

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Sledování reakce chodidla oporové nohy na různé změny sklonu
běžeckého pásu**

Diplomová práce

Monitoring of the foot reaction on different declination of treadmill

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Aleš Kaplan, Ph.D.

Odborný konzultant:

Mgr. Aleš Tvrzník

Zpracovala:

Anna Rohulánová

Praha, srpen 2010

Abstrakt

Název diplomové práce:

Sledování reakce chodidla oporové nohy na různé změny sklonu pásu běžeckého

Zpracovala: Anna Rohulánová

Vedoucí diplomové práce: PhDr. Aleš Kaplan, Ph.D.

Odborný konzultant: Mgr. Aleš Tvrzník

Cíle práce:

Hlavním cílem diplomové práce bylo sledování běžecké techniky při různých sklonech běžeckého pásu a zaznamenání vybraných hodnot v části běžeckého dokroku pomocí nového technologického postupu Pedar - X systém u hobby běžců. Vedlejšími cíli bylo intraindividuální porovnávání hodnot dokroku u levé a pravé nohy a následně interindividuální porovnávání hodnot dokroku u vybrané nohy vzhledem ke zdravotnímu stavu u jednoho z měřených probandů.

Metodika práce:

Probandi byli testováni na běžeckém pásu HP KOSMOS na specializovaném pracovišti CASRI. Udělali přibližně okolo 100 běžeckých kroků pravou a levou nohou, konstantní rychlostí 12 km/hod, při čtyřech různých sklonech běžeckého pásu – 0, 5, 10 a 15 %. V botách měli probandi umístěny speciální vložky Pedar – X, které snímaly jednotlivé tlaky chodidla při dopadu. Noha byla rozdělena do 7 segmentů, každá tato část byla složena z různého počtu čidel. Výsledky byly po změření zapsány na paměťovou kartu, která byla součástí měřicího systému Pedar – X. Následně byly naměřené hodnoty pomocí infraportu přeneseny do počítače. Při zpracování výsledků jsme se především zaměřili na tyto ukazatele: křivku centra tlaku, maximální hodnoty tlaku a celkové zatížení plochy.

Výsledky práce:

Se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu došlo ke změně zatížení přednoží, vzrostly maximální hodnoty tlaku. Pokud měl proband v pořádku příčnou klenbu, byly maximální tlaky rozmístěny rovnoměrně, pokud však proband trpěl spadlou příčnou či podélnou klenbou,

došlo k přetěžování jednoho segmentu nohy. Dva probandi při nižších sklonech pásu využívali tzv. „běžecké kolébky“ s aktivním odrazem v přednoží. Se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu bylo více zatíženo přednoží, došlo ke snížení celkové plochy zatížení chodidla. Jeden z testovaných probandů ani při jedné změně sklonu nezměnil techniku běhu, celé testování běžel přes přední část chodidla. U něho se celková doba zatížení, dá se říci, nezměnila.

Klíčová slova: běh, technika běhu, oporová fáze, běžecký dokrok, příčná klenba, běžecký pás, vložky Pedar – X

Abstrakt

Title (Thema works):

Monitoring of the foot reaction on different declination of treadmill

Student: Anna Rohulánová

Supervisor: PhDr. Aleš Kaplan, Ph.D.

Consulting: Mgr. Aleš Tvrzník

Thesis' objectives:

Main objective of this thesis was monitoring of the running technique of casual runners while changing the declination of the running belt and recording of selected values in part of the straight leg using new Pedar – X technology.

Methods:

Tested runners were examined on treadmill HP KOSMOS in specialized laboratory CASRI. Runners did approximately 100 steps by each – left and right leg, running constantly 12 km/h in four different declinations of 0, 5, 10 and 15%. Runners were wearing Pedar – X arch supporters in their shoes. These recorded individual pressures of foot during tread. Foot was divided into 7 segments; in each segment was different amount of sensors. Results of monitoring were recorded on the memory card which is integral part of the Pedar - X measurement system. Measured values were transferred by infraport to the PC accordingly.

Results:

The strain of the forefoot was changing while increasing the treadmill declination, maximum amounts of pressure raised. Maximum amount of pressure were allocated equally in case that runner had functional transverse foot arch. One segment of foot was overstrained in case that transverse or longitudinal arch was downfallen. The runners were using so called “running cradle “ with active take off in forefoot during lower declinations of treadmill. Forefoot started to be more strained in case that the declination of belt was increased, total area of used part of foot decreased. One runner used the same technique of run for all declinations of treadmill, he used only forefoot in all times. The total strained area of foot did not change in any declination.

Key words:

running pace, running technice, test in laboratory, Pedar - X

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně za pomoci literární rešerše.

V Praze, dne 28. 8. 2010

Anna Rohulánová

v. r.

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala PhDr. Aleši Kaplanovi, Ph.D. za odborné vedení práce.

Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Aleši Tvrzníkovi za odborné konzultace, pomoc a rady při zpracování výzkumné části této práce. Za technickou pomoc a poskytnutí prostoru k provedení měření děkuji zaměstnancům Vědeckého a servisního pracoviště tělesné výchovy a sportu v Praze. V neposlední řadě patří mé díky všem testovaným osobám za dobrovolnou účast, spolupráci a jejich souhlas s uvedením některých jejich dat v této práci.

Žádám, aby při zpracování tohoto textu byla citována diplomová práce v souladu s pravidlem o citování textu.

Jméno a příjmení: Anna Rohulánová

číslo OP: 107943908

Poznámka:

adresa: Běloveská 1773, 54701 Náchod

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Teoretická východiska.....	12
2.1 Technika běhu.....	13
2.2 Přehled poznatků o technice běhu.....	15
2.3 Biomechanické charakteristiky běhu.....	17
2.4 Anatomické charakteristiky běhu.....	19
2.5 Stručný přehled anatomie dolní končetiny.....	22
2.5.1 Kostra nohy.....	22
2.5.2 Kloubní spojení nohy.....	25
2.5.3 Klenba nožní.....	27
2.5.3.1 Podélná klenba.....	28
2.5.3.2 Příčná klenba.....	29
3. Výzkumná část.....	31
3.1 Cíle a úkoly práce.....	31
3.2 Problémové body.....	31
3.3 Výzkumné otázky.....	31
3.4 Charakteristika souboru.....	32
3.5 Metodika práce.....	32
4. Výsledková část.....	36
4.1 Deskripce techniky běhu u probanda 1.....	36
4.2 Deskripce techniky běhu u probanda 2.....	43
4.3 Deskripce techniky běhu u probanda 3.....	49
4.4 Porovnání techniky běhu probandů mezi sebou.....	57
4.4.1 Běh na běžeckém pásu s nulovým sklonem (po rovině).....	58
4.4.2 Běh na běžeckém pásu se sklonem 5 %.....	59
4.4.3 Běh na běžeckém pásu se sklonem 10 %.....	60

4.4.4	Běh na běžeckém pásu se sklonem 15 %.....	61
4.5	Závěrečné zhodnocení běžců probandů.....	63
4.5.1	Komentované hodnocení výsledků probanda 1.....	64
4.5.2	Komentované hodnocení výsledků probanda 2.....	65
4.5.3	Komentované hodnocení výsledků probanda 3.....	66
5.	Diskuze	67
6.	Závěry	71
7.	Soupis použité literatury	74
7.1	Internetové zdroje.....	76
7.2	Internetové adresy.....	76
Přílohy	77

1. Úvod

Běh je pro člověka přirozeným pohybem od pradávna. Společně s chůzí se tak člověk pohyboval spoustu tisíc let, byl to jeho jediný „dopravní prostředek“. Dnes můžeme vnímat běh v několika rovinách. Běhu se věnují amatéři, tzv. hobby běžci. Pro ně je tato pohybová činnost spojena s hubnutím, s nabíráním lepší fyzické kondice, setkáním se s přáteli, s lepším vnímáním sebe sama. Pak máme druhou skupinu běžců, tzv. výkonnostní běžce. Hlavní charakteristikou skupiny je běh pro radost spojený s výkony na různých závodních tratích, s pravidelným tréninkem, několikrát v týdnu. Poslední skupinou běžců jsou vrcholoví sportovci, pro které není běh jen koníček, ale dá se říci, že i zaměstnáním. Tréninky jsou vícefázové denně, sportovec musí přizpůsobit svůj biorytmus i životosprávu, aby na vrcholných akcích předvedl ten nejlepší výkon. Běh již není jen zábava, ale i povinnost.

Běhání může být zdraví prospěšné. Zlepšuje fyzickou a psychickou kondici, napomáhá k redukci přebytečných kilogramů, vyplavuje endorfíny. Má však i své zápory. Především špatná technika běhu, nekvalitní či špatně vybraná obuv mohou způsobit zdravotní obtíže.

Při vytrvalostním běhu jsou na běžce obecně kladeny největší nároky na akrální část dolní končetiny – nohu. Noha je složitý systém kostí, kloubů a vazů, který spolu navzájem spolupracuje. Slouží především jako tlumič nárazů vznikajících při běhu, přenáší a distribuuje síly působící na tělo běžce. Při oporové fázi musí zvládnout unést troj až čtyřnásobek tělesné hmotnosti. Špatná technika běhu v oporové fázi, přetěžování jednotlivých segmentů chodidla, nesprávná funkce hlavních tlumičů nohy – kleneb, může vést k nepříznivým změnám biomechanických vztahů mezi jednotlivými částmi nohy a mít vliv na vznik častých zranění. Pokud se neléčí a nehledá se příčina jejich vzniku, mohou běžci po delší době znemožnit běh.

