

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

ZATÍŽENÍ DOMINANTNÍ A NEDOMINANTNÍ KONČETINY PŘI CHŮZI U SKUPINY
ŽEN 50 + S ROZDÍLNÝMI HODNOTAMI BMI

Diplomová práce
(magisterská)

Autor: Bc. Lenka Němcová

Fyzioterapie navazující

Vedoucí práce: Mgr. Zuzana Kováčiková, Ph.D.

Olomouc 2014

Jméno a příjmení autora: Bc. Lenka Němcová

Název diplomové práce: Zatížení dominantní a nedominantní končetiny při chůzi u skupiny žen 50 + s rozdílnými hodnotami BMI

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí: Mgr. Zuzana Kováčiková, Ph.D.

Rok obhajoby: 2016

Abstrakt v ČJ: Cílem diplomové práce bylo analyzovat změny zatížení chodidla dominantní a nedominantní končetiny při chůzi u zdravých žen starších 50 let v oblastech pod prsty, předonoží, středonoží a zadonoží. Soubor probandů tvořilo 60 vybraných žen rozdělených do skupiny s normální vahou, s nadváhou a s obezitou. K analýze časových a tlakových parametrů v jednotlivých částech chodidla jsme použili systém Footscan® (RSScan International, Olen, Belgie). Výsledky ukázaly vliv vzrůstající hmotnosti testovaných žen na míru zatížení nohy. U všech hodnocených parametrů ve čtyřech oblastech nohy jsme zaznamenali zvýšení, popř. hodnoty shodné u skupiny s nadváhou a s obezitou oproti skupině s normální vahou. V důsledku vyšších hodnot BMI u žen jsme zaznamenali zejména výrazné zvýšené hodnoty celkového zatížení a maximálního tlaku v oblasti pod prsty, předonoží a středonoží dominantní i nedominantní končetiny u skupiny s obezitou. Také byl zaznamenán velký vliv nadváhy na maximální tlaky v oblasti předonoží u nedominantní končetiny.

Klíčová slova: noha, chůze, dominance dolních končetin, obezita, plantární tlaky, Footscan®

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author`s first name and surname: Bc. Lenka Němcová

Title of master thesis: Loading of dominant and non-dominant leg during gait in a group of women of 50 + with various BMI values

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: Mgr. Zuzana Kováčiková, Ph.D.

The year of presentation: 2016

Abstract: The thesis aims to analyse changes in the loading of foot of both dominant and non-dominant legs during gait in healthy women of 50 years of age and older. The focus is put on the area under the toes, forefoot, midfoot and hindfoot. The sample consisted of 60 selected women divided into three groups: with normal weight, with overweight, with obesity. To analyse time and pressure parameters of the individual parts of the foot we employed the Footscan® system (RSScan International, Olen, Belgium). The results showed the impact of increasing weight on the level of foot-loading. In comparison to the normal weight group, we observed increased or equal values of all evaluated parameters in four areas of the leg in groups with overweight, and with obesity. As a consequence to increased BMI values, we recorded significantly increased values in overall loading and maximal pressure in the area under the toes, forefoot and midfoot of both dominant and non-dominant leg in the group with obesity. Overweight was shown to have great impact also on maximal pressure in the forefoot area of a non-dominant leg.

Key words: leg, gait, dominance of lower limbs, obesity, plantar pressure, Footscan®

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

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

V Olomouci dne

.....

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí práce Mgr. Zuzaně Kováčkové, Ph.D. za cenné rady, připomínky a trpělivost při vedení a zpracování této diplomové práce. Děkuji také Mgr. Zdeňku Svobodovi Ph.D. a Mgr. Markétě Procházkové za odborné konzultace a pomoc při zpracování dat a výsledků k praktické části práce.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	SYNTÉZA POZNATKŮ	8
2.1	Noha	8
2.2	Chůze.....	12
2.2.1	Analýza chůze	13
2.2.2	Diagnostika chůze	14
2.3	Dominance dolních končetin.....	16
2.4	Distribuce plantárního tlaku	18
2.5	Faktory ovlivňující zatížení nohy	20
2.5.1	Obezita	20
2.5.2	Stárnutí	23
3	CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	25
3.1	Hlavní cíl	25
3.2	Výzkumné otázky	25
4	METODIKA.....	27
4.1	Charakteristika souboru	27
4.2	Organizace výzkumu	28
4.3	Metody měření.....	28
4.3.1	Antropometrická měření	28
4.3.2	Testování funkční dominance	28
4.3.3	Přístrojové měření pomocí plošiny Footscan®	29
4.4	Statistické zpracování výsledků	30
5	VÝSLEDKY	32
5.1	Výsledky k výzkumné otázce V1	32
5.2	Výsledky k výzkumné otázce V2	33
5.3	Výsledky k výzkumné otázce V3	34
5.4	Výsledky k výzkumné otázce V4	34
5.5	Výsledky k výzkumné otázce V5	35
5.6	Výsledky k výzkumné otázce V6.....	36
5.7	Výsledky k výzkumné otázce V7	37
5.8	Výsledky k výzkumné otázce V8	38
5.9	Výsledky dle jednotlivých parametrů.....	39

5.9.1	% Contact	39
5.9.2	Impulse	39
5.9.3	MaxP	40
5.9.4	tMax	41
6	DISKUZE.....	48
7	ZÁVĚR.....	53
8	SOUHRN	54
9	SUMMARY	55
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	56
11	PŘÍLOHY.....	63

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

WHO – Světová zdravotnická organizace

MTT – metatarz

CNS – centrální nervový systém

COP – působení reakční síly

BMI – index tělesné hmotnosti

WHR index – poměr pas/boky

% Contact – trvání fáze opory v dané oblasti

MaxP – maximální okamžité zatížení v dané oblasti

Impuls – celkové zatížení v dané oblasti

tMax – okamžik maximálního zatížení v dané oblasti

DK – dolní končetina

DKK – dolní končetiny

1 ÚVOD

V současné době představuje nadváha a obezita závažný zdravotní problém celé populace. Obezita je dle Světové zdravotnické organizace (WHO) považována za civilizační onemocnění. Dle průzkumu agentury STEM/MARK z roku 2013 je incidence obezity u žen v České republice okolo 19 % a nadváhy dokonce 27 %. V porovnání s ostatními evropskými zeměmi jsou tato čísla významně vyšší. Zvýšená hmotnost jedince se nejčastěji projevuje muskuloskeletárními problémy, které vznikají v důsledku dlouhodobého přetěžování pohybového aparátu. Nepřiměřená mechanická zátěž působící na nosné klouby způsobuje vznik artrózy, zejména v kloubech kyčelních, kolenních a hlezenních. Některé studie poukazují na nadměrnou hmotnost jako na faktor přispívající ke zvýšení hodnot maximálních plantárních tlaků zejména v oblasti předonoží, a tím mohou vést ke vzniku různých deformit nohy. Předpokládá se, že zvýšením tělesné hmotnosti svaly a vazy nejsou schopny udržet klenbu, a proto dochází k její deformaci a ke změně biomechanických funkcí nohy. Tyto faktory vedou ke zvětšení kontaktních ploch nohy a ke vzniku jejího rozdílného zatížení. Rostoucí množství vědeckých studií také poukazuje na obezitu jako na příčinu patologií nohy, zejména zlomenin a pooperačních komplikací, včetně vzniku diabetické nohy. Zvýšení plantárních tlaků v důsledku obezity může způsobovat vznik vředů na dolních končetinách. Na druhou stranu je stále málo informací o vlivu zvýšené hmotnosti jedince na rozložení plantárních tlaků, zejména u starších žen. Cílem této práce proto bylo posoudit rozložení plantárních tlaků u skupin žen s normální váhou, s nadváhou a s obezitou.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 Noha

Anatomické struktury nohy v proximodistálním směru se dle linií transversotarzální a tarzometatarzálního kloubu mohou rozdělit na 3 části. První oddíl tvoří kost patní a hlezenní, a bývá označován jako zánoží. Druhý oddíl, tzv. středonoží vytváří kost krychlová, loďkovitá a tři klínovité kosti. Poslední oddíl složený z kostí nártních a článků prstců bývá nazýván jako předonoží. Oblast nohy můžeme rozdělit i na paralelní paprsky (mediální a laterální). Mediální je tvořen hlezenní, loďkovitou kostí, kostmi klínovitými, I. až III. metatarzem (MTT) s příslušnými prstci. Laterální paprsek vytváří kost patní, krychlová, IV. a V. MTT a 4. a 5. prstec (Dylevský, 2009; Neumann, 2002).

Postavení nohy se během vývoje měnilo. Během evoluce došlo na základě vývojové pronace ke změnám postavení jednotlivých kostí nohy, jak tomu známe dnes. Nedokončením pronačního pohybu v proximální části nohy došlo k postavení kosti hlezenní na kosti patní. V distální části nohy byla pronace dokončena, proto mediální a laterální paprsek leží vedle sebe (Valmassy, 1995). Zmíněné poznatky nám objasňují, proč se během zatížení kost hlezenní a patní rozdílně pohybují. Mezi kostí hlezenní a patní je tzv. subtalární kloub, který ovlivňuje pohyby v transversotarzálním skloubení. Funkce kloubu hlezenního a subtalárního se vzájemně doplňuje, a proto lze pohyb v zánoží provést ve třech rovinách. Pohyb v subtalárním kloubu umožňuje především supinaci a pronaci. Plantární a dorzální flexi zajišťuje hlezenní kloub, který je spojený s pohybem do abdukce a addukce nohy (Vařeka & Vařeková, 2009). V souvislosti s pronovaným typem nohy a obezitou je dnes spojována chronická bolest paty. Nejčastěji jsou postiženi starší dospělí mezi 40 – 60 lety, a to zejména ženy. Projevuje se bolestí pod mediální částí paty zejména ráno, při iniciaci jejího zatížení (Irving et al., 2007).

Noha, resp. nohy hrají pro člověka důležitou úlohu pro udržování posturální stability při stožení a chůzi na obou dolních končetinách. V dynamických podmínkách, zejména při chůzi či běhu, musí být tzv. tuhou pákou, kterou zajišťuje klínovitý princip stavby kostí. Během narůstající zátěže se kosti do sebe mohutněji zaklíňují a vytváří mobilní konstrukci, která se přizpůsobuje nerovnému povrchu a vytváří efektivní páku k pohonu těla dopředu (Hennig, 2002; Toppischová & Šnoplová, 2008; Wright et al., 2012).

V oblasti chodidla je noha místem kontaktu těla s podložkou. Nachází se zde mnoho smyslových receptorů, vnímajících polohu a pohyby jednotlivých částí lidského těla. Chodidlo

je na dotek díky velkému množství nervových zakončení extrémně citlivé. Tyto smyslové receptory se nazývají proprioceptory, které řadíme k hlubokým systémům těla, uložené zejména ve svalech, kloubech a šlachách. Na chodidle rozeznáváme čtyři typy mechanoreceptorů. Při povrchu se nacházejí Merkelovy buňky a Meissnerova tělíska. Obě informují CNS (centrální nervový systém) o tlakových podnětech. V hlubších vrstvách kůže uložené Ruffiniho tělíska informující o podnětech tepelných, Paciniho tělíska podávají informace CNS o tlaku na plošku (Véle, 2006). Dle Králíčka (2002) jsou v plantární kůži dva typy nervových zakončení reagující na mechanické podráždění bolestí. Každé reaguje za jiných podmínek. První z nich, označovaný jako výška prahu mechanorecepce, kdy jsou impulzy vedeny A - delta vlákny informující o bolestí na vyšších tlakových úrovních působících na zdravé tkáň. Druhé jako tzv. polymodální nociceptory vyvolávající silnou bolest i při podráždění nižší intenzitou, pouze v případě započaté aktivace zánětlivého procesu nebo reálných poškození buněk. Při každém kroku pocítíme tlakové impulzy, ale ty jsou tak nízké intenzity, že nepocítíme bolest. Jakmile je překročen nocicepční výškový práh, dochází k bolestivému vnímání, spuštěnému kulminací nahromaděného napětí. Nepříjemný bolestivý pocit vychází z polymodálních nociceptorů. Důsledkem je kulhání nebo zastavování jedince při chůzi. Snížená kvalita propriocepční funkce je spojena se sníženou funkční schopností a rizikem pádů u starších jedinců. Propriocepce do značné míry přispívá k posturální kontrole. S věkem přirozeně dochází k involuci veškerých systémů těla a také zhoršení propriocepce. Nicméně dlouhodobá a pravidelná fyzická aktivita zlepšuje zachovalé sensorické funkce organismu (Klenerman & Wood, 2006).

V distální části je noha zakončena tzv. prstci (označení pro prsty na dolních končetinách). Správná konstituce prstců umožňuje efektivní funkci dalších segmentů nohy. Při chůzi vlastní silnou přilnavostí drží na podložce a ulevují od zvýšené zátěže, která působí na hlavičky zánártních kostí (Puszczatowska – Lizis, 2011).

Rozdělení nohy z pohledu antropologického lze posuzovat dle délky prstů. „Polynéská“ noha není příliš početná. Je charakteristická stejnou délkou prvních třech prstů. U evropské populace ji rozpoznáme u zhruba 9 % populace. „Egyptská“ noha, jež získala označení dle tvůrců egyptských soch, je charakteristická nejdelším palcem a ostatními prsty schodkovitě snižujícími se směrem k malíku. Často dochází právě k deformaci palce vznikem valgózního či rigididního postavení (Dungl, 1989). „Řecká“ noha se v Evropě objevuje po egyptské noze jako druhá nejčastější. Udávaný výskyt je u 8 – 22 % populace. Typický je pro ni prominující druhý prst, poté palec a nakonec třetí prst. Mnohdy se označuje také jako Mortonova noha, kde mezi II. a III. prstem často vyrůstá meziprstní řasa. Ta pokud srůstá, vzniká částečná

syndaktylie. „Řecká noha trpí otlaky v oblasti po stranách I. MTT, pod II. MTT a V. MTT (příloha - Tabulka č. 1) (Vařeka & Vařeková, 2003).

Z pohledu klasické typologie, vycházejícího z konceptu nožní klenby lze nohu označit jako plochou, normální či vysokou. Klasická typologie je v porovnání s funkčním dělením poněkud „zaostalejší“, ale stále je téměř jediným používaným dělením u nás. V zahraničí je tento koncept již desítky let překonán. Musíme podotknout významný rozdíl mezi podélně plochou a příčně plochou nohou. Snížení příčné klenby se totiž běžně objevuje i u vysoké nohy v prvotních stádiích. V těžších stádiích podélně ploché nohy je zřetelná valgozita paty (Vařeka & Vařeková, 2005). Výška mediální podélné klenby bývá spojována s nadváhou a obezitou. Snížená či úplně vymizelá podélná klenba v dospělosti je patologickým stavem. V dětském věku nikoliv, z důvodu zvýšené laxicity fixačních struktur. Nízká mediální podélná klenba od dětství do dospělosti je udržována mnoha faktory. Významně však k tomu přispívá zvýšená hmotnost jedince. Studie Riddiford – Harland et al. (2000) a Dowling et al. (2001) dokazují vztah mezi zvýšenou hmotností a nižší mediální podélnou klenbou u dětí. Studie Villarroya et al. (2008) prováděná na dětech ukazuje, že zvýšení tělesné hmotnosti souvisí se snížením mediální podélné klenby. V epidemiologických studiích zranění nohy je hlavním měřítkem výška podélné klenby. Při porovnávání jedinců s vysokým a nízkým obloukem, mají jedinci s nízkou klenbou vyšší počet zlomenin metatarzů, ale nižší výskyt zlomenin dlouhých kostí. Noha s nízkou klenbou je flexibilnější, dokáže lépe tlumit nárazy na nohu. Naopak noha s vysokým klenutím je tužší, proto přenos sil do vyšších segmentů těla je znatelný (Klenerman & Wood, 2006). Poruchy funkce nohy se mohou projevit vznikem deformit. Při fixaci těchto poruch mohou negativně působit kompenzačními mechanismy na vyšších úrovních těla (kolenní, kyčelní klouby a páteř). Jedná se zejména o jejich přetěžování (Maršálková & Jelen, 2007). V poslední době bývá častěji pokles mediální podélné klenby spojován s přítomností zvyšující se hmotnosti jedince. Autoři Villarroya et al. (2009) se věnovali zkoumání jedinců obou pohlaví ve skupinách s nadváhou a obezitou porovnávano u se skupinou jedinců s normální vahou. Nicméně možnost, že by strukturální dysfunkce např. v důsledku nadměrného zatěžování měla vliv na zhroucení mediální podélné klenby a zvýšení kontaktní plochy nohy, nebyla prokázána. Avšak autoři Mickle et al. (2006) zjistili u předškolních dětí s nadváhou a s obezitou, nižší výšku mediální podélné klenby ve srovnání s dětmi s normální vahou. S největší pravděpodobností k tomu dochází v důsledku zvýšené tělesné hmotnosti. Wearing et al. (2004) analyzoval vliv tělesného složení na výšku podélné klenby u dospělých a došli k závěru, že u jedinců s nižší mediální podélnou klenbou byl prokázán vyšší obsah tukové tkáně v těle.

