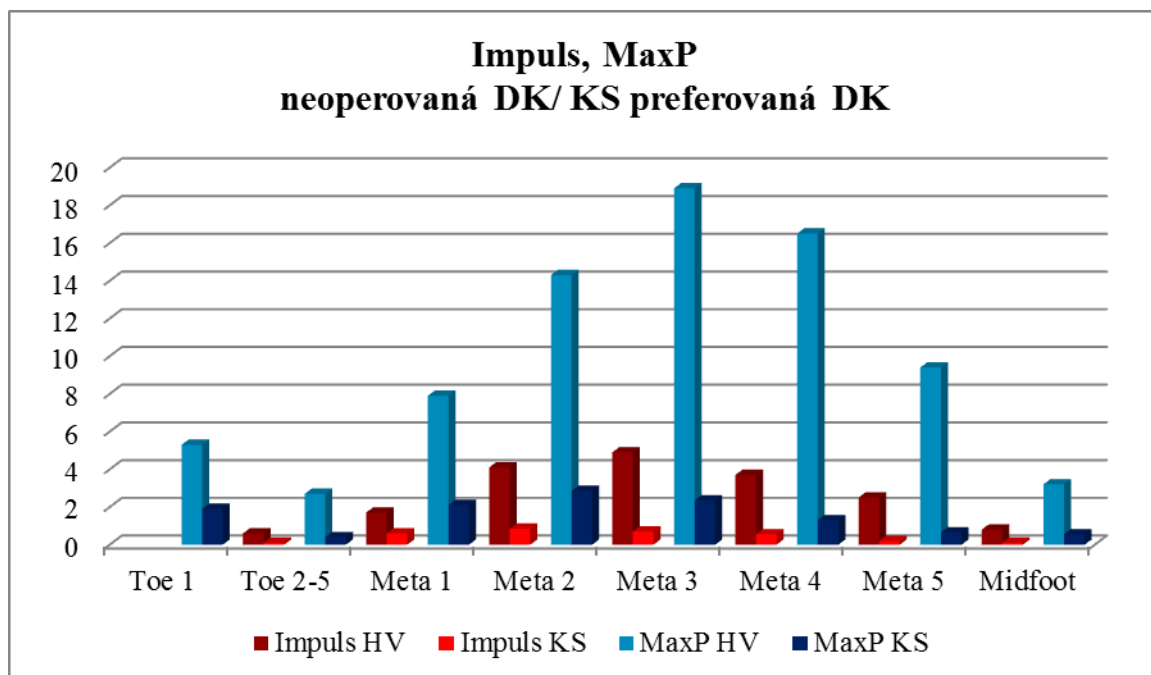
(Tabulka 17a). V oblasti palce ($p < 0,05$) jsme také zjistili statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) (Tabulka 17a, Obrázek 17). U pacientů s deformitou HV jsme 1 rok po operační korekci dále zaznamenali statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti prstů ($p < 0,05$) a vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti palce a IV. metatarzu ($p < 0,05$) (Tabulka 17a).

Na neoperovaném chodidle ve srovnání s preferovaným chodidlem kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV 1 rok po operaci zaznamenali statisticky významné zpoždění v ukončení kontaktu (% End time) v oblasti IV. metatarzu ($p < 0,05$) vzhledem k stejné fázi. Také jsme u pacientů s HV 1 rok po operaci naměřili statisticky významně delší relativní dobu zatížení (% Contact) v oblasti V. metatarzu ($p < 0,05$) vzhledem k stejné fázi chůze (Tabulka 17b).



Legenda: Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, HV - pacienti s hallux valgus, KS - kontrolní skupina, Toe 1 - palec, Toe 2-5 - 2. - 5. prst, Meta 1 - I. metatarz, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, Meta 5 - V. metatarz, Midfoot - středonoží

Obrázek 16. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku operované dolní končetiny pacientů s hallux valgus s nepreferovanou dolní končetinou kontrolní skupiny 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží



Legenda: Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, HV - pacienti s hallux valgus, KS - kontrolní skupina, Toe 1 - palec, Toe 2-5 - 2. - 5. prst, Meta 1 - I. metatarz, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, Meta 5 - V. metatarz, Midfoot - středonoží

Obrázek 17. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku neoperované dolní končetiny pacientů s hallux valgus s preferovanou dolní končetinou kontrolní skupiny 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

Tabulka 17a. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		op DK	KS nPref	op DK	KS nPref	
% Start time [%]	T2-5	38,94	60,17	16,21	11,66	0,05
% Time MaxP [%]	T1	89,12	85,14	2,52	3,93	0,01
% Contact [%]	T2-5	55	36	15,86	11,44	0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	T1	6,8	1,25	3,78	1,35	<0,01
	T2-5	2,6	0,5	1,9	0,33	<0,01
	M1	9,5	1,35	4,69	0,98	<0,01
	M2	14,5	2,1	9,58	1,25	<0,01
	M3	17,1	2,25	10,99	1,65	<0,01
	M4	10,3	1,9	7,57	1,48	<0,01
	M5	6,5	1	2,43	0,84	<0,01
	MF	4,3	0,5	2,29	0,54	<0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	T1	1,1	0,2	0,57	0,22	<0,01
	T2-5	0,4	0,1	0,53	0,06	<0,01
	M1	2,1	0,35	0,91	0,24	<0,01
	M2	3,8	0,6	2,47	0,28	<0,01
	M3	5,1	0,7	3,56	0,39	<0,01
	M4	3,1	0,5	2,63	0,35	<0,01
	M5	1,5	0,3	0,73	0,24	<0,01
	MF	0,7	0,15	0,85	0,14	<0,01

pokračování						
Contact area [cm ²]	T1	16,1	11,4	4,3	5,2	0,01
	T2-5	21,4	13,5	4,75	5,9	0,02
Load rate [N/(cm ² .s)]	T1	0,03	0,01	0,07	0,01	0,04
	T2-5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	M1	0,04	0,01	0,02	0,01	<0,01
	M2	0,04	0,01	0,03	0,01	<0,01
	M3	0,05	0,01	0,04	0,01	<0,01
	M4	0,03	0,01	0,1	<0,01	0,04
	M5	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01
MF	0,05	0,01	0,02	0,01	<0,01	

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, op DK - operovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus, KS nPref - nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

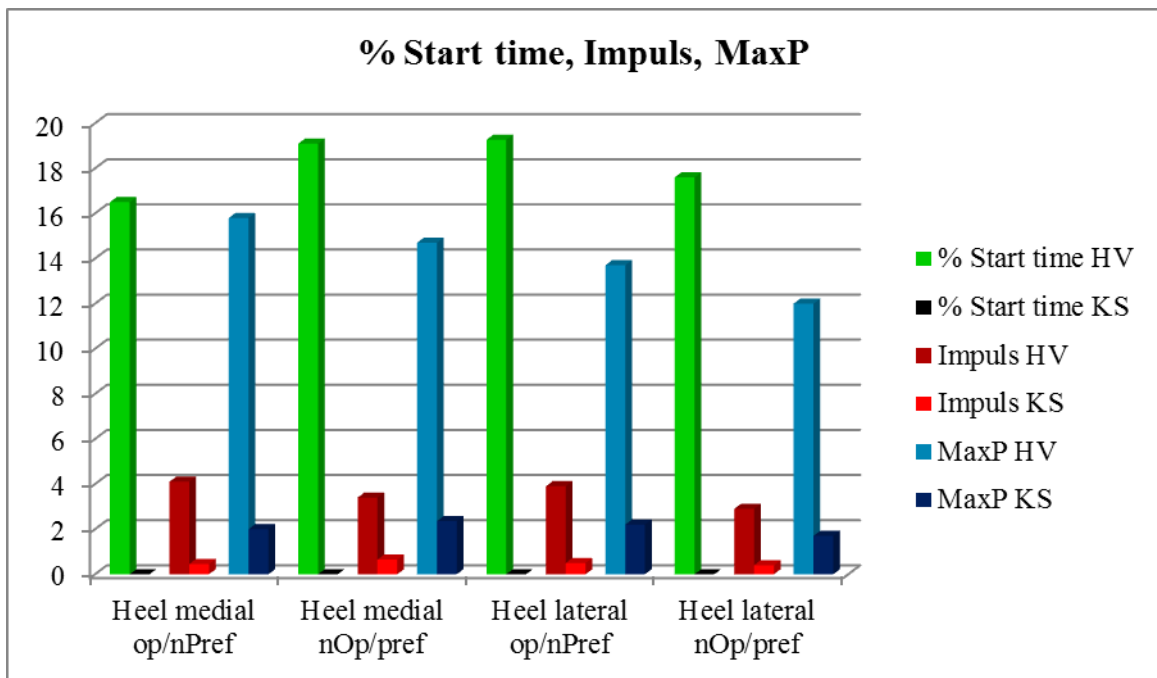
Tabulka 17b. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

parametr	oblast	median		SD		p
		nOp DK	KS pref	nOp DK	KS pref	
% Start time [%]	T2-5	31,96	62,3	21,76	9,08	0,02
% End time [%]	M4	94,96	90,59	2,28	3,87	<0,01
% Contact [%]	T2-5	62	33,5	20,8	9,65	0,01
	M5	76	69,5	5,8	13,53	0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	T1	5,3	1,9	2,85	1,39	<0,01
	T2-5	2,7	0,4	1,36	0,34	<0,01
	M1	7,9	2,1	4,74	1,35	<0,01
	M2	14,3	2,85	7,8	2,1	<0,01
	M3	18,9	2,35	7,02	2,28	<0,01
	M4	16,5	1,3	6,52	1,97	<0,01
	M5	9,4	0,65	4,18	0,94	<0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	T2-5	0,6	0,1	0,29	0,06	<0,01
	M1	1,7	0,6	0,85	0,28	<0,01
	M2	4,1	0,85	1,67	0,52	<0,01
	M3	4,9	0,7	2,32	0,57	<0,01
	M4	3,7	0,55	1,94	0,46	<0,01
	M5	2,5	0,2	0,95	0,15	<0,01
	MF	0,8	0,1	0,92	0,15	0,01
Contact area [cm ²]	T1	15,4	13,5	4,09	5,9	0,04
Load rate [N/(cm ² .s)]	T2-5	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,02
	M1	0,03	0,01	0,02	0,01	<0,01
	M2	0,05	0,01	0,03	0,01	<0,01
	M3	0,06	0,01	0,02	0,01	<0,01
	M5	0,4	0,01	0,02	0,01	0,02
	MF	0,03	0,01	0,02	0,01	<0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, nOp DK - neoperovaná dolní končetina pacientů s HV, KS pref - preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

- **Oblast zánoží**

Na obou chodidlech pacientů s HV ve srovnání s kontrolní skupinou jsme 1 rok po operační korekci zaznamenali statisticky významné zpoždění zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) vzhledem k stejné fázi. Dále jsme u pacientů s HV měřených 1 rok po operaci zjistili statisticky významně větší maximum tlaku (MaxP) a také statisticky významně větší celkové zatížení (Impuls) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) (Tabulka 18a, 18b, Obrázek 18).



Legenda: % Start time - okamžik zahájení, Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, HV - pacienti s hallux valgus, KS - kontrolní skupina, op/nPref - operovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus/nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, nOp/pref - neoperovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus / preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, Heel medial - mediální část paty, Heel lateral laterální část paty

Obrázek 18. Porovnání doby zahájení kontaktu, velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

Dále jsme na obou chodidlech pacientů s HV ve srovnání s kontrolní skupinou 1 rok po operační korekci zjistili významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti laterální části paty ($p < 0,05$) a také jsme naměřili vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) (Tabulka 18a, 18b).

Na operovaném chodidle ve srovnání s nepreferovaným chodidlem kontrolní skupiny jsme u pacientů s HV 1 rok po operační korekci zjistili významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti mediální části paty ($p < 0,05$) (Tabulka 18a).

Tabulka 18a. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		op DK	KS nPref	op DK	KS nPref	
% Start time [%]	HM	16,5	0	6,09	0,09	<0,01
	HL	19,26	0	11,41	0	<0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	15,8	2	4,82	1,57	<0,01
	HL	13,7	2,2	4,59	1,22	<0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	4,1	0,45	1,36	0,39	<0,01
	HL	3,9	0,5	1,19	0,25	<0,01
Contact area [cm ²]	HM	19,5	16,7	1,01	8,04	0,02
	HL	20,2	16,1	2,08	7,4	<0,01
Load rate [N/(cm ² .s)]	HM	0,57	0,06	0,44	0,18	<0,01
	HL	0,49	0,08	0,45	0,07	<0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, op DK - operovaná dolní končetina pacientů s hallux valgus, KS nPref - nepreferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

Tabulka 18b. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		nOp DK	KS pref	nOp DK	KS pref	
% Start time [%]	HM	19,09	0	7,14	0,02	<0,01
	HL	17,6	0	9,41	0	<0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	14,7	2,35	4,02	1,72	<0,01
	HL	12	1,7	2,42	1,51	<0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	3,4	0,65	1,07	0,41	<0,01
	HL	12	1,7	2,42	1,51	<0,01
Contact area [cm ²]	HL	19,9	15,6	2,27	7,61	0,01
Load rate [N/(cm ² .s)]	HM	0,65	0,07	0,73	0,13	<0,01
	HL	0,44	0,07	0,27	0,06	<0,01

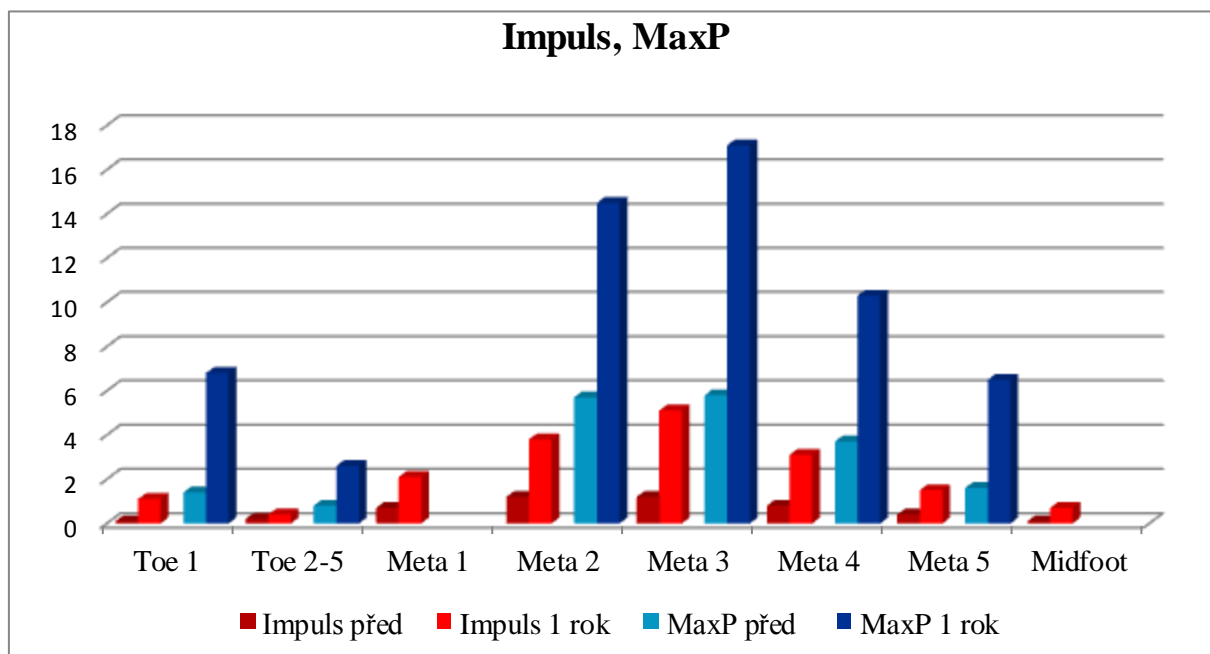
Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, nOp DK - neoperovaná dolní končetina pacientů s HV, KS pref - preferovaná dolní končetina kontrolní skupiny, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

5.6 Porovnání stavu před operací a 1 rok po operaci

5.6.1 Operované chodidlo

- Oblast předonoží

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci došlo na operovaném chodidle k statisticky významnému nárůstu maxima tlaku (MaxP) v oblasti palce, prstů a II. - V. metatarzu ($p < 0,05$) a také k statisticky významnému nárůstu celkového zatížení (Impuls) ve všech částech předonoží ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 19, Obrázek 19).



Legenda: Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, Toe 1 - palec, Toe 2-5 - 2. - 5. prst, Meta 1 - I. metatarz, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, Meta 5 - V. metatarz, Midfoot - středonoží

Obrázek 19. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

Dále jsme na operovaném chodidle u pacientů s HV měřených 1 rok po operační korekci zjistili statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti palce, III. a IV. metatarzu ($p < 0,05$) než před operací. Také jsme zaznamenali vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti II. - IV. metatarzu ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 19).