Cílem diplomové práce bylo sledování změn techniky dokroku u hobby běžců při různých sklonech běžeckého pásu. Zajímaly nás maximální tlaky působící na chodidlo, velikost zatížené plochy chodidla či dokrok, a jejich vliv na příčnou, potažmo podélnou klenbu.

2. Teoretická východiska

Běh je pro člověka jednou z nejpřirozenějších pohybových činností, kdy dle výkladu Růžičky (2004) či Tvrzníka (2004) se jedná o „opakované skoky“ se střídající se jednooporovou a letovou fází. Napomáhá člověku k lepší fyzické i psychické kondici, odbourává stres, přebytečné kilogramy, zlepšuje jeho image, posiluje sebevědomí. Je to jedna z mála sportovních činností, která není náročná na sportovní vybavení, můžeme ji provozovat za každého počasí a kdekoli.

Běh může přinášet nejen uspokojení, ale může způsobit i vážná poranění pohybového aparátu. Při špatné technice běhu, přetěžování pohybového aparátu, při používání nevhodné obuvi může dojít k nezvratným změnám, které běžci znemožní další sportovní činnost. Každý má svou vlastní techniku běhu a nemůže říci, že ta či ona je špatná. Avšak při studiu a zkoumání běhu daného běžce můžeme přijít na to, zda je pro něho samotného vhodná či nevhodná.

Záleží na prostředí, ve kterém běžec sportuje, po jakých površích běhá, jaký terén zdolává. S různými sklony terénu můžeme sledovat, jak běžcův pohybový aparát reaguje na změny sklonu, zatěžuje vždy odlišnou část těla a chodidla, využívá různých technik běhu.

Běh můžeme popsat jako cyklickou, přirozenou činnost. Pokud běžec začne trénovat v rozumné míře, zatěžuje pohybový aparát podle jeho možností, dochází k postupnému přizpůsobení těla na tuto pohybovou činnost. Zlepšuje se vytrvalostní složka, zvyšují se respirační schopnosti, svaly se adaptují na zátěž, zpevňují se, zlepšuje se jejich prokrvování a okysličování.

V současné době jsou technologie, které se snaží zjistit techniku běžeckého dokroku. Výsledkem měření je pak zjištění velikosti působících tlaků a sil na chodidlo. Na základě měření mohou být běžci doporučeny jednak běžecké vložky pro správné postavení nohy, tak běžecká obuv, jež při zvolení správné velikosti a modelu přinese běžci kýžený komfort. Noha je tou první částí při kontaktu těla s podložkou při dokroku, na kterou jsou vyvíjeny velké tlaky, a proto správná volba běžeckých vložek či obuvi je velmi důležitá.

V teoretické části se budeme zabývat vysvětlením techniky běhu, upozorníme na různé výzkumy, které se zabývaly sledováním techniky běhu, budou nás zajímat určité biomechanické parametry a s tím související i anatomické charakteristiky, které jsou důležité pro samotný běh.

Na závěr jsme využili i stručného popisu anatomie dolní končetiny. Při zpracovávání této kapitoly jsme použili českou i zahraniční odbornou literaturu.

2.1 Technika běhu

Běžecská technika je velmi důležitou součástí samotného běhu každého sportovce. Tvrzník (2004) či Wöllzenmüller (2006) upozorňují na to, že běžec se učí správné technice běhu především proto, aby jeho pohyb byl co možná nejekonomičtější, ale zároveň aby využil správné techniky pro zrychlení a zvýšil tak svůj celkový výkon. Z hlediska rekreačního běhu stojí v centru pozornosti zdravotně preventivní hledisko.

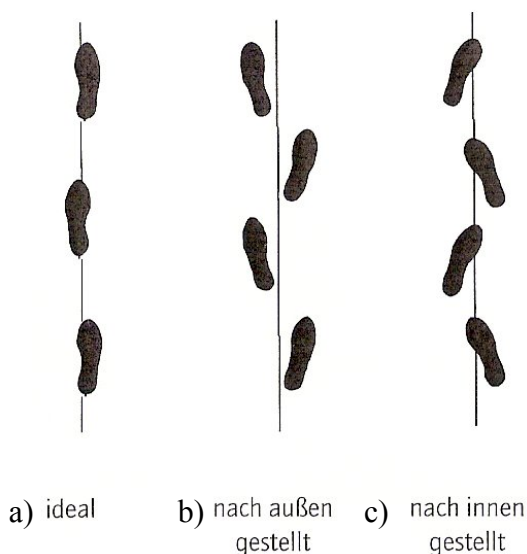
Běh nejčastěji dělíme na fázi oporovou a letovou. Fáze oporová je pro samotný běh významnější.

