

Sledování změn plantárního tlaku v průběhu druhého a třetího trimestru těhotenství

Bc. Eva Náplavová

Diplomová práce
2012

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav fyziky a mater. inženýrství
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Eva NÁPLAVOVÁ**
Osobní číslo: **T10918**
Studijní program: **N 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství a hygiena obouvaní**

Téma práce: **Sledování změn plantárního tlaku v průběhu druhého a třetího trimestru těhotenství**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma.**
- 2. Provedte longitudiální studii změn plantárního tlaku u skupiny těhotných žen.**
- 3. Zpracujte a vyhodnoťte naměřené údaje.**
- 4. Formulujte závěry k provedenému experimentu.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **RIBERTO Ana Paula, et al. Changes in the plantar pressure distribution during gait throughout gestation, , Physical Therapy, Speech, and Occupational Therapy Department, School of Medicine, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil.**
2. **FUCHS, Vladimír. Nemoci v těhotenství. 1. vydání. Praha: Avicenum, 1985. ISBN 08-084-85.**
3. **SLAVÍKOVÁ, A. Změny rozměrů nohou a postoje žen v průběhu těhotenství ve vztahu k požadavkům na obuv. Zlín, 1992. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická, Katedra kožedělné technologie.**
4. **DRÁČ, P. a J. KŘUPKA. Trvalé zmeny po tehotnosti. Martin: Osveta, 1992. ISBN 80-217-0235-4.**
5. **ORSAVOVA, V. Longitudinální studie změn rozměrů nohou v průběhu těhotenství. Zlín, 2002. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav technologie bílkovin a kůže. Vedoucí diplomové práce Petr Hlaváček.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martina Černeková, Ph.D.
Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

13. února 2012

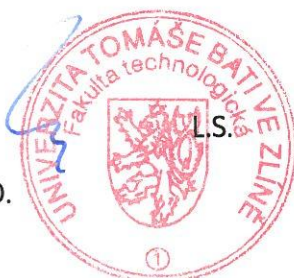
Termín odevzdání diplomové práce:

7. května 2012

Ve Zlíně dne 13. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



Mgr. Aleš Mráček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 7 .5. 2012


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na sledování změn velikosti a rozložení plantárního tlaku těhotných žen v období druhého a třetího trimestru těhotenství. Je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část práce se zabývá těhotenstvím a problematikou nohy.

Praktická část navazuje na předešlé výzkumy, kdy byl měřen nášlapný tlak při chůzi těhotných žen v obuvi. V této části jsme chtěli odstranit vliv obuvi na rozložení nášlapných tlaků, takže měření bylo prováděno při chůzi na bosu pomocí desky EMED[®]-at.

Klíčová slova: těhotenství, plantární tlak, noha, EMED[®].

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on monitoring changes in size and distribution of plantar pressure of pregnant women in the second and third trimesters of pregnancy. It is divided into theoretical and practical part. Theoretical part deals with pregnancy and problems of legs. Practical part builds on the previous research when was measured stepping pressure during walking in shoes of pregnant women. In this part we want to eliminate the influence of shoes on distribution of stepping pressure, so the measurement was carried out while walking barefoot using the panel EMED[®]-at.

Keywords: pregnancy, plantar pressure, foot, EMED[®].

Je mou milou povinností poděkovat Ing. Martině Černekové, Ph.D. za cenné rady, podporu a příjemnou spolupráci, kterou mi věnovala v celém průběhu zpracování této práce.

Velké poděkování patří také těhotným ženám, které se ochotně podrobily měření, a tím přispěly k úspěšnému provedení experimentální části.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TĚHOTENSTVÍ	12
1.1 STÁDIA A RYSY TĚHOTENSTVÍ	12
1.1.1 První trimestr.....	12
1.1.2 Druhý trimestr	13
1.1.3 Třetí trimestr.....	14
1.2 ŠESTINEDELÍ.....	15
1.3 ZMĚNY V PRŮBĚHU TĚHOTENSTVÍ.....	15
1.3.1 Změny na rodidlech.....	16
1.3.2 Změny na uropoetickém systému.....	16
1.3.3 Změny kardiovaskulárního systému	16
1.3.4 Změny respiračního systému.....	16
1.3.5 Změny trávicího ústrojí	17
1.3.6 Změny jaterní	17
1.3.7 Kožní změny	17
1.3.8 Endokrinní systém.....	17
1.3.9 Metabolické změny	18
1.3.10 Psychické změny	19
1.3.11 Změny pohybového ústrojí	19
2 NOHA	23
2.1 STAVBA NOHY	23
2.1.1 Klenba nohy	26
2.2 FUNKCE NOHY	26
2.3 HLAVNÍ DEFORMITY NOHY	28
2.4 MĚŘENÍ PLANTÁRNÍHO TLAKU	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
3 STANOVENÍ PRACOVNÍCH CÍLŮ	33
4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34
4.1 POPIS EXPERIMENTU	34
4.2 CHARAKTERISTIKA PROBANDEK	34
4.3 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	37
4.3.1 Deska EMED [®] -at	37
4.3.2 Postup měření s deskou EMED [®] -at	39
4.3.3 Zpracování a vyhodnocení naměřených dat.....	40
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	41

5.1	VYHODNOCENÍ TĚLESNÉ HMOTNOSTI	42
5.2	VYHODNOCENÍ ZMĚN OBVODU PRSTNÍCH KLOUBŮ V PRŮBĚHU TĚHOTENSTVÍ	43
5.3	VYHODNOCENÍ ZMĚN SÍLY V PRŮBĚHU TĚHOTENSTVÍ	43
5.4	VYHODNOCENÍ ZMĚN PLANTÁRNÍCH TLAKŮ V PRŮBĚHU TĚHOTENSTVÍ	44
5.5	VYHODNOCENÍ ZMĚN KONTAKTNÍ PLOCHY V PRŮBĚHU TĚHOTENSTVÍ	46
5.6	VYHODNOCENÍ ZMĚNY DOBY KONTAKTU V PRŮBĚHU TĚHOTENSTVÍ	49
5.7	VYHODNOCENÍ ZMĚNY PRŮMĚRNÉ RYCHLOSTI COP V PRŮBĚHU TĚHOTENSTVÍ	50
ZÁVĚR		51
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		52
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		56
SEZNAM OBRÁZKŮ		58
SEZNAM TABULEK		59
SEZNAM PŘÍLOH		60

ÚVOD

"Když si žena projde těhotenstvím a porodem, je jiná, než byla předtím. Je proměněná a mnohem více rozumí životu. Přivést na svět dítě znamená vykoupat se v prameni života."

Dr. Frederick Leboyer

Těhotenství je jedno z nejkrásnějších, ale i nejnáročnějších období v životě ženy. V těhotenství se tělo ženy připravuje na porod dítěte a v jejím organismu dochází k mnoha změnám. Krásně tuto situaci vystihl Dr. Frederick Leboyer, jak dokládá výše uvedený citát.

Ženské pohlavní hormony v těhotenství ovlivňují pohybový systém, způsobují uvolňování svalů, vazů a šlach. Hormony mají snahu uvolnit vazy držící pánev a spoje na pánvi, a tím zvětšit její kapacitu pro snadnější porod plodu. Dochází ovšem i k uvolnění dalších vazů v těle, což vede k oslabení podpůrných mechanismů jako např. páteř, spojení kosti křížové s lopatou kosti kyčelní a klenby chodidel. Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím pohybový systém v těhotenství je narůstající hmotnost ženy. Nárůst hmotnosti vede ke zvýšené zátěži dolních končetin. Vlivem jiného rozložení hmotnosti na těle se také mění poloha těžiště – dochází k jeho posunu směrem dopředu. Všechny zmíněné faktory ovlivňují postoj ženy, mají vliv na biomechaniku chůze a projevují se také na noze. Otázkou je, do jaké míry je přizpůsobení dolní končetiny a nohy zvýšené zátěži a dalším obtížím individuální a do jaké míry lze nalézt společné znaky tohoto procesu u zdravých těhotných žen.

Doposud provedené výzkumy se neshodují ve svých závěrech, což může být způsobeno různou metodikou experimentu. Pokud by se podařilo nalézt společné znaky změn rozměrů nohy a distribuce nášlapných tlaků, bylo by možné tyto informace využít pro návržení nebo výběr vhodné obuvi a zlepšení péče o nohy u těhotných žen.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TĚHOTENSTVÍ

Těhotenství neboli gravidita je životní etapa, kterou lze považovat za naplnění biologické podstaty ženy. Psychologové tvrdí, že teprve v těhotenství nalézá žena pravý smysl svého života a že je to jedno z nejdůležitějších a nejkrásnějších částí života ženy.

Toto období začíná splynutím mužské a ženské pohlavní buňky, spermie a vajíčka. Ve vejcovodu ženy se spermie setkají s vajíčkem. Tento děj se nazývá oplození a znamená, že se vytvořila nová buňka. Od této chvíle se v organismu matky vyvíjí nový jedinec.

Fyziologické těhotenství trvá 10 lunárních měsíců (jeden lunární měsíc je 28 dní), tedy 280 dní, ale většinou graviditu počítáme na týdny, kterých je 40. Těhotenství můžeme také rozdělit na tři třetiny, které nazýváme trimestry. První trimestr začíná prvním dnem poslední menstruace a končí ve 12. týdnu těhotenství. Druhý trimestr počítáme od 13. do 27. týdne těhotenství a od 28. týdne začíná třetí trimestr, který končí přivedením jedince na svět a je pak zlomovou situací v životě každé rodiny. [1], [2], [3], [13]

1.1 Stádia a rysy těhotenství

1.1.1 První trimestr

V průběhu prvního trimestru se tělo matky začíná přizpůsobovat těhotenství. Gravidní organismus musí vyvíjet značné úsilí, aby vyhověl požadavkům vyvíjejícího se plodu a placenty. Těhotenství způsobuje 10 – 25 % zvýšení rychlosti metabolického systému, než za normálních okolností. Vlivem činnosti hormonů se zvětšují prsy, zásoby tuku a již od samotného počátku gravidity se zvětšuje děloha. Děloha je nejdříve uložena hluboko v pánvi a s postupným vývojem plodu začíná tlačit na močový měchýř. Také svalová vlákna dělohy zesilují, až se stávají pevnými. Začínají se objevovat první příznaky těhotenství, jako vynechaní menstruačního cyklu, ranní nevolnosti, napětí v prsou, aj.

Růst plodu můžeme sledovat již od prvního měsíce. Na konci prvního měsíce plod měří téměř 1 centimetr, ke konci druhého měsíce asi 4 centimetry a váží 5 gramů. Po 28 dnech již tluče jeho srdce a jsou založeny vnitřní orgány. Začíná se vytvářet obličej a pučí končetiny. Ve třetím měsíci plod měří již 9 centimetrů a váží 30 gramů.

Během prvního trimestru je vývoj plodu nejmasivnější – zakládají se orgánové soustavy a na konci tohoto období je plod vizuálně podobný člověku. Postupně se vyvíjejí i oči, víčka, ušní boltce. Pohyby končetin jsou velice slabé a detekovatelné pouze na ultrazvuku. Jedná se o velice důležité období vývoje plodu, proto by se měly těhotné ženy vyvarovat konzumaci alkoholu, léků nebo kouření.

V průběhu prvního trimestru tělo matky přibere s největší pravděpodobností jeden až dva kilogramy. [6], [14], [41]



Obr. 1. Dvanáctý týden vývoje plodu. [18]

1.1.2 Druhý trimestr

V této části těhotenství ustupuje většina nepříjemných příznaků, a proto je pro velkou část žen překrásným obdobím. Matky se většinou opět cítí v dobré psychické i fyzické pohodě. S rostoucím plodem a díky plodové vodě se stále zvětšuje břicho matky a stejně tak i prsy, tím jak se roztahuje kůže, mohou se na ní objevit malé puklinky, kterým se říká strie.

Ke konci 4. měsíce měří plod 16 centimetrů a váží okolo 150 gramů. Tep srdce je 2x rychlejší než tep matky. V pátém měsíci měří plod 25 centimetrů a váží okolo 300 gramů. Ke konci druhého trimestru měří okolo 30 centimetrů a váží 800 gramů.

Plod v tomto období především roste, orgánové soustavy se diferencují, krevní oběh plodu se postupně přesouvá z jater do sleziny. Končetiny se spolu s tělem prodlužují a tvoří se v nich základy kostí. Pohyby plodu se více zintenzivňují, ke konci tohoto období je matka může i cítit. Plod reaguje na zvuky.

Během druhého trimestru žena pravděpodobně přibere 6 kg. [6], [13], [14], [41]



Obr. 2. Detail obličeje plodu v pátém měsíci. [18]

1.1.3 Třetí trimestr

S blížícím se koncem těhotenství zcela přirozeně často narůstá netrpělivost a obava. Zároveň se ale stupňuje touha po tom, držet dítě v náručí. V tomto období se rychle zvětšuje objem matky a z toho vzniká častý projev únavy. Postupně se rozvolňují vazy v malé pánvi, a proto chůze není tak příjemná. Tělo ženy se postupně připravuje na porod.

Koncem sedmého měsíce měří plod 35 centimetrů a váží 1000 - 1500 gramů. Na konci osmého měsíce 40 centimetrů a váha se pohybuje okolo 1700 gramů. V 9. měsíci váží okolo 2500 gramů a délka se pohybuje okolo 45 centimetrů. V desátém měsíci měří plod okolo 50 centimetrů a váží okolo 3400 gramů.

Dítě i v tomto období stále roste, dotváří se poslední orgány a okolo 32. týdne vypadá skoro stejně jako při narození, jen je menší. Plod zaujímá definitivní polohu okolo 36. týdne, ve které zůstane až do porodu.

Během posledního období pravděpodobnost přírůstku matky je asi 5 kilogramů.

[6], [13], [14], [15], [41]

1.2 Šestinedělí

Pojem šestinedělí označujeme zhruba dobu šesti týdnů po porodu. Změny, které se staly během těhotenství, odeznívají a tělo se v průběhu šestinedělí pozvolna vrací do stavu před těhotenstvím.

Probíhá hojení porodních poranění, mléčná žláza je aktivní a do konce šestinedělí vymizí tzv. očišky. Také se postupně zavíná děloha, což může být zpočátku bolestivé. Po porodu děloha váží asi 1 kilogram, ale po dokončení šestinedělí se vrací ke své normální hmotnosti, přibližně kolem 70 gramů. Po porodu sahá děloha horním okrajem až k pupku. Během deseti dnů po porodu sestoupí horní okraj dělohy natolik, že již není skrze břišní stěnu hmatný. Břišní svalstvo je po porodu ochablé, přímé břišní svaly jsou rozestouplé. Trvá týdny, než se znovu zpevní. Pro většinu žen je to období zvýšené citlivosti. Tato reakce je normální vzhledem k přizpůsobení se nové životní situaci.

[13], [18]

1.3 Změny v průběhu těhotenství

Těhotenství u zdravé ženy považujeme za fyziologický stav, který změní celý organismus ženy a tělo se musí podřídit této výjimečné situaci. Organismus ženy se v prvním trimestru adaptuje, v druhém trimestru dochází k období tolerance a v posledním trimestru je organismus ve stadiu zatížení. [6], [15]

1.3.1 Změny na rodidlech

Největší změny v průběhu těhotenství se objevují na rodidlech. Uplatňují se na nich hormonální vlivy, proto bývají rodidla ženy mírně edematózní, překrvené a kůže může být na některých místech zbarvena pigmentem. Hypertrofuje svalstvo a vazivo pochvy. Děložní svalová vrstva zbytní a děložní dutina se zvětšuje růstem plodu. Změny jsou patrné také ve vejcovodech, vaječnicích a na prsech. [12], [15]

1.3.2 Změny na uropoetickém systému

Stoupá glomerulární filtrace a průtok ledvinami až o 20 – 30 %, kvůli zvýšenému objemu plazmy a minutovému objemu srdce. Vrcholí asi ve 32. týdnu a poté dojde k poklesu a před porodem se vyrovnává. Vlivem progesteronu se rozšíří močovody. V důsledku rozšířených močovodů může dojít k hromadění moči. [12], [15]

1.3.3 Změny kardiovaskulárního systému

Rostoucí děloha vytlačuje srdce z jeho fyziologické polohy nahoru a doleva, takže je uloženo šikmo. Svalovina srdce hypertrofuje, hmotnost srdce se zvýší o 25 gramů a jemně se zvýší i jeho objem. Celkové množství krve se zvýší asi o litr, ale v posledních týdnech před porodem nastává opět mírný pokles. Vzhledem k většímu množství plazmy se změní hodnota krevního obrazu a jsou tedy jiné než u netěhotné ženy. Objem plazmy se zvýší asi o 35 % a erytrocyty asi jen o 25 % - sníží se počet erytrocytů v 1 mililitru krve a klesá i hematokrit (fyziologická těhotenská anémie). Stoupá žilní tlak v hlavě a dolních končetinách, tím mohou vzniknout varixy na dolních končetinách, v okolí konečníku, na pochvě či na zevních pohlavních orgánech. [4], [12], [15]

1.3.4 Změny respiračního systému

Zvětšením dutiny břišní, se posouvá bránice směrem nahoru a zmenšuje se prostor v dutině hrudní a tlačí na dolní laloky plic. Tyto změny jsou zvláště výrazné v posledním trimestru. Vitální kapacita stoupá asi o 10 % a zvyšuje se i minutový dechový objem s hyperventilací. Dýchání se změní na typ kostální (dýchání, při kterém je nádech prováděn interkostálními svaly a jeho zevním projevem je zvedání a klesání hrudníku). Těhotná žena má ztížené dýchání, které můžeme srovnat s dýcháním středně až těžce pracujícího člověka. [12], [15]