Tabulka 19. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

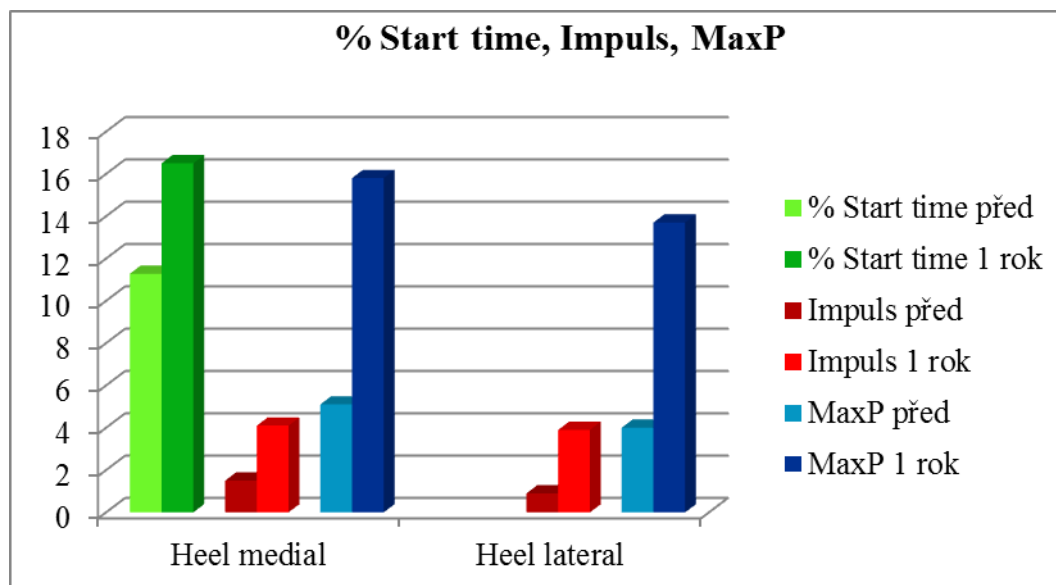
parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	1 rok po operaci	před operací	1 rok po operaci	
MaxP [N.cm ⁻²]	T1	1,4	6,8	1,51	3,78	0,01
	T2-5	0,8	2,6	0,84	1,9	0,02
	M2	5,7	14,5	2,63	9,58	0,01
	M3	5,8	17,1	3,05	10,99	0,01
	M4	3,7	10,3	3,19	7,57	0,02
Impuls [N.s.cm ⁻²]	M5	1,6	6,5	2,5	2,44	0,03
	T1	0,1	1,1	0,31	0,57	0,01
	T2-5	0,2	0,4	0,25	0,53	0,05
	M1	0,7	2,1	0,91	0,91	0,02
	M2	1,2	3,8	0,81	2,47	0,02
	M3	1,2	5,1	0,94	3,56	0,02
	M4	0,8	3,1	1,31	2,63	0,01
	M5	0,4	1,5	0,88	0,73	0,03
Contact area [cm ²]	MF	0,1	0,7	0,53	0,85	0,02
	T1	10,5	16,1	5,1	4,3	0,01
	M3	9,8	8,2	0,63	0,67	0,02
Load rate [N/(cm ² .s)]	M4	10,1	8,2	1,07	0,7	0,02
	M2	0,2	0,4	0,02	0,03	0,02
	M3	0,01	0,05	0,01	0,04	0,02
	M4	0,01	0,03	0,01	0,1	0,05

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

- **Oblast zánoží**

U pacientů s deformitou HV 1 rok po operační korekci jsme na operovaném chodidle naměřili statisticky významné zpoždění v zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti mediální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací vzhledem k stejné fázi chůze (Tabulka 20, Obrázek 20).

Na operovaném chodidle u pacientů s HV měřených 1 rok po operaci dále došlo k statisticky významnému nárůstu maxima tlaku (MaxP) a k nárůstu celkového zatížení (Impuls) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 20, Obrázek 20).



Legenda: % Start time - okamžik zahájení kontaktu Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, Heel medial - mediální část paty, Heel lateral - laterální část paty

Obrázek 20. Porovnání okamžiku zahájení kontaktu, velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

U pacientů s HV jsme 1 rok po operaci na operovaném chodidle také naměřili statisticky významně větší plochu kontaktu (Contact area) v oblasti mediální části paty ($p < 0,05$) než před operací. Také jsme zaznamenali statisticky významně vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 20).

Tabulka 20. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na operovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	1 rok po operaci	před operaci	1 rok po operaci	
% Start time [%]	HM	11,28	16,5	4,83	6,09	0,02
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	5,1	15,8	2,98	4,82	0,01
	HL	4	13,7	2,7	4,59	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,5	4,1	1,03	1,36	0,01
	HL	0,9	3,9	0,93	1,19	0,02
Contact area [cm ²]	HM	17,6	19,5	2,02	1,01	0,01
Load rate [N/(cm ² .s)]	HM	0,09	0,57	0,23	0,44	0,01
	HL	0,12	0,49	0,17	0,45	0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

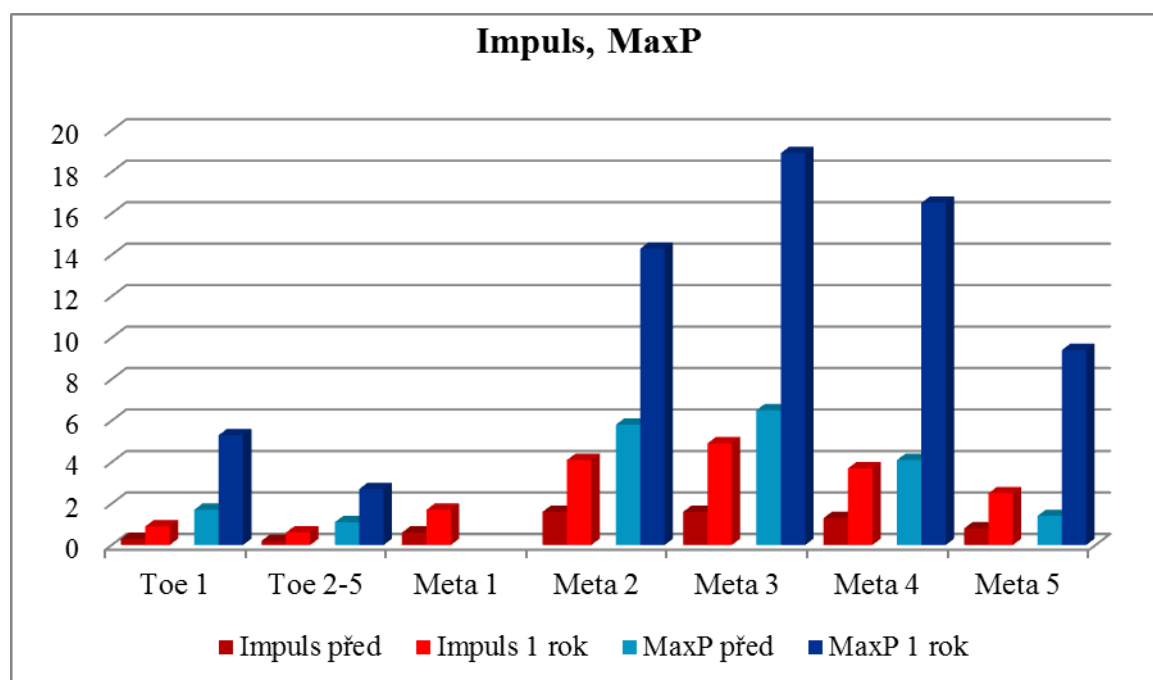
H₀₈: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu operovaného chodidla při chůzi u osob před a 1 rok po operační korekci hallux valgus.“ - **zamítáme**

5.6.2 Neoperované chodidlo

- **Oblast přednoží**

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle naměřili statisticky významně dříve zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti prstů ($p < 0,05$) než před operací vzhledem k stejné fázi. Také bylo statisticky významně dříve dosaženo maxima tlaku (% Time MaxP) v oblasti prstů ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací vzhledem k stejné fázi (Tabulka 21).

Na neoperovaném chodidle u pacientů s HV došlo dále 1 rok po operaci k statisticky významnému nárůstu maxima tlaku (MaxP) v oblasti palce, prstů, II. - V. metatarzu ($p < 0,05$) a také k nárůstu celkového zatížení (Impuls) v oblasti palce, prstů a všech metatarzů ($p < 0,05$) ve srovnání s hodnotami před operací (Tabulka 21, Obrázek 21).



Legenda: Impuls - celkové zatížení, MaxP - maximum tlaku, Toe 1 - palec, Toe 2-5 - 2. - 5. prst, Meta 1 - I. metatarz, Meta 2 - II. metatarz, Meta 3 - III. metatarz, Meta 4 - IV. metatarz, Meta 5 - V. metatarz

Obrázek 21. Porovnání velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

U pacientů s HV jsme 1 rok po operaci na neoperovaném chodidle dále zaznamenali statisticky významně větší plochu zatížení (Contact area) v oblasti palce ($p < 0,05$) a menší plochu zatížení (Contact area) v oblasti III. a IV. metatarzu ($p < 0,05$) než před operací. Také jsme naměřili vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti prstů, I. - V. metatarzu ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 21).

Tabulka 21. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti předonoží

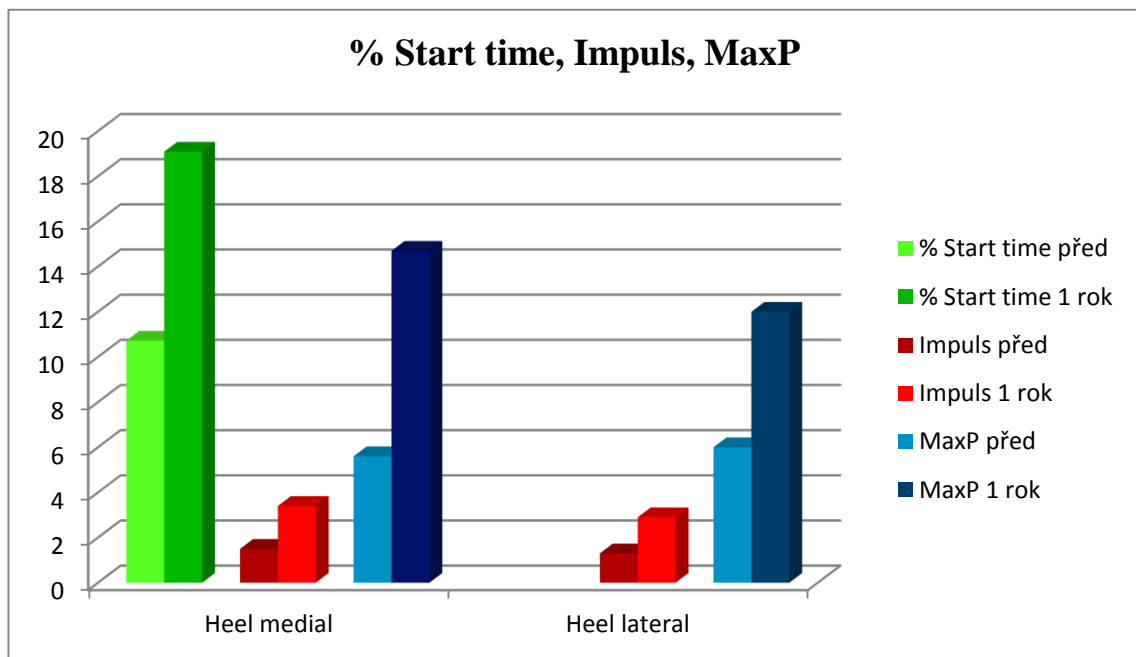
parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	1 rok po operaci	před operaci	1 rok po operaci	
% Start time [%]	T2-5	57,49	31,96	14,71	21,76	0,04
% Time MaxP [%]	T2-5	87,84	83,18	3,78	4,68	0,01
MaxP [N.cm ⁻²]	T1	1,7	5,3	1,49	5,85	0,02
	T2-5	1,1	2,7	0,86	1,36	0,02
	M2	5,8	14,3	3,21	7,8	0,02
	M3	6,5	18,9	4,93	7,02	0,01
	M4	4,1	16,5	4,68	6,52	0,01
	M5	1,4	9,4	2,27	4,18	0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	T1	0,3	0,9	0,22	0,51	0,03
	T2-5	0,2	0,6	0,1	0,29	0,02
	M1	0,6	1,7	0,88	0,85	0,02
	M2	1,6	4,1	0,67	1,67	0,01
	M3	1,6	4,9	1,14	2,32	0,01
	M4	1,3	3,7	1,32	1,94	0,01
	M5	0,8	2,5	0,75	0,95	0,03
Contact area [cm ²]	T1	9	15,4	5,91	4,09	0,02
	M3	9,4	8,2	1	0,64	0,02
	M4	9,4	8,2	1	0,77	0,03
Load rate [N/(cm ² .s)]	T2-5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
	M1	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03
	M2	0,02	0,05	0,01	0,03	0,02
	M3	0,02	0,06	0,02	0,02	0,01
	M4	0,02	0,06	0,01	0,02	0,01
	M5	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží

- **Oblast zánoží**

U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle naměřili statisticky významné uspořádání zahájení kontaktu (% Start time) v oblasti mediální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací vzhledem k stejné fázi (Tabulka 22, Obrázek 22). U pacientů s HV 1 rok po operační korekci jsme na neoperovaném chodidle také naměřili vyšší rychlost zatížení (Load rate) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) než před operací (Tabulka 22).

Na neoperovaném chodidle pacientů s HV 1 rok po operaci došlo dále k statisticky významnému nárůstu maxima talku (MaxP) a k nárůstu celkového zatížení (Impuls) v oblasti mediální i laterální části paty ($p < 0,05$) ve srovnání se stavem před operací (Tabulka 22, Obrázek 22).



Legenda: % Start time - okamžik zahájení kontaktu, Impuls před - celkové zatížení, MaxP před - maximum tlaku, Heel medial - mediální část paty, Heel lateral - laterální část paty

Obrázek 22. Porovnání okamžiku zahájení kontaktu, velikosti celkového zatížení a maxima tlaku u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

Tabulka 22. Porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus na neoperovaném chodidle před a 1 rok po operační korekci v oblasti zánoží

parametr	oblast	median		SD		p
		před operací	1 rok po operaci	před operací	1 rok po operaci	
% Start time [%]	HM	10,72	19,09	4,44	7,14	0,03
MaxP [N.cm ⁻²]	HM	5,6	14,7	5,04	4,02	0,01
	HL	6	12	3,27	2,42	0,02
Impuls [N.s.cm ⁻²]	HM	1,5	3,4	1,13	1,06	0,01
	HL	1,3	2,9	0,86	0,85	0,02
Load rate [N/(cm ² .s)]	HM	0,1	0,65	0,11	0,73	0,01
	HL	0,14	0,44	0,11	0,27	0,01

Legenda: SD - směrodatná odchylka, p - hladina statistické významnosti, HM - mediální část paty, HL - laterální část paty

H₀₉: „Není rozdíl mezi rozložením a distribucí zatížení při kontaktu neoperovaného chodidla s podložkou při chůzi u osob před a 1 rok po operační korekci hallux valgus.“ - zamítáme

6 DISKUZE

Noha jako významný aferentní článek hraje důležitou roli v udržení a dynamice postury. Funkční poruchy v oblasti nohy se mohou projevovat nejenom řetězením funkčních poruch s propagací do vyšších segmentů pohybového systému, ale také jako narušení globálních pohybových stereotypů (Lewit, 2003). Decentrování postavení jednoho kloubu tak může vést k decentrování postavení ostatních kloubů (Kolář, 2001).

Hallux valgus se řadí mezi nejčastější deformity předonoží (Dungl, 2005). Deformita je charakterizována laterální deviací palce v MTP skloubení, korespondující mediální deviací I. MT, redukcí nebo progresivní ztrátou kontaktu artikulujících ploch I. MTP kloubu, formováním exostóz a puchýřů na mediální straně prominující hlavy I. MT (Lorimer, French, O'Donnell, Burrow & Wall, 2006) a také výskytem dalších patologií měkkých tkání např. deformit prstů (Wülker & Mittag, 2012). Zejména v reakci na změny orientace skeletu a měkkých tkání je u osob s hallux valgus vyvinuto mnoho kompenzačních mechanismů narušující fyziologický průběh krokového cyklu. Chůze je charakteristická narušenou dynamickou stabilizací I. paprsku nohy související s nadměrnou pronací ST kloubu a redukcí aktivní dorzální flexe I. MTP kloubu (Lorimer, French, O'Donnell, Burrow & Wall, 2006). Chodidlo tak nemůže plnit funkci rigidní páky ve střední a konečné fázi krokového cyklu a provést dostatečný odraz palce ve fázi předšvihů, což má dopad na celkovou efektivitu chůze (Frank, Satake, Robinson & Getchos, 2012).

6.1 Dynamické parametry chůze u pacientů s hallux valgus před operací

Studie zabývající se porovnáním zatížení při chůzi u osob s hallux valgus s kontrolní skupinou přinesly nekoherentní výsledky. Rozdílnost ve výsledcích jednotlivých studií může být způsobena použitím odlišných typů měřicí plošiny, měřících technik nebo srovnáváním pacientů s odlišnými stupni závažnosti deformity (Bryant, Tinley & Cole, 2005; Martinez-Nova et al., 2010; Menz & Lord, 2005).