Klasický tripodní model nohy byl překonán až Mertonem L. Rottem v 50. – 60. letech, který nohu viděl jako dynamický komplex. Pro jeho dělení je nutno pochopit existenci dvou paprsků tvořících nohu – proximomediálního a distolaterálního. Funkční typologie nohy spočívá v hodnocení předonoží vůči zánoží a zánoží vzhledem k vertikále při zatížení a odlehčení nohy. Nejčastěji se objevuje varózní zánoží. Příčinou je intrauterinní derotace kalkaneu a nedokončený přechod tibie z 15° infantilní varozity do 5° valgozity, genua vara, Blountova nemoc nebo jejich kombinace. Jedná se tak o kostní deformitu. Kalkaneus je postaven v inverzi/supinaci a pata ve varozitě. Dochází k vytáčení špiček od sebe. Tato odchylka od normy může být kompenzovaná či dekompenzovaná (Magee, 1992). Jiný případ vady je strukturální postižení předonoží do varozity, jejíž příčinou je nejspíš nedostatečná pronace krčku talu během nitrobřišního vývoje plodu nebo kostěné abnormality mediotarzálního kloubu. V případě, že je subtalární kloub pasivně v neutrále a mediotarzální kloub je uzamčen (při zatížení) dochází k inverzi/supinaci předonoží vůči zánoží. Důsledkem zmíněných dějů je přetížení mediálního okraje nohy s otlaky pod hlavičkou prvního metatarzu, provázené plantární fascitidou, ostruhami a entezopatií až rupturou mediálního okraje Achillovy šlachy. Vznikají exostózy v oblasti pátého metatarzu, valgózní halluxy, addukčně – supinační postavení V. prstce nebo až únavové zlomeniny metatarzů. Naopak flexibilní deformitou triplantární je supinované předonoží s „reverzibilní kontrakturou“ měkkých tkání. Při snížení nadměrných deformačních sil může vymizet. Vzniká jako důsledek zvýšené pronace/everze kalkaneu, kompenzované supinací/inverzí okolo dlouhé osy mediotarzálního kloubu. Tito lidé často vtáčejí špičky zevně při chůzi. Nečastější vada předonoží v rovině frontální je valgozita předonoží (Michaud, 1997; Dungal, 1989). Vzniká při hyperpronaci krčku talu, popř. jako důsledek vrozené anomálie kalkaneokuboidního kloubu, popř. nekompensované varozity zánoží. Klinicky se rozlišuje rigidní a flexibilní. Dle Michauda (1997) mívá varózní předonoží horší destruktivní důsledky než varózní zánoží či valgózní předonoží. Podobný klinický nález varózními předonoží má i stav supinovaného předonoží, zejména při odlehčení nohy. Zásadní rozdíl je však v příčině. Supinované předonoží vzniká v důsledku kompenzace deformity nohy nebo proximálních segmentů dolní končetiny (DK). Jedná se o flexibilní triplantární deformitu spojenou s reverzibilní kontrakturou měkkých struktur. Mezi výrazné projevy deformity patří při chůzi zevní rotace špiček (Vařeka & Vařeková, 2009). Vrozenou či získanou deformitou bývá obraz plantárně flektovaného prvního paprsku. Vypadá tak, že při pasivním držení subtalárního kloubu v neutrále a uzamčení transverzotarzálního kloubu se současným tlakem do plantární flexe na V. metatarz, je I. metatarz v odlehčení stále více plantárně než ostatní metatarzy. Mezi symptomy provázející

danou odchylku patří slabost m. gastrocnemius, m. tibialis anterior a vlastních svalů nohy a hypertonus m. peroneus longus. Klinicky rozlišujeme formu rigidní, flexibilní a semiflexibilní (Michaud, 1997). Pes equinus je deformita v sagitální rovině. Příčiny vzniku mohou být jak kostní, tak svalové (zejména zkrácení). Často dochází ke zkrácení svalů v důsledku spastické obrny (dětská mozková obrna, cévní mozková příhoda). Jestliže je subtalární kloub pasivně v neutrálním postavení a transverzotarzální kloub je uzamčen pasivní pronací předonoží, bývá volnost dorzální flexe v hlezenním kloubu menší než 10° (Dungl, 1989; Kubát, 1982).

2.2 Chůze

Chůze je cyklický pohyb dolních končetin, střídající se souhyby horní končetin a trupu. Základní jednotkou lidské chůze je dvojkrok, ve kterém 85 % váhy těla spočívá pouze na jedné DK. Základem lidské lokomoce je bipedální chůze po dvou dolních končetinách (Dvořák, 2007). Vařeka & Vařeková (2009) rozlišují fázi zahajovací, cyklickou a ukončovací. Chaloupka et al. (2001), DeLisa & Gans (1993), Gage (1991) a Perry (1992) dělí chůzi na fázi opěrnou a švihovou. Dle Chaloupky et al. (2001) fáze opěrná začíná dotekem paty (z angl. initial contact), na kterou navazuje přenos zatížení na klouby nohy (z angl. tzv. loading response). Střední částí opěrné fáze je střední stoj (z angl. middle stand) a finálně nastupuje konečná stojná fáze. Na iniciaci odrazu se připravuje jedinec předšvihovou fází (z angl. preswing). Fáze švihová má pouze tři části. Jednak fázi zrychlení (z angl. inicial swing) nutnou pro odlepení nohy od podložky, dále střední švihovou fází (z angl. middle swing) a nakonec konečnou švihovou fází (z angl. terminal swing). Iniciací opěrné fáze při kontaktu paty s podložkou se excentricky brzdí flexe v kolenní. Běrec rotuje vnitřně společně s pronací patní kosti a odemčením transversotarzálního skloubení. Na brzdění dopadu se také podílí plantární flexe hlezna. Kolenní kloub ve střední opěrné fázi se extenduje, bércec rotuje zevně a dochází k supinaci kosti patní s uzamčením transverzotarzálního a kalkaneo - kuboidního kloubu. Plantární aponeuróza se supinací kosti patní napíná kladkovým mechanismem s extenzí I. metatarzofalangeálního kloubu. Noha je tak dostatečně pevná, chráněna před poškozením a schopna odrazu (Vařeka & Vařeková, 2009). Dělení krokového cyklu (Příloha - Obrázek č. 1).

Během chůze dochází k přenosu zatížení nohy na zem. Až ze 2/3 celkové hmotnosti je zatížená oblast paty a zbývající 1/3 předonoží (Dungl, 2005). Dle Perryho (1992) lze kinetiku chůze přirovnat v oblasti hlezna a nohy v sagitále k tzv. modelu tří zhoupnutí („rockers“), umožňující co nejplynulejší pohyb s minimální energetickou náročností. Úvodní zhoupnutí

probíhá při dopadu paty na podložku přes kolébkou zadního okraje patní kosti. Druhé zhoupnutí na něj navazuje v období střední opory, při níž je noha v zatížení a bérec se pohybuje vpřed. Třetí zhoupnutí probíhá přes hlavičky metatarzů.

Noha se musí při chůzi v závislosti na změně zatížení přizpůsobovat podmínkám mezi dopadem paty na podložku a odlepením palce. Tato reakce je odpovědí na změnu polohy těžiště lidského těla při bipedální lokomoci. V období dopadu paty na podložku a fázi střední opory se těžiště přesouvá z oblasti paty do střední metatarzální oblasti. Zde zůstává 50 % stojné fáze před zatížením přesouvajícím k palci. Nejdélší čas kontaktu s podložkou zaujímá oblast předonoží, zhruba 80–85 % celkové doby fáze stoje. Později palec a hlavičky 1. a 2. metatarzu přebírají většinu zatížení předonoží. Ve stojné fázi krokového cyklu je zatížení palce až dvojnásobné v porovnání s ostatními prsty (Dhukaram et al., 2006).

Pohyb těla může být zahájen pouze působením síly. Dle zákona akce a reakce je jasné, že dvě tělesa působí na sebe vzájemně stejně velkými silami, ale opačně orientovanými. Lokomoce člověka je charakteristická svou bipedalitou. Bipedální lokomoce je možná jednak díky síle svalů (momenty sil svalů DKK) – tzn. vnitřní síly a působením vnějších sil (reakční síly podložky, setrvačnost a tíhová síla, popř. tření). Reakční síla podložky však není stejná na celé plošce nohy, ale je soustředěna hlavně do oblasti pod patou a metatarzofalageálních kloubů. Hlavní práci však vykonávají svaly dolních končetin, které však samy o sobě nejsou schopny lokomoční aktivity, ale spíše nastavují polohu segmentů. Vnější síly zajišťují pohyb celku v prostoru (Kirtley, 2006). Reakční síla podložky má dle Perry & Burnfield (2010) na klouby v oporné fázi rotační účinek. Vzniká moment síly, jehož směr je dán polohou daného kloubu k vektoru reakční síly.

2.2.1 Analýza chůze

Analýza chůze má v biomechanice nezastupitelné místo. Spolu s dalšími vědeckými metodami umožňuje vyhodnocovat výsledky pohybové aktivity. Šíře metod pro analýzu pohybu je velice rozmanitá. Volba metody závisí na daném cíli analýzy v čase, kvalitě přístrojů apod. (Janura, Vařeka, Lehnert & Svoboda et al., 2012). V biomechanice lze základní metody pro analýzu chůze rozdělit na dynamické a kinetické. V kinetických analýzách jsou hodnoceny kinematické parametry jako dráha, úhel a rychlost, kvantifikující polohu daných segmentů a jejich změny. V případě dynamického měření se hodnotí síla a účinek síly. Mezi dynamické metody řadíme dynamografii, dynamometrii a pedobarografii. Dynamografie určuje závislost síly v čase při pohybu, dynamometrie měří maximální sílu. K tomuto měření se využívají silové

plošiny, které při kontaktu s povrchem plošiny měří velikost reakční síly. V dalším textu se budeme věnovat dynamickým metodám, z důvodu posuzování změn zatížení.

2.2.2 Diagnostika chůze

Dynamická plantografie je měřicí metoda, která určuje rozložení tlaků pod ploškou nohy a jejich změn v čase při stoji nebo chůzi. Markantně se využívá v lékařství k hodnocení chůze u daných diagnóz. Různé pokusy zachytit míru zatížení pod jednotlivými oblastmi nohy byly již v 19. století. Tehdy se používala ke zhodnocení např. vizualizace sytosti inkoustového otisku nebo se prováděly otisky nohy do sádry. Předpokládalo se, že hlouběji otisknuté oblasti nesou větší míru zatížení. Nyní se stále využívá, ale spíše k výrobě individuálních vložek. K diagnostice plantárních se také tlaků využíván podoskop, zavedený v roce 1901 Seitzem. Jedná se o skleněnou desku, na kterou se jedinec postaví a pod níž je umístěno šikmé zrcadlo. Změny barvy kůže při ischemii zatížením umožní odhadnout rozložení tlaků. Za dynamických podmínek jako je chůze, plantografie měří distribuci tlaku pod ploškou a sleduje změny trajektorie COP (působíště reakční síly) na jednotlivých oblastech nohy. Silové plošiny určují sílu a její komponenty (vertikální, předozadní, laterolaterální) dále dráhu a trajektorii COP (Janura, Vařeka, Lehnert, Svoboda et al., 2012). Příkladem zařízení je systém belgické firmy *Footscan®* RSScan International a další systémy využívány v České republice jsou *Emed®* a *Baropodometer* (Anonymous, 2011).

Měřicí systém *Footscan®* (RSScan International) tvoří vlastní snímací/měřicí zařízení, propojovací 3D box, počítač a software (Anonymous, 2011). Základním měřicím zařízením je tlaková plošina ve formě „koberce“, která je konstruována z několika vrstev. Obvyklý rozměr plošiny je cca délka 50 cm a šířka 40 cm. Složením plošin může vzniknout měřicí plocha o délce jeden až dva metry. Vlastní měřicí prvek systému je kapacitní nebo odporový tlakový senzor. U systému *Footscan®* je využíván odporový senzor s plochou 5 x 7 mm. Odporové senzory tvoří dva ploché kruhové vodiče, mezi kterými je vrstva vodivého uhlíkového prachu nebo inkoustu, a při zatížení dochází k jejich propojení. Odpor vodičů klesá v důsledku zvyšování tlaku na plošinu. Dané vodiče jsou velmi tenké a při opakovaném používání klesá jejich citlivost a snižuje se tak spolehlivost měření. Hustota senzoru je až 4/cm² a rozsah měření je mezi 0,27 – 127 N.cm⁻². Významná vlastnost měření je snímkovací frekvence, nastavitelná dle typu měření. Přístroj *Footscan®* lze snímkovat frekvenci až 500 Hz. Pro zachování přesnosti měření je nutná opakovaná kalibrace. Začátek měření je spuštěn jednat dosažením předem zvoleného tlaku na plošinu, popř. aktivací ovládacího tlačítka nebo signálem z měřicího

zařízení. Dynamická plantografie umožňuje analyzovat jednotlivé tlaky ze senzorů. Přímě měřitelný parametr je tlak ($\text{N}\cdot\text{cm}^{-2}$, kPa) (Anonymous, 2001; Janura, Vařeka, Lehnert, Svoboda et al., 2012). Při zpracování dat je nutné využívat doporučený software. Chodidlo, které je automaticky rozděleno, je nutno manuálně upravit. K tomuto kroku se využívá funkce zone division, která chodidlo rozdělí na deset oblastí. Ve výsledku vznikají grafy a tabulky ukazující rozložení tlaků pod ploskou a další parametry z nich odvozené např. COP. Měřená data jsou ve formě databázi ukládána pro následné hodnocení a srovnávání s jinými měřenými daty. Je možné je kopírovat či exportovat do různých formátů (např. xls.) (Anonymous, 2011; Janura, Vařeka, Lehnert, Svoboda et al., 2012).

Reakční sílu při chůzi je možné analyzovat na dynamometrických plošinách. Ty bývají zakomponovány do chodníků pro pravou a levou dolní končetinu. V každém rohu podložky jsou zabudovány senzory pro měření vertikální a horizontální komponenty reakční síly. Při zpracování s pomocí sofistikovaného softwaru je možné popsat vektory reakční síly devíti veličinami. Působíště vektoru (COP) dle souřadnic x , y , z , tři složky vektoru F_x , F_y , F_z a taky momenty sil M_x , M_y , M_z . Při měření je zásadní dotek nohy celou její plochou. Pokud tomu tak není, je nutné měření opakovat (Perry, 1992; Robertson et al., 2004). Tlakové plošiny jsou hojně využívány v lékařství a biomechanice k objektivní analýze chůze pro různé účely měření. Např. byla použita ke zkoumání tvaru obuvi na zdraví nohou respondentů. Cílem studie bylo zjistit vliv tvaru obuvi na maxima plantárních tlaků, zejména v předonožní oblasti u zdravé ženské populace. Zvyšování tlaku v přední části chodidla bývá spojováno s rozvojem metatarzalgii, tvorbou mozolů a ulcerací pod metatarzálními hlavami. Analyzovaly se 3 různé typy sportovní obuvi dle tvaru špiček (kulatý, hranatý a špičatý). Účastnice šly vlastní rychlostí chůze po 10 m měřícím chodníku 4x po sobě ve 3 určených typech obuvi a finálně taky naboso. U daných žen se vyhodnocoval špičkový plantární tlak, doba pro dosažení maxima tlaků a celkový čas kontaktu nohy ve všech měřeních. Hodnoty týkající se maximálních plantárních tlaků v čase a čas kontaktu nohy s měřící deskou byl měřen na přístroji Footscan®, RSScan Olen, Belgie. Výsledky ukázaly, že nošení obuvi s kulatou špičkou vykazuje nejmenší tlak v oblasti mediální části prstů, zatímco obuv se špičatou špičkou vytvářela výrazný tlak na prsty z obou stran prstů. Podobně taky u obuvi s hranatou špičkou vyvíjí největší špičkový tlak nad 5. článkem prstů. Kontaktní časy se nemění v závislosti na typu obuvi. Studie ukazuje významné hledisko tvaru obuvi pro dopad na nohy s možným rozvojem patologií, zejména v přední části chodidla. S ohledem na výsledky této studie pro minimalizaci špičkového plantárního tlaku a času kontaktu se doporučuje obuv konstruována kulatého tvaru v oblasti 1. metatarzofalangového kloubu a prvního prstu a zase špičatého tvaru u 5. interfalangového

kloubu (Branthwaite et al., 2013). Ledoux et al. (2013) se zabýval studiem tlakových gradientů po dobu cca 2 a půl let u pacientů s Diabetes mellitus na zařízení Footscan®, RSScan Olen, Belgie. Častou komplikací u pacientů s diabetem je plantární ulcerace. Etiologie diabetické ulcerace je multifaktoriální, ale zvýšený tlak v určité oblasti nohy hraje důležitou roli pro její vznik. Nejčastěji neuropatická poranění a vředy vznikají v předonoži chodidla, kde studie ukázaly nejvyšší plantární tlaky.