1.3.5 Změny trávicího ústrojí

V těhotenství dochází ke změnám v celém trávicím ústrojí. Těhotné ženy jsou náchylnější k zubnímu kazu. Dásně mají sklon ke krvácivosti. Může dojít k pálení žáhy. Žaludek je plodem vytlačován doleva a nahoru a současně je částečně stočený. Progesteron působí tlumivě na hladkou svalovinu, a proto se u těhotných objevuje někdy zácpa, snížená chuť k jídlu s nadýmáním. Sekrece žaludečních šťáv v těhotenství klesá. [12], [15]

1.3.6 Změny jaterní

Podle nových nálezů v těhotenství neubývá glykogen z jaterních buněk, ale jen mírně se zvýší ukládání tuků. Metabolismus jater v těhotenství je více zatížen, avšak játra mají značně vyrovnávací vlastnosti a většinou porucha jejich funkce nenastane. [15]

1.3.7 Kožní změny

Kůže během těhotenství prodělává různé změny, patří sem trhlínky neboli strie, zvýšení pigmentace, cévní léze, zvýšené ochlupení a zvýšené vypadávání vlasů. Kožní strie vznikají až u 70 % těhotných žen na přední straně břicha, na stehnech, v bederní krajině či na prsou. Zvýšenou pigmentací trpí také téměř 70 % těhotných žen, a to na tváři, na prsních bradavkách, na zevních pohlavních orgánech, v okolí pupečníku a pupku. Tyto stavy se většinou po porodu upraví. [15]

1.3.8 Endokrinní systém

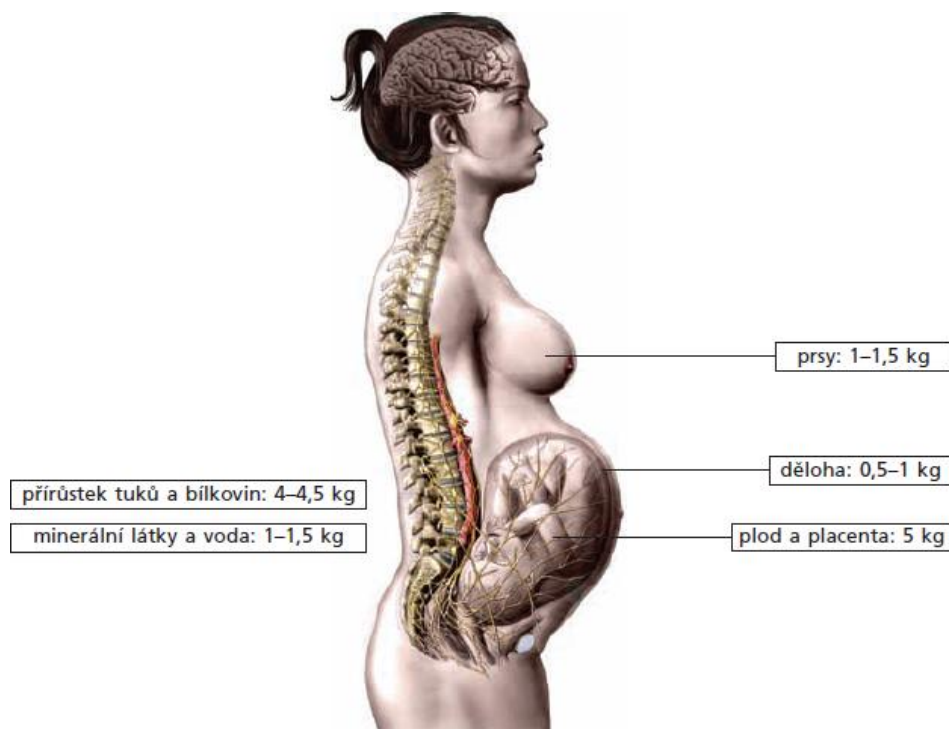
V těhotenství nastávají v organismu matky změny, které umožňují vývin plodu, zabezpečující jeho výživu a ochranu a ulehčují porod. Těchto změn je celá řada, pro naši práci jsou nejdůležitější hormonální změny pohybového systému. Těmito změnami se budeme podrobněji zabývat v podkapitole 1. 3. 11.

Hlavními hormony v těhotenství jsou progesteron, estrogen a choriogonadotropin a další hormony kortikosteroidy, renin, angiotenzin. Hormonální zabezpečení v prvních třech měsících těhotenství je regulováno placentou a vaječníky. Po třetím měsíci těhotenství převezme funkci placenta. Funkční a anatomické změny jsou prokazatelné u všech žláz endokrinního systému. [2], [15], [16]

1.3.9 Metabolické změny

Těhotenství je stav, který má zvýšené metabolické nároky, a díky těmto nárokům dokáže zajistit zdárný vývoj a růst plodu. Tělesná hmotnost se při fyziologickém těhotenství zvyšuje. Děloha zvětšila svou původní váhu až 10x a svůj objem až 500x. Z miniaturního vajíčka a spermie vyrostlo dítě. Oproti počátečnímu stadiu plod nyní váží průměrně 3400 g, tedy miliardkrát více. Celkový váhový přírůstek během těhotenství by měl být okolo 12 kilogramů. Z toho zhruba asi 10 % tvoří placenta, 40 % dítě, 20 % zmnožená krev, 10 % plodová voda a 20 % činí hmotnostní přírůstek dělohy, nohou a prsou.

Velikost přírůstku hmotnosti je závislý na velikosti plodu, energetickém příjmu matky, na pohybu, hmotnosti matky před otěhotněním. Riziko pro zdraví těhotné ženy i plodu představuje jak nadměrný, tak nedostatečný přírůstek hmotnosti. [2], [18]



Obr. 3. Hmotnostní přírůstek na konci těhotenství. [18]

1.3.10 Psychické změny

Organismus ženy se s novou psychickou situací vyrovnává asi první tři měsíce. Pro těhotnou ženu jsou charakteristické časté výkyvy nálad, zvýšená zranitelnost, pocity úzkosti, radosti, deprese, přecitlivělosti, podrážděnosti, strachu aj. Mění se sociální a ekonomická situace ženy, strach o těhotenství, strach z porodu, obava z nových povinností. Na ženu má velmi pozitivní vliv plánované a žádané těhotenství. Důležitá je psychická pohoda ženy, která má vliv na průběh těhotenství, porod a navázání kontaktu s miminkem.

[12], [15], [26]

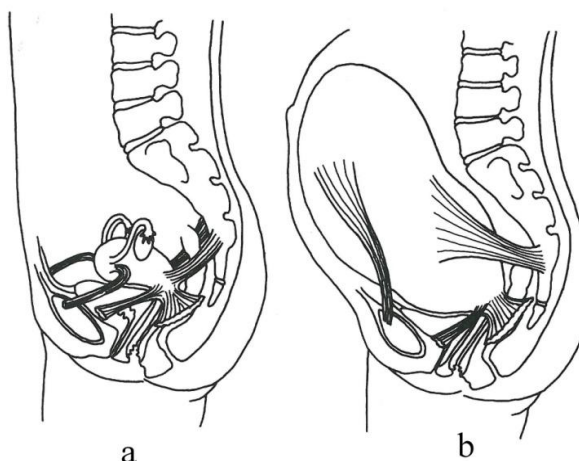
1.3.11 Změny pohybového ústrojí

Ženské pohlavní hormony v těhotenství ovlivňují i pohybový aparát (klouby, kosti, svalstvo), v těchto strukturách podstoupí organismus ženy řadu změn, které mohou vést k bolestivým pocitům v zádech, kyčlích, kolenou a nohou.

Jedna z nejdůležitějších změn je zapříčiněna uvolňováním hormonu progesteronu. Tento hormon způsobuje uvolňování svalů, vazů a šlach, které jsou jeho působením daleko více elastické, a proto jsou schopny se více napnout. Účelem působení hormonu je uvolnit vazy, které drží pánev a spoje na pánvi, a tím zvětšit její kapacitu a uvolnit svaly pánevního dna pro snadnější porod plodu. Bohužel působením progesteronu dochází i k uvolnění dalších vazů v těle, což oslabí podpůrné mechanismy jako např. páteř, spojení kosti křížové s lopatou kosti kyčelní a klenby chodidel. To může vést k problémům během těhotenství, ale i potíží, které mohou být trvalé.

V těle jsou dvě důležité skupiny vazů, které bývají v průběhu těhotenství a při porodu vystaveny obrovské námaze. Jedná se o svaly pánevního dna a svaly břišní stěny. Ačkoliv jde o jednotlivé svaly, jsou navzájem překryté a proplétají se, a tak můžeme říct, že tvoří jakýsi obal, aby mohly jako celek fungovat. Svaly pánevního dna jsou součástí obalu, který vyplňuje pánevní dno mezi dolními končetinami, svaly břicha tvoří přední část těla.

Děloha je dutý svalový orgán ve tvaru a velikosti hrušky, který váží asi 60 gramů. Je upevněna pomocí silných vazů. U vzpřímené netěhotné ženy je uložena téměř vodorovně. V průběhu těhotenství se poloha mění až do téměř svislé.



Obr. 4. a) Děloha a vazy před těhotenstvím.
b) Děloha a vazy během těhotenství. [21]

Pánev je jako pevná kostěná nádoba, která chrání rozmnožovací orgány, močový měchýř, konečník a střevo. Páteř a pánev je oporou pro horní část těla a přenáší váhu na dolní končetiny. Působí jako pohlcovač otřesů a váhy při pohybu. Klouby pánve jsou chráněny silnými vazy a chrupavčitou tkání, které je drží na svém místě a umožňují pouze omezený pohyb. Pánev musí být stabilní, aby dokázala dobře vykonávat podpůrnou funkci. V těhotenství dojde díky hormonům k uvolnění spojení kosti křížové, kyčelní a spojení kostí stydkých, které mají ke konci těhotenství tendenci se rozvolnit. Uvolnění pánevních kloubů a vazů je potřebné pro zdárný průběh porodu, neboť tvrdý kostěný porodní kanál se stává prostornějším. Uvolnění kloubů v oblasti kříže způsobuje ženám časté bolesti a tzv. „kačení chůzi“. Ženy často zaznamenávají pocit tíhy v pánvi či bolest, zvláště při konci těhotenství, když se dítě snaží usadit níže. [8], [32]

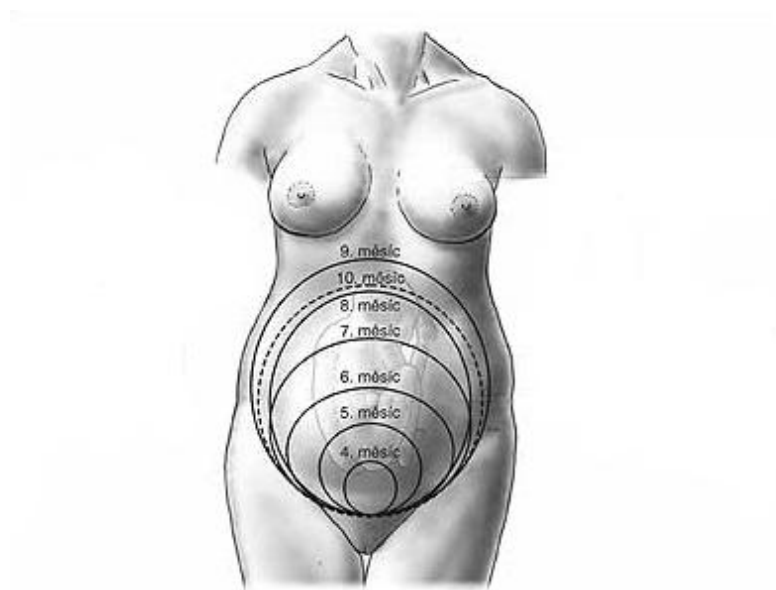
Pánevní dno je podobné trychtýři, který jde od pánevní kosti ke kosti křížové směrem ke kostrči. Je tvořeno svaly, vazy a pojivovou tkání. Pánevní dno drží pánevní orgány a umožňuje svěrači kontrolu pochvy, močové trubice a konečníku. V průběhu těhotenství váha rostoucí dělohy klade zvýšený tlak na pánevní dno a svaly dna se tak uvolňují.

Břišní svaly ochabují kvůli postupnému zvětšování dutiny břišní. Svaly břicha nedokáží udržet správné postavení těla, jejich funkci přebírá čtyřhranný sval bederní, který se zkracuje, vzniká větší bederní lordóza, a tím bolestivost bederní a křížové části páteře.

Může vzniknout nebezpečí nevratného rozestoupení přímých břišních svalů. Při porodu je oslabené břišní svalstvo důvodem k pomalejšímu průběhu druhé doby porodní.

Aby se snížilo poškození břišních svalů na minimum, během těhotenství je potřeba se vyvarovat činnostem, které břišní svaly dále napínají a mohou je poškodit. Jde např. o zvedání břemen. [21], [9]

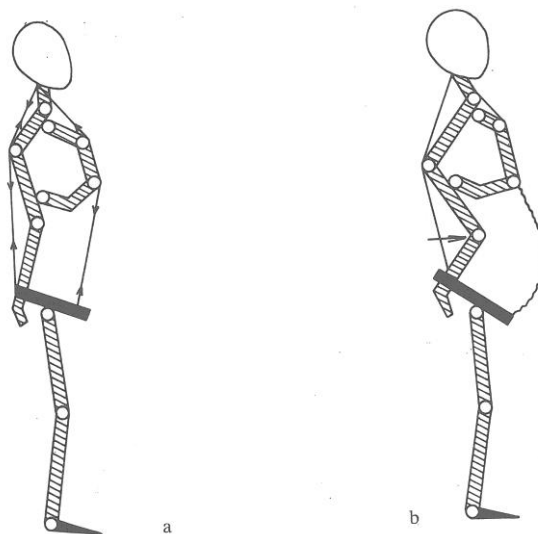
Páteř je často bolestivým elementem v těhotenství, bolest může těhotná žena cítit v jakékoliv části páteře. Ve skloubení obratlů na páteři dochází k částečnému uvolnění, a to ovlivní držení těla. Zvýší se hmotnost dělohy a prsou, která vychyluje těžiště těhotných žen směrem vpřed. Změna v umístění těžiště vyvolává výrazné změny v postoji, rovnováze i v chůzi.



Obr. 5. Zvětšování dělohy během těhotenství. [42]

Pro udržení rovnováhy se posouvá horní část trupu dozadu. Zvětšuje se lumbální lordóza, kompenzačně i hrudníková kyfóza a krční lordóza. Pokud jsou tyto změny ve fyziologických hranicích, vrací se postupně po porodu do původního stavu. Na těchto změnách se také podílejí svaly bederní, hrudní a krční. Se zvýšenou lordózou souvisí i zvýšený sklon pánve. Tato změna statiky páteře může způsobit bolesti zádového svalstva.

[5] , [7], [16], [17], [21], [29]



Obr. 6. Schéma správného a nesprávného postavení páteře [16]

- a/ rovnovážné napětí svalů břišní stěny a páteře se správným sklonem pánve,
 b/ převládá napětí svalstva zad, zvýšený sklon pánve, lumbální lordóza, zvětšená hrudní kyfóza a krční lordóza.

Dolní končetina je anatomicky přizpůsobena určité hmotnosti, která se během těhotenství zvyšuje. Hmotnost je rozložena nerovnoměrně. Tuto zátěž se snaží těhotné ženy vykompenzovat svým typickým postojem. Klouby a vazy na dolních končetinách se stávají méně pevnými a pružnými v důsledku působení těhotenských hormonů. Dochází také k uvolňování v kloubu kolenním a kyčelním. Všechny tyto faktory způsobují, že chůze se stává nejistou a ve vyšším stádiu těhotenství bývá namáhavější. Těhotenství zatěžuje dolní končetiny víc, než si těhotné ženy uvědomují, může se to projevit otokem kotníků a bolestmi chodidel. [22], [23], [24], [35], [44]

2 NOHA

Vzhledem k tématu této diplomové práce, byla do teoretické části zahrnuta i problematika nohy.

V hovorové řeči pojmem noha většinou nazýváme celou dolní končetinu. Není to však přesné označení - noha je jen jednou z částí dolní končetiny, která je uložena pod hlezenním kloubem. Má důležitou úlohu při udržování rovnováhy a při pohybu celého těla a zprostředkovává bezprostřední styk těla s podložkou. Každá změna držení těla se projevuje na noze a naopak změny v činnosti nohy se projevují nejen ve změnách vazů, svalů a kloubů, ale i v držení celého těla. [22], [25]

2.1 Stavba nohy

Noha je mistrovským dílem, jež tvoří 26 kostí a dělí se obvykle na tři segmenty: **ossa tarsi (kosti zánártní)**, **ossa metatarsi (kosti nártní)** a **ossa digitorum pedis (kosti prstů nohy)**.