Výsledky studií (Bryanta, Tinleyho a Singera, 1999; Kernozeka, Elfessima a Sterrikera, 2003; Martineze-Novy et al., 2010, 2011; Mickleho, Munroa, Lorda, Menzla a Steela, 2011; Planka, 1995) ukázaly, že dochází k mediálnímu posunu tlakového zatížení v oblasti chodidla u pacientů s hallux valgus při chůzi. Bryant, Tinley a Singer (1999)

dávali do souvislosti nadměrné mediální zatížení s nadměrnou pronací, kterou považují za důležitý faktor ve vývoji deformity. Plank (1995) také uvedl, že velikost mediálního zatížení byla v souvislosti s velikostí nadměrné pronace a rozsahem deformity, nicméně tyto souvislosti se nevyskytovaly vždy dle shodného vzoru. Mickle et al. (2011) prezentovali vyšší maximum zatížení pod I. a II. MT, přičemž tyto výsledky naznačují korelační vztah mezi stupněm závažnosti deformity s velikostí zatížení I. MT - čím závažnější stupeň, tím je vyšší zatížení. Martinez - Nova et al. (2010, 2011) uváděli u pacientů s hallux valgus vyšší zatížení pod palcem a I. metatarzem.

Na druhé straně práce vytvořené Jürgelem (2005), Kadonoem et al. (2003), Waldeckerem (2002) a Wenem et al. (2012) přinesly opačné výsledky v podobě výraznějšího laterálního zatížení v oblasti chodidla u pacientů s hallux valgus. Waldecker (2002) poukazoval na větší laterální přesun, větší maximum zatížení laterální části předonoží a významně nižší hodnoty zatížení palce u pacientů s hallux valgus mající navíc symptomy metatarzalgii ve srovnání s pacienty s hallux valgus bez metatarzalgii. Výsledky studie Wena et al. (2012) ukázaly významně nižší zatížení v oblasti palce, ale vyšší zatížení I. a II. metatarzu, což bylo pravděpodobně způsobeno kolapsem podélné klenby. Kadono et al. (2003) také uvedli nižší zatížení palce spojené s nadměrným zatížením II. a III. prstu a II. a III. metatarzu, což vysvětlovali nutností II. a III. paprsku nohy kompenzovat neadekvátní distribuci zatížení palce. Stejný poznatek uváděli i Yavuze et al. (2009), v důsledku biomechanických změn I. paprsku u pacientů s HV, musí i ostatní části předonoží nést nadměrnou zátěž.

Výsledky našeho měření dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před plánovanou operační korekcí potvrdily mediální posun tlakového zatížení v oblasti chodidla s hallux valgus, stejně jako uvádějí výše zmíněné studie Bryanta, Tinleyho a Singera, (1999), Kernozeka, Elfessima a Sterrikera (2003), Martineze-Novy et al. (2010, 2011), Mickleho, Munroa, Lorda, Menzla a Steela (2011) a Planka (1995). Konkrétně jsme větší celkové zatížení i maximum tlaku zjistili na počátku stojné fáze v oblasti mediální části paty, v závěru stojné fáze jsme zaznamenali větší celkové zatížení v oblasti I. - III. metatarzu a větší maximum tlaku v oblasti I. a II. metatarzu. Mimo to jsme na chodidle s hallux valgus na počátku stojné fáze zjistili zpoždění v zahájení kontaktu celého zánoží a delší relativní dobu kontaktu v oblasti II. - III. metatarzu vzhledem trvání stojné fáze.

V rámci naší studie jsme hodnotili také distribuci a přenos zatížení zdravého chodidla při chůzi u pacientů s hallux valgus, což ve všech výše uvedených a citovaných studiích chybí. Zde jsme zaznamenali tendenci ke zvýšení zatížení na laterální straně chodidla - konkrétně větší maximum tlaku jsme na počátku stojné fáze zjistili v celé oblasti zánoží, v závěru stojné fáze jsme zjistili větší celkové zatížení v oblasti III. - V metatarzu a větší maximum tlaku v oblasti V. metatarzu. V oblasti laterální části paty, V. a IV. metatarzu jsme navíc zaznamenali delší relativní dobu kontaktu vzhledem k trvání stojné fáze. Dle Wena et al. (2012) jsou biomechanické změny u pacientů s hallux valgus způsobeny nejen deformitou, ale také změnami strategií kortikální kontroly pravděpodobně v důsledku snahy zmírnit bolest. Tento poznatek by mohl vysvětlovat i změnu distribuce zatížení při chůzi u zdravého chodidla pacientů s hallux valgus.

Souhrnně jsme tedy v našem výzkumu u pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operační korekcí zjistili nejvyšší zatížení v centrální části předonoží jak na chodidle s hallux valgus a zdravém chodidle, tak u kontrolní skupiny. Martinez-Nova et al. (2010) také zjistili nejvyšší zatížení v centrální části předonoží, jak u pacientů s hallux valgus s mírným stupněm deformity, tak u kontrolní skupiny tvořené zdravými probandy.

V rámci našeho výzkumu jsme před operační korekcí dále srovnávali také chodidlo s hallux valgus se zdravým chodidlem. Toto srovnání se ve výzkumné literatuře téměř nevyskytuje. U chodidla s hallux valgus jsme na počátku stojné fáze zjistili nižší maximum tlaku v oblasti laterální části paty a v závěru stojné fáze nižší maximum tlaku v oblasti II. metatarzu s dříve dosaženým maximum tlaku v oblasti 2. - 5. prstu.

6.2 Dynamické parametry chůze u pacientů s hallux valgus 3 měsíce po operaci

Chirurgická korekce hallux valgus je většinou indikována v případě neúspěšnosti konzervativní terapie za účelem snížení klinických obtíží pacienta. Cílem operační terapie je korigovat deformitu, zachovat rozsah pohybu I. MTP kloubu, obnovit funkci chodidla a zlepšit tak celkově kvalitu života pacienta. Výsledky studií zabývající se problematikou porovnání dynamických parametrů chůze u pacientů s hallux valgus před a po operační korekci jsou mnohdy značně odlišné a nevykazují přílišnou koherenci. Již fakt, že existuje přes 150 typů operační korekce hallux valgus, značně ztěžuje možnost vytvořit si komplexní pohled na problematiku. Většina studií se zaměřovala na srovnání jednoho nebo

dvou typů operačních přístupů deformity, často v kombinaci s výkony na měkkých tkáních (Bryant, Tinley & Cole, 2005; Dhukaram, Hullin & Kumar 2006; Jones, Al Hussainy, Ali, Betts & Flowers, 2004; Kernozek, Roehrs & McGarve, 1997; Kernozek & Sterriker, 2002; Martinez-Nova, Sanchez-Rodriguez, Leal-Muro & Pedrera-Zamorono, 2011). Probandi zahrnuti do této diplomové práce podstoupili, až na jednu výjimku, osteotomii I. metatarzu typu Chevron nebo Scarf. U některých pacientů byla osteotomie I. metatarzu doplněna osteotomií II. - IV. metatarzu a výkony na měkkých tkáních. Ve výzkumných studiích se liší také typ používaných tlakových plošin a měřících technik. Byly použity například Emed system (Bryant, Tinley & Cole, 2005), metoda dle Bettse, Frankse a Duckwortha s použitím opticko - tlakové měřící plošiny (Jones, Al Hussainy, Ali, Betts & Flowers, 2004), Footscan v kombinaci s rentgenem (Kadono et al., 2003) BioFoot/IBV tlakové stélky v obuvi (Martinez-Nova, Sanchez-Rodriguez, Leal-Muro & Pedrera-Zamorono, 2011) nebo Musgrave tlaková plošina (Dhukaram, Hullin & Kumar 2006). Vzhledem k množství odlišností v metodice výzkumných prací je přímé srovnání výsledků této diplomové práce s výsledky dostupných studií obtížné.

U pacientů 3 měsíce po operační korekci hallux valgus jsme našli mnohem více statisticky významných rozdílů v dynamických parametrech chůze ve srovnání s kontrolní skupinou než před operací. Na operovaném i neoperovaném chodidle pacientů po operaci valgus jsme na počátku stojné fáze zaznamenali v celé oblasti zánoží větší celkové zatížení a delší relativní dobu kontaktu. V období mezistoje jsme na operovaném chodidle zjistili větší celkové zatížení v oblasti středonoží. V závěru stojné fáze jsme na obou chodidlech zjistili větší celkové zatížení i maximum tlaku v centrální části předonoží a také zpoždění v dosažení maxima tlaku v oblasti středonoží, centrální části předonoží, prstů a palce ve srovnání s kontrolní skupinou. Období 3 měsíců po chirurgickém zákroku spadá stále spíše do akutní fáze rekonvalescence, ve které probíhá velké množství hojivých procesů v ošetřených tkáních. Operované chodidlo se tak pravděpodobně teprve adaptuje na korekci deformity a obnovení anatomického uspořádání měkkých tkání a kostí. To by mohlo vysvětlovat naše výsledky tohoto srovnání kontrolní skupiny s pacienty 3 měsíce po operační korekci hallux valgus, které ve srovnání se stavem před operací nevykazují tendence posunu tlakového zatížení na mediální či laterální oblast chodidla, ale ukazují na komplexní nárůst tlaku v téměř celé oblasti chodidla a spíše na další odklon od fyziologického průběhu zatížení při chůzi kontrolní skupiny.

Srovnání průběhu zatížení na operovaném a neoperovaném chodidle u pacientů 3 měsíce po operaci hallux valgus ve srovnání se stavem před operací ukázalo nejméně statisticky významných změn v dynamických parametrech chůze. Na operovaném chodidle na počátku stojné fáze byl kontakt v oblasti laterální i mediální části paty zahájen dříve a ukončen později, což prodloužilo relativní dobu kontaktu oblasti zánoží. V závěru stojné fáze došlo k poklesu celkového zatížení i maxima tlaku v mediální části předonoží, který byl pravděpodobně zapříčiněn šetřícím mechanismem v oblasti operovaného segmentu. S tím souvisí i zpoždění v dosažení maxima tlaku v oblasti V. - III. metatarzu a palce. Na neoperovaném chodidle 3 měsíce po operaci jsme na začátku stojné fáze v oblasti laterální části paty zaznamenali dříve zahájení kontaktu a v závěru stojné fáze nárůst plochy kontaktu i zpoždění v dosažení maxima tlaku v oblasti palce. Krátkodobá studie vytvořená Kernozekem, Roehrsem a McGarveym (1997) porovnávala zatížení před a 8 týdnů po prodělané Chevron a Akin osteotomii deformity hallux valgus u 27 chodidel, srovnáváno jen operované chodidlo. Po prodělané operační korekci došlo k poklesu maximálního i průměrného zatížení v oblasti palce a zatížení bylo celkově větší na laterální části chodidla. Výsledky této studie tak korelují s výsledky našeho měření - při poklesu průměrného i maximálního zatížení z přetížené mediální části předonoží operovaného chodidla má zatížení tendenci se posouvat více do centrální a laterální části předonoží a středonoží.

Z porovnání operovaného a neoperovaného chodidla mezi sebou u pacientů s hallux valgus měřených 3 měsíce po operaci jsme na operovaném chodidle v počátku stojné fáze zjistili delší relativní dobu kontaktu zánoží, v průběhu mezistojky jsme zaznamenali delší relativní dobu kontaktu středonoží a v závěru stojné fáze jsme zaznamenali menší maximum tlaku v oblasti I. metatarzu, prstů a palce. Při srovnání operované a neoperované dolní končetiny u pacientů s hallux valgus měřených 1 rok po provedené operační korekci jsme nenalezli žádné statisticky významné rozdíly, což ukazuje, že 1 rok po operaci došlo k symetrizaci distribuce a průběhu zatížení při chůzi mezi operovaným a neoperovaným chodidlem. Rozdíly v zatížení mezi chodidlem s deformitou a zdravým chodidlem ve fázi před operací a 3 měsíce po operaci tak mohly být zapříčiněny šetřícím mechanismem chodidla s deformitou v důsledku nocicepce. Z výsledků tohoto srovnání v jednotlivých časových obdobích také lze vyvodit, že distribuce zatížení chodidla s deformitou při chůzi významně ovlivňuje také průběh zatížení chodidla zdravého, nicméně tento vliv se v čase vyvíjí.

6.3 Dynamické parametry chůze u pacientů s hallux valgus 1 rok po operaci

Při porovnání zatížení při chůzi u pacientů s hallux valgus před a 1 rok po operační korekci bylo nalezeno mnoho statisticky významných změn v dynamických parametrech chůze ve všech oblastech operovaného i neoperovaného chodidla. Nejvýraznější nárůst hodnot 1 rok po operaci se týkal zejména parametrů maxima tlaku a celkového zatížení. Konkrétně u obou chodidel došlo k nárůstu celkového zatížení i maxima tlaku v celé oblasti zánoží a v celé oblasti předonoží. Na operované i neoperované dolní končetině jsme v počátku stojné fáze navíc zjistili zpoždění v zahájení kontaktu a nárůst velikosti kontaktní plochy mediální části paty. V závěru stojné fáze jsme zaznamenali také nárůst plochy kontaktu v oblasti palce, kdežto u III. a IV. metatarzu se velikost kontaktní plochy zmenšila. Výsledky z tohoto porovnání před operační korekcí a 1 rok po operaci deformity ukazují nárůst v množství změn v dynamických parametrech chůze u obou chodidel a naznačují tak, že u pacientů s hallux valgus s ročním odstupem od chirurgické korekce dochází stále k vývoji distribuce zatížení na chodidle při chůzi. Na druhou stranu Jones, Al Hussainy, Ali, Betts a Flowers (2004) porovnávali také zatížení před operací a minimálně jeden rok po Scarf osteotomii v kombinaci s Akin osteotomií u 34 chodidel. Statisticky významné změny však, na rozdíl od naší studie, našli pouze u I. a II. metatarzu, kdy maximální zatížení a průměrné zatížení I. metatarzu v pooperačním měření byly nižší, zatímco hodnoty II. metatarzu zůstaly stejné jako před operací. Průměrné hodnoty zatížení ostatních oblastí nohy byly po operaci v normálních rozmezích. Tento výzkum jako jeden z mála srovnával také zatížení u neoperované dolní končetiny, přičemž na neoperované dolní končetině nedošlo k žádným statisticky významným změnám v pre a post operačním měření, s čímž se naše výsledky také rozcházejí.

U pacientů 1 rok po chirurgické korekci hallux valgus ve srovnání s obdobím 3 měsíce po operaci jsme zaznamenali nejvýraznější změny především v maximu tlaku a celkovém zatížení. Ve všech oblastech operovaného i neoperovaného chodidla se 1 rok po operaci zvýšilo celkové zatížení i maximum tlaku, s výjimkou maxima tlaku v oblasti středonoží na neoperovaném chodidle. Kromě těchto změn jsme u operovaného i neoperovaného chodidla 1 rok po operaci zjistili zpoždění v zahájení kontaktu celého zánoží a v oblasti mediální části paty větší plochu kontaktu na počátku stojné fáze. V závěru stojné fáze jsme pak na operovaném chodidle zaznamenali větší plochu kontaktu v oblasti palce. Bryant,

Tinley a Cole (2005) srovnávali vývoj zatížení před operací Austinova typu s hodnotami 3 měsíce, 6, 12 a 24 měsíců po operační korekci. U palce došlo 3 měsíce po operaci k poklesu hodnot maximálního a průměrného zatížení, 1 rok po operaci k opětovnému nárůstu zatížení s ustálením hodnot 2 roky po operaci na hodnotách o 22% nižších než před operací. U I., II. a III. metatarzu byl zaznamenán podobný průběh poklesu a nárůstu průměrného i maximálního zatížení, nicméně 2 roky po operaci se hodnoty zatížení dostaly téměř k hodnotám naměřených před operací a tedy nad průměr kontrolní skupiny. U IV. metatarzu došlo k postupnému poklesu hodnot zatížení v průběhu opakovaných měření. Lze tedy předpokládat, že by se také hodnoty zatížení u našeho výzkumu mohly v dalších časových obdobích vyvíjet s možným předpokladem úpravy některých oblastí chodidla směrem k průměrným hodnotám kontrolní skupiny. Bylo by tedy zajímavé a do praxe přínosné provést další měření u naší výzkumné skupiny s odstupem například 2 - 3 let k posouzení dalšího vývoje hodnot dynamických parametrů a tudíž i k posouzení dlouhodobého efektu operační korekce deformity hallux valgus. Výsledky výše zmíněné studie Bryanta, Tinleyho a Colea (2005), stejně jako naše výsledky z porovnání stavu obou chodidel pacientů před operací s 3 měsíci a 1 rokem po operaci deformity naznačují, že i po prodělané operační korekci chodidlo u pacientů s hallux valgus pravděpodobně funguje v režimu nadměrné pronace oproti zdravým chodidlům.