2.3 Dominance dolních končetin

V literatuře často nacházíme termíny dominance, lateralita a preference. Bohužel ne vždy jsou správně interpretovány. Autoři Drnková & Syllabová (1983), Peters (1988) a Měkota (1984) uvádějí termín preference, zatímco Previc (1991) a Gabbard & Hart (1996) uvádějí pojem dominance. Dle některých autorů (např. Kříšťánová, 1998; Zelinková, 2009) je preference a lateralita končetin vyjádřením přednostního užívání jedné z nich. Lateralita je termín vyjadřující pojmy dominance a preference končetin, a je jim nadřazen (Drnková & Syllabová, 1983). Pojem dominantní/preferovaná končetina je ta, která zajišťuje fyzický pohyb, naopak nedominantní/nepreferovaná končetina vykonává stabilizační funkci. Preferovaná či nepreferovaná končetina jsou termíny používány k vysvětlení provádění jednostranných úkonů, dominantní a nedominantní při provádění oboustranných. Dle Gabbarda a Harta (1996) je dominance končetin výsledkem funkčně rozdílného fungování hemisfér. U dolních končetin je jedna z nich funkčně silnější a druhá obratnější a přesnější. Diferencujeme proto nohu odrazovou (síla) a švihovou (obratnost). Dominanci určujeme podle obratnější, tedy švihové nohy (Drnková & Syllabová, 1983). Dle Měkoty (1984) je preferovaná ta dolní končetina, kterou upřednostňujeme při koordinačně náročnějších aktivitách v bipedálních činnostech. Nepreferovaná provádí činnost pomocnou. Previc (1991) vysvětluje dominanci dolních končetin tak, že nemáme čistě jednu dominantní končetinu, tzn. jednu posturální a druhou provádějící volní pohyb. Dle Previkovy neurodevelopmentální teorie je však zajímavým poznatkem fakt, že extenze levé dolní končetiny fungující jako podpora těla, která je nutná ke každému fyzickému pohybu pravé dolní končetiny. Závěrem z dané teorie vyplývá, že dominantní dolní končetina je u většiny lidí na levé straně.

Dle Drnkové a Syllabové (1983) se vrozený typ lateralit vznikající na podkladě mozkových hemisfér označuje jako genotyp. Opakem genotypu je fenotyp. Tyto dva typy lateralit jsou buď ve shodě nebo neshodě, v důsledku např. cíleného přeučování. Dle Vařeky (2001) je preference zjišťována pomocí dotazníků, cílených testů či pozorováním při volní

aktivitě. Běžně se k testování využívají činnosti uváděné Drnkovou & Syllabovou (1991) např. kop do míče (dominantní končetina je ta, která kope) (Sovák, 1962; Zháněl & Vaverka, 1990; Ruisel, 1973; Zverev & Mipando, 2007; Oberleck, 1989), zvedání nohy co nejvýše vzhůru ze sedu, výstup na stoličku (dominantní noha jde vzhůru) (Měkota, 1984), nastupování na kolo (dominantní je končetina jdoucí přes sedačku), posunování kostky po čáře na zemi (Sovák, 1962, Zháněl & Vaverka (1990)). V české literatuře navíc lze najít ještě i další testy využívané k testování a to jednak skok vysoký (Kučera, 1962; Měkota, 1984; Thompson et al., 2001) skok daleký (Kučera, 1962; Měkota, 1984), chůzi do schodů/ze schodů, tapping test či test sklouznutí (Měkota, 1984; Kučera, 1962). Zahraníční autoři při testování využívají také ústní a praktické zkoušky. Pro testování se využívá otázka, kterou nohou by kopli do míče nebo také kterou nohu by si vybrali pro skákání na jedné z nich. Klasický používaný test je chůze z klidové pozice a sestup z 30 cm schodu. Noha použita nejvíce krát k vykročení ve čtyřech opakováních jako první, bývá označena za dominantní (Maulder, 2013). Další testy pro stanovení jsou step up test, balance recovery test, ball kick test, popř. self report. Při provádění step up testu vyšetřovaný vystupuje na schodek a vyšetřující určuje, kterou nohou vystupuje na schodek jako první, nejčastěji z daných pokusů (Chrysagis et al., 2013). Balance recovery test je prováděn ve stoji, kdy je vyšetřovaný vyveden z rovnovážné polohy a sleduje se reakce dolních končetin, která úkrokem reaguje na daný stimul (Owings et al. 2000). Self report je cílené dotazování vyšetřovaného, kterou nohou by např. kopl do míče (Coren, 2008). Volba testu a jejich počet může ovlivnit výsledky laterality. Jeden test nemůže stačit k určení přesného stupně laterality. Jde pouze o informativní chování laterality testovaného při tělesné aktivitě (Čelíkovský et al., 1979). Dle Vaverky & Zháněla (1990) je kopnutí do míče pro testování laterality dolních končetin nejprůkaznější. Člověk pokládá preferovanou dolní končetinu na schodek jako první, při klouzání bývá noha vepředu a je organismem přednostně použita při stresových situacích. Nepreferovaná dolní končetina je silnější a používá se tak k odrazu. Obecně lze dominanci končetin vidět i v různé délce kroků. Nákrok preferovanou končetinou bývá delší z toho důvodu, že se odráží končetina nepreferovaná (silnější) (Měkota, 1984). Podle Čelíkovského et al. (1979) lze říct, že jedinec, u kterého není patrná dominance (je schopen obě dolní končetiny požívat stejně obratně) je laterálně nevyhraněný. Hellebrandt (1997) tuto schopnost označuje jako laterální vyrovnanost (ambilateralitu, ambidextri).

2.4 Distribuce plantárního tlaku

Noha dokáže tlumit nárazy, ale tím je vystavena obrovské zátěži. Akrum dolní končetiny zmírňuje tlakové síly působící z těla na plošku stlačením klenby (odpružením). Následně je využita odrazová funkce nohy. Veškeré tlumící funkce musí noha zvládat na rovném, tvrdém, ale i na nerovném povrchu v přírodě (Watkins, 1999). Síla působící na opěrné body nohy, by měla být rozdělena rovnoměrně. Rovnoměrné rozdělení síly je zárukou pro relativně bezpečné zatížení nohy. Tlak na plošce v oblasti hlaviček metatarzů se pohybuje v rozmezí 5 – 15 N/m² a pod kostí patní mezi 11 – 40 N/m². Na noze bosé je zatížení paty menší, než je zatížení pat při chůzi v obuvi (Chaloupka et al., 2001). Frankel & Nordin (2001) udávají jako ideální rozložení váhy těla při statickém postavení polovinou hmotnosti do oblasti pat a zbylou polovinou rozloženou mezi jednotlivé hlavičky metatarzů. Váhou těla při přenosu zatížení dochází k oploštění předního oblouku příčné klenby. Dochází ke kontaktu hlaviček metatarzů s podložkou. Hlavička prvního metatarsu bývá zatížena dvojnásobně. Dle Dungla et al. (2005) se fyziologicky hlavičky metatarzů účastní rovnoměrného přenosu zatížení, ale de facto přiznává, že první paprsek nese největší podíl celkového zatížení. Perry (1992) uvádí největší míru zatížení v oblasti pod druhou a třetí metatarzální hlavou a nejmenší pod patou. Zatížení prstců se výrazně liší. Palec je zatížen 30 – 55 %, laterální část středonoží je zatíženo asi 10 % celkové hmotnosti těla (Příloha - Obrázek č. 2). U žen a mužů s obezitou v porovnání s jedinci s normální hmotností byly zjištěny významné rozdíly v plantárních tlacích při stoji i chůzi a rozdíly v šířce nohy (Hill et al., 2001). V rámci středonoží mají obézní ženy 7,7 krát a muži 3,1 krát vyšší tlak než u kontrolní skupiny. V této studii však nehodnotili samostatně muže a ženy, proto z výsledků nelze prokázat vliv míry nadváhy či obezity na plantární tlaky u žen. Birtane a Tuna (2004) uvádějí ve své studii významně vyšší hodnoty špičkových plantárních tlaků u obézních v oblasti středonoží. Hills et al. (2001) uvádí zvýšené hodnoty plantárních tlaků u obézních ve všech částech nohy. Monteiro et al. (2010) také uvádí výrazné změny v distribuci plantárních tlaků u žen po menopauze u skupin s různou hmotností. Zvýšení tlaků zejména pod středonožní části nohy je dle studie Henning & Milani (1993) u osob s nadváhou z důvodu přizpůsobení nadměrné hmotnosti jedince. Nadměrné zatěžování v důsledku obezity způsobuje strukturální dysfunkce nohy, a tím dochází ke zhroucení podélné klenby a vede ke zvýšení styčných ploch nohy s podložkou (Nyska, 1997; Riddiford – Harland et al., 2000). Na Univerzitě v Malborku provedli výzkum, kterého se zúčastnilo 205 dětí v rozmezí 7 - 9 let a 17 - 19 let. Cílem bylo ukázat abnormality v distribuci tlakových sil. Analýza provedených zkoušek ukazuje nejvyšší hodnoty zatížení v oblasti pat. Přetížená oblast může časem dát

podnět ke vzniku dysfunkcí nohy v podobě hallux valgus, kladívkovité prstce, patní ostruha a dalších. Průměrná hodnota tlakové síly působící na kost patní převyšovala víc než dvakrát hodnotu nejzatíženější části nártu. Naopak přetížení předonoží se může transformovat do příčné ploché nohy. Snižuje správnou funkci a podporuje vznik dalších strukturálních změn (Kawa et al., 2010). Studie Vela et al. (1998) hodnotící účinek zvýšené tělesné hmotnosti na vrcholy plantárních tlaků u dospělých dokázala signifikantně negativní vliv ve všech oblastech nohy. Je známo, že obezita je častou predispozicí vzniku diabetu, zejména 2. typu. Diabetici jsou ohroženi vznikem diabetické nohy s tvorbou vředů, vznikajících v souvislosti se zvýšením plantárních tlaků. Ovlivněním obezity lze potenciálně ovlivnit riziko zvýšených plantárních tlaků, a tím i vznik diabetické nohy. U dospělých jedinců s obezitou není dostatek podobných studií, proto uvádíme i studie prováděné u dětské populace. Dowlingova et al. (2004) studie testovala zatížení dětské nohy s ohledem na vliv obezity na maxima plantárních tlaků a při statickém a dynamickém zatížení. Studii se účastnilo 10 dětí s obezitou a 10 dětí s normální hmotností měřených na tlakové plošině Emed®. Na základě hodnot věku, výšky a váhy byl vypočten Body mass index (BMI) testovaných. Ve výsledku bylo zjištěno, že u obézních dětí ve statické pozici je výrazně vyšší síla a maxima tlaků v oblasti nohou než u neobézních. Při chůzi byly zjištěny vyšší síly ve všech částech nohy jedinců s obezitou, s výjimkou všech prstců. Maxima tlaků byly významně vyšší v oblasti hlaviček 2. – 5. metatarzu a oblasti středonoží. U obézních dětí častěji dochází k pocitu dyskomfortu nohy vytvářejících příčiny ke vzniku určitých patologií nohy, které vznikají jako důsledek zvýšeného zatížení v oblasti předonoží. U dětí s obezitou také ve většině výsledky ukázaly výrazně vyšší kontaktní plochy nohy s podložkou, v porovnání s jejich štíhlejšími vrstevníky. Tento ukazatel je v souladu s tím, že prepubertální děti mají nohy plošší a širší. Jednou z příčin může být důsledek přetrvávajícího tukového polštáře, který zde zůstává z důvodu zvýšené hmotnosti daného jedince. Tato adaptace vzniká z důvodu vyšších tlaků v oblasti nohy nebo zde přetrvává strukturální deformita dětské nohy, která svědčí o propadu podélné klenby. Birtane & Tuna (2004) zkoumali vliv obezity na plantární tlaky u dospělé populace při stoje a chůzi. Studie porovnávající 25 žen s obezitou a 25 žen s normální váhou ukázala, ve statickém pedobarografickém hodnocení výrazně vyšší hodnoty tlaků v přední části chodidla a celkově vyšší plantární tlaky i kontaktní plochy chodidla u žen s obezitou. Studie prokázala také pozitivní korelaci mezi zvyšujícím BMI s celkovým plantárním tlakem a plochou kontaktu s podložkou. Studie prováděná Jungem et al. (2011) zjišťovala vliv nadváhy a obezity na plantární tlaky u žen středního věku při chůzi přes překážky. 27 testových žen bylo rozděleno do kategorií dle BMI na skupinu s normální váhou, nadváhou, lehkou mírou obezity a střední mírou obezity. Výška překážek činila 10 a 20 cm.

Střední hodnota tlaku pro každou výšku překážky byla stanovena na základě třech pokusů. Výsledky ukázaly při chůzi po rovině zvýšené tlaky pod palcem a na patě ve skupině s nadváhou, lehkou a střední mírou obezity v porovnání se skupinou s normální váhou. Překážka o výšce 10 cm opět ukázala nadměrné tlaky v oblasti palce, prvního metatarsu a paty u lehké míry obezity v porovnání se skupinou s normální váhou a střední mírou obezity. Zajímavě nakonec vyšly výsledky u překážky ve výšce 20 cm, kde nebyly žádné významné rozdíly v plantárních tlacích. Současné výsledky ukazují, že při chůzi přes překážky vyšší než 10 cm u žen středního věku s nadměrnou hmotností těla, dochází ke zvýšení plantárních tlaků. Studie Vybíralové (2005) zabývající se vlivem obezity na velikosti plantárních tlaků u dětí a dospělých v průběhu redukčního kurzu ukázala, že existuje pouze slabá závislost mezi úbytkem hmotnosti a maximálními tlaky. Maximální tlaky byly měřeny v šesti oblastech nohy. Přetěžování kostních struktur nohy u dětí s vyššími hodnotami BMI má však významný vliv na vznik deformit nohy. Mickle et al. (2010) se ve své studii zabývali plantárními tlaky v souvislosti s bolestí nohou a riziky pádů u starších dospělých. Účastníci byli rozděleni do 2 skupin, na základě výskytu pádů v průběhu testování (ano či ne) po dobu 12 měsíců. Již dřívější studie ukázaly, že bolest nohou při chůzi je spojena s vysokými plantárními tlaky. Výsledky významně ukázaly vyšší výskyt bolesti a vyšší plantární tlaky u osob, u kterých byly zaznamenány pády než u druhé testované skupiny. Z výsledků studie Nozabiel et al. (2014) vyplývá, že pacienti s diabetem trpí častěji nadváhou a obezitou, což přispívá k oploštění klenby nožní. Ve studii také bylo zjištěno zvýšení plantárního tlaku v oblasti předonoží u diabetika s neuropatií. Výsledky ukazují přímou souvislost zvyšujících plantárních tlaků dle stupně neuropatie.

2.5 Faktory ovlivňující zatížení nohy

2.5.1 Obezita

Obezita je chronické onemocnění, které je charakteristické zvýšeným obsahem tuku v těle, přispívající ke vzniku závažných onemocnění. Za fyziologických podmínek je v těle ženy zhruba 25 – 30 % tělesného tuku (Kasalický, 2011). Při nadváze a obezitě dochází ke zmožení tukové tkáně nejen v podkoží, ale i viscerální oblasti. Tukové buňky se ukládají ve formě triglyceridů do jater, slinivky břišní a svalové buňky (Svačina et al., 2010).

Česká republika se v incidenci obezity „vypracovala“ na přední pozice v Evropě. Dle průzkumu agentury STEM/MARK v roce 2013 trpí 19 % českých žen obezitou a téměř 27 % žen má nadváhu. Pokud tyto čísla sečteme, dostávají se nám alarmující hodnoty. Od roku

2005, vzrostl počet nemocných v průměru o 5 %. V evropském měřítku je v naší republice vyšší výskyt nadváhy i obezity v porovnání s evropským průměrem. Mnohem horší situace je však ve východní Evropě, kde obezitou trpí až 40 % žen.

Průzkumy ukázaly, že vzdělané ženy dosahují nižších hodnot BMI, a také je u nich sledována dvojnásobná aktivita pro redukci hmotnosti v porovnání s muži. Ve věku nad 50 let trpí nadváhou či obezitou 3/4 populace. V každém roce života dospělý člověk přibere v průměru 1/4 kilogramu. Ukázalo se, že ženy, které pravidelně sportují, mají v průměru o 5 bodů nižší BMI.