Nohu obepínají silné vazy a krátké malé svaly v podobě pláště. Ty zajišťují nosnost a ochraňují klenutost nohy. [10], [27]

Kosti nohy

Ossa tarsi – kosti zánártní

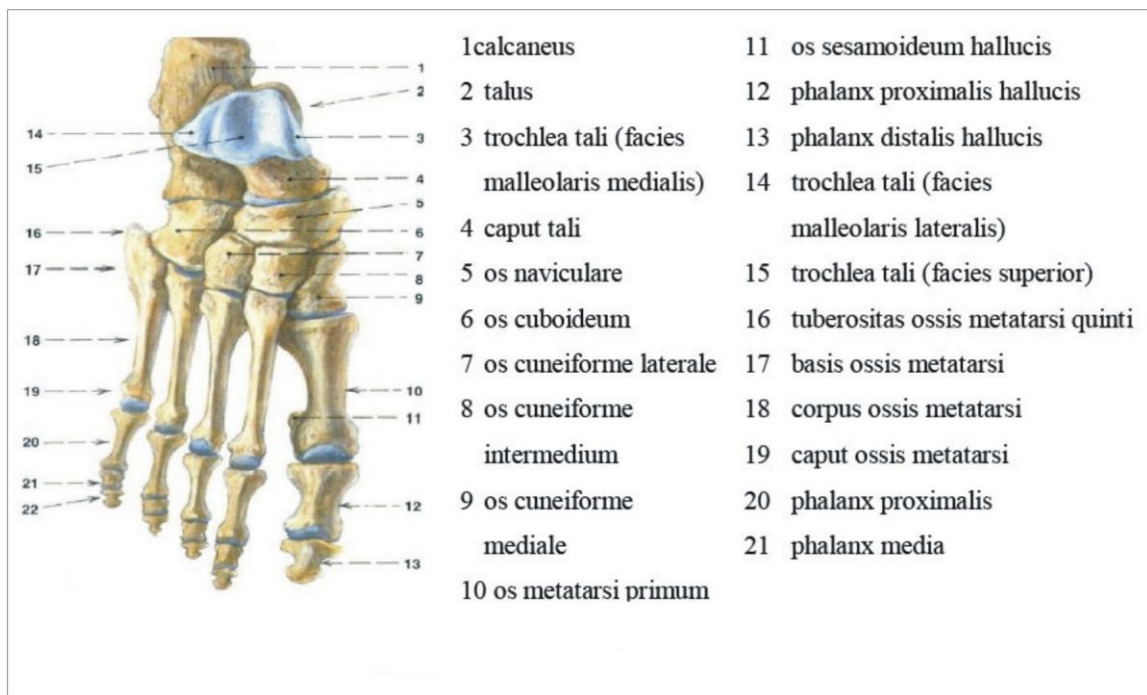
Sedm zánártních kostí nepravidelného tvaru se skládá v úseku zvaném tarsus. Zánártní kosti jsou: *Talus (kost hlezenní)*, která je skloubena s kostmi bérce. *Calcaneus (kost patní)*, je z kostí zánártních největší. *Os naviculare (kost lod'kovitá)*, vpředu připojená ke kosti hlezenní. *Os cuboideum (kost krychlová)*, přikloubená zepředu k patní kosti. *Os cuneiforme mediale, os cuneiforme intermedium a os cuneiforme laterale (kosti klínovité)*, mají název podle svého tvaru a polohy k tarsu. [10], [27], [28]

Ossa metatarsi - kosti nártní

Pět nártních kostí tvoří část skeletu nohy zvanou nárt. Stavbou, vývojem a osifikací jsou obdobné kostem záprstním na ruce. Kosti nártní se označují *os metatarsale I. – V.* (zkrácené české označení je 1. - 5. metatars). [10], [27]

Ossa digitorum pedis - kosti prstů nohy

Kosti prstů nohy tvoří články prstů. Na palci se nacházejí dva články a po třech člancích na ostatních prstech. [10], [27]



Obr. 7. Kosti nohy. [10]

Svaly nohy

Svaly pro správnou funkci nohy se dají rozdělit na dlouhé zevní svaly a krátké vnitřní svaly. Dlouhé svaly jsou lokalizovány v oblasti bérce - **musculi cruris** a krátké svaly jsou lokalizovány v oblasti vlastní nohy - **musculi pedis**.

Svaly bérce (musculi cruris) jsou uloženy ve třech skupinách: *skupině přední, laterální a zadní*.

Svaly přední skupiny jsou funkčně extensory prstů nohy a supinátory nohy, inervovány jsou z nervus fibularis profundus a tvoří je tyto svaly: *Musculus tibialis anterior (přední sval holenní)*, jeho funkcí je dorsální flexe nohy a vytáčení tibiálního okraje nohy vzhůru – supinace nohy. *Musculus extensor digitorum longus (dlouhý natahovač prstů)*,

zajišťuje dorsální flexi nohy a prstů. *Musculus extensor hallucis longus* (dlouhý natahovač palce), jeho šlacha jde po hřbetu nohy k palci, provádí extensi palce.

Svaly laterální skupiny jsou dva. Prvním je *musculus fibularis longus* (dlouhý sval lýtkový), jehož funkcí je pronace nohy - zdvižením zevního okraje nohy, udržuje klenbu nohy. Druhým svaem je *musculus fibularis brevis* (krátký sval lýtkový), jenž má shodné funkce jako dlouhý sval lýtkový.

Zadní skupina svalů bérce je rozdělena na vrstvu povrchovou a hlubokou. Povrchovou vrstvu tvoří *musculus triceps surae* (trojhlavý sval lýtkový), způsobuje plantární flexi, zdvíhá tělo při chůzi, udržuje správnou pozici bérce vůči noze. A hlubokou vrstvu tvoří čtyři svaly. Prvním je *musculus popliteus* (sval zákolenní), který umožňuje flexi kolenního kloubu a vnitřní rotaci bérce při flexi kolena. Druhým svaem je *musculus tibialis posterior* (zadní sval holenní), jehož funkcí je plantární flexe nohy a supinace - zdvíhání tibiálního okraje nohy, čímž sval podchycuje podélnou klenbu nožní. Třetím svaem této skupiny je *musculus flexor digitorum longus* (dlouhý ohýbač prstů), díky kterému dochází k flexi nohy, zejména k flexi prstů. Sval tiskne k podložce prsty při odvíjení nohy za chůze. A posledním svaem je *musculus flexor hallucis longus* (dlouhý ohýbač palce), který zabezpečuje flexi palce. Během chůze přitlačuje palec směrem k podložce a pomáhá při odvíjení nohy při chůzi.

Svaly nohy (musculi pedis) se nachází na hřbetu nohy i v plantě. Svaly na hřbetu nohy jsou funkčně extensory pro palec a prsty, inervovány jsou z nervus fibularis profundus. Svaly v plantě vytvářejí skupiny: svaly palce, svaly malíku, svaly střední skupiny a svaly mezikostní. Inervace svalů planty přichází dvěma hlavními větvemi nervus tibialis.

Svaly na hřbetu nohy jsou: *musculus extensor digitorum brevis* (krátký natahovač prstů), zabezpečuje extenzi 2. - 4. prstce. *Musculus extensor hallucis brevis* (krátký natahovač palce), umožňuje extenzi palce.

Svaly v plantě, první skupinou jsou svaly palce, jsou při mediálním okraji nohy, patří zde *musculus abductor hallucis* (odtahovač palce), pomocný sval k udržení podélné nožní klenby), *musculus flexor hallucis brevis* (krátký ohýbač palce), provádí flexi proximálního článku palce a *musculus adductor hallucis* (přitahovač palce). Druhou skupinou jsou svaly malíku, které leží při laterální straně nohy, jsou *musculus abductor digiti minimi* (odtahovač malíku) a *musculus flexor digiti minimi* (krátký ohýbač malíku). Třetí skupinou jsou svaly střední skupiny: *musculus flexor digitorum brevis* (krátký ohýbač prstů), zabez-

pečuje flexi v 2. – 5. prstce, sval přitlačující prstce k podložce při chůzi, *musculi lumbricales* (svaly červovité), flexe v MTP kloubech a *musculus quadratus plantae* (flexor prstců), pomáhá udržovat podélnou nožní klenbu. Poslední skupina - *musculi interossei* (svaly mezikostní). Jsou tři plantární a čtyři dorsální, díky těmto svalům dochází ke svírání a rozvírání vějíře prstců. [10], [24], [27]

2.1.1 Klenba nohy

Kostra nohy je sklenuta do dvou klenebních oblouků, podélného a příčného. Podélná klenba je dána vyšším mediálním obloukem, který je tvořen třemi mediálními paprsky s vrcholem v kosti loďkovité. Příčná klenba je podmíněna tvarem a uspořádáním kostí klínovitých, směrem dopředu klenutí ubývá a za normálních podmínek leží hlavičky všech metatarzů ve stejné rovině, takže v zatížení je hmotnost těla rozložena na všechny paprsky.

Podélná i příčná klenba mají svoji důležitost. Jsou udržovány ve správné poloze mohutným vazivovým aparátem a svaly. [10], [11], [20], [22], [27]



Obr. 8. Klenba nohy (L – podélná klenba, T – příčná klenba). [10]

2.2 Funkce nohy

Noha slouží jako spojení těla s podložkou a díky zpětné propriorepci tělo udržuje vzpřímený stoj. Každý krok začíná noha jako flexibilní struktura a dokončuje krok jako rigidní páka, udržující balanci těla.

Funkci nohy můžeme rozdělit na statickou - nosnou, kdy noha poskytuje spolehlivou oporu vzpřímeného těla a přenáší jeho hmotnost na rovnou nebo šikmou podložku

a část dynamickou, kdy noha dokáže spolehlivě zajistit oporu při chůzi, běhu, skákání a nošení břemen. Pro tyto své funkce je vybavena složitou stavbou a architektonikou dvou klenutých oblouků (podélné a příčné klenby), které jsou zabezpečeny především svaly, ale i tvarem kosti a vazivovým aparátem. [26], [27], [28]

Zatížení nohy ve stoji

Klidný, uvolněný stoj na obou dolních končetinách je dynamický stav, který je charakterizovaný drobnými a pomalými pohyby. Noha leží na podložce, tělesná hmotnost je přenášena na kost hlezenní, a odtud dále na kost patní a přednoží. Měkké tkáně chodidla působí jako nárazník a přenášejí bodové tlaky skeletu na větší kontaktní plochy. Otřesy a pohyby jsou přenášeny do vyšších etáží senzorigickým aparátem, jež tvoří tlakové receptory v kůži – proprioreceptory v kloubních strukturách a tahové receptory ve šlachách a sva-lech, odkud jsou automaticky řízeny korekční pohyby. Při vzpřímeném stoji se promítá těžiště tělního těžiště lehce dopředu před kosti loďkovité. [20]

Zatížení nohy při chůzi

Pohyb vpřed se skládá ze stálého opakování kroků. Cyklus chůze, který jako takový, zaujímá celý dvojkrok, probíhá v časovém intervalu mezi opakovaným kontaktem paty stejné nohy s podložkou. Pro každou nohu je krok rozdělen do fáze statické (stojná noha je v kontaktu s podložkou a přenáší hmotnost směrem dopředu) a fáze dynamické (kročné, švihová noha není v kontaktu, celá hmotnost je přenášena kontralaterální nohou směrem dopředu).

Při pohybu těla za pomoci bipedální chůze opisuje hypotetické tělní těžiště, umístěné ventrálně pod obratlem S_2 , sinusoidu ve vertikální i horizontální rovině, jejíž amplituda je minimalizována mechanismem chůze. Při zrychlení chůze se výkyv těžiště zvětšuje, při pomalé chůzi je tomu naopak. Tento pohyb těžiště ovlivňuje změny zatížení chodidla v jednotlivých fázích kroku. [20]

Pohyby nohy

Dorzální flexe je pohyb planty směrem k bérce, má rozsah cca 20 - 30°.

Plantární flexe je pohyb planty opačným směrem než u dorzální flexe, o rozsahu cca 30 - 50°.

Addukce je pohyb nohy kolem vertikální osy směrem dovnitř.

Abdukce je pohyb nohy kolem vertikální osy směrem ven. Rozsah mezi abdukci a addukcí je zhruba 35 - 45° při extenzi v kolenním kloubu, při flexi v kolenním kloubu vzrůstá a zvyšuje se, pokud dojde ještě současně k rotaci v kyčli.

Pronace je rotační pohyb planty kolem podélné osy nohy laterálně zhruba 15°. Od podložky se zvedá malíková strana nohy, palcová strana zůstává na podložce. Nožní klenba se snižuje.

Supinace je rotační pohyb planty kolem podélné osy nohy mediálně asi 35°. Od podložky se zvedá palcová strana nohy a malíková strana zůstává na zemi. Nožní klenba se zvyšuje.

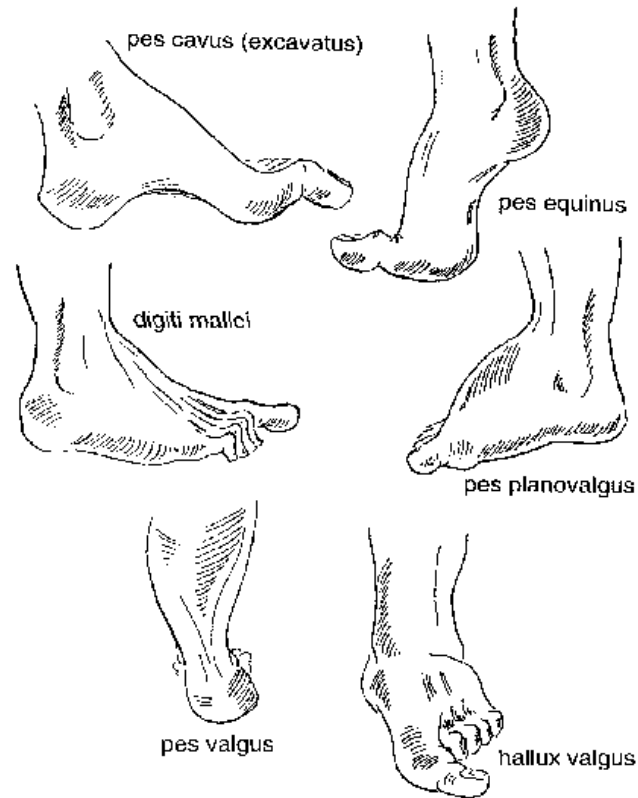
Inverze je addukce společně se supinací.

Everze je abdukce společně s pronací. [27]

2.3 Hlavní deformity nohy

Mezi hlavní deformity nohy patří *pes calcaneus*, jenž vzniká při poškození *musculus triceps surae* - nelze se postavit na špičku, váha spočívá na kosti patní. Dále pak *pes equinus*, který vzniká při poruše *musculus tibialis anterior* a extenzorů prstců. Pata se zvedá pro kontrakturu a váha spočívá na špičce. *Pes varus*: vzniká při poruše *musculi peronei*. Chodidlo se stáčí dovnitř. *Pes vagus*: přichází při poruše *musculus tibialis posterior* nebo krátkých svalů nohy. Chodidlo se stáčí ven. *Pes cavus (excavatus)*: zvýšená nožní klenba. *Pes plantus*, eventuelně *pes transversoplantus* s pokleslou nožní klenbou podle toho, která z kleneb je více pokleslá.

Kombinací základních typů deformit vzniká celá řada nových deformit, např. *pes planovalgus* apod. Velmi časté jsou deformace postavení metatarzofalangeálních kloubů palce (*hallux vagus*), které mohou vznikat tlakem obuvi, nebo špatnou zátěží při odvíjení nohy. [10], [25]



Obr. 9. Ukázka některých deformit nohy. [25]

2.4 Měření plantárního tlaku

Historie studování nášlapu sahá až k počátkům vývoje člověka. Primitivní člověk dokázal vyčíst mnoho informací ze stop zvířat či lidí, a to podle tvaru, hloubky a okrajů otisků. První zmínky o snaze analyzovat lidskou chůzi pocházejí již od Aristotela. V jeho době bylo ovšem vědecké bádání založeno pouze na úvahách o problému a nebyly prováděny ověřující experimenty. Postupem času se tak většina z Aristotelových závěrů a odhadů týkajících se chůze ukázala jako chybná. [33], [34]

Ke komplexnějšímu zkoumání chůze došlo pak až v období renesance, kdy díky prudkému rozvoji přírodních věd a novým poznatkům z oblasti fyziky, matematiky a anatomie získali tehdejší badatelé nové vědecké nástroje pro popis průběhu a principu lidského pohybu. Za zakladatele biomechaniky se všeobecně považuje Giovanni Alfonso Borelli (1604 – 1680). [33]

Výzkum v oblasti metod měření velikosti sil působících při nášlapu započal v 19. století. Již dříve biomechanikové věděli, že při došlapu dochází k silovému působení nohy na podložku (a naopak), ale neměli možnosti tyto síly a jejich rozložení měřit. První úspěšný experiment provedl Gaston Carlet (1849-1892), který vymyslel botu se třemi zabudovanými tlakovými snímači. Byl tak první, kdo zaznamenal typický průběh nášlapných sil – křivku se dvěma maximy a jedním minimem (podobné písmenu M). Ve stejném období Carletův učitel Jules Etienne Marey (1830-1904) a kolega Georges Demeny vyvinuli první silovou desku pro měření nášlapných sil. Princip byl obdobně jako u Carletových snímačů v obuvi založen na pneumatickém mechanismu a deska měřila pouze vertikální sílu. Jules Amar (1879-1935) pracoval jako rehabilitační lékař s mnoha válečnými veterány, kteří přišli ve válce o dolní končetinu. Pro svou práci vymyslel jako první na světě pneumatickou silovou desku, která snímala nášlapnou sílu ve třech směrech. V roce 1930 technický inženýr Wallance Fenn vyvinul jednodimenzionální mechanickou silovou desku a Dr. Elftman v roce 1938 silovou desku, se kterou bylo možno na mechanickém principu měřit sílu ve třech rovinách. Po druhé světové válce byla v Americe založena první Biomechanická laboratoř pod vedením ortopedického chirurga Verde T. Inmana (1905-1980) a inženýra Howard D. Eberharta (1906-1993). Tým laboratoře začal používat různé techniky a metody pro sledování chůze. [33], [34]

Koncem 60. let byly vyvinuty silové desky na piezo-elektrickém principu, a to na pracovištích v Evropě a v USA. Doposud vyrobené silové desky byly použitelné pouze pro laboratorní účely. V roce 1971 bylo poprvé vyrobeno v USA několik stejných silových desek pro využití v nemocnicích.