Techniku běhu výrazně ovlivňuje zdravotní stav běžce. Důležitým prvkem je postavení kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu a s tím související tvar dolních končetin, kdy rozlišujeme normální postavení, čímž myslíme spojnici hlavice kloubu kyčelního a středu dolní části kosti holenní procházející i středem kolenního kloubu a dolní končetiny do tvaru „X“, kdy osa probíhá vně kolene či do tvaru „O“, kdy je typický průběh spojnice směrem dovnitř ke druhému kolenu (Wessinghage, 1996, Tvrzník, 2004). Se správným postavením dolních končetin souvisí samotná technika běhu. Běžec běží v ideální stopě (Obrázek 1a), v ose běhu, kdy chodidla dopadají v jedné ose v závislosti na rychlosti běhu (Wessinghage, 1996, Tvrzník 2004). Pokud jsou špičky nohy dle Wessinghage (1996) vytočeny ven (Obrázek 1b) či dovnitř (Obrázek 1c), dojde k tomu, že běžec začne zkracovat svůj běžecský krok a může být negativně ovlivněn jeho pohybový aparát. Toto nebezpečí nehrozí při lehkém vytočení špiček ven u pomalých rychlostí běhu.

Vše můžeme vidět na Obrázku 1 (Hottenrott, Neumann, 2002), který vidíme níže.

Obrázek 1

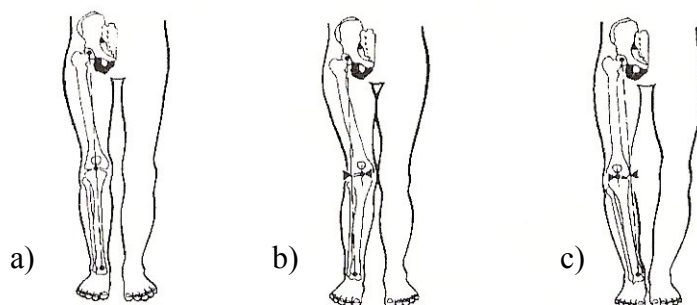
Technika běhu vzhledem k ose běhu (Hottenrott, Neumann, 2002)



Na Obrázku 1 vidíme a) správnou techniku, b) špatnou techniku, kdy jsou špičky vytočeny směrem ven a c) špatnou techniku běhu, kdy jsou špičky vytočeny směrem dovnitř.

Obrázek 2

Základní postavení dolních končetin (Hottenrott, Neumann, 2002)



Na Obrázku 2 můžeme vidět základní postavení končetin, kdy zde vidíme a) správné postavení, b) „nohy do X“, c) „nohy do O“.

Při odlišných sklonech terénu běžec využívá různých běžeckých technik. Odborníci vedou diskuzi, která z nich je nejvhodnější při běhu po rovině, do kopce či s kopce. Jinou techniku běhu budou mít amatéři a profesionální sportovci, kteří týdně naběhají desítky až stovky kilometrů a jejich pohybový aparát je na danou zátěž zvyklý.

V běžeckých publikacích se setkáváme s pojmem běh přes „špičku“. Odborníci však tuto fázi popisují jako běh přes přední část chodidla.

Obecně převažuje názor, že při běhu do kopce běžec běží přes přední část chodidla. Délka kroku se zkracuje, naopak narůstá frekvence běhu. Doba letové fáze je oproti běhu po rovině kratší. Techniku běhu přes špičku popisuje Kratochvíl (2010) tak, že běžec využívá dvojitou práci kotníků, kotník pracuje jako účinná páka, která ztlumí náraz při dopadu a následně se také postará o kvalitní a účinný odraz. Steffny (2003) uvádí, že běh přes přední část chodidla tzv. „špičku“ je pro člověka přirozený. Běžec dopadá v oblasti palce, následuje krátké zhoupnutí přes přední část nohy až k patě a odraz opět probíhá na bříšku palce. Se zajímavým názorem však přichází dlouholetý vynikající běžec Škorpil, který své svěřence učí běhu do kopců pomocí běhu přes patu. Domnívá se, že tato technika méně zatěžuje aktivní pohybový aparát „běžců začátečníků“ a že tak předchází častým zraněním, jako je zánět Achillovy šlachy či přetížení lýtek.

Při běhu po rovině se názory odborníků na techniku běhu značně rozcházejí. Délka kroku se oproti běhu do kopce protahuje, snižuje se frekvence, letová fáze je delší. Co se týče oporové fáze, je zde právě zmíněný rozpor jednotlivých odborníků. Jedna skupina upřednostňuje běh přes špičku, druhá pak běh přes patu. Běh přes špičku jsme popsali výše. Běh přes patu je podle Kratochvíla (2010) výhodnější, pokud běžec nemá dobře vyvinuté svalstvo dolních končetin. Pak je běh přes patu výhodnější. Tato technika sice není vhodná, pokud chceme běžet rychle, ale je účinná na dlouhých tratích a má dle Kratochvíla (2010) a Tvrzníka (2006) dobrý tlumící účinek. Steffny (2003) popisuje práci nohy při běhu přes patu, kdy dopadá na vnější stranu paty, pak jde lehce dovnitř, dokud se celé chodidlo nedotkne podložky a odraz je dokončen přes bříško palce. Korbel (2007) upozorňuje na zjištění německých vědců, že při běhu je přetížení při dokroku na patu u závodních běžců až 17 x větší než jejich hmotnost.