U pacientů 1 rok po operaci hallux valgus se rozdíly v dynamických parametrech chůze ve srovnání s kontrolní skupinou ještě více zvýraznily, opět především v celkovém zatížení a v maximu tlaku. U pacientů s hallux valgus měřených 1 rok po operační korekci jsme ve srovnání s kontrolní skupinou zaznamenali větší maximum tlaku a celkové zatížení ve všech částech operovaného i neoperovaného chodidla s výjimkou palce neoperované nohy, u kterého změna v celkovém zatížení chodidla nebyla zjištěna. Tento výsledek u pacientů s hallux valgus ukazuje na méně vyvážený průběh a distribuci zatížení při chůzi v celé oblasti obou chodidel ve srovnání s kontrolní skupinou. Na operovaném i neoperovaném chodidle pacientů s hallux valgus jsme, mimo výše uvedené změny, zjistili na počátku stojné fáze zpoždění v zahájení kontaktu celého zánoží a vzhledem k celkovému trvání stojné fáze jsme zaznamenali delší relativní dobu kontaktu v oblasti prstů. V závěru stojné fáze jsme u operovaného chodidla navíc zjistili větší plochu kontaktu i zpoždění v dosažení maxima tlaku v oblasti palce. Tyto výsledky u pacientů 1 rok po operaci hallux valgus ve srovnání s kontrolní skupinou opět naznačují spíše progresi narušení distribuce zatížení během krokového cyklu, než jeho tendenci se

přibližovat k průměrným hodnotám kontrolní skupiny. Na druhé straně ve studii provedené Dhukaramem, Hullinem a Kumarem (2006) se 2 roky po provedené Scarf osteotomii hodnoty i průběh zatížení všech oblastí chodidla přiblížil k hodnotám kontrolní skupiny. Nicméně v rámci výzkumu byl porovnáván i efekt Mitchell osteotomie, kde autoři zaznamenali vyšší maximální i průměrné zatížení centrální části předonoží a významně nižší průměrné i maximální zatížení palce. Martinez-Nova, Sanchez-Rodriguez, Leal-Muro a Pedrera-Zamorono (2011) porovnávali zatížení u 98 pacientek s mírným stupněm deformity hallux valgus před a 28 měsíců po prodělané Akin osteotomii. Před operací bylo naměřeno významně větší zatížení palce u pacientů s deformitou ve srovnání s kontrolní skupinou, přičemž zde byla pozitivní korelace mezi velikostí zatížení a velikostí HVA. Pooperační výsledky přinesly snížení tlakového zatížení pod palcem. Pravděpodobně tedy i konkrétní typ operační korekce může hrát roli při návratu k fyziologickému průběhu zatížení při chůzi.

Výsledky našeho měření ukázaly, že operační korekce deformity hallux valgus významně ovlivňuje dynamické parametry chůze. Ovlivnění se týká jak chodidla s deformitou, tak chodidla bez deformity, 3 měsíce i 1 rok po provedení korekce. Z hodnot sledovaných parametrů v časových obdobích 3 měsíce a 1 rok po provedení operace lze vyvodit, že se zatížení během chůze u osob s hallux valgus vyvíjí i s časovým odstupem od provedeného zákroku a lze předpokládat, že i nadále bude. Tento vývoj lze pravděpodobně připsat neustálé nutnosti adaptace chodidla na korekci deformity a na obnovení anatomického uspořádání měkkých tkání a kostí, která snad potřebuje delší časový horizont k ustálení průběhu zatížení chodidel při chůzi. Důležitý poznatek do praxe vyplývá z porovnání dynamických parametrů chůze výzkumné skupiny se skupinou kontrolní. Výsledky porovnání před operací, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci naznačují, že pouze prodělaný operační zákrok sám o sobě není dostatečným prostředkem k obnovení funkce nohy a fyziologického průběhu zatížení chodidla během chůze. Totéž naznačují i závěry dalších studií (Bryant, Tinley & Cole, 2005; Dhukaram, Hullin & Kumar, 2006; Jones, Al Hussainy, Alli, Bets & Flowers, 2004; Kernozek, Roehrs & McGarvey, 1997). Na druhou stranu operační korekce deformity hallux valgus přináší většině pacientů subjektivní zlepšení zejména v poklesu bolesti, snížení každodenních omezení při nošení obuvi, redukci limitací v běžných i sportovních aktivitách a komplexně tedy přispívá ke zlepšení kvality života (Fuhrmann, Zollinger-Kies & Kundert, 2010;

Kilmartin & O'Kane, 2010; Sanhudo, 2007; Saro, Jensen, Lindgren, Tsai, 2007; Schneider, Aigner, Pinggera & Knahr, 2004).

Dlouhodobý cílený rehabilitační program navazující na rehabilitaci v akutní fázi po chirurgickém zákroku by mohl být jednou z cest ke zvýšení efektivity prodělané operace s cílem obnovit či se co nejvíce přiblížit fyziologickému průběhu krokového cyklu a snížit riziko případného řetězení poruch funkce chodidla do jiných etází pohybové soustavy. Dynamická analýza chůze by mohla být během rehabilitace použita jako forma zpětné vazby v nácviku a korekci stereotypu chůze a také zařazena do objektivního hodnocení efektu terapie.

Tato studie tvořila dílčí část komplexního hodnocení efektu operační korekce hallux valgus. V rámci výzkumu byly porovnávány také kinematické parametry chůze pomocí 3D kinematické analýzy a dále vliv operační korekce hallux valgus na kvalitu života pomocí dotazníku SF- 36 a Indexu pracovní neschopnosti Oswestry nebo-li dotazníku Oswestry. Naše studie byla tak zaměřena nejen na komplexní obraz analýzy chůze po chirurgickém zákroku, ale také na fyzický i psychický stav pacienta po prodělané operační korekci.

K limitům práce patří především nízký počet probandů ve výzkumné skupině, kteří se zúčastnili opakovaného měření 1 rok po provedené operační korekci z důvodu nízké adherence pacientů. Nastal tak rozdílný počet pacientů v porovnávaných časových obdobích - před a 3 měsíce po operaci 20 probandů, 3měsíce a 1 rok po operaci 11 probandů, před operací a 1 rok po operaci 11 probandů.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo pomocí dynamické plantografie zhodnotit vliv operační korekce hallux valgus na dynamické parametry chůze 1 rok po jejím provedení. Za tímto účelem jsme u pacientů s hallux valgus porovnávali dynamické parametry chůze před operací, 3 měsíce a 1 rok po operaci. Výsledky jsme současně vztahovali k dynamickým parametrům chůze naměřených u kontrolní skupiny.

Z výsledků této diplomové práce vyplývá, že operační korekce hallux valgus významně ovlivňuje dynamické parametry chůze operovaného i neoperovaného chodidla 3 měsíce i 1 rok po jejím provedení. Statisticky významné změny dynamických parametrů jsme našli jak 3 měsíce, tak i 1 rok po operaci hallux valgus. Nejvíce statisticky významných rozdílů jsme zaznamenali 1 rok po operační korekci ve srovnání se stavem před operací ve všech oblastech obou chodidel. Nejvýraznější nárůst hodnot 1 rok po operaci se týkal zejména maxima tlaku a celkového zatížení. Konkrétně byl u obou chodidel nárůst celkového zatížení i maxima tlaku na počátku stejné fáze v celé oblasti zánoží a v závěru stejné fáze v celé oblasti předonoží. Na operované i neoperované dolní končetině jsme v počátku stejné fáze navíc zjistili zpoždění v zahájení kontaktu a nárůst velikosti kontaktní plochy mediální části paty. V závěru stejné fáze jsme zaznamenali také nárůst plochy kontaktu v oblasti palce, kdežto u III. a IV. metatarzu se velikost kontaktní plochy zmenšila. Z hodnot sledovaných parametrů v jednotlivých časových obdobích také vyplývá, že se zatížení během chůze u osob po operační korekci hallux valgus vyvíjí i s časovým odstupem od provedení zákroku.

Mezi chodidlem s deformitou hallux valgus a bez deformity jsme našli statisticky významné rozdíly dynamických parametrů před operační korekcí i 3 měsíce po korekci. U chodidla s hallux valgus před operací jsme na počátku stejné fáze zjistili nižší maximum tlaku v oblasti laterální části paty, v závěru stejné fáze také nižší maximum tlaku v oblasti II. metatarzu. 3 měsíce po operaci jsme na operovaném chodidle v počátku stejné fáze a v mezistoji zjistili delší relativní dobu kontaktu celého zánoží a středonoží a v závěru stejné fáze jsme zaznamenali menší maximum tlaku v oblasti I. metatarzu, prstů a palce. 1 rok po operaci došlo k symetrizaci distribuce a průběhu zatížení při chůzi mezi chodidly - nenalezli jsme žádné statisticky významné rozdíly mezi operovanou a neoperovanou dolní končetinou. Z výsledků srovnání chodidel v jednotlivých časových obdobích tak lze

vyvodit, že distribuce zatížení chodidla s deformitou hallux valgus při chůzi významně ovlivňuje také průběh zatížení chodidla zdravého, nicméně tento vliv se také v čase vyvíjí.

Porovnání dynamických parametrů chůze pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny ukazuje, že se distribuce a průběh zatížení chodidel při chůzi porovnávaných skupin liší jednak před operační korekcí tak i 3 měsíce a 1 rok po jejím provedení. Nejvíce statisticky významných změn jsme zaznamenali také 1 rok po provedeném operačním zákroku a to především v maximu tlaku a celkovém zatížení ve všech částech operovaného i neoperovaného chodidla pacientů s hallux valgus s výjimkou palce neoperované nohy, u kterého změna v celkovém zatížení chodidla nebyla zjištěna. Tyto výsledky naznačují spíše progresi narušení distribuce zatížení během krokového cyklu u pacientů s hallux valgus, než jeho tendenci se přibližovat k průměrným hodnotám kontrolní skupiny. Srovnání dynamických parametrů pacientů s hallux valgus a kontrolní skupiny před operací, 3 měsíce a 1 rok po jejím provedení také naznačuje, že operační korekce deformity hallux valgus sama o sobě není dostatečným prostředkem k obnovení fyziologický průběh zatížení chodidel při chůzi.

8 SOUHRN

Chůze jako základní způsob lidské lokomoce je vysoce individuální a charakteristický motorický projev každého jedince. Během chůze chodidlo plní jak adaptační funkci, především při chůzi po nerovném terénu, tak i funkci rigidní páky pohánějící tělo vpřed. Jakákoliv odchylka či deformita chodidla, coby významného aferentního článku, se tak může projevit narušením fyziologického průběhu krokového cyklu.

Chůze u pacientů s hallux valgus je charakteristická narušenou dynamickou stabilizací I. paprsku nohy související s nadměrnou pronací ST kloubu a redukcí aktivní dorzální flexe I. MTP kloubu. Chodidlo tak nemůže plnit funkci rigidní páky ve střední a konečné fázi krokového cyklu a provést dostatečný odraz palce ve fázi předšvih, což má dopad na celkovou efektivitu chůze. K chirurgické korekci hallux valgus většinou dochází v případě neúspěšnosti konzervativní terapie snížit klinické obtíže pacienta. Cílem operační terapie je korigovat deformitu, zachovat rozsah pohybu I. MTP kloubu, obnovit funkci chodidla a zlepšit tak celkově kvalitu života pacienta. Existuje přes 150 typů operační korekce hallux valgus s více či méně rozšířeným využitím.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo pomocí dynamické plantografie zhodnotit vliv operační korekce hallux valgus na dynamické parametry chůze 1 rok po jejím provedení.

Výzkumnou skupinu tvořilo 20 probandů (průměrný věk $51,4 \pm 11,1$ let, výška $166,1 \pm 6,0$ cm, hmotnost $70,8 \pm 12,2$ kg) z toho 19 žen a 1 muž, s diagnostikovanou deformitou hallux valgus indikovaných k operační korekci, kteří absolvovali měření před a 3 měsíce po operaci. Měření po 1 roce od provedené operační korekce se vzhledem k nízké adherenci zúčastnilo 11 žen (průměrný věk $47,9 \pm 12,9$ let, výška $166,3 \pm 6,7$ cm, hmotnost $70,6 \pm 10,6$ kg). Kontrolní skupinu tvořilo 14 probandů (průměrný věk $47,4 \pm 7,2$ let, výška $169 \pm 6,6$ cm, hmotnost $73,1 \pm 12,8$ kg), 11 žen a 3 muži bez zdravotních obtíží.

Dynamické parametry chůze jsme analyzovali pomocí plantografické plošiny Footscan® před operační korekcí deformity hallux valgus, 3 měsíce a 1 rok po provedené operaci. Výsledky jsme současně vztahovali k dynamickým parametrům chůze naměřených u kontrolní skupiny.

Z výsledků této diplomové práce vyplývá, že operační korekce hallux valgus významně ovlivňuje dynamické parametry chůze. Ovlivnění se týká jak chodidla operovaného, tak neoperovaného 3 měsíce i 1 rok po provedení operace. Nejvíce statisticky významných rozdílů jsme zaznamenali 1 rok po operační korekci ve srovnání se stavem před operací ve všech oblastech obou chodidel, přičemž nejvýraznější nárůst hodnot 1 rok po operaci se týkal zejména maxima tlaku a celkového zatížení. Konkrétně došlo u obou chodidel k nárůstu celkového zatížení i maxima tlaku v celé oblasti zánoží na počátku stojné fáze a v celé oblasti předonoží v závěru stojné fáze. Hodnoty sledovaných parametrů ukazují, že se zatížení chodidla při chůzi u osob s hallux valgus vyvíjí i s časovým odstupem od provedeného zákroku.

Mezi chodidlem s deformitou hallux valgus a zdravým chodidlem jsme našli statisticky významné změny v dynamických parametrech před operační korekcí a 3 měsíce po korekci. U chodidla s hallux valgus před operací jsme na počátku stojné fáze zjistili nižší maximum tlaku v oblasti laterální části paty a v závěru stojné fáze také nižší maximum tlaku v oblasti II. metatarzu. 3 měsíce po operaci jsme na operovaném chodidle v počátku stojné fáze a mezistoji zjistili delší relativní dobu kontaktu celého zánoží a středonoží a v závěru stojné fáze jsme zaznamenali menší maximum tlaku v oblasti I. metatarzu, prstů a palce. 1 rok po operaci jsme mezi chodidly nenalezli žádné statisticky významné rozdíly – došlo tedy k symetrizaci distribuce a průběhu zatížení mezi chodidly. Z výsledků tak lze vyvodit, že distribuce zatížení během chůze u chodidla s deformitou významně ovlivňuje také průběh zatížení chodidla bez deformity, které se v čase také vyvíjí.

Porovnání dynamických parametrů chůze u osob s hallux valgus a kontrolní skupiny ukazuje, že se distribuce a průběh zatížení chodidel porovnávaných skupin liší jednak před operační korekcí, ale také 3 měsíce i 1 rok po jejím provedení. Nejvíce statisticky významných rozdílů v dynamických parametrech pacientů s hallux valgus a kontrolní skupinou jsme zaznamenali 1 rok po provedeném operačním zákroku. Zjistili jsme větší maximum tlaku a celkové zatížení ve všech částech operovaného i neoperovaného chodidla s výjimkou palce neoperované nohy, u kterého změna v celkovém zatížení chodidla nebyla zjištěna. Na operovaném i neoperovaném chodidle pacientů s hallux valgus jsme, mimo výše uvedené změny, zjistili na počátku stojné fáze zpoždění v zahájení kontaktu celého zánoží a vzhledem k celkovému trvání stojné fáze jsme zaznamenali delší relativní dobu kontaktu v oblasti prstů. V závěru stojné fáze jsme u operovaného chodidla

navíc zjistili větší plochu kontaktu i zpoždění v dosažení maxima tlaku v oblasti palce. Tyto výsledky naznačují spíše progresi narušení distribuce zatížení během krokového cyklu, než jeho tendenci se přibližovat k průměrným hodnotám kontrolní skupiny. Srovnání dynamických parametrů u osob s hallux valgus a kontrolní skupiny před operací, 3 měsíce a 1 rok po jejím provedení také naznačuje, že operační korekce deformity hallux valgus sama o sobě není dostatečným prostředkem k obnovení funkce chodidla a fyziologického průběhu zatížení chodidel při chůzi.

SUMMARY

Gait as a basic kind of human locomotion is highly individual and characteristic motor display for each person. During gait the foot performs adaptation function, mainly while walking on rough terrain, as well as role of a rigid lever that drives the body forward. Even a little deviation or deformity of this very important afferent segment can lead to disruption of a walking mechanism

Walking at patients with hallux valgus is characteristic by disrupted dynamic stabilization of the I. ray of the foot that correlates with excessive pronation of ST joint and reduced active dorsal flexion of the I. MTP joint. Consequently the foot is not able to perform its role as a rigid lever in the mid-stance and at the end of stance phase and to sufficiently accomplish toe-off during pre-swing. This whole image has impact on the total efficiency of the gait. Surgical treatment of hallux valgus comes in option when non-surgical therapy that was meant to decrease patient's clinical difficulties is unsuccessful. The goal of the surgical treatment is to modify the deformity, maintain mobility of the I. MTP joint, restore functioning of the foot, and to enhance patient's quality of life. There are more than 150 types of surgical corrections of hallux valgus that are more or less utilized.

The main goal of this thesis was to evaluate effect of surgical treatment of hallux valgus on dynamic gait parameters 1 year after the surgery by Footscan® foot pressure platform.