Dle lokalizace ukládání tuku v těle rozlišujeme gynoidní typ obezity, vyskytující se častěji u žen a androidní, centrální typ obezity u mužů. V období menopauzy u žen dochází k redistribuci tukové tkáně blížící androidnímu typu, v důsledku poklesu hladiny estrogenů. Hainer at al. (2011) dle etiopatogeneze rozdělil obezitu na typ běžný a multifaktoriálně ovlivněný vyskytující se u 90 % pacientů. Obezita navozená léky má v dnešní době vzestupnou tendenci hlavně díky stále vyššímu předepisování léků, ovlivňující tělesnou hmotnost. Vzácnější typ obezity vzniká s důsledku endokrinních poruch. Monogenní obezita se objevuje již v dětství na podkladě mutace genu. Samozřejmě se vyskytují i pacienti, u nich není přesně známá příčina onemocnění, ale přisuzují se jí ostatní patogenní vlivy. Nakonec zde patří i různé syndromy provázené právě obezitou. Výskyt obezity s věkem vzrůstá až do věku cca 65 let, poté obvykle dochází k poklesu tělesné hmotnosti spojené se změnou distribuce tělesného tuku, ale současně s úbytkem aktivní tělesné hmoty, tzn. svalů.

Dle Kasalického (2011) lze úroveň obezity hodnotit tzv. BMI. Pro výpočet indexu lze využít následující vzorec:

$$\text{BMI} = \text{hmotnost (kg)} / \text{výška (m}^2\text{)}$$

Nadváha u dospělých jedinců (nad 18 let) je definována jako BMI 25 – 29,5 kg/m² a obezita BMI nad 30 kg/m² (Kasalický, 2011). Nadváhu i obezitu musíme řadit mezi globální chronické epidemické onemocnění. Dle WHO (2011) lze říct, že jeden z deseti dospělých lidí na celém světě je obézní. V roce 2008 se problém obezity týkal 500 mil. lidí, ale počty obézních dospělých neustále stoupají. Podrobnější klasifikace BMI dle WHO (2004) (Příloha – Tabulka č. 2).

BMI je nejběžněji využívaný ukazatel indexu tělesné hmotnosti, ale výpočet může ukázat zkreslené výsledky. V případě, že má měřená žena vysoké množství aktivní tělesné hmoty, může ukazovat falešně pozitivní výsledek. Při měření musí být zohledněno celkové složení těla. Proto je nutné využít i dalších metod měření. K orientačnímu hodnocení obsahu

tukové tkáně v těle se používá měření kožních řas na definovaných místech. Jednoduchou metodou je měření obvodu pasu. Měření se provádí v polovině vzdálenosti mezi spodním okrajem dolního žebra a crista iliaca v horizontální rovině. Zvýšené riziko u žen se udává při obvodu pasu 80 cm a velmi zvýšené riziko nad 88 cm, při jejichž naměření by měla být zahájena léčba obezity. Obvod přes boky měříme ve výši maximálního vyklenutí hýždí v horizontální rovině. Poměr pas/boky (tzv. WHR index = waist hip ratio) by u žen měl být v ideálním případě menší jak 0,85. K určení složení těla lze využít přístroje pro měření bioelektrické impedance, založené na principu stanovení odporu těla při průchodu proudu o nízké intenzitě a vysoké frekvenci na přístroji Tanita MC 980 od japonského výrobce Tanita nebo na přístroji In body 720 od americké firmy Biospace. K technicky náročným přístrojům řadíme počítačovou tomografii, ultrasonografii a duální rentgenovou absorpciometrii, pro hodnocení tělesného složení (stanovení podílu tukuprosté hmoty a tělesného tuku) (Kunešová, 2004; Hlúbik, 2005).

Nejčastěji obezita souvisí s muskuloskeletárními problémy, hyperurikémií, dnou, imobilizací, bolestmi bederní páteře, kolenních a kyčelních kloubů v důsledku artrotických změn apod. Příčina osteoartrotických změny nosných kloubů a bolestí páteře, zejména v oblasti beder je pravděpodobně spojená s přetížením. Etiologie osteoartózy není jednoznačně známa, kromě nadváhy a obezity se na jejím vzniku podílejí pohlaví (u žen je výskyt častější), předchozí zranění, nutriční faktory, genetika a v neposlední řadě věk (Trnavský, 2002).

Dle studie Bucheckera et al. (2012) nadváha a obezita jsou jedny z hlavních rizikových faktorů pro vznik artrózy zejména kolenních kloubů. Kyčelní klouby jsou také výrazně zatěžovány, přesto na rozdíl od kolenních kloubů mají anatomickou výhodu. Tvar kyčelního kloubu poskytuje vynikající stabilitu s nižšími nároky na její udržení. V kolenním kloubu je zapotřebí větších požadavků na adaptaci vnějších sil působících na kloub.

Noha, i když se jedná malou část kostry, nese značnou zátěž při stoji a chůzi člověka (Birtane & Tuna, 2004). Ve své studii se Pirozzi et al. (2014) zaměřili na posouzení vztahu mezi zvyšujícím BMI na plantární tlaky při chůzi. Sledovaným parametrem byl průměrný maximální plantární tlak v jednotlivých částech nohy s ohledem na BMI respondentů („normální váha“, „nadváha“, „obezita“ a „extrémní obezita“) a obuvi. Hmotnost jedinců při pokusu byla rozdělena rovnoměrně dopředu a dozadu použitím vojenského stylu „cestovní tašky“. Obecně bylo zjištěno, že dochází ke zvýšení průměrných hodnot plantárních tlaků, v každé anatomické části nohy u skupin s rostoucím BMI. Samozřejmě je nutné podotknout, že skupiny jedinců byly vytvořeny uměle a nebyly zachovány fyziologické podmínky nárůstu zatížení. I když hmotnost byla rozdělena rovnoměrně, proces vývoje obezity je přece jen pomalý a postupný. Změny na dolních končetinách neprobíhají skokově. Kolářová & Zvonař

(2014) zkoumali vliv těhotenských změn na kvalitu zatížení nohou. Výzkumu se účastnilo celkem 23 žen, z nichž 17 bylo měřeno i po redukci hmotnosti. Průměrný váhový přírůstek tvořil cca 13 kg. Měření bylo prováděno na plantografické desce poprvé v 15. týdnu těhotenství. U ženy, u které byl zjištěn přírůstek váhy vyšší než 5 kg byla z výzkumu vyřazena. Druhé měření bylo prováděno nejdříve měsíc před plánovaným porodem a třetí cca až rok a půl po porodu, v době kdy se vrátila na svou původní hmotnost. Výsledky měření ukázaly významné zvýšení plantárního tlaku v oblasti střední části nohy na levé noze o 24 % a pravé 16 %, navíc výrazné zvýšení maximálních tlaků pod hlavičkami prvního metatarzu v těhotenství o cca 10 % na levé noze a lehce nad 12 % na noze pravé. Hodnoty zůstaly zvýšené i po porodu na levé noze přibližně 9 % a na pravé noze o 10 %. Naměřené zvýšení tlaků pod druhými metatarzálními hlavami poporodně, skončily na levé noze o 5 % a na pravé 10 % nad původními hodnotami. Poslední změny zatížené byly zaznamenány pod palci, kde došlo ke zvýšení hodnot tlaku o 18 % na levé noze a o 27 % na pravé.

2.5.2 Stárnutí

Biologický proces stárnutí je charakteristický snížením vitality a zvýšením náchylnosti k různým chorobám. Probíhá u všech organismů, jen jeho průběh a rychlost nástupu je rozdílný. Stárnutí je významně podmíněno zevními faktory. Obecně v populaci procentuelně vzrůstá počet seniorů. Jako časná stáří označujeme věk od 65 do 75 let, střední stáří od 75 – 85 let a pozdní stáří věku nad 85 let (Chaloupka, 2003). Starší populace trpí při chůzi vyšším rizikem pádů a to bývá hlavní příčinou zranění těchto osob. Při chůzi je noha jediným místem kontaktu těla se zemí. Jakýkoliv faktor (bolest), který ovlivňuje normální funkci nohy může narušit stabilitu a rovnováhu a zvyšuje riziko pádu. Proces stárnutí je provázen zvýšením procenta tělesného tuku a výrazným úbytkem kosterního svalstva, a tím i svalové síly. Ve věku do 50 let se snižuje průřez svalem asi o 10 %, od 60 – 70 let o 15 % a nad 80 let až o 30 %. Dochází k degeneraci kloubních chrupavek provázeným tvorbou osteofytů spojené s omezením pohybové aktivity. U starších osob dochází k prořidnutí kostní hmoty (osteoporóze), jejíž příčinou je snížená denzita kostí, vedoucí k častějším vznikům zlomenin (Jančík, Závodná & Novotná, 2006).

Senioři mnohdy trpí plantárními bolestmi v přední části nohy. Studie účastníci se 37 starších osob s průměrným věkem 73,5 let testovala 5 typů nárních podpór na přístoji pedar® - X v-shoe systém na 8 m chodníku. Cílem studie bylo porovnat účinky několika typů podpurných vložek umístěných pod předonožní oblastí. Testování byli senioři jednak

v kontrolní obuvi bez vložky a zejména s podporou umístěnou 10 mm proximálně a 5 mm distálně od metatarzálních hlaviček. Další dvě oblasti s podporou byly v celé oblasti metatarzů a celého středonoží. Výsledky ukázaly významné snížení tlaků z přední části chodidla u všech pasivních podpor předonoží. Nejúčinnější pro snížení maximálního plantárního tlaku působila podpora 5 mm distálně od metatarzální hlavy (Lee et al., 2014).

3 CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem diplomové práce bylo analyzovat plantární tlaky dominantní a nedominantní končetiny při chůzi u žen ve věku nad 50 let rozdělených do skupin dle jejich hmotnosti.

3.2 Výzkumné otázky

V1 – Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti pod prsty?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

V2 – Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti pod prsty?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

V3 – Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti předonoží?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

V4 – Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti předonoží?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

V5 – Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti středonoží?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

V6 – Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti středonoží?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

V7 – Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti zadonoží?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

V8 – Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti zadonoží?

- a) s nadváhou a s normální váhou
- b) s obezitou a s normální váhou
- c) s nadváhou a s obezitou

4 METODIKA

4.1 Charakteristika souboru

Studie se zúčastnilo celkem 142 žen věku nad padesát let, ze kterých bylo náhodně vybráno 60. Ženy byly kategorizovány dle BMI. 17 žen tvořilo skupinu s obezitou ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$), 17 vybraných žen tvořilo skupinu s nadváhou ($BMI 25,0 - 29,9 \text{ kg/m}^2$) a poslední skupinu tvořilo 19 žen s normální váhou ($BMI 18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$). Stupně BMI byly kategorizovány dle mezinárodní klasifikace navržené WHO. Charakteristiky jednotlivých skupin uvádíme v Tabulce č. 1. Kritériem pro zařazení do studie byl výskyt nadváhy a obezity u žen. Ženy udávající v čase testování jakékoliv neurologické, ortopedické, revmatické, psychické onemocnění (kromě obezity) byly ze studie vyloučeny.

Tabulka č. 1. Charakteristika souboru

	Normální váha (n = 19)	Nadváha (n = 17)	Obezita (n = 17)
Věk (letech)	54,7 ± 3,9	55,9 ± 4,3	59,3 ± 4,1
Tělesná výška (cm)	163,4 ± 4,1	161,3 ± 5,9	164,1 ± 5,8
Tělesná hmotnost (kg)	59,4 ± 6,5	71,1 ± 5,7	97,1 ± 5,9
BMI (kg/m^2)	22,2 ± 2,0	27,3 ± 1,4	36,0 ± 5,4
Tuk (%)	26,7 ± 5,7	37,1 ± 4,1	45,2 ± 5,5

Vysvětlivky: n = počet probandů, BMI = body mass index

U jednotlivých parametrů je uveden aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

4.2 Organizace výzkumu

Výzkumné měření probíhalo v prostorách laboratoře Katedry přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury UP Olomouc ve dnech 22. 3. – 22. 4. 2013. Tato studie byla schválena výzkumnou etickou komisí. Testované ženy byly před začátkem seznámeny s průběhem a podmínkami studie a musely podepsat informovaný souhlas s využitím získaných dat pro další zpracování k vědeckým účelům.

4.3 Metody měření

4.3.1 Antropometrická měření

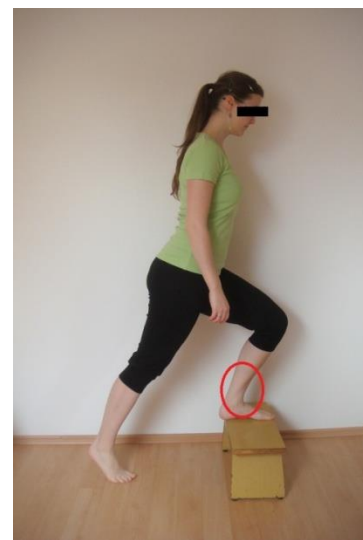
Každá testovaná žena prošla antropometrickým měřením tělesné hmotnosti a výšky. Na základě těchto měření, bylo vypočteno BMI v kg/m^2 .

4.3.2 Testování funkční dominance

Funkční dominance dolních končetin byla stanovena pomocí 3 testů, které probíhaly v průběhu celého času, které ženy trávily v laboratoři. Ženy byly testovány na základě testu kopnutí do míče (Obrázek č. 1), test výstupu na stoličku (Obrázek č. 2) a Balance recovery testu (Obrázek č. 3). U všech testů byly provedeny a zaznamenány tři pokusy. Dolní končetina, která byla v jednotlivých testech probandem nejčastěji použita, byla určena jako funkčně dominantní.



Obrázek č. 1. Test kopnutí do míče



Obrázek č. 2. Test výstupu na stoličku

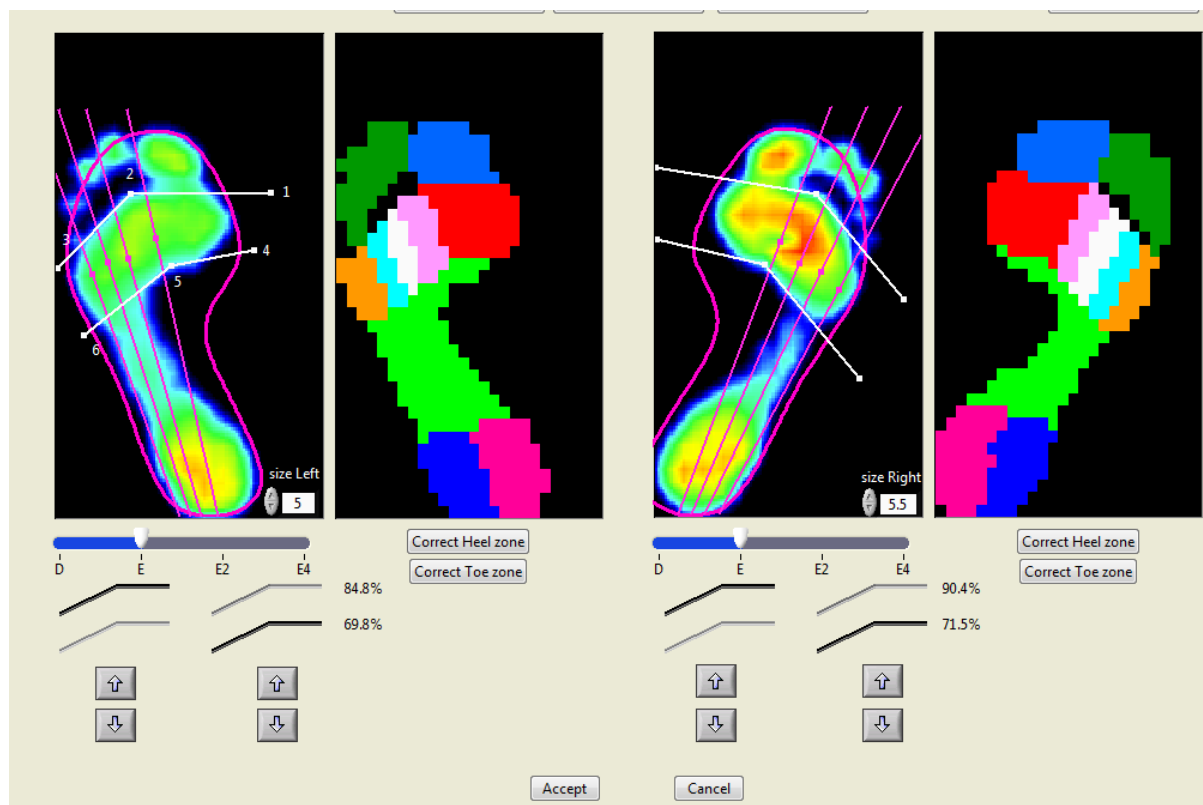


Obrázek č. 3. Balance recovery test

4.3.3 Přístrojové měření pomocí plošiny Footscan®

Pro měření zatížení nohy při chůzi byla použita plantografická plošina Footscan® (RSscan International, Olen, Belgium). Plošina Footscan dlouhá 2 metry s hustotou senzorů 2,6 senzoru na cm^2 byla zabudovaná do chodníku dlouhého cca 8 metrů ve stejné výšce. Pro měření a následné zpracování naměřených dat byl využit Footscan gait software (verze 7.97). Testované ženy byly vyzvány, aby se naboso prošly po měřicí plošině přirozeně a vlastní rychlostí. Měřicí deska byla vsazena do dřevěných desek, aby povrch a okraje neměly vliv na chůzový cyklus. V rámci měření bylo nasnímáno a zaznamenáno 6 platných pokusů. Každý proband na tlakové plošině absolvoval deset pokusů chůze přirozenou rychlostí. Všechny pokusy prováděly vyšetřované osoby naboso. Pomocí softwaru Footscan gait (verze 7.97) byl „otisk“ chodidla rozdělen do 10 anatomických oblastí: T1 (palec), T2-T5 (II. až V. prst), M1-M5 (I. až V. metatarz), MF (středonoží), HM (mediální část paty) a HL (laterální část paty).