Až do konce 70. let byly metody pro analýzu chůze využitelné jen pro malé množství měřených subjektů. Přístroje a metody byly těžkopádné a měření a vyhodnocování zdlouhavé. Navíc výstupy z těchto měření neměly takový formát, aby byly běžně využitelné v klinické praxi. To se změnilo s rozvojem počítačové techniky.

Na počátku 80. let byla Boultonem a jeho kolektivem publikována první studie o použitelnosti záznamu rozložení nášlapných tlaků pro diagnostiku diabetické nohy. Inspirováni touto publikací začali němečtí vědci Kisch, Hauser, Schaff a Seitz pracovat na zařízení, které by měřilo aktuální rozložení nášlapných tlaků. Tak vznikl první systém schopný přesného dynamického měření nášlapného tlaku - systém senzorů EMED[®].

V současné době se systémy tlakových senzorů běžně využívají v klinické praxi. Existují systémy založené na principu kapacitních nebo odporových senzorů a uplatňují se v ortopedii, revmatologii, rehabilitaci, protetice a ortotice, diabetologii, neurologii, ve sportovní medicíně, hippoterapii apod.

V České republice jsou v současnosti nejčastěji využívány tyto čtyři systémy:

- EMED[®] od firmy Novel
- MATSCAN[®] od firmy Tekscan
- FOOTSCAN[®] od firmy RSscan International
- Baropodometer[®] od Diagnostic Support

Většina těchto firem nabízí také systémy pro měření nášlapných tlaků v obuvi, eventuálně další typy zařízení pro měření tlaků při specifických situacích.



Obr. 10. MATSCAN[®]. [43]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 STANOVENÍ PRACOVNÍCH CÍLŮ

Na základě prostudovaných literárních zdrojů lze konstatovat, že fyziologické změny v těhotenství mají vliv na způsob chůze a na změny rozměrů dolních končetin.

Speciální obuv pro těhotné ženy na našem trhu neexistuje, je možné pouze doporučit některé zásady, kterými je vhodné, aby se těhotné ženy řídili při výběru obuvi. Doporučuje se obuv s nízkým podpatkem, vyrobená z přírodních materiálů, která svou konstrukcí a vnitřním prostorem poskytne noze pohodlí, všestrannou oporu a bezpečnou chůzi.

Hlavním cílem této diplomové práce je provést longitudinální studii distribuce tlaků u skupiny žen ve druhém a třetím trimestru těhotenství a k tomu byly stanoveny dílčí cíle:

1. Zaznamenání základních charakteristik probandek (věk, výška, počáteční hmotnost, týden těhotenství, hmotnostní přírůstek).
2. Měření změn obvodu prstních kloubů ve volném a zatíženém stavu v závislosti na týdnu těhotenství.
3. V kontextu předešlých studií změn chůze a parametrů nohy v průběhu těhotenství připravit a provést experiment.
4. Vyhodnotit naměřená data pomocí dostupného softwaru a získat informace o změnách distribuce nášlapných tlaků, síle a kontaktní ploše při nášlapu.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Popis experimentu

Výzkumná část diplomové práce je zaměřena na sledování změn velikosti a rozložení plantárního tlaku těhotných žen v období druhého a třetího trimestru těhotenství, kdy se výrazně mění zatížení dolních končetin a nohou z důvodu narůstající tělesné hmotnosti.

První měření u většiny probandek proběhlo na začátku druhého trimestru a následně bylo opakováno asi po třech týdnech až do porodu (každá žena absolvovala 5 - 6 měření). Dále byly probandky požádány, zda by mohly podstoupit srovnávací měření po šestinedělí, to však již nebylo z časových důvodů zahrnuto do vyhodnocení této diplomové práce. Měření probíhalo v období od listopadu 2011 do dubna roku 2012.

Při každém měření byl sledován hmotnostní přírůstek (vzhledem ke stavu na začátku těhotenství) a měřen obvod prstních kloubů v odlehčení a v zatížení. Dynamické měření distribuce náslapných tlaků bylo prováděno na přístroji EMED[®]-at. Z měření byly pak zjišťovány průměrné hodnoty maximální síly, maximálního a průměrného tlaku, kontaktní plochy a dalších veličin pomocí softwaru NOVEL-EMED[®].

4.2 Charakteristika probandek

Experimentu se zúčastnilo 12 probandek, které byly kontaktovány ve spolupráci s porodní asistentkou. Kritériem pro výběr probandek byl především dobrý zdravotní stav a bezproblémově probíhající těhotenství z důvodu větší pravděpodobnosti setrvání v experimentu až do vysokého stádia těhotenství. Dalším důležitým kritériem byla ochota a trpělivost probandek pro opakované měření. Omezujícím kritériem pro výběr probandek nebyl počet předchozích těhotenství ani věk.

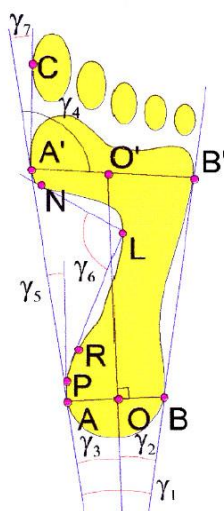
Průměrný věk zkoumaného souboru byl $29,17 \pm 2,41$ let, z toho 7 probandek bylo prvorodiček a zbývajících pět žen čekalo druhé dítě.

Pro charakteristiku souboru byly na počátku těhotenství zjišťovány údaje o věku, výšce, týdnu těhotenství, počáteční hmotnosti, hmotnostním přírůstkem od počátku těhotenství a případné zdravotní problémy. Uvedená data jsou zaznamenána v Tab. 1. Za pomoci softwaru NOVEL-GEOMETRY byly získány informace o šířce předonoží a délce nohy

viz Tab. 2. Pro přehledné zpracování výsledků a zachování anonymity bylo probandkám přiděleno označení A01 - A12.

Způsob získání počátečních údajů:

- **Týden těhotenství** byl zjištěn z těhotenské průkazky.
- **Počáteční hmotnost** [kg], hmotnost na počátku těhotenství, byla zjištěna z těhotenské průkazky.
- **Hmotnostní přírůstek** [kg], za pomoci tenzometrické osobní váhy s digitálním výškoměrem byla zjištěna hmotnost probandky při prvním měření. A od této hodnoty byla odečtena počáteční hmotnost. Tak byl zjištěn první hmotnostní přírůstek. Ten byl dále sledován při každém dalším měření.
- **Tělesná výška** [cm] byla měřena za pomoci tenzometrické osobní váhy s digitálním výškoměrem.
- **DCH – délka chodidla** [cm], byla vyhodnocena z naměřených dat. Za použití softwaru NOVEL-GEOMETRY, jsme získaly délku chodidla, která je charakterizována jako délka obdélníku vymezuující obtisknuté chodidlo. [40]
- **ŠP – šířka předonoží** [cm], byla vyhodnocena obdobně jako délka chodidla za pomoci softwaru NOVEL-GEOMETRY. Hodnota šířky předonoží je definována jako vzdálenost mezi bodem A' a bodem B'. [40]



Obr. 11. Šířka předonoží. [40]

A	věk	výška	počáteční hmotnost v kg	hmotnostní přírůstek při prvním měření v kg	první měření v týdnu	doplňující informace
A01	30	170	70	4	24	
A02	30	162	49	3	22	skolióza
A03	27	165	50	7	24	
A04	28	168	57,5	4,5	23	onemocnění srdce
A05	30	165	70	3,6	24	
A06	25	165	58	10	27	
A07	29	172	71	1	24	skolióza
A08	25	171	55	5	23	
A09	31	176	59,7	1,4	20	
A10	32	164	72	2,9	13	
A11	30	170	69	5,5	15	
A12	33	165	79	6,5	13	
průměr ± SD	29,17 ± 2,41	167,75 ± 3,92	63,35 ± 9,26	4,53 ± 2,41		

Tab. 1. Charakteristika probandek zjištěná u prvního měření.

A	DCHI první měření	DCHp první měření	ŠPI první měření	ŠPp první měření
A01	27,21	27,22	10,55	10,67
A02	23,38	23,77	8,52	8,38
A03	24,92	25,19	8,73	8,78
A04	25,14	25,01	9,1	9,21
A05	25,04	25,15	9,61	9,24
A06	24,16	25,1	9,03	9,08
A07	26,56	26,64	10,62	10,31
A08	25,21	25,59	9,05	9,1
A09	26,39	26,65	8,79	9,38
A10	25,47	25,14	8,8	9,77
A11	26,48	26,58	9,57	9,15
A12	26,17	26,09	9,65	10,19

Tab. 2. Charakteristika probandek zjištěná za pomoci softwaru NOVEL-GEOMETRY.

4.3 Měřicí zařízení

4.3.1 Deska EMED[®]-at

EMED[®]-at je sensorická plantografická plošina fungující jako elektronický systém pro získávání a hodnocení informací o distribuci tlaku chodidla ve statických i dynamických podmínkách. Plošina je opatřena kalibrovanými kapacitními senzory.

Technické parametry desky EMED[®]-at:

- rozměry přístroje: 610 x 323 x 18 mm
- plocha pokrytá senzory: 389 x 226 mm²
- počet senzorů: 1760
- rozlišení přístroje: 2 senzory na cm²
- snímkovací frekvence: 25/30 Hz
- rozsah tlaků: 10 – 990 kPa
- přesnost: 7 %
- rozsah pracovní teploty: od 10 - 40 °C
- maximální celková síla: 67 kN
- délka přívodní šňůry: 5 m [37]

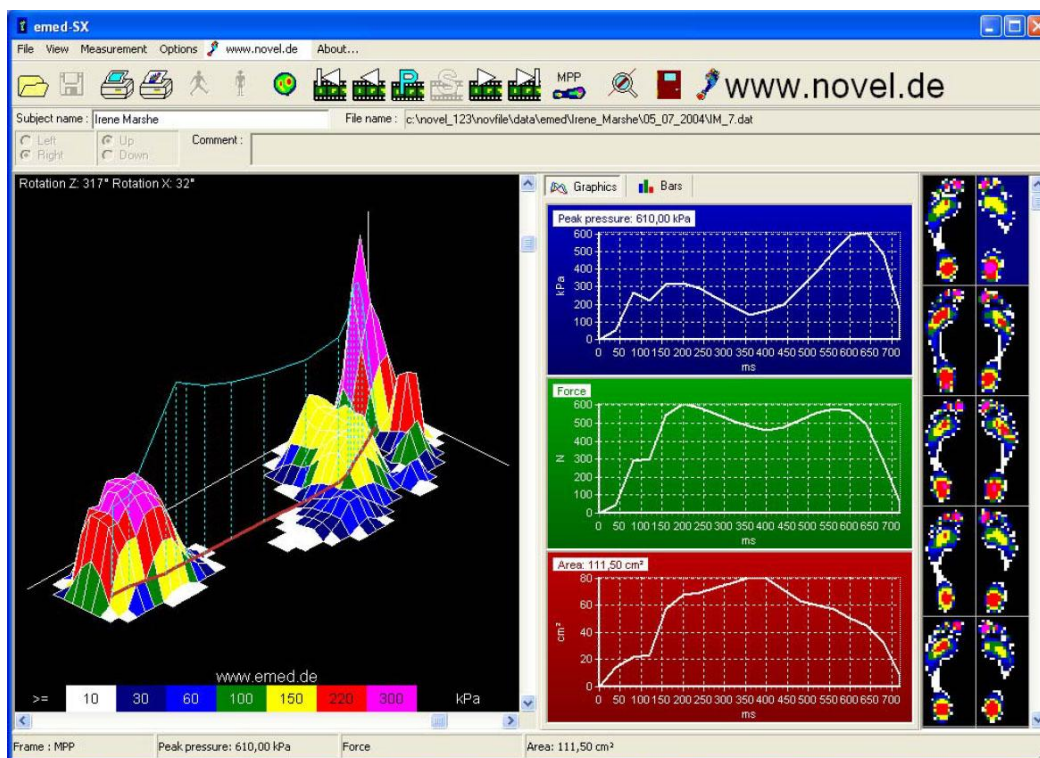


Obr. 12. Plantografická deska EMED[®]-at. [37]

Pro práci se softwarem NOVEL je vyžadován operační systém WINDOWS XP nebo WINDOWS 2000. Snímání dat začíná automaticky s prvním kontaktem nohy s deskou. Data měření jsou sbírána a zobrazována prostřednictvím softwaru NOVEL-EMED[®].

Verze EMED[®]-at umožňuje:

- měřit a nahrávat tlak plosky nohy ve statickém a dynamickém režimu
- měřit a nahrávat chůzi z obou směrů
- automatické rozpoznání pravé i levé nohy
- zprůměrovat výsledky hodnot vícenásobných měření
- zobrazit výsledky hodnot tlaku ve dvou i trojrozměrném obrázku
- zobrazit linii kroku (centra tlaku), a to i trojdimenzionálně
- zobrazit odval chodidla po jednotlivých časových okamžicích
- zobrazit obrázek maximálních tlaků
- vytvořit izobarický obrázek
- vytvořit graf závislosti tlaku, síly a plochy kontaktu na čase
- zobrazit časový integrál síly
- vytisknout obrázek s hodnotami plantárního tlaku (v měřítku 1:1)
- vkládat do jednotlivých souborů komentáře
- měřit délku i šířku nohy
- hlasitou komunikaci programu s uživatelem [36], [37], [38]



Obr. 13. Výstupní obraz 3D měření. [40]

4.3.2 Postup měření s deskou EMED[®]-at

Měření probíhalo v laboratoři ústavu fyziky a materiálového inženýrství, měřicí deska byla umístěna na zemi a připojena k notebooku a ke zdroji elektrického napětí.

Prostřednictvím softwaru NOVEL-DATABASE MEDICAL byla vytvořena databáze probandek, kam byly zaznamenány údaje zjištěné při prvním měření. Při každé další návštěvě zde byly také zaznamenány údaje o hmotnostním přírůstku a OPK.

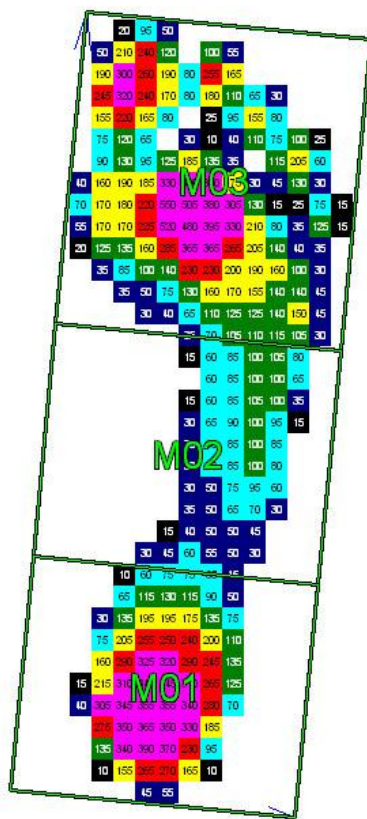
Samotné dynamické měření bylo uloženo k jednotlivým návštěvám v NOVEL-DATABASE MEDICAL, a tím byla zajištěna přehlednost a systematičnost experimentu.

Pro správné posouzení chodidla při dynamickém měření byla testovaná osoba naboso, či v tenkých ponožkách, paže svěšeny podél těla, s pohledem vpřed. Před každým měřením byla probandka vyzvána, aby si vyzkoušela chůzi před nášlapem na měřící plochu, nášlap na měřící zařízení a poté pokračování v chůzi. Takto byly následně vytvořeny záznamy čtyř až pěti kroků na každou nohu. Rychlost chůze odpovídala přirozené chůzi.

4.3.3 Zpracování a vyhodnocení naměřených dat

Získaná data z měření jsme poté zpracovali. Přímou v databázi byla vyhodnocena průměrná hodnota tlaku, síly a kontaktní plochy z každého měření. K vyhodnocení dalších parametrů jsme použili příslušný software NOVEL-SCIENTIFIC. Pro grafické znázornění a statistické vyhodnocení byla získaná data následně převedena do MICROSOFT EXEL. Naměřená data jsou uvedena v příloze (P I – P V)

Kromě celkového vyhodnocení jsme plošku nohy rozdělili na tři části v programu NOVEL MULTIMASK-CREATION OF ANY MASK jako (zadonoží M1 – 30%, středonoží M2 - 30% a předonoží M3 – 40%) dle Cavanagha a Albrechta.



Obr. 14. Rozdělení plosky nohy na jednotlivé masky. [40]

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V následující části práce jsme se snažili seřadit naměřená data, pak zjistit vzájemné závislosti jednotlivých veličin a tyto závislosti graficky znázornit. Vyhodnocení jsme provedli dvěma způsoby.

Jednak dle jednotlivých probandek - porovnání dat u každé osoby zvlášť.

Jednak podle týdnu těhotenství - porovnání dat více osob v různých obdobích. Dobu měření jsme rozdělili na šest úseků (21. - 24. týden, 25. - 27. týden, 28. - 30. týden, 31. - 33. týden, 34. - 36. týden a 37. - 39. týden). Zvolili jsme tak, aby jednak intervaly nezasahovaly do více trimestrů, jednak tak, aby každá probandka měla v každé skupině zahrnuto jen jedno měření. Do druhého způsobu vyhodnocení nebyly začleněny probandky A10, A11 a A12 z důvodu dřívějšího ukončení měření kvůli zhoršení zdravotního stavu.