Research group included 20 subjects (average age $51,4 \pm 11,1$ years, average height $166,1 \pm 6,0$ centimetres, average weight $70,8 \pm 12,2$ kilograms) - 19 women and 1 man, with diagnosed hallux valgus who were indicated to surgical treatment. This group was measured before the surgery and 3 months after the surgery. Because of a low adherence only 11 operated women (average age $47,9 \pm 12,9$ years, average height $166,3 \pm 6,7$ centimetres, average weight $70,6 \pm 10,6$ kilograms) underwent the examination 1 year after the surgery. Control group included 14 healthy subjects (average age $47,4 \pm 7,2$ years, average height $169 \pm 6,6$ centimetres, average weight $73,1 \pm 12,8$ kilograms) - 11 women and 3 men.

Dynamic parameters of the gait were analysed by Footscan® foot pressure platform before the surgical treatment of hallux valgus, 3 months after and 1 year after the surgery.

Results were compared to dynamic parameters of the gait measured within the control group.

Results of this thesis indicate that hallux valgus surgical treatment significantly affects dynamic parameters of the gait. The influence was noted in operated and nonoperated foot, 3 months and 1 year after the surgery. The most statistically significant differences were found 1 year after the surgical treatment compared to the values measured before the surgery in all areas of both feet. The most noticeable increase of values 1 year after the surgery was detected in maximum pressure and total amount of pressure. Specifically were maximum pressure and total amount of pressure increased in both feet in the whole area of rearfoot in the beginning of stance phase and in the whole area of forefoot at the end of stance phase. Monitored values indicate that foot pressure distribution during gait in people with hallux valgus develops even in time interval after the surgical treatment.

We found statistically significant differences in dynamic gait parameters within foot with hallux valgus deformity and healthy foot before surgery and 3 months after. Before operation in hallux valgus foot we noted lower maximum of pressure of lateral part of heel at the beginning of stance phase and lower maximum of pressure of II. metatarsal at the end of stance phase. 3 months after surgical correction in operated foot we determined prolonged time of loading of whole rearfoot and midfoot in the beginning of stance phase and mid-stance, furthermore, we found lower maximum of pressure of I. metatarsal, lesser toes and hallux during end of stance phase. 1 one year after surgery we did not noted any statistical significant changes in dynamic gait parameters, accordingly, the foot pressure distribution within hallux valgus foot and healthy foot become symmetrical. Thus, results suggest, that foot pressure distribution during gait of hallux valgus foot influence also foot pressure distribution of healthy foot, which changes during time period.

Comparison of dynamic parameters of gait between patients with hallux valgus and control group shows that foot pressure distribution of compared groups differs before operation and also 3 months and one year after. The most statistically significant differences within patients with hallux valgus and control group were found one year after surgical correction. We determined increased maximum pressure and total amount of pressure in all foot areas in both operated and nonoperated lower limb except in toe of nonoperated foot. Furthermore, we found in operated and nonoperated foot delayed initiation of contact in all parts of rearfoot in the beginning of stance phase and during end of stance phase prolonged

time of whole loading of lesser toes versus complete stance phase. Moreover, in nonoperated lower limb we noted larger contact area and delay in achieving maximum pressure of hallux at the end of stance phase. These results suggest progression of foot pressure distribution disorder while walking than tendency to approach to average values of control group. The comparison of dynamic parameters of gait within patients with hallux valgus deformity and control group before operation, 3 months and 1 year after also indicates that surgical correction of hallux valgus deformity by itself is not sufficient enough to restore foot functioning and physiological foot pressure distribution during gait.

REFERENČNÍ SEZNAM

- Abidi, N. A. (2003). Distal chevron osteotomy for correction of hallux valgus deformity. *Techniques in foot and ankle surgery*, 2(1), 2-10.
- Adam, S. P., Choung, S. C., Gu, Y., & O'Malley, M. J. (2011). Outcomes after scarf osteotomy for treatment of adult hallux valgus. *Clinical orthopaedics and related research*, 469(3), 854-859.
- Anonymous (2011). Dynamická plantografie. *Sofistikovaná biomechanická diagnostika lidského pohybu*. Retrieved 23. 3. 2014 from the World Wide Web: <http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php/dynamicka-plantografie/o-metod>
- Berg, R. P., Olsthoorn, P. G. M., & Pöll, R. G. (2007). Scarf osteotomy in hallux valgus: a review of 72 cases. *Acta orthopaedica Belgica*, 73(2), 219-223.
- Bryant, A., Tinley, P., & Cole, J. H. (2005). Plantar Pressure and Radiographic Changes to the Forefoot After the Austin Bunionectomy. *Journal of the american podiatric medical association*, 95(4), 357-365.
- Bryant, A., Tinley, P., & Singer, K. (1999). Plantar pressure distribution in normal, hallux valgus and hallux limitus feet. *The foot*, 9, 115-119.
- Carl, A., Ross, S., Evanski, F., & Waugh, T. (1988). Hypermobility in hallux valgus. *Foot and ankle international*, 8(5), 264-270.
- Cooper, M. T., Berlet, G. C., Shunas, P. S., & Lee, T. H. (2007). Proximal opening wedge osteotomy of the first metatarsal for correction of hallux valgus. *Surgical Technology International*, 16, 215-219.
- Coughlin, M. J. (1996). Hallux valgus. *Journal of bone and joint surgery*, 78(6), 932-966.
- Coughlin, M. J., & Mann R. A. (1999). Adult hallux valgus. In Coughlin, M. J., Mann, R. A., & Saltzman, Ch., L., *Surgery of the foot and ankle* (8th ed.) (pp. 297-346). Philadelphia: Mosby.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie I* (2nd ed.). Praha: Grada publishing.
- Dhukaram, V., Hullin, M. G., & Kumar, C. (2006). The Mitchell and Scarf osteotomies for hallux valgus correction: a retrospective, comparative analysis using plantar pressures. *Journal of foot and ankle surgery*, 45(6), 400-409.

- Dungl, P. (2005). *Ortopedie*. Praha: Grada publishing.
- Flandera, S. (2006). *Tejpování: prevence poruch pohybového aparátu-příručka pro maséry a fyzioterapeuty* (2nd ed.). Olomouc: Poznání.
- Frank, C. J., Satake, N., Robinson, E. D., & Gentchos, Ch. E. (2012). Hallux valgus. *Medscape online*. Retrieved 10. 2. 2014 from the World Wide Web: <http://emedicine.medscape.com/article/1232902-overview#a0103>
- Fuhrmann, R. A., Zollinger-Kies, H., & Kundert, H. P. (2010). *International orthopaedics*, 34, 981-989.
- Glasoe, W. M., Allen, M. K., & Saltzman, C. L. (2001). First ray dorsal mobility in relation to hallux valgus deformity and first intermetatarsal angle. *Foot and ankle international*. 22(2), 98-101.
- Glasoe, W. M., Nuckley, D. J., & Ludewig, P. M. (2010). Hallux valgus and first metatarsal arch segment: a theoretical biomechanical perspective. *Physical Therapy*, 90(1), 110-120.
- Glasoe, W. M., Pena, F. A., Phadke, V., & Ludewig, P. M. (2008). Arch height and first metatarsal joint axis orientation as related variables in foot structure and function. *Foot and ankle international*, 29(6), 647-655.
- Glasoe, W. M., Yack, H. J., & Saltzman, C. L. (1999). Anatomy and biomechanics of the first ray. *Physical therapy*, 79(9), 854-859.
- Havlíček, V., Kovanda, M., & Kunovský, R. (2007). Dlouhodobé výsledky operačního řešení hallux valgus technikami zachovávajícími I. metatarzofalangeální kloub. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*, 74, 104-110.
- Henning, E. M. (2002). The human foot during locomotion - applied research for footwear. *The Chinese university of Hong Kong*. Retrieved 3. 4. 2014 from the World Wide Web: http://www.iso.cuhk.edu.hk/weilun/en/hennig/hennig_fulltext1.html
- Hughes, J., Clark, O., & Klenerman, L. (1990). The importance of toes in walking. *The journal of bone and joint surgery*, 72B, 245-51.
- Hwang, S. J., Choi, H. S., Lee, K. T., & Kim, Y, H. (2006). 3D motion analysis on the hallux valgus by using a multisegment foot model. *Key engineering materials*, 326-328, 988-991.

- Incel, N. A., Genc, H., Erdem, H. M., & Yorgancioglu, Z. R. (2003). Muscle imbalance in hallux valgus. An electromyographic study. *American journal of physical medicine and rehabilitation*, 82(5), 345-349.
- Jacobs, H. A. C. (2001). Forces acting in the forefoot during normal gait - an estimate. *Clinical biomechanics*, 16(9), 783-792.
- Jason, S. L., & Bustillo, J. (2007). Surgical treatment of hallux valgus: a review. *Current opinion in orthopaedics*, 18, 112-117.
- Jones, S., Al Hussainy, H., A., Ali, F., Betts, R. P., & Flowers, M. J. (2004). Scarf osteotomy for hallux valgus: a prospective clinical and pedobarographic study. *Journal of bone and joint surgery*, 86B(6), 830-836.
- Joseph, T. N., & Mroczek, K. J. (2007). Decision making in the treatment of hallux valgus. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*, 65(1), 19-23.
- Jürgel, M. (2005). Forefoot pressure distribution in female patients having hallux valgus deformity. *Papers on anthropology*, 14, 117-125.
- Kadono, K. et al. (2003). Plantar pressure distribution under forefeet with hallux valgus during walking. *Journal of nara medical association*, 53, 273-281.
- Kapandji, I. A. (1987). *The physiology of the joints – Volume 2: lower limb* (5th ed.). China: Churchill livingstone.
- Kernozeck, T. W., Elfessi, A., & Sterriker (2003). Clinical and biomechanical risk factors of patients diagnosed with hallux valgus. *Journal of the american podiatric medical association*, 93(2), 97-103.
- Kernozeck, T. W, Roehrs, T. D., & McGarvey, S. (1997). Analysing of plantar loading parameters pre and post surgical intervention of hallux valgus. *Clinical biomechanics*, 12(3), 18-19.
- Kernozeck, T. W., & Sterriker, S. A. (2002). Chevron (Austin) distal metatarsal osteotomy for hallux valgus: comparison of pre- and post-surgical characteristics. *Foot and ankle international*, 23(6), 503-508.
- Khamis,S., & Yizhar, Z. (2006). Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in standing position. *Gait and Posture*, 25, 127-134.

- Kilmartin, T. E., & O’Kane, C. (2010). Combined rotation scarf and akin osteotomies for hallux valgus: a patient focussed 9year follow up of 50 patients. *Journal of foot and ankle research*, 3(2), 1-12.
- Klaue, K., Hansen, S. T., & Masquelet, A. C. (1994). Clinical, quantitative assessment of first tarsometatarsal mobility in the sagittal plane and its relation to hallux valgus deformity. *Foot and ankle international*, 15(1), 9-13.
- Kolář, P. (2001). Systematizace svalových dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie. *Rehab. a fyz. lékařství*, 8(4), 152-164.
- Kolář, P. et al. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.
- Kozáková, J., Janura, M., Gregorková, A., & Svoboda, Z. (2010). Hallux valgus z pohledu fyzioterapeuta aneb je hallux valgus pouze deformita palce? *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 17(27), 71-77.
- Kozáková, J., Janura, M., Svoboda, Z., Elfmark, M., & Klugar, M. (2011). The influence of hallux valgus on pelvis and lower extremity movement during gait. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 41(4), 49-54.
- Lewit, K. (2003). *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně* (5 vyd.). Praha: Sdělovací technika, spol. s.r.o. a Česká lékařská společnost J. E. Purkyně.
- Lorimer, D., French, G., O’Donnell, M., Burrow, J. G., & Wall, B. (2006). *Neale’s disorders of the foot* (7th ed.). China: Churchill Livingstone.
- Magnan, B., Pezzé, L., Rossi, N., & Bartolozzi P. (2005). Percutaneous distal metatarsal osteotomy for correction of hallux valgus. *The journal of bone and joint surgery. American Volume*, 87(6), 1191-1199.
- Mann, R., & Pfeffinger, L. (1991). Hallux valgus repair: DuVries modified McBride procedure. *Clinical orthopaedics and related research*, 272(2), 213-218.
- Martinez-Nova, A., Sanchez-Rodriguez, R., Leal-Muro, A., & Pedrera-Zamorano, J. D. (2011). Dynamic plantar pressure analysis and midterm outcomes in percutaneous correction for mild hallux valgus. *Journal of Orthopaedic Research*, 29(11), 1700-1706.
- Martinez-Nova, A., Sanchez-Rodriguez, R., Perez-Soriano, P., Llana-Belloch, S., Leal-Muro, A., & Pedrera-Zamorano, J. D. (2010). Plantar pressures determinants in mild Hallux Valgus. *Gait and posture*, 32(3), 425-427.

- Menz, H. B., & Lord, S. R. (2005). Optimizing gait in older people with foot and ankle disorders. In Hausdorff, J. M., & Alexander, N. B., *Gait disorders - evaluation and management* (pp. 379-398). USA: Taylor and Francis group.
- Menz, H. B., & Morris, M. E. (2005). Footwear characteristics and foot problems in older people. *Gerontology*, *51*(5), 346-351.
- Mickle, K. J., Munro, B. J., Lord, S. R., Menz, H. B., & Steele, J. R. (2011). Gait, balance and plantar pressures in older people with toe deformities. *Gait and Posture*, *34*(3), 347-351.
- Mittag, F., Leichtle, U., Mesiner, Ch., Ipach, I., Wülker, N., & Wünschel, M. (2013). Proximal metatarsal osteotomy for hallux valgus: an audit of radiologic outcome after single screw fixation and full postoperative weightbearing. *Journal of foot and ankle research*, *6*(22), 1-5.
- Nguyen, U. D. T. et al. (2010). Factors associated with hallux valgus in a population-based study of older women and men: the mobilize boston study. *Osteoarthritis Cartilage*, *18*(1), 1-12.
- Nix, S. E., Smith, M. D., & Vincenzino, B. T. (2010). Prevalence of hallux valgus in general population: systematic review and metaanalysis. *Journal of foot and ankle research*, *3*(21), 1-9.
- Nix, S. E., Vincenzino, B. T., Collins, N. J., & Smith, M. D. (2013). Gait parameters associated with hallux valgus: a systematic review. *Journal of foot and ankle research*, *6*(9), 1-12.
- Nurse, M. A., Hulliger, M., Wakeling, J. M., Nigg, B. N., & Stefanyshyn D. J. (2005). Changing the texture of footwear can alter gait patterns. *Journal of electromyography and kinesiology*, *15*, 496-506.
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis – normal and pathological function* (2nd ed.). SLACK Incorporated: United States of America.
- Piqué-Vidal, C., Solé, M. T., & Antich, J. (2007). Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity. *Journal of foot and ankle surgery*, *46*(3), 149-154.

- Plank, M. J. (1995). The pattern of forefoot pressure distribution in hallux valgus. *The foot*, 5, 8-14.
- Popelka, S., Vavřík, P., Hromádka, R., Barták, V., Bek, J., & Sosna, A. (2011). Hallux valgus u pacientů s revmatoidní artritidou – současné možnosti operační terapie. *Česká revmatologie*, 19(3), 119-123.
- Popelka, S., Vavřík, P., Hromádka, R., & Sosna, A. (2008). Naše zkušenosti s operací dle Lapiduse u pacientů s hallux valgus. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*, 75, 271-276.
- Razak, A. H. A., Zayegh, A., Begg, R. K., & Wahab, Y. (2012). Foot plantar pressure measurement system: a review. *Sensors*, 12, 9884-9912.
- Robinson, A. H. N., Limbers, J. P. (2005). Modern concepts in treatment of hallux valgus. *Journal of bone and joint surgery*, 87B(8), 1038-1045.
- Rodgers, M. M. (1988). Dynamic Biomechanics of the Normal Foot and Ankle During Walking and Running. *Physical therapy*, 68, 1822-1830.
- Sanhudo, J. A. V. (2007). Correction of moderate to severe hallux valgus deformity by a modified chevron shaft osteotomy. *Foot and ankle international*, 27(8), 581-5
- Saro, C., Jensen, I., Lindgren, U., & Felländer-Tsai, L. (2007). Quality-of-life outcome after hallux valgus surgery. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*, 16, 731–738.
- Schneider, W., Aigner, N., Pinggera, N., Knahr, K. (2004). Chevron osteotomy in hallux valgus. *The journal of bone and joint surgery*, 86(B), 1016-1020.
- Standring, S. (2008). *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practise* (40th ed.). Spain: Elsevier.
- Skoták, M., Běhounek, J. (2006). Scarf osteotomie a její použití při postižení předonoží. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*, 73, 18-22.
- Torri, M., Malmivaara, A., Seitsalo, S., Hoikka, V., Laippala, P., & Paavolainen, P. (2003). Hallux valgus: immediate operation versus 1year of waiting with or without orthoses. *Acta orthopaedica Scandinavica*, 74(2), 209-215.
- Uustal, H., & Baerga, E. (2004). Gait analysis. In Cuccurullo, S., *Physical Medicine and Rehabilitation Board Review* (409 - 415). New York: Demos Medical Publishing.