Obrázek č. 4. Funkce Zone division



Vzorky byly dále manuálně upraveny pomocí funkce Zone division (Obrázek č. 4), kde bylo potřeba oddělit prsty od metatarzů, předonoží od středonoží a i jednotlivé paprsky prstů od sebe. U každého probanda v jednotlivých pokusech bylo vyhodnoceno rozložení tlaku pro dané části nohy. Tato data byla podkladem pro dopočítání procentuálního vyjádření doby zatížení v dané oblasti vzhledem k trvání fáze opory (% Contact [%]), maximálního okamžitého zatížení v dané oblasti (MaxP [N.cm⁻²]), celkového zatížení v dané oblasti (Impulse [N.s.cm⁻²]) a okamžiku maximálního zatížení v dané oblasti (tMax [%]). Výpočty byly provedeny pro dominantní a nedominantní končetinu a jejich výsledky byly poté zprůměrovány. Nakonec byla data exportována pomocí funkce pressure/force graphs, entire center of force, tempoval and spatial parametr a timing informations a ukládána do souboru Microsoft Office Excel 2007 (OS Windows).

4.4 Statistické zpracování výsledků

Získaná data byla statisticky zpracována pomocí programu Statistica (verze 8.0, StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). Naměřená data měla normální rozložení (Kolmogorov-Smirnov

test), proto byl použit parametrický test ANOVA. K porovnání rozdílů rozložení tlakových parametrů v jednotlivých oblastech na chodidle mezi skupinami byl použit Fischerův LSC test. Hladina statistické významnosti byla zvolena na $p = 0,05$. Věcná významnost byla hodnocena pomocí Cohenova d (malý efekt $d < 0,5$; střední efekt $0,5 \leq d < 0,8$; velký efekt $d \geq 0,8$).

5 VÝSLEDKY

Pro srovnání výsledků dílčích oblastí nohy byly použity průměrné hodnoty každého naměřeného parametru.

5.1 Výsledky k výzkumné otázce V1

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin jsou uvedeny v Tabulce č. 2., 3., 4., 5.

VI a) Jak se liší rozložení tlaků u dominantní končetiny v oblasti pod prsty u skupiny s nadváhou a skupiny s normální váhou?

Mezi skupinami nebyl zaznamenán statisticky ani věcně významný rozdíl v žádném z parametrů. Parametr MaxP byl naměřen o 6,4 % vyšší u skupiny s nadváhou. Rozdíl hodnot mezi skupinami byl minimální. V parametru % Contact byla hodnota vyšší o 1,7 % u skupiny s normální váhou. V parametru tMax byl rozdíl zaznamenán o 2,3 % vyšší u skupiny s nadváhou. V parametru Impulse vyšly mezi skupinami stejné výsledné hodnoty.

VI b) Jak se liší rozložení tlaků u dominantní končetiny v oblasti pod prsty u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Mezi skupinami byl zjištěn statisticky významný rozdíl v parametru Impulse (38,0 %), vyšší u skupiny s obezitou. Vyšel také velký vliv obezity na celkové zatížení v oblasti pod prsty. Naopak v ostatních parametrech statistický ani věcný rozdíl zaznamenán nebyl. V parametru % Contact byla zaznamenána hodnota vyšší u skupiny s obezitou o 1,6 %. Ve skupině s obezitou vyšla vyšší hodnota v parametru MaxP o 30,2 %. Na druhou stranu parametru v tMax byl zaznamenán rozdíl minimální (1,9 %).

VI c) Jak se liší rozložení tlaků u dominantní končetiny v oblasti pod prsty u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru MaxP a Impulse (25,4 % a 38,0 %), vyšší hodnoty naměřeny u skupiny s obezitou. Vyšel také velký vliv obezity

na celkové zatížení v oblasti pod prsty. Na druhou stranu v parametrech % Contact, tMax nebyl zaznamenán statisticky ani věcně významný rozdíl mezi skupinami. V parametrech tMax a % Contact byl zaznamenán pouze malý rozdíl (o 0,4 % nižší u skupiny obezita a naopak o 3,3 % vyšší u skupiny s obezitou).

5.2 Výsledky k výzkumné otázce V2

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin jsou uvedeny v Tabulce č. 2., 3., 4., 5.

V2 a) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti pod prsty u skupiny s normální váhou a skupiny s nadváhou?

Mezi skupinami nebyl zjištěn statisticky ani věcně významný rozdíl mezi skupinami ani v jednom z parametrů. U skupiny s nadváhou byl naměřen MaxP vyšší o 10,4 %. U parametru tMax byl nalezen pouze malý rozdíl (vyšší u skupiny s nadváhou o 2,6 %). Naopak u skupiny s nadváhou bylo zaznamenáno o 2,5 % nižší % Contact.

V2 b) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti pod prsty u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Mezi skupinami vyšel statistický významný rozdíl v parametru Impulse a MaxP (38,8 % a 35,7 %), vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Vyšel také velký vliv obezity na celkové zatížení a maximální tlak v oblasti pod prsty. Mezi skupinami byly jen minimální rozdíly v parametru % Contact a tMax (o 0,7 % vyšší u skupiny s normální váhou a o 1,7 % vyšší u skupiny s obezitou).

V2 c) Jak se liší rozložení tlaků u nedominantní končetiny v oblasti pod prsty u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Statisticky významný rozdíl mezi skupinami byl zaznamenán v parametru Impulse a MaxP (35,7 % a 25,0 %), vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Vyšel také velký vliv obezity na celkové zatížení a maximální tlak v oblasti pod prsty. V tMax byl zaznamenán vyšší vliv nadváhy o 0,9 %. V parametrech % Contact byl naměřen pouze nepatrně vyšší vliv obezity o 3,0 %.

5.3 Výsledky k výzkumné otázce V3

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin skupiny jsou uvedeny v Tabulce č. 2., 3., 4., 5.

V3 a) Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti pod oblastí předonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s normální váhou?

V parametru Impulse vyšel statisticky významný rozdíl 19,4 %, vyšší hodnota u skupiny s nadváhou. Vyšel také velký vliv nadváhy i v MaxP o 15,2 %. V parametru % Contact a tMax byly rozdíly mezi skupinami pouze minimální. % Contact o 1,2 % vyšší u skupiny s nadváhou a tMax o 0,3 % nižší u skupiny s nadváhou.

V3 b) Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti předonoží u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru Impulse a % Contact (37,2 % a 2,2 %), vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Věcně významný vliv obezity vyšel v maximálním tlaku v oblasti předonoží o 30,2 %. V tMax byly hodnoty nižší u skupiny s normální váhou o 0,3 %.

V3 c) Jak se liší rozložení tlaků u dominantní končetiny v oblasti předonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Statisticky významný rozdíl byl potvrzen v parametru Impulse a MaxP (27,9 % a 17,6 %), vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Zaznamenali jsme také velký vliv obezity na celkové zatížení a na maximální tlak v oblasti předonoží. V parametrech % Contact a tMax vyšel pouze malý rozdíl do 1 % vyšší u skupiny s obezitou.

5.4 Výsledky k výzkumné otázce V4

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin jsou uvedeny v Tabulce č. 2., 3., 4., 5.

V4 a) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti předonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s normální váhou?

Statisticky ani věcně významný rozdíl nebyl zaznamenán v žádném z uvedených parametrů. Přesto v parametru MaxP a % Contact byl zjištěn výrazný rozdíl mezi skupinami (68,9 % a 31,8 %), vyšší hodnoty u skupiny s nadváhou. V parametru Impulse a tMax byly naměřeny méně významné rozdíly (6,9 % a 0,3%), vyšší hodnoty naměřeny u skupiny s nadváhou.

V4 b) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti pod oblasti předonoží u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru MaxP a Impulse mezi (75,8 % a 32,5 %), vyšší hodnoty naměřeny u skupiny s obezitou. Byl zaznamenán velký vliv obezity na celkové zatížení v dané oblasti. Rozdíly v parametrech % Contact a tMax byly 19,2 %, a 1,4 %. U všech parametrů byly naměřeny vyšší hodnoty u skupiny s obezitou.

V4 c) Jak se liší rozložení tlaků u nedominantní končetiny v oblasti pod oblasti předonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Statisticky významné rozdíly byly zaznamenány v parametrech Impulse a MaxP (27,5 % a 22,0 %), vyšší hodnoty naměřeny u skupiny s obezitou. Vyšel také významný vliv nadváhy na celkové zatížení a maximální tlak v oblasti předonoží. Ve skupině s nadváhou byly naměřeny nižší hodnoty parametrů tMax a % Contact (1,7 % a 0,7 %).

5.5 Výsledky k výzkumné otázce V5

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin jsou uvedeny v Tabulce č. 2., 3., 4., 5.

V5 a) Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti středonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s normální váhou?

Statistické významné rozdíly byly potvrzeny v parametru % Contact, Impulse a MaxP (5,4 %, 22,2 % a 37,5 %). Hodnoty byly vyšší u skupiny s nadváhou. Naopak v parametru tMax byla hodnota o 12,3 % nižší u skupiny s nadváhou.

V5 b) Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti v oblasti středonoží u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Statistický významný rozdíl byl zaznamenán v parametru MaxP, Impulse a % Contact (66,1 %, 68,4 % a 7,5 %). Vyšší hodnoty byly naměřeny u skupiny s obezitou. Vyšel také velký vliv obezity na maximální tlak, celkové zatížení a dobu zatížení v oblasti středonoží. V parametru tMax vyšel rozdíl minimální (2,9 %), vyšší hodnota u skupiny s obezitou.

V5 c) Jak se liší rozložení tlaků u dominantní končetiny v oblasti středonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Statisticky významný rozdíl vyšel v parametru Impulse a MaxP (52,6 % a 39,4 %), vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Ve výše zmíněných parametrech byl zaznamenán i významný vliv obezity na distribuci tlaků v oblasti středonoží. U skupiny s obezitou došlo ke zvýšení tMax o 14,8 % a % Contact o 2,3 %.

5.6 Výsledky k výzkumné otázce V6

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin jsou uvedeny v Tabulce č. 2., 3., 4., 5.

V6 a) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti středonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s normální váhou?

Mezi skupinami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v žádném z parametrů. Přesto byl zaznamenán významný vliv obezity na distribuci plantárních tlaků v oblasti středonoží v parametru % Contact a Impulse (30,0 % a 30,5 %). V parametru tMax byly zaznamenány hodnoty o 9,9 % vyšší u skupiny s normální váhou a MaxP o 2,9 % vyšší u skupiny s nadváhou.

V6 b) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti středonoží u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru Impulse, MaxP a % Contact (63,2 %, 53,6 % a 9,1 %) vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Byl zaznamenán výrazný efekt

obezity na trvání fáze opory, celkové zatížení a maximální tlaky v oblasti středonoží. V parametru tMax byl rozdíl 6,8 %, vyšší hodnota u skupiny s obezitou.

V6 c) Jak se liší rozložení tlaků u nedominantní končetiny v oblasti středonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru % Contact, Impulse a MaxP (6,4 %, 47,4 % a 33,3 %) vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Byl zaznamenán výrazný vliv obezity na trvání fáze opory, celkové zatížení a maximální tlaky v oblasti středonoží. V parametru tMax byl rozdíl 16,0 %, vyšší hodnota u skupiny s obezitou.

5.7 Výsledky k výzkumné otázce V7

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin jsou uvedeny v Tabulce č. 3., 4., 5., 6.

V7 a) Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti zadonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s normální váhou?

Mezi skupinami nebyl v žádném ze sledovaných parametrů nalezen statisticky ani věcně významný rozdíl. Vyšší hodnoty v parametru tMax byly u skupiny s normální váhou o 17,0 %. V parametru % Contact a MaxP byly zaznamenány nižší hodnoty o 3,1 % a 8,6 % u skupiny s normální váhou. V parametru Impulse nebyl zaznamenán rozdíl hodnot.

V7 b) Jak se liší rozložení tlaků dominantní končetiny v oblasti zadonoží u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru MaxP a Impulse (17,1 % a 25,0 %), hodnoty vyšší u skupiny s obezitou. Velký vliv obezity byl zaznamenán v celkovém zatížení v oblasti zadonoží. V parametru % Contact byly hodnoty vyšší u skupiny s obezitou o 8,4%. V parametru tMax nebyl zaznamenán rozdíl hodnot.

V7 c) Jak se liší rozložení tlaků u dominantní končetiny v oblasti zadonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Mezi skupinami nebyl v žádném ze sledovaných parametrů nalezen statisticky ani věcně významný rozdíl. U všech parametrů byly naměřeny hodnoty vyšší u skupiny s obezitou. V parametru Impulse o 25,0 %, v tMax o 17,0 %, v MaxP o 9,3 % a u % Contact o 5,5 %.

5.8 Výsledky k výzkumné otázce V8

Základní statistické charakteristiky a hodnoty statistické a věcné významnosti při jednotlivých podmínkách stoje a skupin jsou uvedeny v Tabulce č. 2., 3., 4., 5.

V8 a) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti zadonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s normální váhou?

Mezi skupinami nebyl v žádném ze sledovaných parametrů nalezen statisticky významný rozdíl. Velký vliv nadváhy vyšel v okamžiku maximálního zatížení v oblasti zadonoží. Vyšší vliv nadváhy byl zaznamenán v MaxP o 10,1 %. V parametru % Contact a tMax byly hodnoty vyšší u skupiny s normální váhou o 3,6 % a 13,7 %. V parametru Impulse nebyl zaznamenán rozdíl hodnot.

V8 b) Jak se liší rozložení tlaků nedominantní končetiny v oblasti v oblasti zadonoží u skupiny s obezitou a skupiny s normální váhou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru Impulse a MaxP (25,7 % a 15,9 %), vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. V parametru tMax a % Contact byly naměřeny hodnoty také vyšší u skupiny s obezitou o 1,0 % a o 2,6 %.

V8 c) Jak se liší rozložení tlaků u nedominantní končetiny v oblasti zadonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou?

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v parametru % Contact a Impulse (6,1 % a 25,7 %), vyšší hodnoty naměřeny u skupiny s obezitou. Byl zaznamenán významný vliv obezity na dobu zatížení v oblasti zadonoží. U skupiny s obezitou došlo ke zvýšení parametrů MaxP o 6,5 % a tMax o 14,6 %.

5.9 Výsledky dle jednotlivých parametrů

5.9.1 % Contact

U dominantní končetiny v parametru % Contact byly změny pouze minimální. Největší rozdíl byl zaznamenán v oblasti zadonoží a středonoží mezi skupinou s normální váhou a s obezitou, konkrétně 8,4 % a 7,5 % (vyšší hodnoty u skupiny s obezitou). U nedominantní končetiny v parametru % Contact byly rozdíly větší. V oblasti předonoží u skupiny s normální váhou a nadváhou a skupiny s normální váhou a s obezitou byly zaznamenány největší změny v době zatížení. Zmíněný časový parametr byl v obou případech nižší u skupiny s normální váhou, konkrétně o 31,8 % a 19,2 %. V oblasti zadonoží byl rozdíl 9,0 % mezi skupinou s normální váhou a s nadváhou, vyšší hodnota u skupiny s nadváhou. V ostatních oblastech nohy byl rozdíl v době zatížení pouze minimální do 6,0 %.