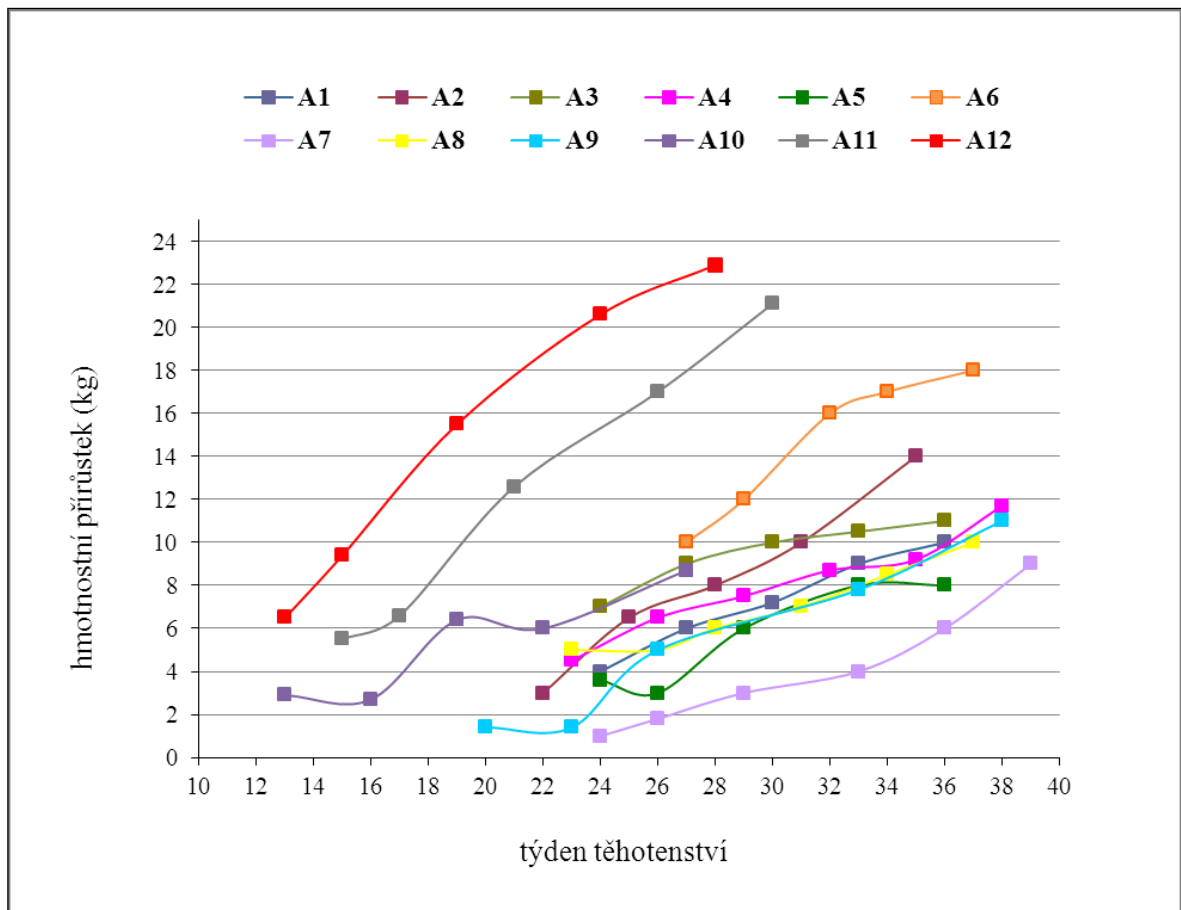
Experimentální část navazuje na předešlé výzkumy, kdy byl měřen nášlapný tlak při chůzi těhotných žen v obuvi. Při našem měření jsme chtěli odstranit vliv obuvi na rozložení nášlapných tlaků, takže měření bylo prováděno při chůzi na bosu pomocí desky EMED[®]-at.

5.1 Vyhodnocení tělesné hmotnosti

K hodnocení změny hmotnosti v průběhu těhotenství byly se souhlasem probandek použity naměřené hodnoty z tenzometrické osobní váhy s digitálním výškoměrem.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.3.9, celkový hmotnostní přírůstek během těhotenství by měl být přibližně 12 kilogramů. V našem případě se hmotnostní přírůstky pohybovaly v rozmezí 8 – 22,9 kg v porovnání s hmotností před těhotenstvím (viz příloha P IA, P IB). Přibere-li žena v těhotenství více, zvláště jde-li o nárůst hmotnosti nad dvacet kilogramů, svědčí to často o horší životosprávě či o sklonu organismu zadržovat v těhotenství vodu, což se projevuje mimo jiné formou otoků.

Závislost hmotnosti na týdnu těhotenství námi sledovaných probandek měla charakter stoupajících křivek s mírnými odchylkami, viz Obr. 15.



Obr. 15. Souhrnný graf probandek v závislosti hmotnosti na týdnu těhotenství.

5.2 Vyhodnocení změn obvodu prstních kloubů v průběhu těhotenství

OPK - obvod prstních kloubů se měřil plátěným obuvnickým měřidlem vždy v nejširším místě přední části nohy přes kloub palce a malíku, v tomto místě jsou skloubeny kosti prstců s kostmi nártními. Snažili jsme se, aby měřidlo nebylo na noze příliš volné ani těsné. Měření se provádělo jak v odlehčení, tak v zatížení.

OPK_v – obvod prstních kloubů v odlehčení, měří se vsedě, probandka „má nohu přes nohu“. OPK_z - obvod prstních kloubů v zatížení, měří se ve stoje. Takto byla změřena pravá i levá noha.

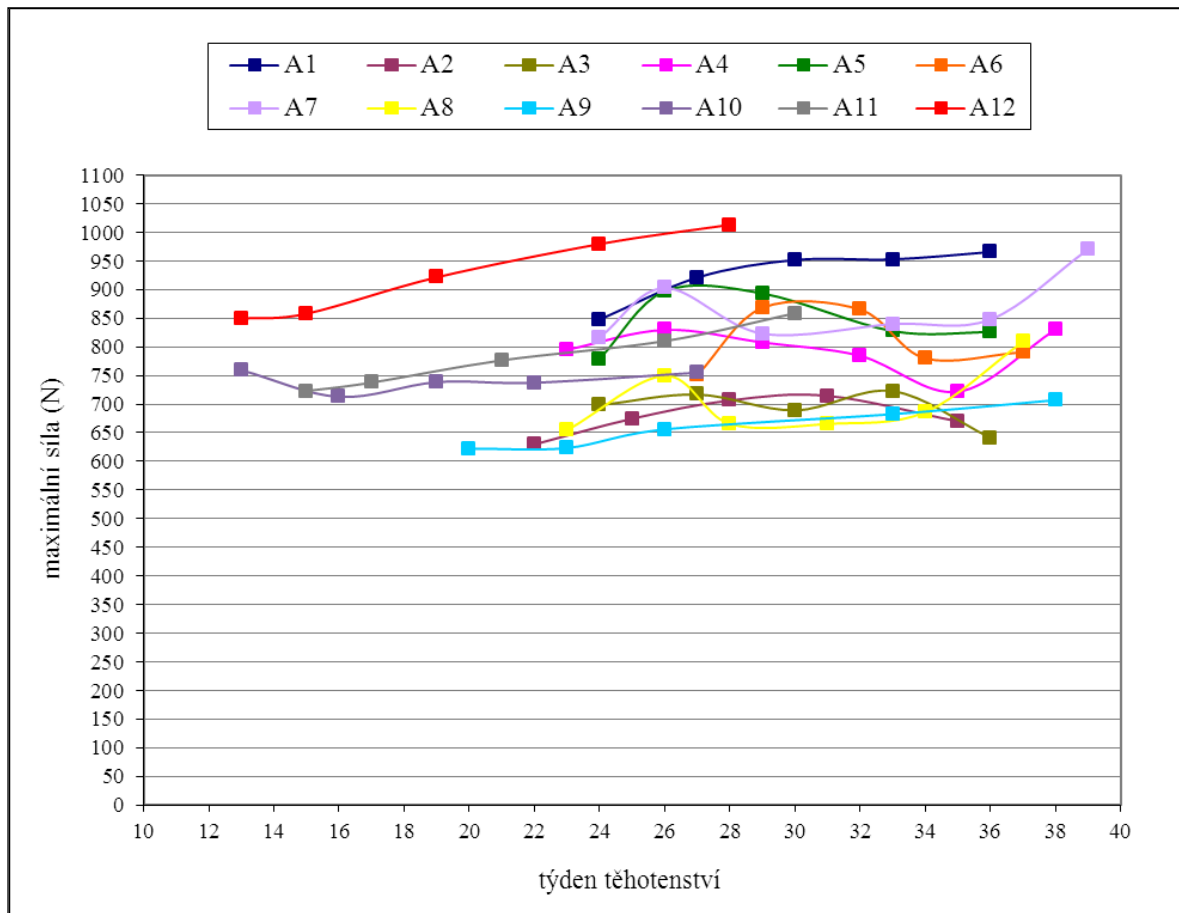
V tomto případě bylo zjištěno, že závislost OPK_v a OPK_z na týdnů těhotenství je individuální. Tyto parametry jsou velmi ovlivněny aktuálním otokem nohou těhotných žen, což souvisí s denní dobou měření a s pohybovou aktivitou žen během dne. U našeho testovaného souboru se neprojevila žádná závislost mezi OPK stupněm těhotenství, ani závislost rozdílu OPK_z a OPK_v na týdnů těhotenství. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze P IA, P IB.

5.3 Vyhodnocení změn síly v průběhu těhotenství

Hodnoty maximální síly z měření jednotlivých probandek jsme získali ze softwaru NOVEL-MEDICAL DATABASE. Hodnoty jsme následně převedli do MICROSOFT EXCEL (viz příloha IIA, IIB).

U většiny probandek byla zřejmá rostoucí tendence celkové maximální síly viz Obr. 16., což pravděpodobně souvisí s nárůstem hmotnosti. K podobným závěrům došel ve své studii Nyska (1997), k jinému závěru došla ve své studii Ribeiro (2011) - pokles maximální síly v mediální části zadonoží v průběhu měření. [29], [30]

Provedli jsme také statistické vyhodnocení síly za pomoci T-testu, na základě prvního a posledního měření u každé probandky. Výsledkem studie byl signifikantní nárůst na hladině spolehlivosti 0,05.



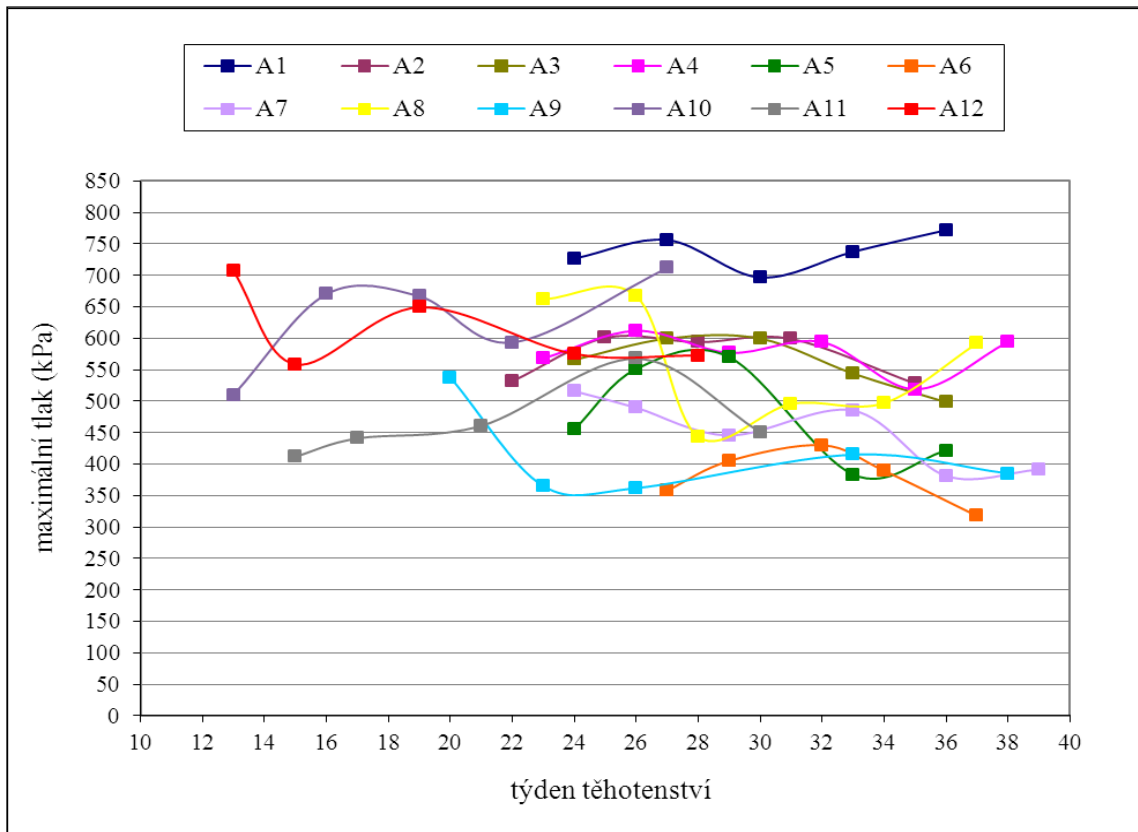
Obr. 16. Maximální síla u jednotlivých probandek v závislosti na týdnu těhotenství.

5.4 Vyhodnocení změn plantárních tlaků v průběhu těhotenství

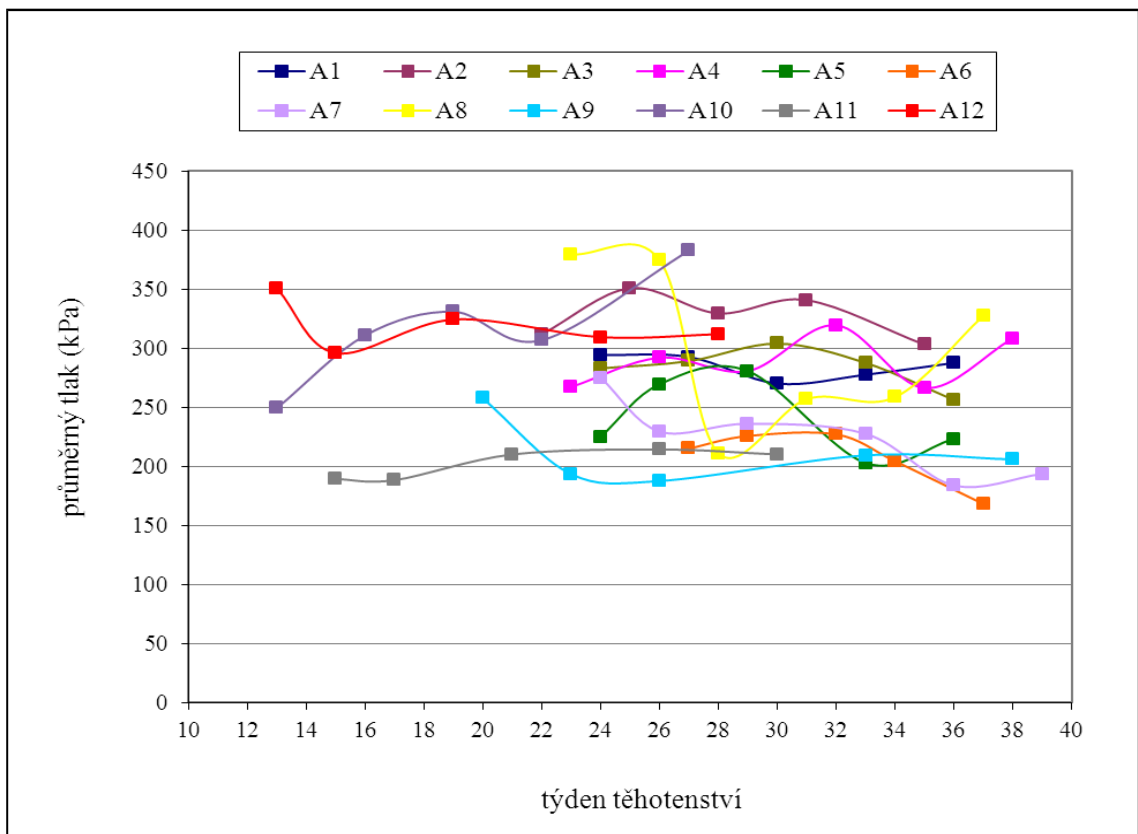
Hodnoty plantárních tlaků z měření jsme získali ze softwaru NOVEL-MEDICAL DATABASE. Hodnoty jsme následně převedli do programu MICROSOFT EXCEL, kde jsme provedli další vyhodnocení (viz příloha IIIA, IIIB).

Studie Nysky (1997) a Gaunera (2009) poukazují na zvýšení plantárního tlaku ve středonoží při dynamickém zatížení. Ve studii provedenou Ribeiro (2011) bylo zjištěno, že tlak se snížil na mediální části zadonoží z 1. → 3. trimestru. [29], [30], [31]

Předpokládali jsme, že s přibývajícimi týdny těhotenství dojde k určitému zvýšení hodnot nášlapných tlaků např. v předonoží nebo k jeho redistribuci, a to i z toho důvodu rostoucí tendence hodnot maximálních nášlapní síly (viz kapitola 5.3). Vyhodnocení naměřených dat ukázalo, že u většiny probandek se nepodařilo prokázat zvýšení maximálních, ani průměrných tlaků, ani se neprojevíly jednotné tendence ve vývoji tlaků v průběhu těhotenství. Hodnoty jsou značně rozkolísané, proto jsme dále s výsledky nepracovali.



Obr. 17. Graf závislosti maximálního tlaku u jednotlivých probandek na týdně těhotenství.



Obr. 18. Graf závislosti průměrného tlaku u jednotlivých probandek na týdně těhotenství.