- Valmassy, R. L. (1995). *Clinical biomechanics of the lower extremities*. St Louis: Mosby.
- Vanore, J. V. et al. (2002). Clinical Practice Guideline First Metatarsophalangeal Joint Disorders Panel: Diagnosis and Treatment of First Metatarsophalangeal Joint Disorders. Section 1: Hallux Valgus. *The journal of foot and ankle surgery*, 42(3), 112-123.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2003). Klinická typologie nohy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 3(10), 94-102.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2005). Patokineziologie nohy a funkční ortézování. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 12(4), 156-166.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Univerzita Palackého v Olomouci: Olomouc.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie* (2nd ed.). Praha: Triton.
- Vojta, V. (1993). *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku: včasná diagnóza a terapie*. Praha: Grada (Avicenum).
- Votava, J. (2002). Chodidlo a jeho vztahy – pohled kineziologický, rehabilitační, myoskeletální a jiné. *Pohybové ústrojí*, 9(1+2), 45-49.
- Waldecker, U. (2002). Metatarsalgia in hallux valgus deformity: A pedographic analysis. *Journal of foot and ankle surgery*, 41(5), 300-308.
- Wen, J., Ding, Q., Yu, Z., Sun, W., Wang, Q., & Wei, K. (2012). Adaptive changes of foot pressure in hallux valgus patients. *Gait and posture*, 36, 344-349.
- Whittle, M. W. (1994). *Gait analysis: an introduction*. Butterworth-Heinemann: Great Britain.
- Wülker, N., & Mittag, F. (2012). The treatment of hallux valgus. *Deutsches Ärzteblatt International*, 109(49), 857-868.
- Yavuz, M., Hetherington, V. J., Botek, G., Hirschman, G. B., Bardsley, L., & Davis, B. L. (2009). Forefoot plantar shear stress distribution in hallux valgus patients. *Gait and Posture*, 30, 257-259.
- Zettl, R., Trnka, H. J., Easley, M., Salzer M., & Ritschl, P. (2000). Moderate to severe hallux valgus deformity: correction with proximal crescentic osteotomy and distal soft-tissue release. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 120(7-8), 397-402.

PŘÍLOHY

Příloha 1 Souhlas etické komise



Fakulta tělesné kultury
Univerzity Palackého
tř. Míru 115
OLOMOUC

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: PhDr. Dana Štěrbová, Ph. D. – předsedkyně
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.
Mgr. Ondřej Ješina, Ph. D.

Na základě žádosti ze dne 7. 1. 2013 byl projekt výzkumné práce (základního výzkumu) autorky **Mgr. Jitky Klugarové, Ph. D.**

s názvem

Hodnocení vlivu operace hallux valgus na provedení chůze z dlouhodobého hlediska

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 7/2013
dne: 10. 1. 2013.

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

Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

razítko fakulty

Příloha 2 Informovaný souhlas

Univerzita Palackého Olomouc

Fakulta tělesné kultury
Katedra biomechaniky a technické kybernetiky
Tř. Míru 115
771 11 Olomouc

POUČENÍ A SOUHLAS KLIENTA

Klient(ka)souhlasí s provedením diagnostického vyšetření a měření pro účely biomechanického výzkumu na FTK UP v Olomouci.

Byl(a) jsem srozumitelně seznámen(a) s průběhem vyšetření a měření. Souhlasím s jeho provedením, nahlédnutím do mé zdravotnické dokumentace v rozsahu nezbytně nutném, anonymním použitím získaných údajů s respektováním pravidel ochrany osobních dat.

V Olomouci dne....

Podpis klienta.....

Příloha 3 Výstupní parametry analýzy rozložení a distribuce tlaku při kontaktu chodidla s podložkou

Tabulka 23. Charakteristika dynamických parametrů chůze

% Start Time	Okamžik začátku zatěžování oblasti vzhledem k trvání stejné fáze	[%]
% End Time	Okamžik konce zatěžování oblasti vzhledem k trvání stejné fáze	[%]
% Contact	Relativní doba kontaktu dané oblasti vzhledem k trvání stejné fáze	[%]
Max P	Maximum tlaku v dané oblasti	[N/cm]
% Time Max P	Okamžik dosažení maximálního zatížení v určité oblasti vzhledem k trvání stejné fáze	[%]
Load rate	Rychlost zatížení – (=Max P/Time Max P)	[N/cm ² ·ms]
Impulse	Celkové zatížení dané oblasti (integrál ze závislosti tlaku na čase)	[Ns/cm]
Contact area	Plocha oblasti	[cm ²]
Max peak sensor value in area	Maximální hodnota tlaku naměřená na některém ze senzorů v dané oblasti	[N/cm ²]

Příloha 4 Přehled parametrů, u nichž došlo k statisticky významným změnám

Tabulka 24. Statisticky významné rozdíly na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ měřených parametrů pro oblast T1- M3 operované i neoperované nohy výzkumné skupiny před operací, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci

	T1		T2-5		M1		M2		M3	
	V	p	V	p	V	p	V	p	V	p
% Start time [%]	D+F	0,04	A+B B+F	<0,01 0,04						
% End time [%]					C+D	0,02	C+D C+E	0,03 0,05		
MaxP [N.cm ⁻²]		0,01	A+C	0,02	A+C	0,01	A+B	0,04	A+E	0,01
	A+E	0,02	A+E	0,02	C+D	0,02	A+E	0,01	B+F	0,01
	B+F	0,03	B+F	0,02	C+E	0,01	B+F	0,02	C+E	0,01
	C+D	0,01	C+D	<0,01	D+F	0,01	C+E	0,01	D+F	0,01
	C+E	0,01	C+E	0,01			D+F	0,01		
	D+F		D+F	0,02						
% Time MaxP [%]	A+C	0,01	A+B	0,02					A+C	0,01
	B+D	0,02	B+F	0,01					C+D	0,02
	C+D	0,01	C+E	0,02					C+E	0,01
Max Peak [N/cm ²]	A+E	0,01	A+E	0,01	A+C	0,02	A+E	0,03	A+E	0,03
	B+F	0,01	B+F	0,01	A+E	0,03	B+F	0,02	B+F	0,01
	C+E	0,01	C+D	0,03	B+D	0,04	C+D	0,04	C+E	0,01
	D+F	0,01	C+E	0,01	B+F	0,01	C+E	0,01	D+F	0,01
			D+F	0,01	C+E	0,01	D+F	0,01		
Impuls [N.s.cm ⁻²]	A+C	0,03	A+C	0,02	A+C	0,01	A+E	0,02	A+E	0,02
	A+E	0,01	A+E	0,05	A+E	0,02	B+F	0,01	B+F	0,01
	B+F	0,03	B+F	0,02	B+F	0,02	C+E	0,02	C+E	0,02
	C+E	0,02	C+D	0,01	C+E	0,02	D+F	0,02	D+F	0,02
	D+F	0,02	C+E	0,02	D+F	0,02				
		D+F	0,04							
Contact area [cm ²]	A+E	0,01			A+B	0,04			A+E	0,02
	B+D	0,03							B+F	0,02
	B+F	0,02							C+E	0,02
	C+E	0,01							D+F	0,01
	D+F	0,05								
% Contact[%]					E+F	0,01	A+C	0,03		
Load rate [N/(cm ² .s)]	D+F	0,05	B+F C+E	0,04 0,02	B+F C+E D+F	0,03 0,01 0,01	A+E B+F C+E D+F	0,02 0,02 0,01 0,01	A+E B+F C+E D+F	0,02 0,01 0,01 0,01

Legenda: V - varianta srovnávaných končetin, p - hladina statistické významnosti, A - operovaná noha před operací, B - neoperovaná noha před operací, C - operovaná noha 3 měsíce po operaci, D - neoperovaná noha 3 měsíce po operaci, E - operovaná noha 1 rok po operaci, F - neoperovaná noha 1 rok po operaci, T1 - palec, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz

Tabulka 25. Statisticky významné rozdíly na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ měřených parametrů pro oblast M4 - HM operované i neoperované nohy výzkumné skupiny před operací, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci

	M4		M5		MF		HL		HM	
	V	p	V	p	V	p	V	p	V	p
Start time [%]	B+D	0,01	D+F	0,05			A+C	0,01	A+C	0,01
							B+D	0,01	A+E	0,02
							C+E	0,01	B+F	0,03
							D+F	0,01	C+E	0,01
			D+F	0,01						
End time [%]			A+C	0,01	A+C	0,02	A+C	0,01	A+C	0,01
			C+D	<0,01	C+D	<0,01	C+D	0,01	C+D	0,01
			C+E	0,01	C+E	0,04			C+E	0,05
MaxP [N.cm ⁻²]	A+E	0,02	A+E	0,03	C+E	0,05	A+E	0,01	A+E	0,01
	B+F	0,01	B+F	0,01			B+F	0,02	B+F	0,01
	C+E	0,01	C+E	0,01			C+E	0,01	C+E	0,01
	D+F	0,01	D+F	0,01			D+F	0,01	D+F	0,01
Time MaxP [%]	A+C	0,01	A+C	0,01	A+C	0,03			C+D	0,03
	C+D	<0,01	C+D	<0,01	C+D	0,01				
	C+E	0,01	C+E	0,01						
Max Peak [N/cm ²]	B+F	0,01	A+E	0,02	A+E	0,01	A+E	0,01	A+E	0,01
	C+E	0,02	B+F	0,01	C+E	0,03	A+B	0,04	B+F	0,02
	D+F	0,01	C+E	0,01	B+F	0,01	B+F	0,01	C+E	0,03
			D+F	0,01			C+E	0,03	D+F	0,03
						D+F	0,03			
Impuls [N.s.cm ⁻²]	A+E	0,01	A+E	0,03	A+E	0,02	A+E	0,02	A+E	0,01
	B+F	0,01	B+F	0,03	B+F	0,02	B+F	0,02	B+F	0,01
	C+E	0,02	C+E	0,02	C+E	0,02	C+E	0,04	C+E	0,04
	D+F	0,02					D+F	0,02	D+F	0,02
Contact area [cm ²]	A+E	0,02							A+E	0,01
	B+F	0,03							C+E	0,01
	C+E	0,01							D+F	0,02
	D+F	0,01								
% Contact [%]			C+D	0,03	C+D	<0,01	A+C	0,01	A+C	0,01
			D+F	0,02			C+D	0,01	C+D	<0,01
Load rate [N/(cm ² .s)]	A+E	0,05	B+F	0,02	C+E	0,02	A+E	0,01	A+E	0,01
	B+F	0,01	C+E	0,01			B+F	0,01	B+F	0,01
	C+E	0,01	D+F	0,01			C+E	0,01	C+E	0,02
	D+F	0,02					D+F	0,04	D+F	0,01

Legenda: V - varianta srovnávaných končetin, p - hladina statistické významnosti, A - operovaná noha před operací, B - neoperovaná noha před operací, C - operovaná noha 3 měsíce po operaci, D - neoperovaná noha 3 měsíce po operaci, E - operovaná noha 1 rok po operaci, F - neoperovaná noha 1 rok po operaci, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží, HL - laterální část paty, HM - mediální část paty

Tabulka 26. Statisticky významné rozdíly na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ měřených parametrů pro oblast T1 - M3 obou chodidel výzkumné skupiny před operací, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v porovnání s kontrolní skupinou

	T1		T2-5		M1		M2		M3	
	V	p	V	p	V	p	V	p	V	p
% Start time [%]			E+G F+H	0,05 0,02	D+H	0,05	D+H	0,03	G+H	0,04
% End time [%]			A+G B+H C+G D+H	0,04 0,02 0,05 0,01			D+H	0,02	D+H	0,02
MaxP [N.cm ⁻²]	E+G F+H	<0,01 0,01	E+G F+H	<0,01 <0,01	A+G E+G F+H	0,01 <0,01 <0,01	A+G C+G E+G F+H	0,02 0,04 <0,01 <0,01	C+G D+H E+G F+H	0,05 0,03 <0,01 <0,01
% Time MaxP [%]	C+G D+H E+G	<0,01 0,05 0,01	C+G	0,01					C+G	0,03
Max Peak [N/cm ²]	E+G F+H	<0,01 <0,01	B+H D+H E+G F+H	0,02 0,03 <0,01 <0,01	A+G E+G F+H	0,01 <0,01 <0,01	A+G B+H E+G F+H	<0,01 0,02 <0,01 <0,01	A+G B+H E+G F+H	0,01 0,01 <0,01 <0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	E+G	<0,01	E+G F+H	<0,01 <0,01	A+G E+G F+H	0,01 <0,01 <0,01	A+G C+G E+G F+H	0,01 0,03 <0,01 <0,01	A+G B+H C+G D+H E+G F+H	0,02 0,03 0,03 0,02 <0,01 <0,01
Contact area [cm ²]	E+G F+H	0,01 0,04	E+G	0,02	A+G C+G	<0,01 0,01				
% Contact [%]			E+G F+H	0,01 0,01	G+H	<0,01	A+G	0,02	A+G	0,02
Load rate [N/(cm ² .s)]	E+G	0,04	E+G F+H	0,01 0,02	E+G F+H	<0,01 <0,01	E+G F+H	<0,01 <0,01	E+G F+H	<0,01 <0,01

Legenda: V - varianta srovnávaných končetin, p - hladina statistické významnosti, A - operovaná noha VS před operací, B - neoperovaná noha VS před operací, C - operovaná noha VS 3 měsíce po operaci, D - neoperovaná noha VS 3 měsíce po operaci, E - operovaná noha VS rok po operaci, F - neoperovaná noha VS rok po operaci, G - nepreferovaná noha KS, H - preferovaná noha KS, T1 - palce, T2-5 - 2. - 5. prst, M1 - I. metatarz, M2 - II. metatarz, M3 - III. metatarz

Tabulka 27. Statisticky významné rozdíly na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ měřených parametrů pro oblast M4 - HM obou chodidel výzkumné skupiny před operací, 3 měsíce a 1 rok po operační korekci v porovnání s kontrolní skupinou

	M4		M5		MF		HL		HM	
	V	p	V	p	V	p	V	p	V	p
Start time [%]			D+H	0,05			A+G	0,02	A+G	0,02
							B+H	0,04	B+H	0,04
							E+G	<0,01	E+G	<0,01
							F+H	<0,01	F+H	<0,01
End time [%]	B+H	0,05	B+H	0,03			B+H	0,03	C+G	<0,01
	C+G	0,01	C+G	<0,01			C+G	0,01	D+H	0,02
	D+H	<0,01	D+H	0,03			D+H	0,01		
	F+H	<0,01								
MaxP [N.cm ⁻²]	C+G	0,04	B+H	0,01	E+G	<0,01	E+G	<0,01	A+G	0,02
	D+H	0,04	E+G	<0,01	F+H	0,02	F+H	<0,01	B+H	0,03
	E+G	<0,01	F+H	<0,01					E+G	<0,01
	F+H	<0,01							F+H	<0,01
Time MaxP [%]	B+H	0,01	B+H	0,01	C+G	0,03				
	C+G	<0,01	C+G	0,01						
	D+H	0,01	D+H	0,02						
Max Peak [N/cm ²]	B+H	0,02	B+H	0,01	B+H	0,04	A+G	0,02	A+G	0,01
	C+G	0,04	C+G	0,02	E+G	<0,01	B+H	0,01	B+H	0,01
	D+H	0,04	E+G	<0,01	F+H	<0,01	E+G	<0,01	C+G	0,01
	E+G	<0,01	F+H	<0,01			F+H	<0,01	E+G	<0,01
	F+H	<0,01							F+H	<0,01
Impuls [N.s.cm ⁻²]	B+H	0,02	B+H	0,03	C+G	0,04	B+H	0,01	A+G	0,01
	C+G	0,02	E+G	<0,01	E+G	<0,01	C+G	<0,01	B+H	0,01
	D+H	0,01	F+H	<0,01	F+H	0,01	D+H	0,02	C+G	<0,01
	E+G	<0,01					E+G	<0,01	D+H	0,01
	F+H	<0,01					F+H	<0,01	E+G	<0,01
Contact area [cm ²]			B+H	0,01	C+G	0,04	A+G	0,04	E+G	0,02
			D+H	0,01			C+G	0,03		
							D+H	0,04		
							E+G	<0,01		
							F+H	0,01		
% Contact [%]	B+H	0,02	B+H	0,03			B+H	0,04	C+G	<0,01
			F+H	0,01			C+G	0,01	D+H	0,03
							D+H	0,02		
Load rate [N/(cm ² .s)]	E+G	0,04	E+G	0,01	E+G	<0,01	E+G	<0,01	E+G	<0,01
			F+H	0,02	F+H	<0,01	F+H	<0,01	F+H	<0,01

Legenda: V - varianta srovnávaných končetin, p - hladina statistické významnosti, A - operovaná noha VS před operací, B - neoperovaná noha VS před operací, C - operovaná noha VS 3 měsíce po operaci, D - neoperovaná noha VS 3 měsíce po operaci, E - operovaná noha VS rok po operaci, F - neoperovaná noha VS rok po operaci, G - nepreferovaná noha KS, H - preferovaná noha KS, M4 - IV. metatarz, M5 - V. metatarz, MF - středonoží, HL - laterální část paty, HM - mediální část paty