5.9.2 Impulse

U dominantní končetiny byl zaznamenán největší rozdíl v celkovém zatížení v oblasti středonoží mezi skupinami s normální váhou a s obezitou 68,4 % a s nadváhou a s obezitou 52,6 %. Mezi skupinami s normální váhou a nadváhou byl rozdíl v oblasti středonoží 22,2 %. V parametru Impulse v oblasti předonoží byl rozdíl mezi skupinami s normální váhou a s nadváhou 19,4 % (vyšší hodnota u skupiny s nadváhou). Ve stejné oblasti mezi skupinami s normální váhou a s obezitou byl zaznamenán rozdíl 37,2 % a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou rozdíl 27,9 %, vyšší hodnoty u skupiny s obezitou. Celkové zatížení v oblasti pod prsty u skupiny s normální váhou a s obezitou a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou byl rozdíl v obou případech 38,0 % (vyšší hodnoty u skupiny s obezitou). V oblasti zadonoží mezi skupinami s normální váhou a s obezitou a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou byl rozdíl v obou případech 25,0 % (vyšší hodnoty celkového zatížení u skupiny s obezitou). U nedominantní končetiny v celkovém zatížení byly mezi skupinami zaznamenány značné rozdíly. Největší hodnoty celkového zatížení byly zaznamenány v oblasti středonoží mezi skupinou s normální váhou a s obezitou (63,1 %) a ve stejné oblasti u skupiny s nadváhou a s obezitou (47,4 %). Shodný rozdíl 35,7 % a 25,7 % byl zaznamenán v oblasti pod prsty a v oblasti zadonoží mezi skupinou s normální váhou a s obezitou a skupinou s nadváhou a s obezitou. V oblasti předonoží vyšel rozdíl mezi skupinami s normální váhou a s obezitou 32,5 % (vyšší hodnota u skupiny s nadváhou) a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou 27,5

% (vyšší hodnota u skupiny s obezitou). V ostatních oblastech nebyl zaznamenán rozdíl hodnot mezi skupinami.

5.9.3 MaxP

U dominantní končetiny byl rozdíl maximálního tlaku největší v oblasti středonoží, kde byla zaznamenána hodnota vyšší u skupiny s obezitou o 66,1 % oproti skupině s normální váhou a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou o 39,4 % (vyšší hodnota u skupiny s obezitou) a také mezi skupinami s normální váhou a nadváhou 37,5 % (vyšší hodnota u skupiny s nadváhou). V oblasti předonoží byl zaznamenán rozdíl v maximálním tlaku 30,2 % mezi skupinami s normální váhou a s obezitou a 15,2 % mezi skupinami s normální váhou a s nadváhou a 17,6 % mezi skupinou s nadváhou a s obezitou. Rozdíl hodnot maximálního tlaku byl mezi skupinami s normální váhou a s obezitou 30,1 % a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou 25,4 % (vyšší hodnoty u skupiny s obezitou). Minimální rozdíl v parametru MaxP v oblasti pod prsty byl zaznamenán mezi skupinou s normální váhou a s nadváhou. V oblasti zadonoží byl rozdíl okolo 9,0 % mezi skupinami s normální váhou a s nadváhou a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou a mezi skupinami s normální váhou a s obezitou 17,1 %, (vyšší hodnoty u skupiny s nadváhou a s obezitou). U nedominantní končetiny v maximálním tlaku byl zaznamenán největší rozdíl mezi skupinami v oblasti předonoží, zejména mezi skupinami s normální váhou a s obezitou 75,7 % (vyšší hodnota u skupiny s obezitou), mezi skupinami s normální váhou a nadváhou 68,9 % (vyšší hodnota u skupiny s nadváhou) a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou 22,0 % (vyšší hodnota u skupiny s obezitou). V oblasti středonoží byl zaznamenán také výrazný maximální tlak, zejména mezi skupinami s normální váhou a s obezitou 53,6 % (vyšší hodnota u skupiny s obezitou) a mezi skupinou s normální váhou a s nadváhou 30,5 % (vyšší hodnota u skupiny s nadváhou) a mezi skupinou s nadváhou a s obezitou 33,3 % (vyšší hodnota u skupiny s obezitou). Relativně výrazný rozdíl téměř 39,0 % byl zaznamenán v oblasti pod prsty mezi skupinou s normální váhou a s obezitou (vyšší hodnota u skupiny s obezitou), mezi skupinou s nadváhou a s obezitou 25,0 % (vyšší hodnota u skupiny s obezitou) a mezi skupinami s normální váhou a s nadváhou 10,4 % (vyšší u skupiny s nadváhou). Nejmenší rozdíl v maximálním tlaku byl zaznamenán v oblasti zadonoží 15,9 % mezi skupinami s normální váhou a s obezitou (vyšší hodnota u skupiny s obezitou). Minimální rozdíl v daném parametru v oblasti zadonoží mezi skupinami s normální váhou a nadváhou a mezi skupinami s nadváhou a s obezitou.

5.9.4 tMax

U dominantní končetiny v okamžiku maximálního zatížení byly zaznamenány jen minimální rozdíly v oblasti pod prsty a v oblasti předonoží mezi porovnávanými skupinami. V oblasti středonoží a zadonoží byly rozdíly jen do 17,0 % mezi testovanými skupinami. U nedominantní končetiny byly výsledky podobné jako u dominantní končetiny pod prsty a v oblasti předonoží jen minimální rozdíly mezi testovanými skupinami. V oblasti středonoží a zadonoží byly rozdíly pouze do 15,0 % mezi testovanými skupinami.

Tabulka č. 2

Parametr	Normální váha (n = 19)	Nadváha (n = 17)	Obezita (n = 17)	p hodnota (Cohenovo d)		
				Normální váha vs. Nadváha	Normální váha vs. Obezita	Nadváha vs. obezita
DK						
Prsty	78,5 ± 6,6	77,2 ± 8,2	79,8 ± 8,0	0,554 (0,18)	0,589 (0,18)	0,271 (0,32)
Předonoží	85,6 ± 2,3	86,6 ± 2,4	87,5 ± 3,2	0,247 (0,38)	0,021* (0,69)	0,252 (0,32)
Středonoží	65,2 ± 4,8	68,9 ± 4,6	70,5 ± 5,2	0,023* (0,82)†	0,001** (1,06)†	0,302 (0,33)
Zadonoží	55,5 ± 6,2	57,3 ± 5,4	60,6 ± 6,9	0,282 (0,43)	0,583 (0,17)	0,115 (0,53)
NonDK						
Prsty	82,9 ± 5,1	80,8 ± 6,6	82,3 ± 6,4	0,359 (0,39)	0,804 (0,12)	0,514 (0,24)
Předonoží	58,8 ± 2,0	86,2 ± 2,2	86,9 ± 2,7	0,626 (0,23)	0,189 (0,47)	0,417 (0,28)
Středonoží	64,3 ± 4,9	66,2 ± 3,7	70,7 ± 4,8	0,237 (1,13)†	0,000** (1,32)†	0,006** (1,05)†
Zadonoží	58,7 ± 5,8	56,6 ± 5,3	60,3 ± 7,2	0,299 (0,24)	0,087 (0,25)	0,008* (0,59)

Vysvětlivky: DK – dominantní končetina; NonDK – nedominantní končetina; * $p \leq 0,05$;

** $p \leq 0,01$; † $d \geq 0,8$

Tabulka č. 3

Parametr	Normální váha (n = 19)	Nadváha (n = 17)	Obezita (n = 17)	p hodnota (Cohenovo d)		
				Normální váha vs. nadváha	Normální váha vs. obezita	Nadváha vs. obezita
DK						
Prsty	0,8 ± 0,3	0,8 ± 0,3	1,3 ± 0,5	0,931 (0,00)	0,000** (1,23)†	0,000** (1,21)†
Předonoží	2,7 ± 0,5	3,1 ± 0,5	4,3 ± 0,7	0,025* (0,78)	0,000* (2,66)†	0,000** (1,97)†
Středonoží	0,6 ± 0,3	0,9 ± 0,3	1,9 ± 0,9	0,049* (1,32)†	0,000* (1,99)†	0,000* (1,49)†
Zadonoží	2,4 ± 0,6	2,4 ± 0,6	3,2 ± 1,3	0,997 (0,00)	0,017* (0,81)†	0,021 (0,79)
NonDK						
Prsty	0,9 ± 0,3	0,9 ± 0,3	1,4 ± 0,5	0,626 (0,00)	0,000** (1,23)†	0,000** (1,21)†
Předonoží	2,7 ± 0,4	2,9 ± 0,5	4,0 ± 0,9	0,364 (0,44)	0,000** (1,87)†	0,000** (1,51)†
Středonoží	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,3	1,9 ± 0,7	0,129 (1,09)†	0,000** (2,27)†	0,000** (1,67)†
Zadonoží	2,6 ± 0,7	2,6 ± 0,7	3,5 ± 1,5	0,985 (0,00)	0,005** (0,78)	0,006** (0,77)

Vysvětlivky: DK – dominantní končetina; NonDK – nedominantní končetina; * $p \leq 0,05$;

** $p \leq 0,01$; † $d \geq 0,8$

Tabulka č. 4

Parametr	Normální váha (n = 19)	Nadváha (n = 17)	Obezita (n = 17)	p hodnota (Cohenovo d)		
				Normální váha vs. Nadváha	Normální váha vs. obezita	Nadváha vs. obezita
DK						
Prsty	4,4 ± 1,6	4,7 ± 1,2	6,3 ± 1,9	0,497 (0,21)	0,000 (1,09)	0,002** (1,01)
Předonoží	9,5 ± 1,2	11,2 ± 1,3	13,6 ± 2,3	0,002 (1,36)†	0,000 (2,27)†	0,000** (1,28)††
Středonoží	2,5 ± 1,4	4,0 ± 1,0	6,6 ± 1,8	0,001** (1,22)†	0,000** (2,56)†	0,000** (1,79)†
Zadonoží	10,7 ± 1,5	11,7 ± 1,9	12,9 ± 2,5	0,157 (0,59)	0,003** (0,03)	0,118 (0,54)
NonDK						
Prsty	4,3 ± 1,2	4,8 ± 1,2	6,4 ± 1,6	0,252 (0,42)	0,000** (1,48)†	0,002** (1,13)†
Předonoží	3,2 ± 1,2	10,3 ± 1,0	13,2 ± 2,5	0,230 (0,57)	0,000** (1,85)†	0,000** (1,52)†
Středonoží	3,2 ± 1,2	4,6 ± 1,1	6,9 ± 1,7	0,003** (1,21)†	0,000** (2,54)†	0,000** (1,61)†
Zadonoží	11,6 ± 1,8	12,9 ± 1,7	13,8 ± 3,0	0,061 (0,74)	0,003** (0,70)	0,254 (0,16)

Poznámky: DK – dominantní končetina; NonDK – nedominantní končetina; * $p \leq 0,05$;

** $p \leq 0,01$; † $d \geq 0,8$

Tabulka č. 5

Parametr	Normální váha (n = 19)	Nadváha (n = 17)	Obezita (n = 17)	p hodnota (Cohenovo d)		
				Normální váha vs. nadváha	Normální váha vs. obezita	Nadváha vs. obezita
DK						
Prsty	80,5 ± 4,9	82,4 ± 5,9	82 ± 7,1	0.288 (0,35)	0.400 (0,25)	0.829 (0,06)
Předonoží	72,2 ± 2,2	72,0 ± 2,8	72,4 ± 4,4	0.825 (0,08)	0.869 (0,06)	0.707 (0,11)
Středonoží	33,4 ± 6,6	29,3 ± 4,5	34,4 ± 7,1	0.063 (0,72)	0.616 (0,15)	0.023 (0,86)†
Zadonoží	21,2 ± 5,3	17,6 ± 7,3	21,2 ± 8,5	0.136 (0,57)	0.998 (0,00)	0.146 (0,46)
NonDK						
Prsty	80,1 ± 5,5	82,2 ± 3,7	81,5 ± 5,7	0.261 (0,37)	0.453 (0,25)	0.715 (0,15)
Předonoží	71,7 ± 2,1	71,5 ± 2,6	72,7 ± 4,3	0.867 (0,09)	0.329 (0,31)	0.266 (0,34)
Středonoží	30,4 ± 7,0	27,4 ± 3,8	32,6 ± 8,9	0.169 (0,52)	0.328 (0,28)	0.023 (0,76)
Zadonoží	19,7 ± 7,7	17,0 ± 5,9	19,9 ± 7,9	0.259 (0,89)†	0.930 (0,03)	0.237 (0,42)

Vysvětlivky: DK – dominantní končetina; NonDK – nedominantní končetina; * $p \leq 0,05$;

** $p \leq 0,01$; † $d \geq 0,8$

Tabulka č. 6 Shrnutí výsledků z pohledu statistické a věcné významnosti

	p	Cohenovo d	p	Cohenovo d	p	Cohenovo d
	Normální váha	Normální váha	Normální váha	Normální váha	Nadváha	Nadváha
	vs. nadváha	vs. nadváha	vs. obezita	vs. obezita	vs. obezita	vs. obezita
Parametr						
% Contact						
DK						
Prsty	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Předonoží	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
Středonoží	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
Zadonoží	NE	NE	NE	NE	NE	NE
NonDK						
Prsty	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Předonoží	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Středonoží	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Zadonoží	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
Parametr						
Impulse						
DK						
Prsty	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Předonoží	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Středonoží	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Zadonoží	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE
NonDK						
Prsty	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Předonoží	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Středonoží	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Zadonoží	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE

Parametr

MaxP

DK

Prsty	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
Předonoží	NE	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
Středonoží	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Zadonoží	NE	NE	ANO	NE	NE	NE

NonDK

Prsty	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Předonoží	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Středonoží	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Zadonoží	NE	NE	ANO	NE	NE	NE

Parametr

tMax

DK

Prsty	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Předonoží	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Středonoží	NE	NE	NE	NE	NE	ANO
Zadonoží	NE	NE	NE	NE	NE	NE

NonDK

Prsty	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Předonoží	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Středonoží	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Zadonoží	NE	ANO	NE	NE	NE	NE

6 DISKUZE

Zvyšující se tendence nárůstu tělesné hmotnosti v populaci nad 50 let je nejen estetickým problémem daného jedince, ale zejména významným zdravotním rizikovým faktorem ovlivňujícím také pohybový aparát. Zdravotní rizika se promítají i na oblast aker dolních končetin a mají vliv na chůzi. Dle studie Hills et al. (2001) jsou hlavní klouby dolních končetin u jedince s normální hmotností vystaveny reakčním silám přibližně tři až šestnásobku tělesné váhy během chůze (1 noha ve stojné fázi). Ze zmíněného lze říci, že u jedinců s obezitou dochází k většímu absolutnímu zatížení těchto kloubů, než u jedinců s normální vahou. Trvalé přetěžování pohybového systému v důsledku obezity se může podílet na predispozici k patologickým vzorcům chůze, ztrátě pohyblivosti a následné progresi postižení a řadě ortopedických problémů nejen kolenních kloubů, ale také např. vznikem diabetické nohy.

Během stárnutí dochází k degeneraci kloubních chrupavek a celkově artrotickým změnám nosných kloubů, které pro seniory v důsledku znamenají postupný úbytek pohybové aktivity a často nárůst hmotnosti, zejména zvýšení množství tělesného tuku (Jančík, Závodná & Novotná, 2006). Navíc dle Monteiro et al. (2010) dochází u většiny žen po menopauze ke změnám v zatížení dolních končetin bez ohledu na tělesnou hmotnost, zejména z důvodu zvýšení folikulostimulačního hormonu a poklesu funkce ovarií. Hladina progesteronu a estradiolu klesá. S klimakteriem souvisí i změna metabolismu zejména cukrů a tuků (Stoppard, 2002).

V naší studii jsme se zabývali hodnocením zatížení dominantní a nedominantní končetiny během chůzového cyklu u starších žen pomocí funkčních testů a měřící plošiny. Zjišťovali jsme zatížení ve čtyřech oblastech nohy, a zda se toto zatížení mění u žen s normální vahou, s nadváhou a s obezitou. Míru zatížení končetin jsme porovnávali na základě doby zatížení (% Contact), maximálního tlaku (MaxP), celkového zatížení (Impulse) a okamžiku maximálního zatížení (tMax). Kvalita a kvantita časových a tlakových parametrů může ovlivnit stabilitu dané končetiny. U člověka vidíme tzv. nesouměrnou činnost dolních končetin. Jedna dolní končetina má specifickou funkci při odrazu nohy, proto je funkčně silnější, druhá je zase specializovaná na rychlé a přesné pohyby, a proto je označována jako švihová. Dolní končetiny však provádějí převážně činnosti souměrné jako např. chůze či běh, a fungují tak symetricky (Charousek et al., 2013).