Při běhu s kopce dolů se délka kroku prodlužuje, dochází ke snižování frekvence kroků. Co se týče letové fáze, dochází k jejímu prodlužování. Jak uvádí Tvrzník, je došlap veden přes patu, pod vyšším úhlem než na rovině. Technika běhu přes patu byla popsána výše.

2.2 Přehled poznatků o technice běhu

V níže uvedené Tabulce 1 autoři rozebírají jednotlivé fáze běžecké techniky, kdy je uvedeno členění od nejjednoduššího po složitější.

Tabulka 1

Přehled modelů fázové struktury běžeckého cyklu (Hottenrott, Neumann, 2002)

Autor	Phasen struktur					
NILSSON et al. (1985)	Support Phase			Swing Phase		
HANNON et al. (1985)	Stance Phase			Swing Phase		
MEINEL & SCHNABEL (1998)	Vorderer Stütz		Hinterer Stütz		Flug	
MANN et al. (1986)	Foot Contact	Mid-Support	Toe-off	Follow-through	Forward Swing	Foot Descent
MONTGOMERY et al. (1994)	Stance Phase		Early Swing	Middle Swing		Late Swing
BAUERSFELD & SCHRÖTER (1992)	Vorderer Stützphase		Hintere Stützphase	Hintere Schwungphase		Vordere Schwungphase

Podrobněji si běžecké fáze rozebereme dle Tvrzníka (2006). Základním prvkem běžecké techniky je jeden běžecký krok. Tvrzník rozděluje celý cyklus na celkem tři fáze – a) aktivní oporovou fázi, b) fázi letovou a nakonec c) pasivní oporovou fázi.

- a) Aktivní oporová fáze začíná tehdy, když běžec dopadne na podložku a provede odraz do následujícího kroku. Běžcovo těžiště se nachází nad středem došlapující nohy.

Na začátku aktivní oporové fáze dochází dle Tvrzníka (2006) k propínání odrazové dolní končetiny v kolenu a tato fáze je ukončena v momentu, kdy odrazová noha opouští podložku.

Jak dále Tvrzník (1999) uvádí, ke správné technice běhu také patří: mírný předklon trupu, podsazená pánev, hlava držena zpříma, uvolněný pohyb v ramenu a pohyb paží v předozadní rovině.

- b) V letové fázi se běžec nachází tehdy, když se obě dolní končetiny nedotýkají podložky. Dochází dle Tvrzníka (2006) k aktivnímu pohybu bérce švihové dolní končetiny vpřed s energickým došlápnutím na podložku.
- c) Se samotným odrazem pak začíná poslední fáze cyklu, a to pasivní oporová fáze. Dochází k odvíjení paty od podložky. Systém hlezno - koleno - kyčel je velmi důležitý tlumič nárazů, který je důležitý nejen ze zdravotně preventivního hlediska, ale svědčí i o správné technice běhu běžce (Tvrzník, 2006).

Toto rozdělení jednoho běžeckého cyklu dělí každý autor jinak. Uvedeme zde vždy anglický název a do závorky napíšeme český překlad pro přesnost. Vše vychází z výše uvedené Tabulky 1 od autorů Hottenrott a Neumann (2002). Nillsson et al. (1985) rozděluje běžecký cyklus na dvě fáze, a to na Support Phase (oporovou fázi) a Swing Phase (letovou fázi). Hannon et al. (1985) mají stejný názor na rozdělení běžeckého cyklu, ale fáze nazývají odlišně a to Stance Phase (oporová fáze) a Swing Phase (letová fáze). Němečtí autoři Meinel & Schnabel (1998) pak dělí běžecký cyklus na celkem tři fáze a to na Vorderer Stütz (přední oporovou) nebo také Zwischenphase (mezifázi), Hinterer Stütz (zadní oporovou) nebo též Hauptphase (hlavní fázi) a Flug (letovou fázi). Mann et al. (1986) rozděluje běžecký cyklus na šest fází: Foot Contact (první kontakt chodidla s podložkou), Mid-Support (celá noha v kontaktu s podložkou), Toe-off (moment posledního kontaktu chodidla s podložkou), Follow-through (aktivní nášvih), Forward Swing (aktivní dopředný pohyb) a poslední Foot Descent (příprava na dokrok). Dalším autorem, který rozdělil běžecký cyklus, je Montgomery et al. (1994), který má jedno z nejsložitějších rozdělení, kdy má dělení nejen hlavní, ale i vedlejší. Běžecký cyklus rozděluje celkem na 4 hlavní fáze – Stance Phase

(oporová fáze), která je dále rozdělena na 7 podfází, Early Swing (počáteční vzletová), jež je dělena na další tři podfáze, Middle Swing (střední vzletová), která má ještě dalších sedm podfází a poslední Late Swing (pozdní závěrečnou letovou), jež se člení na tři podfáze. Další autoři, kteří se věnují rozdělení jednoho běžeckého cyklu, jsou Němci Bauersfeld & Schröter (1992). Ti dělí běžecký cyklus do čtyř fází – Vordere Stützphase (přední oporová), Hintere Stützphase (přední oporová), Hintere Schwungphase (zadní letová) a poslední Vordere Schwungphase (přední letová).