5.5 Vyhodnocení změn kontaktní plochy v průběhu těhotenství

Hodnoty kontaktní plochy z měření jednotlivých probandek jsme získali ze softwaru NOVEL-MEDICAL DATABASE. Hodnoty jsme následně převedli do MICROSOFT EXEL (viz příloha IIA, IIB).

Kromě kontaktní plochy celkové a kontaktní plochy v jednotlivých maskách byl hodnocen index laterální a mediální plochy (LAMAI), který jsme získali vytvořením skupin v NOVEL MULTIMASK-GROUP EDITOR a dále vyhodnocením v softwaru NOVEL GAITLINE-LATERAL MEDIAL AREA INDICIES. Hodnoty jsme následně opět převedli do MICROSOFT EXEL, kde jsme je dále zpracovali (viz příloha V).

$$\text{Index se vypočítá: } LAMAI = (A_L - A_M) / A_F \quad (5.1)$$

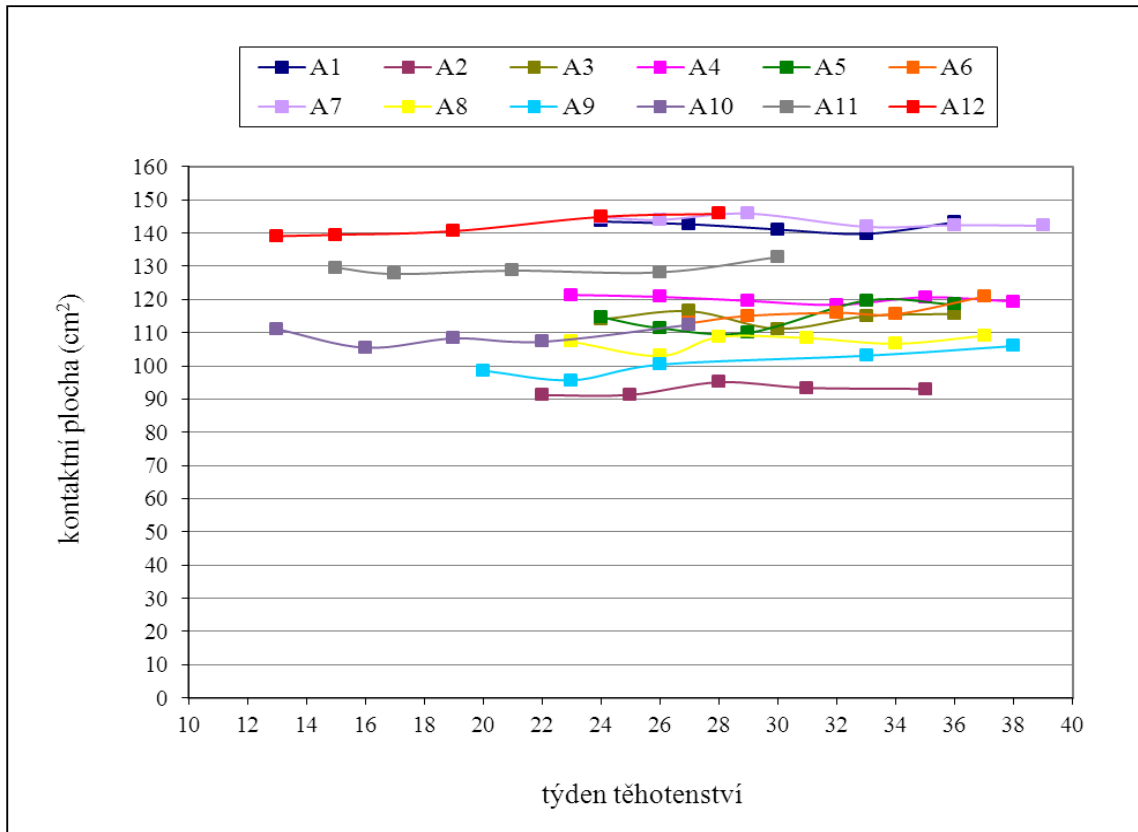
Kde: A_L – laterální plocha plosky nohy od osy chůze

A_M – mediální plocha plosky nohy od osy chůze

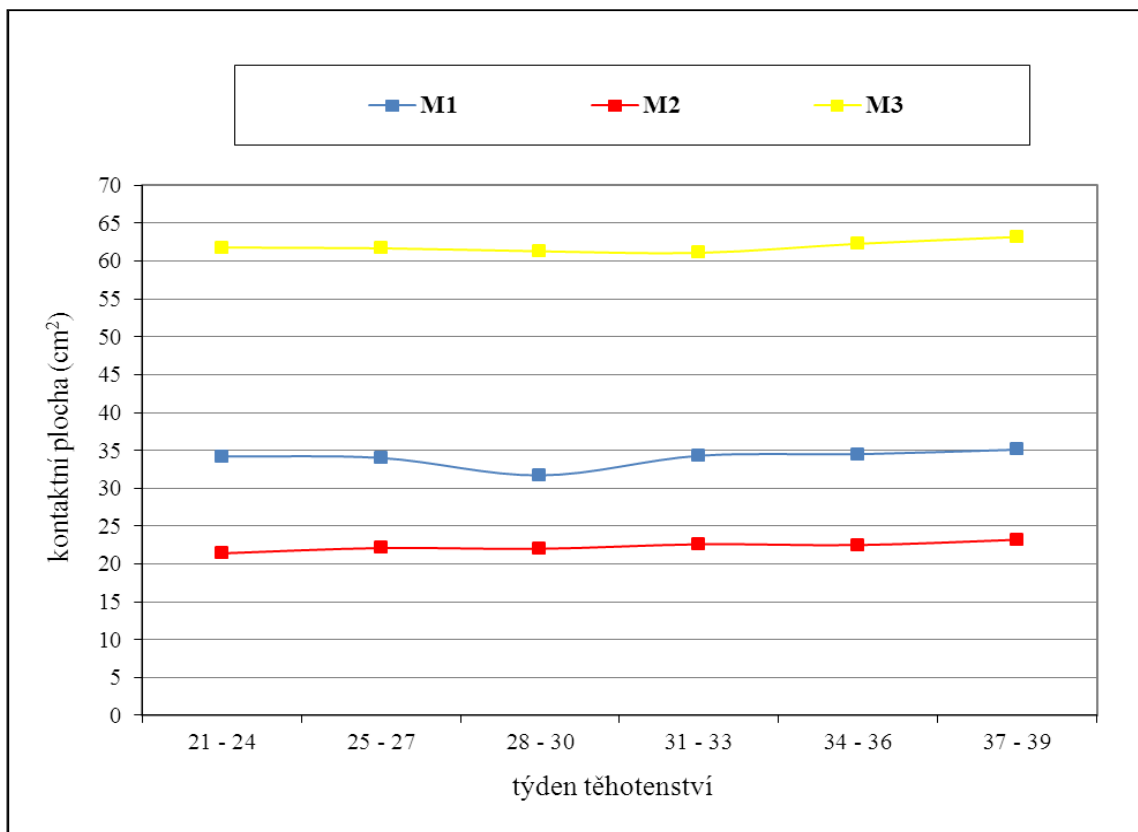
A_F – celá oblast plosky nohy [40]

Plocha nebo-li area, je dána kontaktní plochou plosky nohy s měřicí deskou. Předpokládali jsme, že s přibývajícím hmotností a otokem dolních končetin v těhotenství dojde ke zvýšení celkové kontaktní plochy. Tento předpoklad také podporuje výsledek studie Nysky (1997), který uvádí, že ve stoji i při chůzi došlo k zvýšení kontaktní plochy. Z naší studie takový závěr nevyplývá. Dle grafu na Obr. 19., 20. můžeme vidět, že v průběhu těhotenství plocha jen mírně kolísala, a to jak celková plocha, tak i hodnoty v maskách. Naměřená data jsme podrobili statistické analýze. Byl proveden T - test, ale změna nevyšla jako signifikantní.

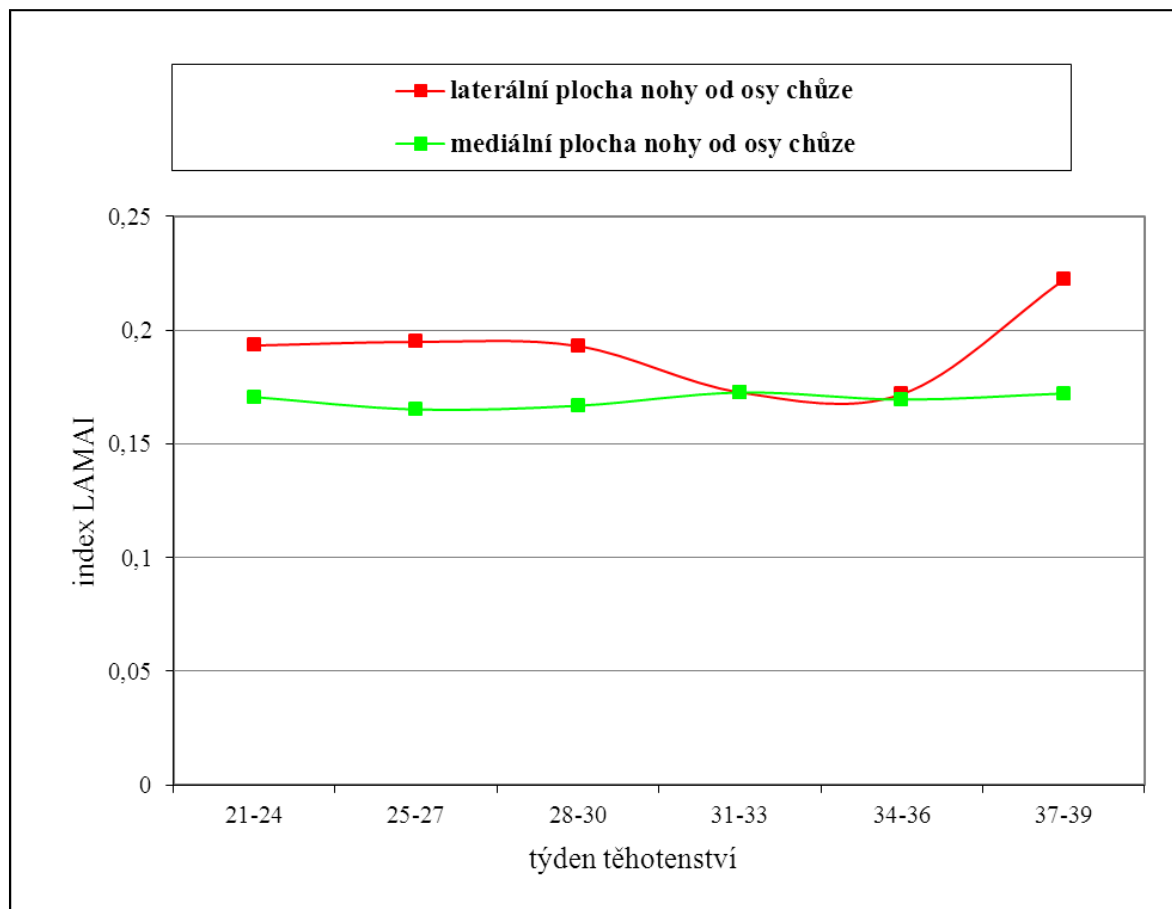
Nyska (1997) také uvádí, že u žen dochází k tzv. lateralizaci (chůze, s přesunem záteže na zevní stranu plosky nohy), předpokládali jsme, že dojdeme k podobnému závěru, ale výsledky naší práce tuto teorii nepodporují, viz Obr. 21. [30]



Obr. 19. Graf závislosti kontaktní plochy u jednotlivých probandek na týdnu těhotenství.



Obr. 20. Průměrné hodnoty kontaktní plochy u jednotlivých masek (viz kapitola 5).

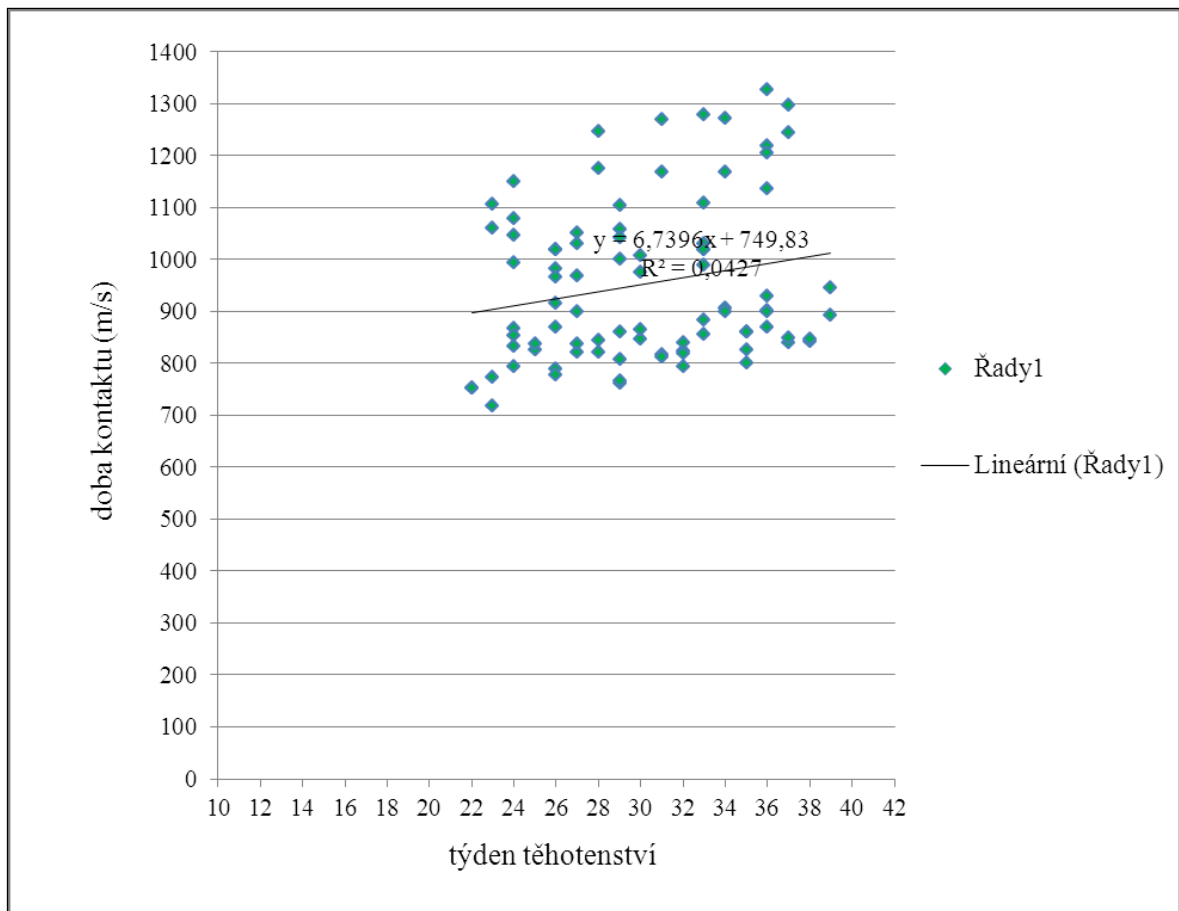


Obr. 21. Graf průměrných hodnot závislosti indexu LAMAI na týdnu těhotenství.

5.6 Vyhodnocení změny doby kontaktu v průběhu těhotenství

Hodnoty doby kontaktu z měření jsme získali ze softwaru NOVEL-MEDICAL DATABASE. Hodnoty jsme následně převedli do MICROSOFT EXCEL (viz příloha P IVA, P IVB).

Naměřená data jsme podrobili statistické analýze. Pomocí T – testu jsme ověřovali nezávislost parametrů. Nezávislost nebyla potvrzena na hladině významnosti 0,1. Dle následného výpočtu Pearsonova koeficientu (kladná hodnota) vyšla rostoucí tendence doby kontaktu v průběhu těhotenství (viz Obr. 22.). Ke stejnému závěru se přiklání ve své studii Nyska (1997). I ve studii provedenou Ribeiro (2011) vzrostl kontaktní čas v oblasti středonoží. [29], [30]

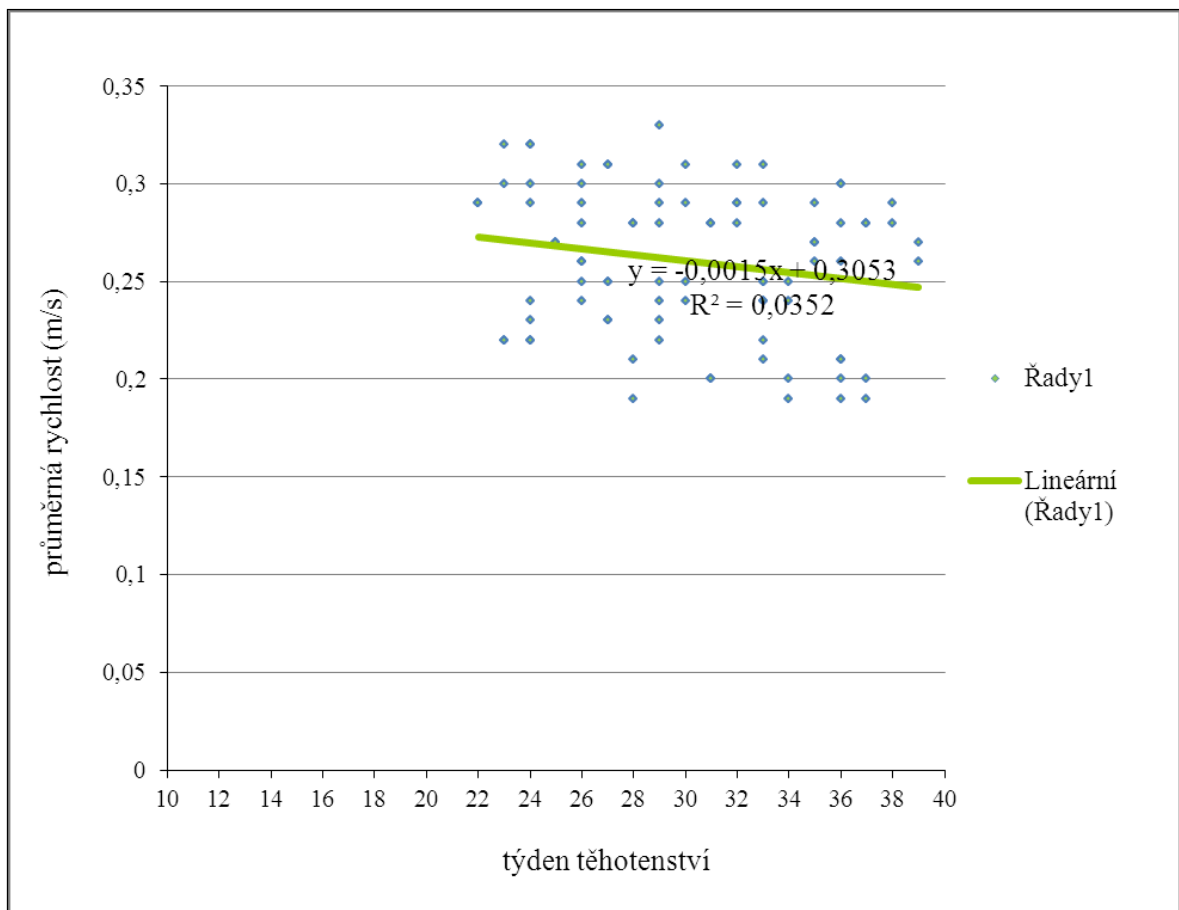


Obr.22. Graf závislosti doby kontaktu na týdnů těhotenství.