Diskuze k výsledkům

Na základě výsledků řady studií např. – Birtane & Tuna (2004); Hill et al. (2001); Henning & Milani, (1993); Nyska (1997); Riddiford – Harland et al.(2000); Jung et al. (2011), které zaznamenaly změnu v zatížení mezi skupinami jedinců s obezitou a s normální hmotností, jsme předpokládali nejvyšší hodnoty zatížení u skupiny s obezitou. Navzdory existenci některých malých rozdílů v distribuci tlaku, bylo ve většině zmíněných studií nalezeno největší zatížení v oblasti předonoží, středonoží a zadonoží při stoji i chůzi. V naší studii vyšly největší rozdíl mezi skupinami s normální váhou a s obezitou a také mezi skupinami s nadváhou a s obezitou ve všech parametrech u končetiny dominantní i nedominantní. Menší rozdíly byly zaznamenány mezi skupinami s normální váhou a s nadváhou ve všech parametrech u dominantní i nedominantní končetiny. Největší statisticky i věcně významné rozdíly v zatížení byly zaznamenány v oblasti předonoží nedominantní končetiny. Maximální tlak zde dosáhl hodnoty o 75,8 % vyšší u skupiny s obezitou než u skupiny s normální váhou a o 68,9 % vyšší u skupiny s nadváhou než u skupiny s normální váhou. Studie uváděné výše zabývající se rozložením plantárních tlaků u dospělé populace ukázala, jak již bylo uvedeno také zvýšené plantární tlaky v oblasti předonoží. Nepatrně menší změny hodnot jsme zaznamenali u dominantní končetiny v oblasti středonoží, kde bylo celkové zatížení u skupiny s obezitou o 68,4 % vyšší a maximální tlak o 66,1 % vyšší než u skupiny s normální váhou. V oblasti středonoží nedominantní končetiny u skupiny s obezitou bylo zaznamenáno celkové zatížení a maximální tlak vyšší o 63,2 % a 53,6 % než u skupiny s normální váhou. Studie Butterworth et al. (2014) uvádí rozdíly v zatížení mezi skupinou účastníků s obezitou a s normální hmotností. V parametru maximal force (kg) byly největší rozdíly v oblasti středonoží (obezita – 20,8 : non – obezita 8,9), předonoží (obezita – 56,9 : non – obezita 41,2) a pod palcem (obezita – 10,0 : non – obezita 7,3) a v parametru maximálního tlaku (kg/cm^2) v oblasti předonoží (obezita – 2,7 : non – obezita 2,2) a středonoží (obezita – 1,3 : non – obezita 0,7). Studie rovněž zaznamenala zvýšenou plantární pochu nejvíce pod oblastí paty, předonožím a v oblasti palce. Při porovnání výsledků dané studie mezi skupinami vyšel největší rozdíl v parametru Contact area (cm^2) v oblasti středonoží (obezita - 30,7 : non – obezita 21,7) a předonoží (obezita – 49,1 : non – obezita 46,5). Přesto v naší studii v okamžiku maximálního zatížení byly zaznamenány pouze minimální rozdíly pod prsty a v oblasti předonoží u obou končetin u skupiny s normální váhou oproti skupině s nadváhou i s obezitou. Stejně tak v době zatížení v oblasti předonoží mezi skupinami s obezitou a s nadváhou a pod prsty mezi skupiny s normální váhou a s obezitou u nedominantní končetiny. Na základě zmíněných studií lze říci,

že míra zatížení nohy u jedinců se vzrůstajícím indexem BMI také vzrůstá. Otázkou zůstává v jaké oblasti a jak. Autoři Birtane a Tuna (2004) také uvádějí významně vyšší hodnoty maximálních plantárních tlaků v oblasti středonoží. V naší studii jsme hodnotily pouze ženy, avšak faktor pohlaví na změnu zatížení nohy se v řadě studií nepotvrdil (Birtane & Tuna, 2004). Ale právě autoři Hills et al., (2001) udávají u obézních mužů o 3,1 krát a u obézních žen dokonce 7,7 krát vyšší plantární tlaky v oblasti středonoží než u kontrolních skupin s normální váhou. Hills et al. (2001) se přiklání k teorii zvýšených hodnot plantárních tlaků ve všech částech nohy u osob s nadváhou a s obezitou. Studie Birtane & Tuna (2004) také poukazuje na pozitivní korelaci mezi zvyšujícím se indexem BMI a celkovými plantárními tlaky a plochou kontaktu nohy s podložkou. Při chůzi zde vyšly vyšší maximální tlaky a doba kontaktu v oblastech pod prsty, předonoží, středonoží i zadonoží u skupiny s obezitou než u skupiny s normální váhou. Studie Jung et al. (2011) dospěla k podobným závěrům při testování skupin s normální váhou, nadváhou, lehkou obezitou a těžkou obezitou ke zvýšení hodnot plantárních tlaků u skupin se stoupající hodnotou BMI ve všech oblastech nohy. Žádné statistické ani věcně významné rozdíly porovnávaných hodnot v naší studii nebyly zjištěny u celkového zatížení dominantní končetiny v oblasti pod prsty při porovnávání skupin s normální váhou a skupiny s nadváhou, a také v oblasti zadonoží u skupiny s nadváhou a skupiny s obezitou. Stejný Impulse byl zaznamenán v oblasti zadonoží u obou testovaných skupin s nadváhou a s normální váhou. Přesto studie Kawa et al. (2010) analyzovala u dětí a mladistvých při statickém hodnocení zvýšené hodnoty zatížení v oblasti pat. Průměrná hodnota tlakové síly působící na kost patní převyšovala víc než dvakrát hodnotu nejzatíženější části nártu.

Bohužel z nedostatku studií, zabývajících se rozložením plantárních tlaků zejména u starších žen, uvádíme pro srovnání i výsledky studií prováděných u dětí a dospělých žen i mužů. Studie Mayolas Pi et al. (2015) ukázala při testování plantárních tlaků při chůzi u zdravých dětí významné rozdíly v zatížení dominantní a nedominantní končetiny. Z výsledků je vidět rozdíl v zatížení pravé ($2743\text{kPa} \pm 1669,86$) a levé ($3015\text{kPa} \pm 1924,60$) dolní končetiny jako celku. Zatížení může být spojeno právě s lateralitou končetin, kde se ukázalo, že u většiny dětí byla dominantní pravá DK. Na základě hodnocení zatížení nohou, které byly rozděleny na oblasti předonoží, středonoží a zadonoží, vyšlo větší zatížení zadonoží na pravé noze a předonoží na levé noze. U testovaných chlapců i dívek vyšel větší tlak na levé noze v oblasti středonoží a na pravé noze v oblasti předonoží. Studie Franco et al. (2015) studovala repeabilitu a variabilitu plantárních tlaků při chůzi u seniorů. Ve studii se nejednalo pouze o ženy, přesto pro nás mohou být výsledky dané studie přínosné. Plantární taky byly měřeny po dobu čtyř dnů u deseti starších osob (73 ± 6 let). Výsledky neukázaly výrazný rozdíl

v zatížení mezi dny u obou končetin, ale z pohledu naší práce, jsme se všimli i zatížení pravé a levé končetiny, které vykazuje značnou variabilitu. Hodnoty průměrných tlaků byly pro pravou DK ($F = 0,728$; $p = 0,542$) a levou DK ($F = 0,495$; $p = 0,688$). Podobné výsledky byly i u maximálních hodnot plantárních tlaků pro pravou ($F = 0,526$; $p = 0,667$) a levou ($F = 0,033$; $p = 0,992$) končetinu. Přesto, že dochází k velké variabilitě mezi měřeními konkrétně u pravé DK byly naměřeny plantární tlaky pro jednotlivé dny v uvedeném pořadí ($F_1 = 0,359$, $p = 0,951$; $F_2 = 0,706$, $p = 0,702$; $F_3 = 0,419$, $p = 0,922$; $F_4 = 0,454$, $p = 0,901$;) a levé DK ($F_1 = 0,359$, $p = 0,951$; $F_2 = 0,196$, $p = 0,994$; $F_3 = 0,380$, $p = 0,942$; $F_4 = 0,189$, $p = 0,995$).

Dle studie Hills et al. (2001) mají obézní lidé při porovnání s neobézními širší přední část chodidla a vyšší plantární tlaky při stání a chůzi. Ženy s normální váhou měly průměrnou šířku nohy 92,2 mm a obézní ženy dosahovaly šířky v průměru 95,9 mm. Studie také ukázala výrazný vliv tělesné hmotnosti na maximální plantární tlaky v oblasti pod podélnou klenbou a hlavičkami metatarzů. Vyšší plantární tlaky u žen v porovnání s muži s obezitou u obou pohlaví ve statickém zatížení mohou vznikat z důvodů snížené pevnosti nožních vazů. V důsledku přetížení dolních končetin se může projevit pocit bolesti či dyskomfortu nohou. Častou lokalizací bolesti bývá oblast paty, hlavně v oblasti tuberozity - úponu plantární fascie.

Nepožítková (1986) ve studii uvádí, že výskyt plochonoží u v rámci STOB kurzů byl zaznamenán pouze u 4 z 38 testovaných žen. Obezita a nadváha však byla zaznamenána u 86,6 % u klientek. Nadměrné zatížení v důsledku obezity dle autorů Riddiford – Harland et al. (2000) způsobuje strukturální dysfunkce nohy, zejména zhroucení podélné klenby, které vede ke zvýšení kontaktu nohy v oblasti středonoží. Studie Da Rocha et al. (2014) poukazuje na skutečnost, že u obézních dětí v důsledku zvýšení plantárních tlaků, došlo ke snížení citlivosti nohou. Zmíněná skutečnost může v důsledku znamenat rizikový faktor zranitelnosti nohy. Přesto, že se jedná o studii testující zejména děti, výsledky u starších dospělých předpokládáme podobné. Citlivost dominantní a nedominantní končetiny by měla být podobná, existují však rozdíly v oblastech nohy u neobézních. U dětí s normální váhou byla schopnost rozlišovat dotek v různých regionech nohy různou intenzitou. Dřívější studie poukazují na skutečnost, že vyšší citlivost na dotek souvisí s vyšší hustotou sensorů, která s věkem klesá. Citlivost nohy má rozhodující vliv pro kontrolu a udržení rovnováhy a má významnou roli pro plantární tlaky. U osob s obezitou je proto vyšší riziko poranění nohy, zejména vznik únavové zlomeniny předonoží nebo možnost tvorby kožních vředů.

Limity práce

Jedním z limitujících faktorů této práce byl věk testovaných probandů. Zajímavé výsledky bychom mohli zaznamenat při testování zatížení mezi různými věkovými kategoriemi. V budoucnu by bylo přínosné další porovnání zejména s dětmi, dospívajícími nebo i ženami v období gravidity, během nárůstu tělesné hmotnosti. K dalším limitům řadíme i pohlaví. Myslíme si, že by mohly být výsledky zajímavé i v porovnání s muži. Limitujícím faktorem v neposlední řadě může být i chyba měření, ke které může dojít lidským pochybením nebo také selháním měřícího přístroje.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zhodnotit zatížení dominantní a nedominantní končetiny u žen starších 50 let pomocí plantografické plošiny Footscan® ve skupinách žen rozdělených dle BMI.

Na základě našich výsledků výzkumné práce lze usuzovat, že u starších žen má vliv zvyšující se BMI na distribuci plantárních tlaků. Zejména v parametru maximálního tlaku a celkového zatížení v oblasti pod prsty, předonoží a středonoží u dominantní končetiny u skupiny žen s obezitou. Byl zaznamenán také velký vliv nadváhy na maximální tlaky v oblasti předonoží u nedominantní končetiny a relativně výrazný rozdíl pod prsty u skupiny s obezitou. U skupiny s nadváhou vyšel statisticky významný vliv v parametru maximálního tlaku a celkového zatížení v oblasti středonoží nedominantní končetiny. Byl zaznamenán i věcně významný vliv nadváhy na celkové zatížení v oblasti středonoží u obou končetin. Z výsledků měření lze předpokládat, že zvyšující se hmotnost testovaných žen hraje roli na míru zatížení a lokalizaci plantárních tlaků. Sekundárně může vést ke vzniku dalších obtíží týkající se nejen nohy, ale i celého pohybového systému jedince.

8 SOUHRN

Cílem této práce bylo zjistit vliv hmotnosti na zatížení dominantní a nedominantní končetiny u žen starších 50 let. Na základě klinických testů byla u probandek zjištěna dominance končetin. U testovaných žen byly hodnoceny plantární tlaky na základě porovnání parametrů % Contact, MaxP, Impulse, tMax. V teoretické části práce byly přiblíženy základní informace týkající se nohy, chůze, dominance končetin, distribuce plantárních tlaků a faktorů ovlivňujících zatížení nohy. V praktické části práce jsou zaznamenány a interpretovány výsledky měření porovnávací skupiny žen s normální váhou, nadváhou a obezitou. Výsledky měření pro přehlednost podáváme v tabulkách. Na základě výsledků lze pozorovat vliv vzrůstající hmotnosti na míru zatížení nohy. V důsledku vyššího indexu BMI se zvyšuje zejména celkové zatížení a maximální plantární tlak v oblasti pod prsty, předonoží a středonoží dominantní i nedominantní končetiny u skupiny s obezitou. I u žen s nadváhou lze vidět věcně významné zvýšení maximálního plantárního tlaku a celkového zatížení v oblasti středonoží nedominantní končetiny.

9 SUMMARY

The present thesis aimed to analyse the impact of weight on the loading of foot of both dominant and non-dominant legs in women of 50 years of age and older. Based on clinical tests, the leg dominance has been identified in the subjects. Based on comparison of the % Contact, MaxP, Impulse, and tMax parameters the plantar pressures were evaluated. The theoretical part of the thesis dealt with the fundamental information on the leg, gait, leg dominance, the distribution of plantar pressure and factors affecting leg loading. The practical part of the thesis defines and interprets the results of measurements comparing the three groups of women: with normal weight, with overweight, and with obesity. For better understanding, the results are presented in charts. Based on the results, we can observe the impact of increasing weight on the level of leg loading. As a consequence to increased BMI values, we recorded significantly increased values in overall loading and maximal pressure in the area under the toes, forefoot and midfoot of both dominant and non-dominant legs in the group of women with obesity. Also women with overweight showed practically significant increase in maximal plantar pressure and overall loading in the area of midfoot of a non-dominant leg.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Anonymous (2011). *Dynamická plantografie*. Retrieved 28. 9. 2014 from World Wide Web: www.biomechanikapohybu.upol.cz.
- Birtane, M., & Tuna, H. (2004). The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clinical Biomechanics*, 19, 1055 – 1059.
- Branthwaite, H., Chockalingam, N., & Greenhalgh, A. (2013). The effect of shoe toe box shape and volume on forefoot interdigital and plantar pressures in healthy females. *Journal of Foot and Ankle Research*, 6 (1), 1 – 9.
- Buchecker, M., Wagner H., Pfusterschmied J., Stoggl, T. L., & Müller E. (2012). Lower extremity joint loading during level walking with Masai barefoot technology shoes in overweight males. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22 (3), 372–380.
- Butterworth, P. A., Urquhart, D. M., Landorf, K., Wluka A. E, Cicuttini, F., & Hylton B. M. (2014). Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. *Gait & Posture*, 41 (2), 1 – 5.
- Coren, S., Porac, C., & Duncan, P., (2008). A behaviorally validated self-report inventory to assess four types of lateral preference. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 1 (1), 55 – 64.
- Čelikovský, S., Blahuš, P., Chytráčková, J., & Měkota, K. (1979). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Da Rocha, E. S., Bratz, D. T. K., Gubert, L.C, David de Ana., & Carpes., F. P. (2014). Obese children experience higher plantar pressure and lower foot sensitivity than non-obese, *Clinical Biomechanics*, 29 (7), 822 – 827.
- DeLisa J. A., & Gans, B. M. (1993). *Rehabilitation medicine: principles and practice*. Philadelphia: Lippincott.
- Drnková, Z., & Syllabová, R. (1983). *Záhada leváctví a praváctví*. Praha: Avicenum.
- Dhukaram, V., Hullin, M. G., & Kumar, CH. S. (2006). The Mitchell and Scarf Osteotomies for Hallux Valgus Correction: A Retrospective, Comparative Analysis Using Plantar Pressures. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 45(6), 400 – 409.
- Dowling, A. M., Steele, J. R., & Baur, L. A. (2004). What are the effects of obesity in children on plantar pressure distributions. *International Journes of obesity*, 28 (11), 1514 – 9.
- Dungl, P. (1989). *Ortopedie a traumatologie nohy*. Praha: Avicenum.