Z výše uvedeného textu vyplývá, že každý autor má své vlastní dělení, avšak v jejich členění se vždy objeví fáze oporová a fáze letová. Poté už záleží na samotných autorech, zda tyto dvě hlavní fáze ještě podrobněji rozpracují a rozdělí.

I čeští autoři, jako např. Růžička (2004) či Bok (1985) se zabývali obdobně jako výše zmínění zahraniční autoři členěním oporové a letové fáze.

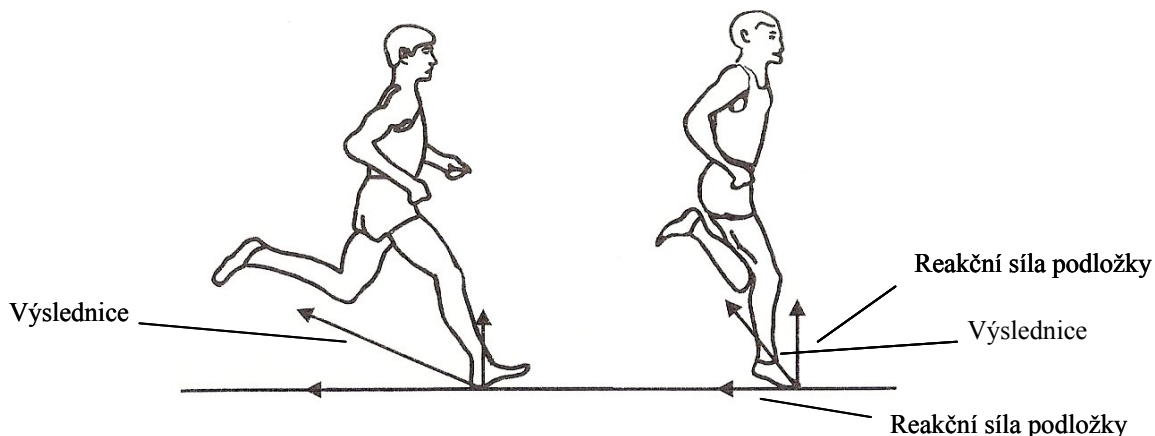
2.3 Biomechanické charakteristiky běhu

Z hlediska biomechaniky nás bude zajímat především chodidlo a hlezenní kloub. Lidské chodidlo je tvořeno množstvím malých a nepravidelných kloubů. Dle Karase a Otáhala (1991) je při pohybu reakce chodidla na zatížení tvořena součtem drobných pohybů v těchto kloubech.

Při běhu na nohu působí vnější a vnitřní síly, které můžeme vidět níže na Obrázku 3. Mezi vnější síly patří například síla gravitační či reakční síla podložky. Do vnitřních sil působících na chodidlo řadíme svalovou sílu a potenciální energii svalového napětí. Tyto síly se projevují při oporové fázi (Hottenrott, Neumann, 2002).

Obrázek 3

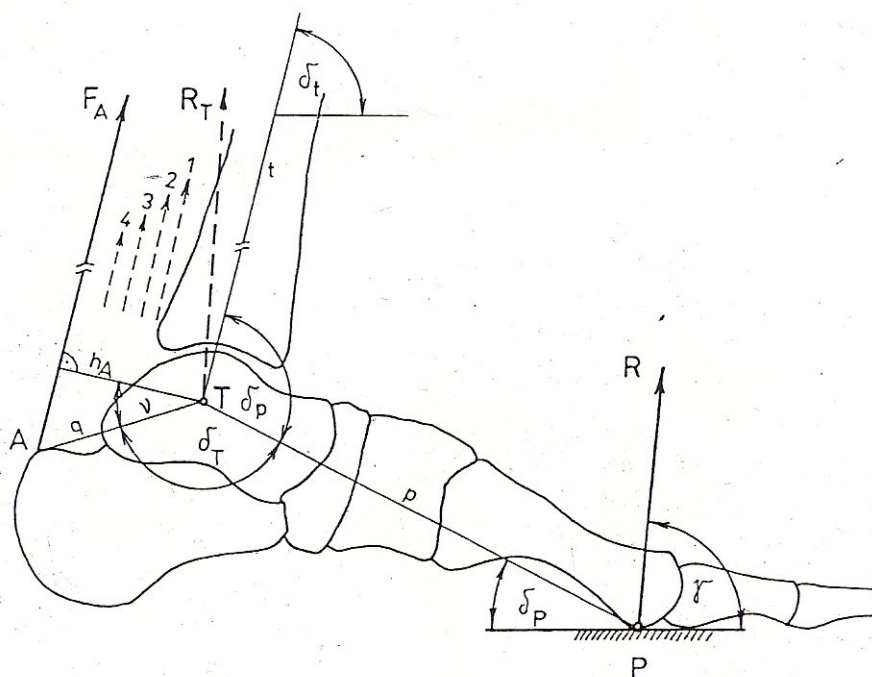
Síly působící na chodidlo v době oporové fáze při běhu po přední části chodidla nebo po patě (Hottenrott, Neumann, 2002)