Příloha 5 Hodnoty parametrů jednotlivých oblastí chodidla

Tabulka 28. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast palce

palec (T1)	před operací OP				před operací NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
% Start time [%]	48,8	17,1	22,5	87,4	56,9	17,7	15,7	77,7
% End time [%]	100	0,64	98,20	100	100	0,24	99,24	100
MaxP [N.cm ⁻²]	2	1,3	0,3	4,8	1,8	1,6	0,4	5,3
% Time MaxP [%]	88,38	3,98	78,06	93,94	87,1	3,77	78,38	92,79
Max Peak [N/cm ²]	8,8	5,65	0,9	18,5	7,9	6,39	1,7	25,5
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,25	0,27	0	0,9	0,25	0,36	0	1,4
Contact area [cm ²]	9,2	3,13	1,9	13,9	8,8	3,18	3,0	15,0
% Contact [%]	47,0	17,7	12	75	38	17,2	21	82
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,05	0,01	0,01	0	0,05

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

palec (T1)	3 měsíce po operaci OP				3 měsíce po operaci NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
% Start time [%]	57,0	28,6	1,1	87,2	59,1	21,2	16,4	88,3
% End time [%]	100	0,71	96,85	100	100	0,32	98,88	100
MaxP [N.cm ⁻²]	1,2	0,6	0,1	2,3	1,3	2,0	0,2	9,1
% Time MaxP [%]	92,63	4,28	75,03	95,31	89,46	3,30	82,78	94,60
Max Peak [N/cm ²]	5,75	3,6	0,9	11,4	6,2	4,91	1,8	20,2
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,1	0,12	0	0,4	0,2	0,36	0	1,3
Contact area [cm ²]	10,3	2,68	4,1	13,5	9,6	2,32	5,6	15,4
% Contact [%]	41,5	28,4	11	98	38	20,7	11	82
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,1	0,03	0	0,1	0,01	0,02	0	0,05

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

palec (T1)	1 rok po operaci OP				1 rok po operaci NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
% Start time [%]	44,8	16,4	25,2	70,6	44,6	19,1	21,7	72,4
% End time [%]	100	0	100	100	100	0,36	98,8	100
MaxP [N.cm ⁻²]	6,8	3,78	0,4	15,2	5,3	2,84	2	11
% Time MaxP [%]	88,95	4,15	78,06	92,84	86,89	3,40	82,69	94,29
Max Peak [N/cm ²]	41,8	17,37	5	65	32,5	14,71	9,3	51,1
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,1	0,57	0	2	0,9	0,51	0	0,7
Contact area [cm ²]	16,1	4,30	5,2	19,5	15,4	4,09	8,2	21,4
% Contact [%]	49	18,7	11	76	39	18	22	85
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,03	0,07	0	0,09	0,03	0,02	0,01	0,06

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

palec (T1) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
% Start time [%]	41,90	15,76	26,81	82,32	51,72	14,8	32,75	81,97
% End time [%]	100	0	100	100	100	0	100	100
MaxP [N.cm ⁻²]	1,25	1,34	0,3	5,1	1,9	1,39	0,4	4,3
% Time MaxP [%]	85,14	3,93	78,96	93,49	85,54	3,65	80,77	85,5
Max Peak [N/cm ²]	2,8	5,96	0,3	16,7	3,3	5,23	1	16,7
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,2	0,24	0	0,9	0,4	0,24	0	0,8
Contact area [cm ²]	11,4	5,2	1,5	14,6	13,5	5,9	2	16
% Contact [%]	55,5	15,2	17	67	50	14,2	14	65
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,03	0,02	0,01	0	0,05

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 29. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast 2. - 5. prstu

prsty (T2-5)	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	55,52	18,62	18,41	82,22	58,70	17,34	20,21	79,62
End time [%]	98,54	1,86	93,89	100	98,82	1,52	94,65	100
MaxP [N.cm ⁻²]	1	1,2	0,1	4,1	1,0	1,3	0,2	4,1
Time MaxP [%]	84,76	3,32	78,23	91,09	86,33	3,65	79,94	93,1
Max Peak [N/cm ²]	5,75	5,21	0,9	16,7	6,2	5,06	1	17,6
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,15	0,34	0	1,2	0,15	0,38	0	1,6
Contact area [cm ²]	20,45	5,73	9,0	29,6	21,2	4,66	12,8	30
% Contact [%]	39,5	19,4	13	80	36,5	16,0	18	78
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0	0,03

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

prsty (T2-5)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	65,02	26,62	1,14	82,2	58,03	16,7	18,01	75,33
End time [%]	98,88	2,03	93,25	100	99,29	1,55	95,04	100
MaxP [N.cm ⁻²]	0,5	0,4	0,0	1,6	0,9	0,7	0,3	3
Time MaxP [%]	89,19	5,32	70,41	96,2	86,35	3,87	75,06	92,41
Max Peak [N/cm ²]	3,5	2,44	0,9	7,9	4,85	3,25	0,9	13,2
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,1	0,07	0	0,3	0,1	0,19	0	0,8
Contact area [cm ²]	19,15	5,35	8,2	28,9	23,6	6,17	9,8	32,6
% Contact [%]	33	27,5	8	98	39	16,2	18	77
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,1	0,01	<0,01	0	0,01

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

prsty (T2-5)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	38,94	16,21	12,53	64,1	31,96	21,76	15,91	75,32
End time [%]	97,7	1,76	92,46	98,74	98,35	1,79	94,10	100
MaxP [N.cm ⁻²]	2,6	1,90	1,1	7,1	2,7	1,36	1,2	6,0
Time MaxP [%]	82,09	4,01	73,25	86,46	83,18	4,68	73,94	89,34
Max Peak [N/cm ²]	18,6	9,36	13,9	41,8	18,6	10	9,3	41,8
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,4	0,53	0,1	1,8	0,6	0,29	0,1	1,2
Contact area [cm ²]	21,4	4,74	11	28	24	4,84	15,8	32,2
% Contact [%]	55	15,9	34	82	62	20,8	22	79
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

prsty (T2-5) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	60,17	11,66	32,27	82,55	62,30	9,08	45,05	82,81
End time [%]	97,27	1,81	93,76	98,96	97,22	2,07	91,92	99,45
MaxP [N.cm ⁻²]	0,5	0,39	0,1	1,3	0,4	0,33	0,2	1,1
Time MaxP [%]	83,79	3,94	77,13	91,69	84,47	3,15	78,66	91,99
Max Peak [N/cm ²]	1,7	2,78	0,4	9,7	1,3	3,28	1	11
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,1	0,06	0	0,2	0,1	0,07	0	0,2
Contact area [cm ²]	14,65	8,32	1,5	25,1	15,26	9,57	1,5	26,6
% Contact [%]	36	11,4	13	64	32,21	9,65	15	51
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,01	0,01	<0,01	0	0,01

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 30. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast I. metatarzu

I. metatarz (M1)	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	17,13	7,52	9,33	33,54	18,10	8,44	10,01	48,62
End time [%]	94,44	2,05	90,59	98,06	94,59	2,08	89,62	97,92
MaxP [N.cm ⁻²]	3,9	3,51	0,4	12,7	3,7	4,15	0,5	14,7
Time MaxP [%]	74,24	3,44	67,50	81,73	74,40	2,99	70,75	82,52
Max Peak [N/cm ²]	11,4	16,27	1,1	61,6	11,0	16,67	1,4	57,2
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,9	1,12	0,1	4,5	0,85	0,98	0,1	3,2
Contact area [cm ²]	14,6	3,19	9,8	23,6	13,7	2,63	8,6	17,6
% Contact [%]	74	8	57	82	72,5	8,9	45	84
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,02	0,02	0	0,06	0,01	0,01	0	0,05

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

I. metatarz (M1)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	19,92	13,53	10,22	62,74	21,11	9,43	2,64	49,61
End time [%]	93,67	2,11	87,20	95,84	94,80	2,34	89,14	99,43
MaxP [N.cm ⁻²]	2,05	0,81	0,6	3,4	2,9	1,41	0,5	6
Time MaxP [%]	74,82	5,83	60,23	84,84	76,48	2,16	72,55	80,79
Max Peak [N/cm ²]	6,2	3,28	1,8	15,0	9,7	3,93	1,2	15,0
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,5	0,26	0,1	1,1	0,65	0,35	0,1	1,4
Contact area [cm ²]	14,05	4,06	3,4	22,9	14,25	2,64	9,0	18,4
% Contact [%]	69	12,7	31	79	71	10	43	87
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0	0,02

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

I. metatarz (M1)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	19,63	8,08	9,97	34,08	16,76	7,46	8,17	34,06
End time [%]	92,89	2,06	98,51	96,25	93,47	2,86	88,46	98,74
MaxP [N.cm ⁻²]	9,5	4,69	4,4	19,7	7,9	4,74	4,2	21,2
Time MaxP [%]	74,60	3,75	68,41	81,80	74,04	3,53	68,37	80,52
Max Peak [N/cm ²]	37,2	17,1	9,3	65	32,5	21,12	13,9	92,9
Impuls [N.s.cm ⁻²]	2,1	0,91	1,1	4,2	1,7	0,85	1,2	4,0
Contact area [cm ²]	12,4	2,39	9	16,1	12,4	2,33	8,2	16,9
% Contact [%]	69	7,8	55	82	72	7,6	58	81
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,04	0,02	0,02	0,09	0,03	0,02	0,02	0,08

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

I. metatarz (M1) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	17,73	6,77	11,22	32,45	15,69	4,35	10,52	24,00
End time [%]	93,61	1,55	91,20	96,85	93,46	1,48	91,56	97,21
MaxP [N.cm ⁻²]	1,35	0,98	0,6	4,2	2,1	1,35	0,6	4,7
Time MaxP [%]	74,28	3,34	66,82	79,72	77,29	4,88	61,85	81,08
Max Peak [N/cm ²]	3,05	3,57	1	12,3	4,85	4,63	1,7	16,7
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,35	0,25	0,2	1,1	0,6	0,28	0,4	1,4
Contact area [cm ²]	10,5	5,31	1,5	16,5	10,61	6,25	1,5	18,4
% Contact [%]	70,50	6,48	56	81	77,50	4,9	67	83
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0	0,02

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 31. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast II. metatarzu

II. metatarz (M2)	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	11,11	3,23	7,70	19,52	12,10	3,54	5,53	22,33
End time [%]	96,17	2,13	91,23	100,9	95,87	2,08	90,26	100,24
MaxP [N.cm ⁻²]	5,4	2,78	0,9	10,8	6,0	3,43	1,4	11,8
Time MaxP [%]	77,50	3,56	68,20	82,89	78,55	3,87	70,11	85,43
Max Peak [N/cm ²]	16,3	11,6	3,1	51,9	16,3	11,5	4,8	42,2
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,65	0,82	0,3	3,2	1,75	1,04	0,4	4,8
Contact area [cm ²]	10,7	1,7	8,2	14,2	10,9	1,97	7,1	14,6
% Contact [%]	82	4,1	72	88	81	4,1	68	84
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,02	0,01	0	0,04	0,02	0,01	0	0,05

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

II. metatarz (M2)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	13,34	3,92	8,73	24,61	12,80	7,34	0,00	37,31
End time [%]	95,69	1,37	92,60	97,66	96,27	1,84	94,40	101,72
MaxP [N.cm ⁻²]	3,55	2,47	1,0	10,9	4,15	2,83	1,3	13,2
Time MaxP [%]	78,38	2,90	73,74	83,97	78,46	3,36	71,59	86,18
Max Peak [N/cm ²]	9,25	6,97	2,6	30,8	11,4	10,6	4,8	54,6
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,9	0,54	0,3	2,6	1,2	0,65	0,3	3,0
Contact area [cm ²]	11,2	2,08	7,5	15,4	11,2	1,69	7,9	13,9
% Contact [%]	79	4,1	68	84	80	7	57	90
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,03	0,01	0,01	0	0,4

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

II. metatarz (M2)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	12,77	5,18	6,27	24,76	12,77	4,59	5,13	21,54
End time [%]	94,57	1,89	91,68	98,59	95,11	2,63	89,50	98,65
MaxP [N.cm ⁻²]	14,5	9,58	9	35	14,3	7,8	6,7	33,4
Time MaxP [%]	77,58	2,34	73,05	79,81	77,02	3,62	70,47	84,18
Max Peak [N/cm ²]	51,1	26,79	27,9	102,2	55,7	24,21	13,9	97,6
Impuls [N.s.cm ⁻²]	3,8	2,47	2	9,7	4,1	1,67	1,7	7,5
Contact area [cm ²]	10,5	1,15	7,9	12	10,5	0,78	8,6	11,2
% Contact [%]	79	5,41	67	88	79	4,15	72	85
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,04	0,03	0,03	0,11	0,05	0,03	0,02	0,11

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

II. metatarz (M2) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	13,18	5,48	9,77	31,08	11,03	4,04	7,19	20,39
End time [%]	95,42	1,50	91,77	97,83	94,79	1,48	91,77	97,83
MaxP [N.cm ⁻²]	2,85	2,1	1,4	7,4	2,25	1,65	1,2	5,9
Time MaxP [%]	78,55	3,03	71,96	82,77	79,95	3,63	70,89	82,82
Max Peak [N/cm ²]	6,75	4,09	1,8	15,8	7,45	5,2	3,1	18,5
Impuls [N.s.cm ⁻²]	06	0,28	0,4	1,4	0,95	0,5	0,4	1,8
Contact area [cm ²]	9,6	4,58	2	14	10,9	4,9	1,5	14,2
% Contact [%]	78	5,74	61	83	80	3,7	70	85
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,03	0,01	0,01	0	0,03

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 32. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast III. metatarzu

III. metatarz (M3)	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	9,01	2,52	6,13	17,24	8,90	2,41	5,42	14,53
End time [%]	96,10	2,20	91,19	100,67	95,44	2,07	90,20	99,57
MaxP [N.cm ⁻²]	5,6	3,67	1,0	14,2	6,25	4,61	1,1	17,7
Time MaxP [%]	77,47	4,25	66,51	83,48	76,92	4,29	66,80	85,32
Max Peak [N/cm ²]	12,75	12,23	3,1	57,2	15,85	11,48	2,8	44,9
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,95	1	0,3	3,4	1,6	1,4	0,3	5,9
Contact area [cm ²]	9,8	1,29	7,5	13,5	9,6	1,32	7,1	12
% Contact [%]	83,5	3,3	74	90	83,5	3,1	76	89
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,02	0,01	0	0,04	0,02	0,01	0	0,05

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

III. metatarz (M3)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	10,22	3,31	6,42	19,45	10,12	3,84	0,12	17,52
End time [%]	95,63	1,38	92,44	97,60	95,93	2,08	93,51	102,10
MaxP [N.cm ⁻²]	4,2	2,37	1,4	11,7	4,2	3,16	2,3	14,4
Time MaxP [%]	80,58	2,08	76,38	84,37	77,89	3,68	70,54	86,74
Max Peak [N/cm ²]	10,6	5,86	2,6	27,3	11,0	7,17	3,5	36,1
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,3	0,61	0,5	2,7	1,25	0,85	0,8	3,9
Contact area [cm ²]	9,8	1,29	7,5	13,5	9,6	1,32	7,1	12,0
% Contact [%]	82	3,8	72	87	82,5	3,5	74	89
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,02	0,01	0,1	0,04	0,01	0,01	0,1	0,04

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

III. metatarz (M3)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	9,31	3,75	5,02	19,00	9,66	2,66	5,08	14,15
End time [%]	94,57	1,89	91,68	98,59	95,11	2,63	89,50	98,65
MaxP [N.cm ⁻²]	17,1	10,99	8,8	43	18,9	7,02	11,3	37
Time MaxP [%]	74,60	3,31	70,21	80,91	76,23	3,93	68,22	82,71
Max Peak [N/cm ²]	48,4	26,73	27,9	111,5	41,8	17,85	27,9	79,0
Impuls [N.s.cm ⁻²]	5,1	3,56	2,1	13,4	4,9	2,32	3,4	11,7
Contact area [cm ²]	8,2	0,67	6,8	9	8,2	0,64	7,5	9,8
% Contact [%]	83	4,60	71	89	83	2,98	78	87
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,05	0,04	0,03	0,16	0,06	0,02	0,03	0,11

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

III. metatarz (M3) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	9,97	5,27	8,10	27,71	8,71	3,97	5,23	19,25
End time [%]	94,58	1,58	91,54	97,20	93,75	1,78	90,44	96,88
MaxP [N.cm ⁻²]	2,25	1,65	1,2	5,9	2,35	2,28	1,3	8
Time MaxP [%]	77,42	4,50	65,75	82,66	76,00	3,86	64,37	80,44
Max Peak [N/cm ²]	6,2	4	1,8	15,8	7,85	5,44	1,7	18,5
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,7	0,43	0,3	1,6	0,7	0,58	0,4	2,2
Contact area [cm ²]	9,6	4,23	1,5	13,5	9,4	4,55	1,5	14,6
% Contact [%]	81,5	5,37	65	86	82	3,41	73	86
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0	0,03

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 33. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast IV. metatarzu