- Dunġ, P. et al. (2005). *Ortopedie*. Praha: Grada Publishing.
- Dvořák, R. (2007). *Základy kinezioterapie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie*. Praha: Grada
- Frankel, V. H., & Nordin, M. (2001). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*. 3rd. Edition. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Gabbard, C., & Hart, S. (1996). Probing Previc's theory of postural control (foot dominance). *Brain Cogn.*, 30 (3), 351–3.
- Gage, J. R. (1991). *Gait analysis in Cerebral Palsy*. New York: Mac Keith Press.
- Hainer, V. et al. (2011). *Základy klinické obezitologie*. Praha: Grada.
- Henning, E. M., & Milani, T. L. (1993). The tripod support of the foot distribution under static and dynamic loading. *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.*, 131 (3), 279–284.
- Hennig, E. M. (2002). *The human foot during locomotion*. Applied Research for Footwear. Retrieved 18.2. 2015 from World Wide Web:
http://www.cuhk.edu.hk/iso/weilun/en/hennig/hennig_fulltext1.html
- Hellebrandt, V. (1997). *Vplyv kinesteticko – diferenciačnej schopnosti a laterality dolných končatín na techniku lyžiarskych oblúkov*. Bratislava: Vedecká spoločnosť pre telesnú výchovu a šport.
- Hills, A. P., & Henning E. M (2001). Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the study of Obesity*, 25 (11), 1674 – 1679.
- Hlúbík, P. (2005). Epidemiologie a etiopatogeneze obezity. *Postgraduální medicína*, 2, Retrieved 23. 2. 2015 from World Wide Web: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/epidemiologie-aetiopatogeneze-obezity-165979>.
- Chaloupka, R. et al. (2003). *Vybrané kapitoly z LTV v ortopedii a traumatologii*. Brno: IDV PZ
- Chaloupka, V., Elbl, L., et al. (2003). *Zátěžové metody v kardiologii*. Praha: Grada Publishing.
- Charousek, J., Jandová, S., & Lukeš, P. (2013). Projev laterality dolních končetin při oboustranném bruslení jednodobém u elitní skupiny sdruženářů. *Česká kinantropologie*, 17(2), 47 – 53.
- Chrysagis, N., Skordilis, E. L., Tsiganos, G., & Kotsouki, D. (2013). Validity evidence of the Lateral Step Up (LSU) test for adolescents with spastic cerebral palsy. *Disability &*

- Rehabilitation*, 35(11), 875 – 880.
- Irving, D.B., Cook J. L., Young M. A., & Menz H. B. (2007). Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: a matched case – control study. *BMC Musculoskeletal Disorder*, (8), 1 – 8.
- Jančík J., Závodná E., & Novotná M. (2006). *Fyziologie tělesné zátěže – vybrané kapitoly*. Masarykova Univerzita v Brně. Retrieved 22. 10. 2014 from World Wide Web: <http://is.muni.cz/elportal/estud/fsps/js07/fyzio/texty/ch08s03.html>.
- Janura, M., Vařeka I., Lehnert M., & Svoboda Z. (2012). *Metody biomechanické analýzy pohybu*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Jung, J., Lee, S., Hwangbo, G., Han, J., Kim, Ch., & Lee, E. (2011). Plantar foot pressure distribution of middle-aged obese women while walking over obstacles of different heights. *Journal of physical therapy science*, 23, 725 – 728.
- Kasalický, M. (2011). *Chirurgická léčba obezity*. Praha: Ottova tiskárna
- Kawa, M., Garszka, M., & Hillar, M. (2010). Distribution of Foot Pressing Forces in a Standing Position of Children and Youth in the Light of Prevention and Correction. *Baltic journal of health and physical activity*, 150 – 157.
- Kirtley, Ch. (2006). *Clinical Gait Analysis: Theory and Practice*. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone.
- Kolářová, K., & Zvonař, M. (2014). *Biomechanická analýza pohybového výkonu IV. – Změny v distribuci plantárních tlaků spojených s těhotenstvím*. Brno: Masarykova Univerzita v Brně.
- Klenerman, L., & Wood, B. (2006). *The human foot: A companion to clinical studies*. London: Springer.
- Králíček, P. (2002). *Úvod do speciální neurofyziologie*. Praha: Karolinum.
- Kříšťanová, L. (1998). *Diagnostika laterality a metodika psaní levou rukou*. Hradec Králové : Gaudeamus.
- Kubát, R. (1982). *Ortopedie dětského věku*. Praha: Avicenum.
- Kučera, A. (1962). *Zvláštní a léčebná tělesná výchova*. Praha: SPN.
- Kunešová, M. (2004). Obezita – etiopatogeneze, diagnostika a léčba. *Interní medicína pro praxi*, 9, 435 – 440. Retrieved 17. 2. 2015 from the World Wide Web: <http://www.solen.cz/pdfs/int/2004/09/04.pdf>
- Ledoux, W. R., Shofer, J. B., Cowley, M. S., Ahroni, J. H., Cohen, V., & Boyko E., J. (2013). Diabetic foot ulcer incidence in relation to plantar pressure magnitude and measurement location. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 27, 621 – 626.

- Lee, P. Y., Landorf, K. B., Bonanno, D. R., & Menz, H. B. Comparison of the pressure-relieving properties of various types of forefoot pads in older people with forefoot pain *Journal of Foot & Ankle Research*, 7(1), 1 – 19.
- Magee, D. J. (1992). *Orthopaedic physical Assessment (2nd ed.)*. Philadelphia: W. B. Saunders.
- Maršálková, K., & Jelen, K. (2007). Vliv tvaru vložek na distribuci tlaku při interakci s nohou. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1, 31 – 33.
- Maulder, P., S. (2013). Dominant limb asymmetry associated with prospective injury occurrence. *South African Journal for Research in Sport, Physical education and recreation*, 35(1), 121 – 131.
- Mayolas Pi, C., Arrese, L., A., Villarroya, A. A., & Masià, R., J. (2015). Distribution of plantar pressure during gait in different zone of foot in healthy children: The effect of laterality. *Perceptual and motor skills*, 120, 159 – 176.
- Měkota, K. (1984). *Syntetická studie o pohybové lateralitě*. Acta Gymnica XIV.
- Mickle, K. J., Munro, B. J., Lord, S. R., Menz, H. B., & Steele J. R. (2010). Foot Pain, Plantar Pressures and Falls in Older People: A Prospective Study. *Journal compilation, The American Geriatrics Society*, 58(10), 1936 – 1940.
- Mickle, K. J., Steele J., Munro, B. J. (2006). The feet of overweight and obese young children: are there flat or fat? *Obesity*, 14(11), 1949 – 1953.
- Michaud, T. C. (1997). *Foot orthoses and other forms of conservative foot care*. Newton: Massachusetts.
- Monteiro, M., Gabriel, R., Aranha, J., Castro, M. N, Sausa, M., & Moreira, M. (2010). Influence of obesity and sarcopenic obesity on plantar pressure of postmenopausal women. *Clinical Biomechanics*, 25(5), 461 – 467.
- Norkin, C. C, Levangie, P. K. (2002). *Joint structure and function: A comprehensive Analysis*, Philadelphia.
- Nozabiel, A. J. L., Martinelli, A. R., Camargo, M. R., Faria, A. C. S. F. C. R. S., & Fregonesi, E. P. T. (2014). Diabetic peripheral neuropathy in ankles and feet: muscle strength and plantar pressure. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 34(2), 82 – 88.
- Nyska, M., Linge K., McCabe C., & Klenerman L. (1997). The adaptation of the foot to heavy loads: plantar foot pressures study. *Clinical Biomechanic*, 12, 1 – 8.
- Oberleck, H. (1989). *Seitigkeitsphänomene und Seitigkeitstypologie im Sport*. Schorndorf: Hoffmann Verlag.

- Owings, T. M, Pavol, M. J., Foley, K. T., & Grabiner, M. D., (2000). Measures of postural stability are not predictors of recovery from large postural disturbances in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(1), 42-50.
- Perhamre, S., Janson, S., Norlin, R., & Klässbo, M. (2011). Sever's injury: treatment with insoles provides effective pain relief. *Scandinavian journal of medicine & science in sport*, 21, 42 – 47.
- Perry, J. (1992). *Gait Analysis-Normal and Pathological Function*. 1. Vyd. NJ, USA: McGraw-Hill.
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: normal and pathological function*. Thorofare: SLACK Incorporated.
- Peters, M. (1988). Footedness: asymmetries in foot preference and skilland neuro-psychological assessment of foot movement. *Psychological Buletin.*, 103(2), 179 – 92.
- Pirozzi, K., McGuire, J., & Meyer, A. J. (2014). Effect of variable body mass on plantar foot pressure and off-loading device efficacy. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 53, 588 – 597
- Previc, F. H. (1991). A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychological Review*, 98, 299 – 334.
- Přidalová, M., Janura, M., & Elfmark, M. (2002). Footscan - Analýza tlakových sil v oblasti kontaktu nohy s podložkou. Diagnostika pohybového systému - metody, vyšetření, primární prevence, prostředky pohybové terapie. *Sborník V. mezinárodní konference v oboru funkční antropologie a zdravotní tělesné výchovy*.
- Puszczatowska – Lizis, E., (2011). Correlations between the longitudinal and the transverse arch and the front support area of the foot in students. *Fizjoterapia*, 19(3), Institute of Physiotherapy Faculty of Medicine University of Rzeszów, 3 – 8.
- Riddiford – Harland, D., L. Steele, J. R., & Storlien, L. H. (2000). Does obesity influence foot structure in prepubescent children? *International Journey of Obesity*, (24), 541 – 544.
- Robertson et al. (2004). *Research methods in Biomechanics*. Champaign: Human Kinetics
- Ruisel, I. (1973). Functional tests of lateral preference relationships of the lower limbs. *Stud. Psychol.*, 15(2), 148 – 154.
- Shim, J., & Kim, H. (2011). The effect of insole height on foot pressure of adult males in twenties. *Journal of Physical Therapy Science*, 23(5), 761 – 763.
- STEM/MARK. (2013). *Stav obezity v České republice*. Retrieved 7. 2. 2015 from the World Wide Web: <http://www.slideshare.net/stemmark/obezita-2013-stemmark-vzp>
- Sováč, M. (1962). *Lateralita jako pedagogický problém*. Praha: Univerzita Karlova.

- Stoppard, M. (2002). *Hormonální terapie při menopauze*. Praha: Ikar.
- Svačina, Š. et al. (2010). *Poruchy metabolismu a výživy*. Praha: nakladatelství Galén.
- Thompson, P. M., Cannon, T. D., Narr, K. L., Erp, T., Pouten V., P., Hutten, M., Lönngvist, J., Standertskjöld – Nondenstam, C.G., Kaprio, J., Khaledy, M., Dail, R., Zoumalan, & C. L., Toga, A.W. (2001). Genetic influence on brain strukture. *Nat Neurosci*, 4(12), 1253 – 1258.
- Tichý, M. (2000). *Funkční diagnostika pohybového aparátu*. Praha: Triton.
- Toppischová, M., & Šnoplová, A. (2008). Funkce nohy. *Bolest*, (2), 109 – 111.
- Trnavský, K. (2002). *Osteoartróza*. Praha: Galén.
- Valmassy, R. L. (1995). *Clinical biomechanics of the Loir extremities*. St.Louis: Mosby
- Vařeka, I. (2001). Lateralita ve vývojové kineziologii a funkční patologii pohybového systému. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 8(2), 92 – 98.
- Vařeka, I., & Vařeková R. (2003). Klinická typologie nohy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 3.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2005). Patokineziologie nohy a funkční ortézování. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 4, 150 – 166.
- Vařeka, I., & Vařeková R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Vaughan, C. L., Davis, B. L., & O'Connor, J. C. (1992). *Dynamics of Human Gait*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vaverka, F., & Zháněl, J. (1990). *Testování laterality dolních končetin*. Tělesná kultura Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Vela, S. A., Lavery, L. A., Armstrong, D. G., & Anaim, A. A. (1998). The Effect of Increased Weight on Peak Pressures: Implications for Obesity and Diabetic Foot Pathology. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 37(5), 416 – 420.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie - Přehled klinické kineziologie patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. rozšířené a přepracované vyd. Praha: Triton
- Villarroya, M. A., Esquivel J. M., Concepción, T., Moreno, L. A., Buenafé A., & Bueno G. (2009). Assessment of the medial longitudinal arch in children and adolescents with obesity: footprints and radiographic study. *European Journal of Pediatrics*, 168(5), 559 – 567.
- Villarroya, M., A, Esquivel J. M, Toma, C., Buenafe, & A.Moreno, L. (2008). Foot structure

- in overweight and obese children. *International Journal of Pediatric Obesity*, 3, 39 – 45.
- Volpon J. B. (1994). Footprint analysis during the growth period. *Journal Pediatr. Orthop*, 14 (1), 83 – 85.
- Vybíralová, D. (2005). *Studie změn velikosti plantárního tlaku nohy při redukce hmotnosti u dětí a adolescentů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- Watkins, J. (1999). *Structure and function of the musculoskeletal systém*, Champaign: Human Kinetics.
- Wearing, S. C, Hills, A. P., Byrne, N. M., Henning, E. M., & McDonald, M. (2004). The arch index: a measure of flat or fat feet? *Foot Ankle International*, 25(8), 575 – 581.
- WHO. (2011). *Obesity and overweight*. Retrieved 2. 10. 2014 from the World Wide Web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>.
- Wright, W. G., Ivanenko, Y. P., & Gurfinkel, V. S. (2012). Foot anatomy specialization for postural sensation and kontrol. *Journal of Neurophysiology*, 107(5), 1513 – 1521.
- Zelinková, O. (2009). *Poruchy učení*. Praha: Portál.
- Zháněl, J., & Vaverka, F. (1990) Testování laterality dolních končetin. *Tělesná kultura*, 22, 102 – 109.
- Zverev, Y. P, & Mipando, M. (2007). Cultural and environmental influences on footedness: Cross – sectional study in urban and semi-urban. *Brain and Cognition*, 65(2), 177 – 183.

11 PŘÍLOHY

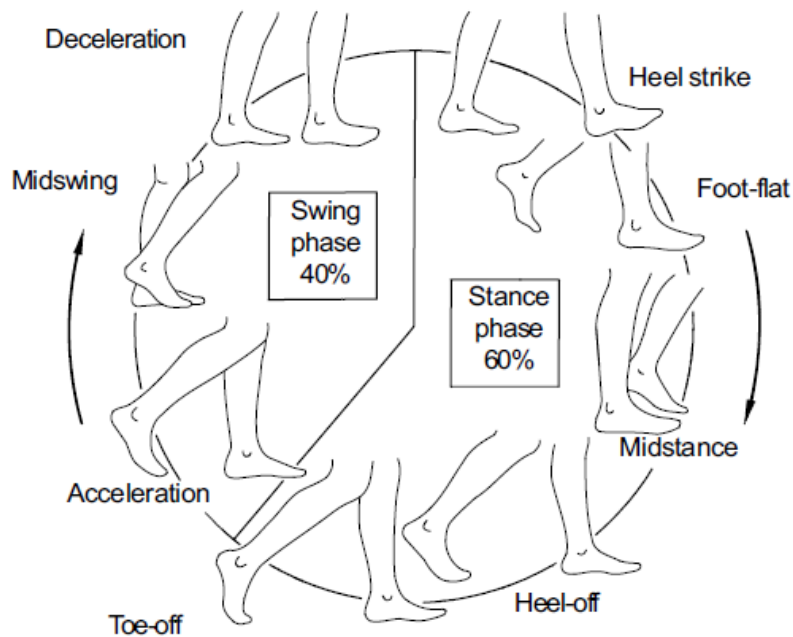
Tabulka č. 1. Digitální formule (Magee, 1992; Klementa, 1987 in Vařeka & Vařeková, 2009).

Obyčejný typ (egyptský, index plus type)	$1 > 2 > 3 > 4 > 5$
Klasický typ (řecký)	$1 < 2 > 3 > 4 > 5$
Kvadratický typ (polynéský, index plus-minus type)	$1 = 2 > 3 > 4 > 5$ nebo $1 = 2 = 3 = 4 > 5$
Neobvyklý typ	$3 > 2 > 1 > 4 > 5$

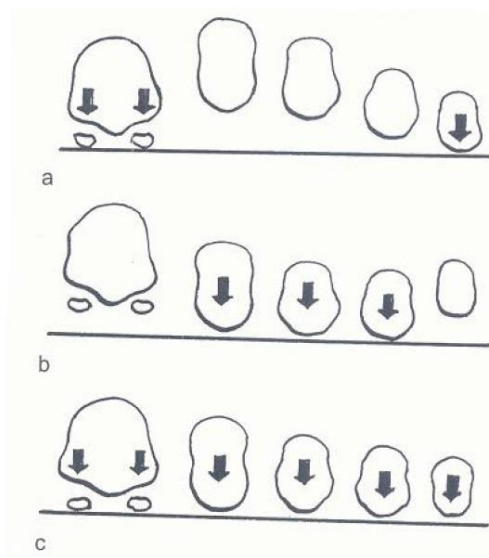
Tabulka č. 2. Klasifikace BMI dle WHO (2004)

Klasifikace	BMI (kg/m ²)
Podváha	$< 18,50$
Velmi silná	$< 16,00$
Průměrná	$16,00 - 16,99$
Střední	$17,00 - 18,49$
Normální rozmezí	$18,50 - 24,99$
Nadváha	$\geq 25,00$
Pre – obézní	$25,00 - 29,99$
Obézní	$\geq 30,00$
Obezita I. stupně	$30,00 - 34,99$
Obezita II. stupně	$35,00 - 39,99$
Obezita III. stupně	$\geq 40,00$

Obrázek č. 1. Dělení krokového cyklu dle Vaughana (1992)



Obrázek č. 2. Zatížení hlaviček metatarzů (Dungl et al., 2005)



Legenda: a – příčný řez v úrovni hlaviček 1. a 5. metatarzu,
b – příčný řez v úrovni hlaviček 2. – 4. metatarzu,
c – řezy jednotlivými hlavičkami metatarzů