Na Obrázku 3 vidíme obrázek běžce. Síla, která je znázorněna kolmou a vodorovnou šipkou od podložky, se nazývá reakční síla podložky. Pomyslný obdélník pak doplňuje jejich výslednice. Dále na chodidlo kolmo k podložce působí síla gravitační.

Obrázek 4

Zjednodušené schéma skeletu nohy a hlavních sil v sagitální rovině
(Karas, Otáhal, 1991)



Na Obrázku 4 vidíme zjednodušené schéma skeletu nohy a hlavních sil v sagitální rovině, kdy bod „P“ značí bod dotyku nohy s podložkou při plantární flexi, bod „T“ střed rotace v kloubu talocrurálním, bod „A“ úpon Achillovy šlachy m. triceps surea na tuber calcanei, bod „R“ reakci podložky, bod „R_T“ zatížení talocrurálního kloubu, bod „F_A“ tahovou sílu m. triceps surea, čísla 1,2,3,4 – pomocné plantární flexory, jež rovněž udržují klenbu nohy (Karas, Otáhal, 1991).

Ve své diplomové práci Gerych (2009) upozorňuje na nedávné studie, jež zajímal vztah mezi běžecou mechanikou a ekonomikou. Potvrdily, že ekonomiku běhu opravdu ovlivňují mnohé biomechanické faktory, které se týkají bérce a chodidla v oporové fázi běhu. Mezi faktory autoři řadí: úhlovou rychlost během odvíjení chodidla při odrazu, nízké

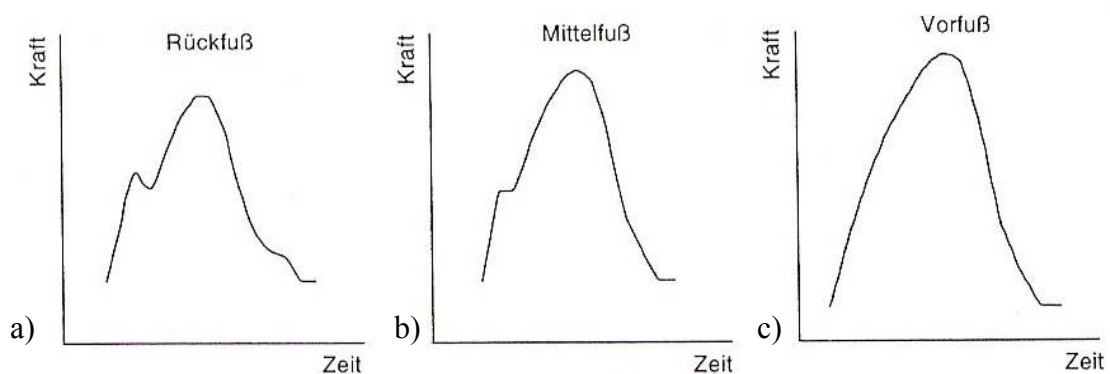
maximum reakční síly podložky, efektivní využití naakumulované elastické energie, tzv. předpětí, kontaktní doba chodidla s podložkou, úhel bérce při dopadu na patu, poloha nohy při došlapu a horizontální rychlost paty při odvíjení chodidla při odrazu (Kyrolainen, Belli, Komi, 2001; McCann Higginson, 2008; Saunders, Pyne, Telford, Hawley, 2004).

Při změnách techniky běhu dochází k odlišnému zatížení nohy. Při došlapu přes tzv. „běžecovou kolébku“, Obrázek 5a, dojde dle Hottenrotta a Neumanna (2002) k rozložení působící síly do dvou maxim, první vrchol je v době došlapu a druhý v době odrazu. Velikost jednotlivých maxim je dána rychlostí běhu a aktivním / pasivním odrazem. Při došlapu přes střední nohu, Obrázek 5b, se první maximum zmenší, druhé naopak zvýší. Při došlapu přes přední část chodidla - přes špičku, Obrázek 5c, se objeví už pouze jedno maximum. Tato síla působící na chodidlo v čase je největší.

Vše je znázorněno na Obrázku 5 níže.