5.7 Vyhodnocení změny průměrné rychlosti COP v průběhu těhotenství

Hodnoty průměrné rychlosti COP (centrum tlaku) u každé probandky jsme převedli ze softwaru NOVEL GAITLINE–VELOCITY OF THE COP zapsali do MICROSOFT EXEL (viz příloha P IVA, P IVB).

Byla zřejmá klesající tendence a toto vyhodnocení jsme podrobili statistické analýze. Pomocí T – testu jsme ověřovali nezávislost parametrů. Jelikož nezávislost na hladině významnosti 0,1 se neprokázala, musíme připustit závislost průměrné rychlosti COP na týdnů těhotenství. Záporná hodnota Pearsonova korelačního koeficientu naznačuje klesající tendenci průměrné rychlosti v závislosti na týdnů těhotenství, viz Obr. 23.



Obr. 23. Graf závislosti průměrné rychlosti COP na týdnů těhotenství.

ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na měření nášlapných tlaků při chůzi u žen v druhém a třetím trimestru těhotenství. Experimentální část navazuje na předešlé výzkumy, kdy byl měřen nášlapný tlak při chůzi těhotných žen v obuvi. Při našem měření jsme chtěli odstranit vliv obuvi na rozložení nášlapných tlaků, takže měření bylo prováděno při chůzi na boso pomocí desky EMED[®]-at. Experimentu se zúčastnila skupina 12 žen (průměrného věku $29,17 \pm 2,41$ let), která byla vybrána ve spolupráci s porodní asistentkou.

Měření bylo zaměřeno na sledování hodnot maximální síly, průměrného tlaku, maximálního tlaku, kontaktní plochy, doby kontaktu, průměrné rychlosti COP a na změny OPK v odlehčení a zatížení v závislosti na týdnu těhotenství.

Na základě prostudované literatury jsme zjistili, že se provedené studie neshodují ve svých závěrech. Chtěli jsme nalézt společné znaky změn rozměrů nohy a distribuci nášlapných tlaků, aby bylo možné tyto informace využít pro navrzení nebo výběr vhodné obuvi.

Naše měření ukázalo, že u většiny probandek se podle očekávání projevila rostoucí tendence celkové maximální síly, což pravděpodobně souvisí s nárůstem hmotnosti. Společným rysem změn u měřených žen byl také pokles průměrné rychlosti COP v průběhu těhotenství.

Vyhodnocením naměřených dat se nepodařilo jednoznačně potvrdit výsledky týkající se nárůstu kontaktní plochy. Dále se nepotvrdil předpoklad, že u vybraného souboru žen dojde ke zvýšení průměrného a maximálního tlaku, ani se zde neprojevily jednotné tendence v jejich redistribuci.

Zdá se, že organismus ženy je schopen se v průběhu těhotenství adaptovat na postupně rostoucí zátěž a tlumící mechanismy těla a dolní končetiny jsou schopny zabránit velkému zvýšení lokálních tlaků na plošku nohy. Způsob adaptace je však pravděpodobně velmi individuální, z čehož vyplývá, že je velmi obtížné stanovit jednotné požadavky na obuv vhodnou pro těhotné ženy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**Monografie:**

- [1] TRČA, Stanislav. *Budeme mít děťátko: těhotenství, správná životospráva, porod, šestinedělí, péče o dítě*. 1. vydání. Praha: Grada, 2001. 218 s.
ISBN 80-247-0139-1.
- [2] ČECH, Evžen. *Porodnictví*. 1. vydání. Praha: Grada, 1999. 432 s.
ISBN 80-716-9355-3.
- [3] DLHOŠ, Ernest a Alfréd KOTÁSEK. *Porodnictví*. Praha: Avicentrum, 1981.
558 s. ISBN 08-036-81.
- [4] FUCHS, Vladimír. *Nemoci v těhotenství*. Praha: Avicentrum, 1985. 351 s.
ISBN 08-084-85.
- [5] ROZTOČIL, Aleš. *Moderní porodnictví*. 1. vydání. Praha: Grada, 2008. 405 s.
ISBN 978-802-4719-412.
- [6] ŠVEJCAR, Josef a Pavel FRÜHAUF. *Péče o dítě*. 1. doplněné, rozšířené a aktualizované vydání. Praha: Nuga, 2003. 399 s. ISBN 80-859-0315-6.
- [7] RYCHLÍKOVÁ, Eva. *Skryto v páteři*. Praha: Avicenum, 1987. 175 s.
ISBN 08-108-87.
- [8] SLAVÍKOVÁ, Anna. *Změny rozměrů nohou a postoje žen v průběhu těhotenství ve vztahu k požadavkům na obuv*. Zlín, 1992. Diplomová práce. VUT Brno, FT Zlín.
- [9] BEJDÁKOVÁ, Jitka. *Cvičení a sport v těhotenství: sporty vhodné i nevhodné, zásady cvičení, speciální tělocvik pro těhotné, základy výživy, tanec, gravidjoga*. 1. vydání. Praha: Grada, 2006. 133 s. ISBN 80-247-1214-8.
- [10] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 2001. 497 s.
ISBN 80-716-9970-5.
- [11] ORSAVOVÁ, Veronika. *Longitudinální studie změn rozměrů nohou v průběhu těhotenství*. Zlín, 2002. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav technologie bílkovin a kůže.
- [12] TROJAN, Stanislav. *Tělověda*. 6. doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 1997. 184 s. ISBN 80-716-9543-2.

- [13] GREGORA, Martin. *Kniha o matce a dítěti*. 1. vydání. Praha: Grada, 2005. 230 s. ISBN 80-247-0854-X.
- [14] STOPPARD, Miriam. *Početí, těhotenství a porod*. Martin: Vydavatelství Neografie, 1996. 352 s. ISBN 80-851-8691-8.
- [15] KOBILKOVÁ, Jitka. *Základy gynekologie a porodnictví*. 1. vydání. Praha: Galén, 2005. 368 s. ISBN 80-726-2315-X.
- [16] DRÁČ, Pavel a Josef KŘUPKA. *Trvalé změny po tehotnosti*. Martin: Osveta, 1992. 170 s. Edícia pre postgraduálne štúdium lekárov a farmaceutov. ISBN 80-217-0235-4.
- [17] KOVALČÍKOVÁ, Janka. *Dynamika chrbtice a statika panvy žien počas fyziologickej gravidity*. 1. vydání. Bratislava: Univerzita Komenského, 1990. 152 s. ISBN 80-223-0208-2.
- [18] PAŘÍZEK, Antonín. *Kniha o těhotenství a dítěti: [český průvodce těhotenstvím, porodem, šestinedělím - až do dvou let dítěte]*. 4. vydání. Praha: Galén, 2009. 738 s. ISBN 978-807-2626-533.
- [19] KUBÁT, Rudolf. *Péče o nohy (Příručka pro pedikéry, ortopedické protetiky a rehabilitační pracovníky)*. 1. vydání. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 1985. 123 s. ISBN 08-092-85.
- [20] DUNGL, Pavel. *Ortopedie a traumatologie nohy*. Praha: Avicenum, 1989. 288 s. ISBN 08-082-89.
- [21] FORSSTROM, Britta a Mel HAMPSON. *Alexandrova technika v těhotenství a při porodu*. 1. vydání. Brno: Barrister Prin, 1996. ISBN 80-859-4711-0.
- [22] LARSEN, Christian. *Zdravá chůze po celý život: poznáváme a odstraňujeme nesprávnou zátěž nohou: trénink místo operace - úspěšná metoda Spiraldynamik®: gymnastika nohou u vbočeného palce, ostruhy patní kosti, plochých nohou atd.* Překlad Mária Schwingerová. Olomouc: Poznání, 2005. 154 s. ISBN 80-866-0638-4.
- [23] DYLEVSKÝ, Ivan. *Pohybový systém a zátěž*. Praha: Grada, 1997. 252 s. ISBN 80-716-9258-1.

- [24] MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory*. 1. vydání. Praha: Grada, 2008. 302 s. ISBN 978-80-247-1521-6.
- [25] VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. rozšířené a přepracované vydání. Praha: Triton, 2006. 375 s. ISBN 80-725-4837-9.
- [26] MACKŮ, František a Jaroslava MACKŮ. *Průvodce těhotenstvím a porodem*. 1. vydání. Praha: Grada, 1998. 327 s. ISBN 80-716-9589-0.
- [27] DUNGL, Pavel. *Ortopedie*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2005. 1273 s. ISBN 80-247-0550-8.
- [28] MARIEB, Elaine N. *Anatomie lidského těla*. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005. 863 s. ISBN 80-251-0066-9.

Články z odborných časopisů:

- [29] RIBEIRO, Ana Paula et al. Changes in the Plantar Pressure Distribution During Gait Throughout Gestation. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 2011, 101(5), 415-423. ISSN:1930-8264.
- [30] NYSKA, M. et al. Planta Foot Pressures in Pregnant Women. *Israel Journal of Medical Sciences*, 1997, 33(2), 139-146. ISSN:0021-2180.
- [31] GAYMER, C. et al. Midfoot plantar pressure significantly increases during late gestation. *Foot*. (Edinburgh, Scotland), 2009, 19(2), 114-116. ISSN:1532-2963.
- [32] CALGUNERI, M et al. Changes in Joint Laxity Occurring During Pregnancy. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 1982, 41(2), 126-128. ISSN:0003-4967.
- [33] BAKER, Richard. The History of Gait Analysis Before the Advent of Modern Computers. *Gait & Posture*, 2007, 26(3), 331-342. ISSN:0966-6362.
- [34] SUTHERLAND, D H. The Evolution of Clinical Gait Analysis Part III--kinetics and Energy Assessment. *Gait & Posture*, 2005, 21(4), 447-461. ISSN:0966-6362.
- [35] VULLO, Valerie et al. Hip, Knee, and Foot Pain During Pregnancy and the Postpartum Period. *Journal of Family Practice*. 1996, 43(1), 163. ISSN:0094-3509.

Internetové zdroje:

- [36] SOBOTKA, Michal. *Vliv změn hmotnosti na rozložení plantárního tlaku v důsledku těhotenství*. Brno, 2010. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/134992/fsps_m/>.
- [37] Novel.de. *Emed ATM* [online]. ©1992-2008 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: http://novel.de/pdf/flyer/eng/emedATM_eng.pdf
- [38] KOPLÍK, Martin. *Metodika měření rozložení tlaku chodidla prostřednictvím systému emed*. Brno, 2009. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií.
Dostupné z: http://is.muni.cz/th/102414/fsps_m/diplomova_prace.pdf
- [39] Novel.de. *Medical-applications* [online]. ©2012 [cit. 2012-03-25].
Dostupné z: <http://novel.de/novelcontent/software/medical-applications>
- [40] Novel. *Dedicated. Timely. Expendient* [online]. [cit. 2012-03-25].
Dostupné z: <http://www.novelusa.com/index.php?fuseaction=support.manuals>
- [41] eMimino.cz. *Vše o těhotenství a dětech* [online]. ©2012 [cit. 2012-03-14].
Dostupné z: <http://www.emimino.cz/encyklopedie/tehotenstvi/>
- [42] Porodnice.cz. *Těhotenství fyziologické* [online]. Kamenice, ©2002-2012 [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: <http://lekari.porodnice.cz/metabolismus>
- [43] Teskcan.com. *MatScan® systém barefoot pressure measurement and analysis* [online]. South Boston, ©2007 [cit. 2012-04-15].
Dostupné z: <http://www.tekscan.com/medical/pressure-sensitive-mat.html>
- [44] Pedikom.cz. *Anyaklapja-cz* [online]. ©2007 [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <http://www.pedikom.cz/images/cegunkrol/anyaklapja-cz.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Pořadové číslo probandky.
CA L	Kontaktní plocha na levé noze.
CA P	Kontaktní plocha na pravé noze.
CA L+P	Kontaktní plocha na pravé a levé noze.
COP	Centrum tlaku.
CT M1	Doba kontaktu předonoží.
CT M2	Doba kontaktu středonoží.
CT M3	Doba kontaktu zadonoží.
DCHI	Délka chodidla levé nohy.
DCHp	Délka chodidla pravé nohy.
MMP L	Průměrný tlak na levé noze.
MMP P	Průměrný tlak na pravé noze.
MMP L+P	Průměrný tlak na levé a pravé noze.
MF L	Maximální síla na levé noze.
MF P	Maximální síla na pravé noze.
MF L+P	Maximální síla na levé a pravé noze.
M1	Zadonoží.
M2	Středonoží.
M3	Předonoží.
OPK	Obvod prstních kloubů.
OPKv	Obvod prstních kloubů v odlehčení.
OPKvl	Obvod prstních kloubů v odlehčení na levé noze.
OPKvp	Obvod prstních kloubů v odlehčení na pravé noze.
OPKz	Obvod prstních kloubů v zatížení.

OPKzl	Obvod prstních kloubů v zatížení na levé noze.
OPKzp	Obvod prstních kloubů v zatížení na pravé noze.
PP L	Maximální tlak na levé noze.
PP P	Maximální tlak na pravé noze.
PP L+P	Maximální tlak na levé a pravé noze.
SD	Směrodatná odchylka.
ŠP	Šířka předonoží.
ŠPl	Šířka předonoží levé nohy.
ŠPp	Šířka předonoží pravé nohy.
TT	Týden těhotenství.
VAVE L	Průměrná rychlost COP levé nohy.
VAVE P	Průměrná rychlost COP pravé nohy.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Dvanáctý týden vývoje plodu. [18]	13
Obr. 2. Detail obličeje plodu v pátém měsíci. [18].....	14
Obr. 3. Hmotnostní přírůstek na konci těhotenství. [18]	18
Obr. 4. a) Děloha a vazy před těhotenstvím. b) Děloha a vazy během těhotenství. [21]	20
Obr. 5. Zvětšování dělohy během těhotenství. [42].....	21
Obr. 6. Schéma správného a nesprávného postavení páteře [16]	22
Obr. 7. Kostí nohy. [10].....	24
Obr. 8. Klenba nohy (L – podélná klenba, T – příčná klenba). [10]	26
Obr. 9. Ukázka některých deformit nohy. [25].....	29
Obr. 10. MATSCAN [®] . [43].....	31
Obr. 11. Šířka předonoží. [40].....	35
Obr. 12. Plantografická deska EMED [®] -at. [37].....	37
Obr. 13. Výstupní obraz 3D měření. [40].....	39
Obr. 14. Rozdělení plošky nohy na jednotlivé masky. [40]	40
Obr. 15. Souhrnný graf probandek v závislosti hmotnosti na týdně těhotenství.....	42
Obr. 16. Maximální síla u jednotlivých probandek v závislosti na týdně	44
Obr. 17. Graf závislosti maximálního tlaku u jednotlivých probandek na týdně těhotenství	45
Obr. 18. Graf závislosti průměrného tlaku u jednotlivých probandek na týdně těhotenství	45
Obr. 19. Graf závislosti kontaktní plochy u jednotlivých probandek na týdně těhotenství.	47
Obr. 20. Průměrné hodnoty kontaktní plochy u jednotlivých masek (viz kapitola 5).....	47
Obr. 21. Graf průměrných hodnot závislosti indexu LAMAI na týdně těhotenství.....	48
Obr. 22. Graf závislosti doby kontaktu na týdně těhotenství.	49
Obr. 23. Graf závislosti průměrné rychlosti COP na týdně těhotenství.	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Charakteristika probandek zjištěná u prvního měření.	36
Tab. 2. Charakteristika probandek zjištěná za pomoci softwaru NOVEL- GEOMETRY.....	36