IV. metatarz (M4) VS	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	8,01	3,22	3,34	15,71	7,14	2,91	4,02	14,32
End time [%]	93,03	1,85	88,91	96,22	92,90	1,78	88,83	96,17
MaxP [N.cm ⁻²]	3,7	3,39	0,7	11,5	4,2	4,03	0,7	15,5
Time MaxP [%]	72,42	8,87	42,86	80,37	73,59	4,38	64,87	82,95
Max Peak [N/cm ²]	11,0	9,15	1,8	37	11	9,15	1,8	37
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,1	1,34	0,2	4,8	1,15	1,44	0,3	5,4
Contact area [cm ²]	10,3	1,5	7,5	13,5	9,8	1,5	7,5	12,8
% Contact [%]	82	4,7	69	89	83	3,2	76	87
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,04	0,1	0,01	0	0,05

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

IV. metatarz (M4)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	9,11	4,71	5,80	25,73	9,62	4,12	5,01	21,82
End time [%]	94,11	2,01	86,59	95,99	93,00	2,22	90,20	100,00
MaxP [N.cm ⁻²]	3,5	2,23	1	10,2	3,7	2,24	1,7	12,1
Time MaxP [%]	78,51	3,59	71,89	85,03	74,00	5,84	56,85	83,22
Max Peak [N/cm ²]	7,45	7,02	2,6	32,6	7	8,01	2,6	41,4
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,25	0,72	0,4	3,3	1,1	0,82	0,6	4,3
Contact area [cm ²]	10,5	1,59	6,8	12,0	9,95	1,43	7,1	13,1
% Contact [%]	82,5	5,9	61	87	80,5	4,7	67	86
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

IV. metatarz (M4)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	8,77	3,35	5,16	15,35	7,97	1,95	4,73	10,98
End time [%]	94,26	1,94	91,05	97,89	94,96	2,28	89,65	97,08
MaxP [N.cm ⁻²]	103	7,57	5,7	27,2	16,5	6,52	7,9	26,6
Time MaxP [%]	69,39	11,18	35,74	76,35	70,57	5,45	62,66	83,37
Max Peak [N/cm ²]	23,2	18,18	13,9	65	37,1	14,54	23,2	69,7
Impuls [N.s.cm ⁻²]	3,1	2,63	1,3	10,3	3,7	1,94	2,5	8,9
Contact area [cm ²]	8,2	0,7	7,1	9,4	8,2	0,77	7	10
% Contact [%]	81	3,48	72	85	81	3,09	77	86
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,03	0,09	0,02	0,36	0,03	0,09	0,02	0,38

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

IV. metatarz (M4) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	8,99	4,27	4,04	20,76	8,60	3,34	3,60	15,28
End time [%]	91,67	3,01	82,44	94,70	90,59	3,87	80,84	95,96
MaxP [N.cm ⁻²]	1,9	1,48	0,7	5,2	1,3	1,98	1	7
Time MaxP [%]	69,57	7,64	52,62	80,77	66,83	8,26	44,01	74,74
Max Peak [N/cm ²]	4,6	3,37	2,1	12,3	3,55	5,24	0,6	19,4
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,6	0,4	0,2	1,4	0,5	0,5	0,2	2
Contact area [cm ²]	10,5	4,67	1,5	14,2	9,8	4,49	1,5	13,5
% Contact [%]	80,5	4,87	69	85	78,5	5,57	68	86
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	<0,01	0	0,02	0,01	0,01	0	0,03

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 34. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast V. metatarzu

V. metatarz (M5)	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	10,02	11,45	3,85	47,52	9,09	9,7	4,77	47,84
End time [%]	87,42	3,64	80,62	97,78	88	2,21	82,86	91,14
MaxP [N.cm ⁻²]	1,55	2,34	0,3	7,7	1,45	1,98	0,3	7,1
Time MaxP [%]	66,25	12,88	30,93	80,95	70,15	10,65	33,24	79,76
Max Peak [N/cm ²]	5,3	10,33	0,6	35,2	6,2	8,1	1	30,8
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,4	0,93	0,1	3,2	0,4	0,733	0,1	2,8
Contact area [cm ²]	11,2	2,54	7,1	18	10,9	2,43	6,8	17,2
% Contact [%]	76	12,9	35	83	76	9,6	40	82
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,015	0	0,06	0,01	0,009	0	0,03

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

V. metatarz (M5)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	11,15	12,18	7,84	53,36	10,81	12,27	4,82	57,4
End time [%]	91,1	2,81	84,88	94,37	87,84	3,88	80,09	96,27
MaxP [N.cm ⁻²]	1,85	0,97	0,4	5	1,45	1,77	0,4	8,1
Time MaxP [%]	76,92	10,61	35,94	82,22	69,18	10,91	36,96	78,45
Max Peak [N/cm ²]	6,6	3,28	1,1	14,1	4,85	7,93	0,9	37,8
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,5	0,336	0,1	1,5	0,45	0,572	0	2,7
Contact area [cm ²]	12,2	2,86	6,4	17,6	10,9	2,85	5,2	18,4
% Contact [%]	77	12,9	37	83	73,5	12	33	83
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,006	0	0,02	0,01	0,009	0	0,04

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

V. metatarz (M5)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	9,42	2,87	4,47	14,3	7,87	2,04	5,21	11,23
End time [%]	88,49	6	73,08	91,91	85,42	5,03	74,93	92,89
MaxP [N.cm ⁻²]	6,5	2,435	2,6	11,3	9,4	4,183	4,4	16,6
Time MaxP [%]	64,31	15,45	28,76	75,28	62,64	17,44	26,97	81,89
Max Peak [N/cm ²]	23,2	13,854	9,3	60,4	41,8	17,25	9,3	55,7
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,5	0,734	0,6	3	2,5	0,949	1,2	4
Contact area [cm ²]	10,9	2,02	6,8	13,5	9,8	0,92	9	11,6
% Contact [%]	76	5,801	65	82	76	3,986	73	83
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,02	0,03	0,02	0,12	0,04	0,024	0	0,1

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

V. metatarz (M5) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	9,85	5,65	3,71	27,71	10,46	5,51	5,32	25,32
End time [%]	85,83	6,90	65,01	89,15	83,13	7,22	64,34	92
MaxP [N.cm ⁻²]	1	0,84	0,5	3,6	0,65	0,94	0,4	3,1
Time MaxP [%]	65,57	11,07	40,53	76,46	55,46	12,5	33,03	70,47
Max Peak [N/cm ²]	3,5	1,8	0,9	7	2,35	4,37	0,4	14,1
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,3	0,25	0,1	1	0,2	0,2	0,1	0,8
Contact area [cm ²]	12,55	6,2	1,5	17,6	8,65	3,98	1,5	11,2
% Contact [%]	72,5	7,57	52	80	69,5	13,53	35	79
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,04	0,01	0,01	0	0,02

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 35. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro oblast středonoží

Středonoží (MF) VS	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	8,11	10,19	1,63	49,65	8,04	5,14	2,17	18,63
End time [%]	68,44	12,06	49,76	100,74	70,74	8,92	42,82	81,26
MaxP [N.cm ⁻²]	1,1	1,77	0	5,5	1,1	2,14	0,2	6,7
Time MaxP [%]	37,3	15,27	0	66,67	43,59	11,77	25,52	62,81
Max Peak [N/cm ²]	4,85	6,78	0	26,4	5,3	8,98	0,4	32,6
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,3	0,556	0	1,7	0,25	0,748	0	2,9
Contact area [cm ²]	27,6	12,14	4,5	71,2	26,6	12,36	4,1	70,9
% Contact [%]	58,5	17	20	97	59	12,1	26	76
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,026	0	0,11	0,015	0,024	0	0,11

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Středonoží (MF)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	7,76	4,95	3,51	20,11	7,88	5,09	3,57	21,14
End time [%]	77,17	9,38	47,72	86	74,34	8,52	44,96	81,75
MaxP [N.cm ⁻²]	1,4	1,57	0,2	7,6	1	1,25	0,2	5,8
Time MaxP [%]	52,94	15,51	21,87	71,3	39,96	11,55	21,54	66,12
Max Peak [N/cm ²]	4,4	5,77	0,7	28,2	3,5	4,52	0,9	22
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,4	0,595	0	2,7	0,35	0,438	0	2
Contact area [cm ²]	29,6	11,41	13,5	69,8	29,45	12,42	6	70,9
% Contact [%]	69	14,8	26	80	60,5	13,9	20	73
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,014	0	0,05	0,01	0,019	0	0,07

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Středonoží (MF)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	8,02	3,93	0	13,8	6,54	6,54	0	20,7
End time [%]	68,05	8,94	44,79	79,34	70,14	12,54	39,06	78,96
MaxP [N.cm ⁻²]	4,3	2,29	0,4	7,9	3,2	2,46	0,8	8,2
Time MaxP [%]	37,48	10,53	16,16	49,28	45,05	12,5	18,37	60,27
Max Peak [N/cm ²]	18,6	8,22	4,6	32,5	9,3	7,67	4,6	27,9
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,7	0,85	0,1	2,7	0,8	0,92	0,1	3,2
Contact area [cm ²]	28,1	5,38	18	34,9	26,6	6,04	18,4	37,1
% Contact [%]	60	10,84	34	74	63	14,46	23	71
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,05	0,02	0,01	0,09	0,03	0,02	0,01	0,07

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Středonoží (MF) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	8,47	1,66	5,27	11,73	9,15	5,24	5,88	26,88
End time [%]	63,3	6,74	58,13	80,52	63,17	10,08	47,86	82,68
MaxP [N.cm ⁻²]	0,5	0,54	0	2	0,55	0,58	0	1,8
Time MaxP [%]	32,59	11,44	18,89	59,8	35,76	11,25	16,86	56,3
Max Peak [N/cm ²]	1,85	2,53	0	7,9	2,3	2,7	0	8,8
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,1	0,14	0	0,5	0,15	0,16	0	0,6
Contact area [cm ²]	21,95	13,41	2	41	23,2	13,64	2	37
% Contact [%]	51,5	14,85	38	98	49	17,27	23	97
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,01	0,01	0	0,05	0,01	0,01	0	0,04

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 36. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro mediální část paty

Mediální část paty (HM)	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	6,66	7,33	0	20,05	5,54	6,39	0	20,64
End time [%]	61,05	9,19	40,78	81,1	66,36	7,56	41,31	72,26
MaxP [N.cm ⁻²]	4,9	3,44	0,5	12,3	5,55	4,79	0,7	17,4
Time MaxP [%]	22,35	6,71	8,19	41,24	22,87	5,93	8,13	32,08
Max Peak [N/cm ²]	14,1	14,76	1,7	66,9	14,1	19,88	3,2	83,6
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,55	0,99	0,1	3,4	1,65	1,28	0,1	4,6
Contact area [cm ²]	17,8	2,51	13,9	23,2	18,8	2,67	13,1	22,5
% Contact [%]	59,5	9,4	37	79	64	7,8	36	71
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,12	0,20	0,03	0,83	0,12	0,14	0,02	0,83

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Mediální část paty (HM)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	0	0,04	0	0,18	0	0,09	0	0,31
End time [%]	71,93	10,15	48,6	81,5	67,11	7,19	47	76,58
MaxP [N.cm ⁻²]	3,85	2,45	1	11,6	3,8	2,86	0,8	11,8
Time MaxP [%]	24,47	7,46	6,15	38,7	21,63	6,31	8,09	30,04
Max Peak [N/cm ²]	9,7	7,42	4,2	37	10,15	6,77	3,7	35,2
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,3	0,88	0,2	4,2	1,3	0,67	0,2	3,3
Contact area [cm ²]	17,2	2,11	14,6	22,5	18,2	2,39	13,1	21,4
% Contact [%]	68,5	10,2	46	79	64	7,2	43	72
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,07	0,08	0	0,24	0,07	0,18	0,01	0,64

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Mediální část paty (HM)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	16,5	6,09	9,16	30,92	19,09	7,14	5,78	35,44
End time [%]	62,46	7,43	43,41	71,43	61,79	9,24	42,77	67,69
MaxP [N.cm ⁻²]	15,8	4,82	10,1	27,3	14,7	4,02	9	23
Time MaxP [%]	22,66	6,19	6,5	32,38	20,59	5,92	7,41	27,16
Max Peak [N/cm ²]	55,7	16,95	33	88	46,5	11,4	27,9	65
Impuls [N.s.cm ⁻²]	4,1	1,36	2,2	6,5	3,4	1,07	1,7	4,8
Contact area [cm ²]	19,5	1,01	18	21	18,8	1,53	18	22,5
% Contact [%]	60	7,12	42	70	60	9,19	41	66
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,57	0,44	0,15	1,55	0,65	0,73	0,1	2,53

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Mediální část paty (HM) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	0	0,09	0	0,32	0	0,02	0	0,07
End time [%]	60	7,83	47,84	70,39	57,38	8,39	39,5	67,4
MaxP [N.cm ⁻²]	2	1,57	1,2	6,7	2,35	1,57	1,2	6,7
Time MaxP [%]	21,98	5,94	6,88	30,64	22,3	4,05	15,4	31,5
Max Peak [N/cm ²]	6,55	5,85	0,8	19,4	6,65	6,38	2	21
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,5	0,41	0,3	1,6	0,5	0,45	0,2	1,5
Contact area [cm ²]	16,7	8,04	1,5	23,6	17,6	8,55	1,5	24
% Contact [%]	55,5	7,4	36	67	56	8,8	41	69
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,06	0,2	0,01	0,82	0,07	0,12	0,01	0,4

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Tabulka 37. Hodnoty měřených parametrů a jejich porovnání pro laterální část paty

Laterální část paty (HL)	před OP				před NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	9,19	11,57	0	39,3	9,13	11,09	0	34,19
End time [%]	59,25	9,54	40,72	80,34	63,67	8,09	39,53	73,48
MaxP [N.cm ⁻²]	3,85	3,05	0,9	9,8	4,95	3,08	0,7	11,5
Time MaxP [%]	22,85	6,06	8,11	37,92	22,55	7,29	5,04	30,11
Max Peak [N/cm ²]	12,3	13,65	3	59,8	13,65	14,1	2,6	48,4
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,05	0,892	0,2	3,3	1,25	0,874	0,2	3,3
Contact area [cm ²]	17,8	2,5	12	22,9	18,4	2,49	14,2	22,5
% Contact [%]	58	9,9	37	79	62	8,3	35	71
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,12	0,222	0,01	0,95	0,115	0,1	0	0,39

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Laterální část paty (HL)	3 měsíce OP				3 měsíce NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	0	0	0	0	0	0,07	0	0,3
End time [%]	71,75	11,18	45,89	82,14	66,62	7,71	45,29	77,31
MaxP [N.cm ⁻²]	3,65	2,42	0,8	12,4	3	2,99	0,8	12,3
Time MaxP [%]	25,79	8,04	6,24	36,38	22,93	7,08	7,61	34,99
Max Peak [N/cm ²]	9,7	7,14	4,4	36,1	9,7	7,9	3	38,7
Impuls [N.s.cm ⁻²]	1,25	0,995	0,2	5	1,05	0,809	0,2	3,4
Contact area [cm ²]	18	2,54	13,5	22,1	18,2	2,68	12	22,5
% Contact [%]	68	11,1	44	81	63,5	7,6	42	72
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,05	0,081	0	0,27	0,08	0,22	0,01	0,77

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Laterální část paty (HL)	1 rok OP				1 rok NEOP			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	19,26	11,41	10,95	52,15	17,6	9,41	8,94	43,99
End time [%]	62,31	15,3	42,12	103,1	59,41	16,35	41,83	103,8
MaxP [N.cm ⁻²]	13,7	4,59	7,8	23,7	12	2,423	8,5	15,5
Time MaxP [%]	21,12	21,65	8,71	90,41	21,09	23,2	8,14	92,98
Max Peak [N/cm ²]	51,1	15,51	27,9	74,3	41,8	11,06	27,9	65
Impuls [N.s.cm ⁻²]	3,9	1,19	1,5	5,4	2,9	0,847	1,7	3,9
Contact area [cm ²]	20,2	2,08	16,5	22,5	19,9	2,27	15,8	22,5
% Contact [%]	59	7,8	41	71	58	9,3	41	67
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,49	0,45	0,2	1,8	0,44	0,27	0,16	0,89

Legenda: OP - operovaná dolní končetina; NEOP - neoperovaná dolní končetina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum

Laterální část paty (HL) KS	nepreferovaná				preferovaná			
	median	SD	min	max	median	SD	min	max
Start time [%]	0	0	0	0	0	0	0	0
End time [%]	57,02	7,44	46,97	69,52	55,49	7,9	39	67,13
MaxP [N.cm ⁻²]	2,2	1,21	1,1	4,5	2,4	1,41	1,3	4,8
Time MaxP [%]	21,03	7,68	7,24	28,53	22,11	6,69	8,99	31,51
Max Peak [N/cm ²]	5,5	4,35	1,9	15	5	6,31	1,3	17,6
Impuls [N.s.cm ⁻²]	0,5	0,3	0,3	1,1	0,4	0,41	0,2	1,3
Contact area [cm ²]	16,1	7,4	2	21	15,6	7,61	1,5	20,6
% Contact [%]	53,5	6,89	36	66	53	8,85	39	69
Load rate [N/(cm ² .s)]	0,08	0,07	0,02	0,29	0,07	0,06	0,02	0,22

Legenda: KS - kontrolní skupina; SD - směrodatná odchylka; min - minimum; max - maximum