SEZNAM PŘÍLOH

P IA	Naměřená data v průběhu výzkumu
P IB	Naměřená data v průběhu výzkumu
P IIA	Data ze softwaru novel (maximální síla, kontaktní doba)
P IIB	Data ze softwaru novel (maximální síla, kontaktní plocha)
P IIIA	Data ze softwaru novel (průměrný tlak, maximální tlak)
P IIIB	Data ze softwaru novel (průměrný tlak, maximální tlak)
P IVA	Data ze softwaru novel (doba kontaktu, průměrná rychlost COP)
P IVB	Data ze softwaru novel (doba kontaktu, průměrná rychlost COP)
P V	Data ze softwaru novel (kontaktní plocha, index LAMAI)

PŘÍLOHA P IA: NAMĚŘENÁ DATA V PRŮBĚHU VÝZKUMU

A	TT	hmotnostní přírůstek (kg)	hmotnost (kg)	OPKvl (mm)	OPKvp (mm)	OPKzl (mm)	OPKzp (mm)
A01	24	4	74	232	238	259	259
	27	6	76	240	240	261	261
	30	7,2	77,2	245	245	265	265
	33	9	79	239	239	263	263
	36	10	80	238	243	267	265
A02	22	3	52	208	206	221	223
	25	6,5	55,5	208	206	221	223
	28	8	57	208	205	223	225
	31	10	59	207	206	221	225
	35	14	63	207	210	215	220
A03	24	7	57	196	196	198	198
	27	9	59	200	200	215	216
	30	10	60	200	200	219	219
	33	10,5	60,5	198	198	217	217
	36	11	61	195	195	213	210
A04	23	4,5	62	218	215	222	227
	26	6,5	64	217	215	228	228
	29	7,5	65	218	220	227	227
	32	8,7	66	218	220	229	228
	35	9,2	66,2	215	215	230	230
	38	11,7	69,2	215	215	230	230
A05	24	3,6	73,6	210	210	228	228
	26	3	73	214	214	226	226
	29	6	76	210	210	227	227
	33	8	78	215	215	230	230
	36	8	78	214	214	231	230
A06	27	10	68	221	220	238	233
	29	12	70	221	221	238	234
	32	16	74	223	223	253	248
	34	17	75	223	225	245	250
	37	18	76	232	225	250	244

PŘÍLOHA P IB: NAMĚŘENÁ DATA V PRŮBĚHU VÝZKUMU

A	TT	hmotnostní přírůstek (kg)	hmotnost (kg)	OPKvl (mm)	OPKvp (mm)	OPKzl (mm)	OPKzp (mm)
A07	24	1	72	234	234	255	255
	26	1,8	72,8	235	235	252	252
	29	3	74	235	235	252	250
	33	4	75	238	236	245	242
	36	6	77	245	239	260	255
	39	9	80	253	252	265	260
A08	23	5	60	215	215	230	230
	26	5	60	215	215	232	232
	28	6	61	215	215	230	230
	31	7	62	206	208	231	231
	34	8,5	63,5	216	218	230	230
	37	10	65	220	220	233	240
A09	20	1,4	61,1				
	23	1,4	61,1				
	26	5	64,7				
	33	7,8	67,5				
	38	11	70,7				
A10	13	2,9	72,9				
	16	2,7	72,7				
	19	6,4	76,4				
	22	6	76				
	27	8,7	78,7				
A11	15	5,5	70,5				
	17	6,6	71,6				
	21	12,6	77,6				
	26	17	82				
	30	21,1	86,1				
A12	13	6,5	85,5				
	15	9,4	88,4				
	19	15,5	94,5				
	24	20,6	99,6				
	28	22,9	101,9				

**PŘÍLOHA P IIA: DATA ZE SOFTWARE NOVEL (MAXIMÁLNÍ SÍLA,
KONTAKTNÍ DOBA)**

A	TT	MF L (N)	MF P (N)	MF L+P (N)	CA L (cm²)	CA P (cm²)	CA L+P (cm²)
A01	24	833,5	862,2	847,8	140,8	146,1	143,5
	27	918,2	924,3	921,2	141,0	144,4	142,7
	30	938,7	967,8	951,8	140,6	141,7	141,1
	33	944,5	961,1	952,8	138,6	140,9	139,8
	36	966,8	964,8	965,8	142,4	144,2	143,3
A02	22	623,7	634,8	629,8	94,8	88,3	91,2
	25	678,9	671,5	674,7	92,8	90,2	91,3
	28	708,5	704,8	706,6	98,7	91,5	95,1
	31	724,1	702,6	714,5	94,5	92,2	93,4
	35	675,4	665,9	670,0	92,0	93,9	93,1
A03	24	691,7	703,1	698,2	111,7	115,8	114,0
	27	713,8	719,0	716,9	112,9	118,9	116,5
	30	680,0	698,5	689,2	107,0	115,5	111,2
	33	711,1	734,4	722,7	110,9	119,1	115,0
	36	633,8	647,0	641,1	113,1	117,7	115,7
A04	23	814,6	780,5	795,1	120,2	122,2	121,4
	26	833,7	825,7	829,7	120,2	121,4	120,8
	29	829,8	785,6	807,7	119,4	119,7	119,6
	32	790,6	778,1	784,3	116,7	120,1	118,4
	35	732,3	711,2	721,8	119,1	122,2	120,7
	38	831,5	830,1	830,9	118,3	120,8	119,4
A05	24	779,4	783,3	779,4	110,8	117,6	114,7
	26	888,5	906,2	897,3	108,4	114,4	111,4
	29	879,2	907,6	893,4	108,5	111,6	110,0
	33	834,8	818,7	827,6	120,0	119,2	119,7
	36	822,7	828,0	825,6	115,8	120,7	118,5
A06	27	744,0	758,5	751,2	111,2	114,6	112,9
	29	869,8	867,0	868,4	115,7	114,6	115,1
	32	861,7	868,7	865,2	114,1	117,9	116,0
	34	773,2	784,9	779,9	113,8	116,9	115,6
	37	790,4	791,4	790,9	121,4	120,4	120,9

**PŘÍLOHA P IIB: DATA ZE SOFTWARE NOVEL (MAXIMÁLNÍ SÍLA,
KONTAKTNÍ PLOCHA)**

A	TT	MF L (N)	MF P (N)	MF L+P (N)	CA L (cm²)	CA P (cm²)	CA L+P (cm²)
A07	24	818,8	814,5	816,6	146,8	142,7	144,8
	26	905,5	899,8	902,7	142,6	145,4	144,0
	29	834,5	811,6	823,1	147,8	144,0	145,9
	33	846,7	833,2	839,9	141,8	142,1	141,9
	36	854,9	841,2	848,1	142,4	142,5	142,4
	39	953,7	983,7	970,8	139,9	143,9	142,2
A08	23	664,8	640,8	654,5	111,2	102,0	107,3
	26	729,2	769,8	749,5	104,2	102,0	103,0
	28	673,0	657,7	665,4	110,5	106,9	108,7
	31	672,2	658,8	665,5	112,2	104,6	108,4
	34	701,0	671,6	686,3	110,8	102,6	106,7
	37	804,6	814,2	809,4	111,7	106,5	109,1
A09	20	620,4	624,5	622,5	97,5	99,7	98,6
	23	618,8	628,1	623,5	100,2	91,2	95,7
	26	652,8	655,1	656,0	110,4	96,7	100,4
	33	689,0	676,3	682,7	102,3	103,8	103,1
	38	710,9	703,1	707,0	103,2	108,8	106,0
A10	13	763,1	755,8	759,4	109,7	112,5	111,1
	16	699,1	726,6	712,8	102,2	108,8	105,5
	19	748,3	728,8	738,5	112,2	104,5	108,3
	22	746,9	728,2	737,5	107,8	106,8	107,3
	27	767,5	742,7	755,1	111,8	113,0	112,4
A11	15	740,8	705,1	723,0	130,8	128,3	129,6
	17	723,0	752,3	737,7	127,8	127,5	127,7
	21	779,8	773,4	776,6	128,3	129,0	128,7
	26	810,4	809,9	810,2	134,0	122,5	128,2
	30	872,6	845,1	858,8	132,3	133,3	132,8
A12	13	849,5	848,9	849,2	139,4	138,8	139,1
	15	866,3	849,7	858,0	138,2	140,8	139,5
	19	934,4	908,7	921,5	141,0	140,2	140,6
	24	969,1	987,4	979,6	145,7	144,3	144,9
	28	1017,3	1009,5	1013,4	146,3	145,3	145,8

**PŘÍLOHA P IIIA: DATA ZE SOFTWARE NOVEL (PRŮMĚRNÝ
TLAK, MAXIMÁLNÍ TLAK)**

A	TT	MMP L (kPa)	MMP P (kPa)	MMP P+L (kPa)	PP L (kPa)	PP P (kPa)	PP P+L (kPa)
A01	24	305,0	283,3	294,2	825,0	628,3	726,7
	27	308,8	276,2	292,5	882,5	630,0	756,2
	30	302,0	230,0	270,0	776,0	597,5	696,7
	33	288,3	266,7	277,5	766,7	708,3	737,5
	36	326,2	248,8	287,5	961,2	582,5	771,9
A02	22	348,8	282,0	311,7	578,8	494,0	531,7
	25	400,0	313,8	350,7	625,0	582,5	600,7
	28	338,8	320,0	329,4	545,0	642,5	593,8
	31	385,0	285,0	340,6	656,0	527,5	598,9
	35	368,3	253,8	302,9	613,0	463,8	527,9
A03	24	290,0	277,5	282,9	571,7	561,2	565,7
	27	267,5	303,3	289,0	515,0	655,8	599,5
	30	303,8	303,8	303,8	608,8	590,0	599,4
	33	287,5	287,5	287,5	538,8	548,8	543,8
	36	266,2	248,0	256,1	466,2	524,0	498,3
A04	23	251,7	278,8	267,1	510,0	611,2	567,9
	26	280,0	303,8	291,9	560,0	663,8	611,9
	29	256,2	305,0	280,6	502,5	651,2	576,9
	32	310,0	328,8	319,4	526,2	661,2	593,8
	35	266,2	266,2	266,2	460,0	577,5	518,8
	38	300,0	318,8	308,3	551,0	648,8	594,4
A05	24	251,7	205,0	225,0	503,3	418,8	455,0
	26	267,5	271,2	269,4	468,8	633,8	551,2
	29	307,5	253,8	280,6	545,0	595,0	570,0
	33	205,0	200,0	202,8	390,0	375,0	383,3
	36	219,0	226,7	223,2	405,0	435,0	421,4
A06	27	257,5	172,5	215,0	375,0	341,2	358,1
	29	246,2	205,0	225,6	388,8	421,2	405,0
	32	209,0	245,0	227,0	348,0	512,0	430,0
	34	218,3	193,8	204,3	393,3	386,2	389,3
	37	170,0	166,2	168,1	293,8	341,2	317,5

PŘÍLOHA P IIB: DATA ZE SOFTWARE NOVEL (PRŮMĚRNÝ TLAK, MAXIMÁLNÍ TLAK)

A	TT	MMP L (kPa)	MMP P (kPa)	MMP P+L (kPa)	PP L (kPa)	PP P (kPa)	PP P+L (kPa)
A07	24	323,3	226,7	275,0	620,0	411,7	515,8
	26	275,0	183,8	229,4	603,8	375,0	489,4
	29	249,0	223,0	236,0	484,0	407,0	445,5
	33	282,5	172,5	227,5	602,5	367,5	485,0
	36	186,2	181,2	183,8	393,8	368,8	381,2
	39	221,7	172,5	193,6	480,0	325,0	391,4
A08	23	306,2	476,7	379,3	557,5	801,7	662,1
	26	323,0	426,0	374,5	633,0	701,0	667,0
	28	186,0	236,0	211,0	404,0	482,0	443,0
	31	226,2	287,5	256,9	453,8	537,5	495,6
	34	214,0	303,0	258,5	455,0	539,0	497,0
	37	295,0	360,0	327,5	560,0	624,0	592,0
A09	20	301,7	213,3	257,5	646,7	428,3	537,5
	23	196,7	190,0	193,3	360,0	370,0	365,0
	26	195,0	180,0	187,5	380,0	341,7	361,7
	33	191,7	226,7	209,2	383,3	446,7	415,0
	38	185,0	226,7	205,8	421,7	348,3	385,0
A10	13	293,3	205,0	249,2	588,3	431,7	510,0
	16	358,3	263,3	310,8	785,0	555,0	670,0
	19	430,0	231,7	330,8	503,3	830,0	666,7
	22	321,7	291,7	306,7	643,3	543,3	593,3
	27	446,7	318,3	382,5	863,3	560,0	711,7
A11	15	185,0	193,3	189,2	411,7	411,7	411,7
	17	185,0	191,7	188,3	418,3	463,3	440,8
	21	196,7	223,3	210,0	503,3	418,3	460,8
	26	220,0	208,3	214,2	523,3	611,7	567,5
	30	185,0	235,0	210,0	546,7	355,0	450,8
A12	13	328,8	380,0	350,7	675,0	748,3	706,4
	15	290,0	301,7	295,8	573,3	543,3	558,3
	19	285,0	363,3	324,2	638,3	660,0	649,2
	24	280,0	331,2	309,3	566,7	581,3	575,0
	28	286,7	336,7	311,7	560,0	585,0	572,5

**PŘÍLOHA P IVA: DATA ZE SOFTWARE NOVEL (DOBA
KONTAKTU, PRŮMĚRNÁ RYCHLOST COP)**

A	TT	CT M1 (m/s)	CT M2 (m/s)	CT M3 (m/s)	VAVE L (m/s)	VAVE P (m/s)
A01	24	393,3	560	751,7	0,32	0,32
	27	410	585	772,5	0,31	0,31
	30	448,9	616,7	795,6	0,31	0,29
	33	400	610	811,7	0,31	0,29
	36	413,8	583,8	823,8	0,3	0,3
A02	22	376,7	446,7	676,7	0,29	0,29
	25	445,7	430	720	0,27	0,27
	28	416,2	441,2	737,5	0,28	0,28
	31	418,9	456,7	728,9	0,28	0,28
	35	474,3	434,3	708,6	0,27	0,26
A03	24	590	731,4	941,4	0,24	0,23
	27	634	738	957	0,23	0,23
	30	596,2	695	906	0,25	0,24
	33	583,8	741,2	918,8	0,25	0,24
	36	693,3	777,8	1022,2	0,21	0,21
A04	23	414,3	511,4	681,4	0,3	0,32
	26	408,8	515	712,5	0,3	0,31
	29	435	511,2	708,8	0,29	0,33
	32	368,8	420	738,8	0,28	0,31
	35	425	450	710	0,27	0,29
	38	428,9	486,7	764,4	0,28	0,29
A05	24	725,7	674,3	994,3	0,22	0,22
	26	691,2	747,5	928,8	0,26	0,24
	29	686,2	691,2	967,5	0,24	0,23
	33	826,7	808,9	1075,6	0,21	0,22
	36	858,2	887,3	1145,5	0,19	0,2
A06	27	550	690	840	0,25	0,25
	29	461,2	631,2	760	0,3	0,28
	32	464	622	767	0,29	0,29
	34	531,4	668,6	828,6	0,24	0,25
	37	530	635	755	0,28	0,28

**PŘÍLOHA P IVB: DATA ZE SOFTWARE NOVEL (DOBA
KONTAKTU, PRŮMĚRNÁ RYCHLOST COP)**

A	TT	CT M1 (m/s)	CT M2 (m/s)	CT M3 (m/s)	VAVE L (m/s)	VAVE P (m/s)
A07	24	513,3	533,3	733,3	0,29	0,3
	26	546,2	658,8	826,2	0,29	0,28
	29	672	732	908	0,22	0,25
	33	675	710	875	0,24	0,25
	36	595	630	815	0,26	0,28
	39	557,1	695,7	860	0,27	0,26
A08	23	674,3	582,9	920	0,22	0,22
	26	613	588	893	0,25	0,26
	28	820	720	1044	0,19	0,21
	31	750	750	1060	0,2	0,2
	34	836	764	1068	0,19	0,2
	37	768	857	1148	0,19	0,2
A09	20	633,3	626,7	800	0,26	0,28
	23	680	673,3	853,3	0,27	0,25
	26	606,7	640	780	0,28	0,29
	33	626,7	686,7	833,3	0,27	0,27
	38	626,7	640	813,3	0,28	0,27
A10	13	500	560	713,3	0,3	0,3
	16	486,7	506,7	706,7	0,29	0,29
	19	500	493,3	726,7	0,28	0,27
	22	480	500	753,3	0,28	0,27
	27	473,3	540	780	0,27	0,28
A11	15	773,3	820	966,7	0,21	0,23
	17	720	746,7	906,7	0,24	0,24
	21	740	753,3	900	0,25	0,24
	26	720	740	853,3	0,27	0,21
	30	800	826,7	980	0,24	0,22
A12	13	531,4	548,6	811,4	0,26	0,26
	15	586,7	613,3	846,7	0,25	0,24
	19	546,7	580	813,3	0,26	0,26
	24	565,7	577,1	805,7	0,26	0,26
	28	586,7	626,7	833,3	0,26	0,24

**PŘÍLOHA P V: DATA ZE SOFTWARE NOVEL (KONTAKTNÍ
PLOCHA, INDEX LAMAI)**

TT v jednotlivých úsecích	CA M1 (cm²)	CA M2 (cm²)	CA M3 (m/s)	LAMAI L	LAMAI P
21-24	34,2	21,4	61,8	0,19329	0,17064
25-27	34	22,1	61,7	0,19486	0,16514
28-30	31,7	22	61,3	0,19303	0,16681
31-33	34,3	22,6	61,1	0,17269	0,17262
34-36	34,5	22,5	62,3	0,1719	0,1695
37-39	35,1	23,2	63,2	0,22215	0,1722