Obrázek 5

Průběh křivky znázorňující sílu působící na chodidlo v čase při odlišných technikách došlapu (Hottenrott, Neumann, 2002)



2.4 Anatomické charakteristiky běhu

Běh je pro člověka přirozeným pohybem. Pro libovolný pohyb člověk je mimo jiné zapotřebí příčně pruhované kosterní svalstvo, jež můžeme ovládat vůlí. Celý pohyb je pak veden nervovým systémem. Úkolem kosterního svalstva, jak píše Tvrzník (2006), je přeměnit energii chemickou na energii pohybovou.

Při běhu je potřeba zapojit svaly celého těla, protože nejen silné dolní končetiny se podílejí na správné technice běhu.

Hlavu ve správné pozici drží šíjové a krční svalstvo. Přílišná strnulost těchto svalů může v praxi způsobit horší pohybovou koordinaci či špatné dýchání. Deltový sval umožňuje pohyb ramene a celé paže. Z dalších svalů na paži je významný biceps, důležitý při flexi a triceps, který je hlavním extenzorem. Tyto svaly se uplatňují především při rychlejším běhu.

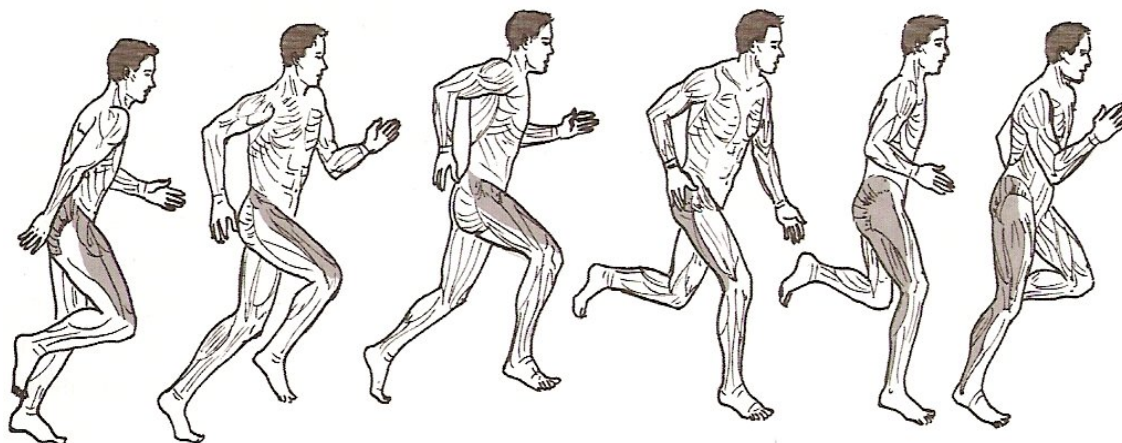
Pro správné držení těla jsou velmi důležité hluboké zádové svaly. Naopak povrchové svaly, mezi něž patří např. široký zádový sval, mají na starosti hlavní pohyby trupu. Další důležitou skupinou při běhu jsou svaly hrudníku, přesněji prsní svaly, které se podílejí na pohybu paží. Společně se zádovými svaly napomáhají stabilizaci trupu břišní svaly. Ty dělíme na přímý břišní, zevní a vnitřní šikmý břišní sval.

Nyní se zaměříme na svaly dolní končetiny. Skupinu svalů, která se podílí na všech pohybech pánve a účastní se zanožování, unožování i přinožování nazýváme hýždě. Jedná se o velký, střední a malý hýžd'ový sval. Na přední straně stehna se nachází čtyřhlavý sval stehenní, jenž má mimo jiné na starosti flexi v kyčelním kloubu. Adduktory na vnitřní straně stehna spolupracují s hýžd'ovými svaly a přitahují stehno. Nesmíme zapomenout na hemstringy (zadní stranu stehen), které se účastní flexe v koleni a extenze v kyčli. Poslední významnou skupinou svalů, která se podílí na pohybu, jsou svaly lýtek. Mezi nejdůležitější pro pohyb patří dvojhlavý lýtkový a šikmý lýtkový sval. Jsou důležité pro dokončení odrazového výponu. Achillova šlacha je pokračování lýtkového svalu. Je náchylná na přetížení, především trápí běžce „začátečníky“. Na Obrázku 6 níže si ukážeme jedny z nejdůležitějších svalů dolní končetiny potřebných při běhu. Mezi ně patří: čtyřhlavý sval stehenní, sval bedrokyčlostehenní, krejčovský, napínač stehenní povázky, štíhlý sval stehenní, velký sval hýžd'ový, dvojhlavý sval stehenní, dvojhlavý sval lýtkový, šikmý sval lýtkový a Achillova šlacha (Tvrzník, 2006).

Svaly rozdělujeme na agonisty, tedy svaly, které vykonávají pohyb a antagonisty, které v daný okamžik relaxují a musí být schopny se protáhnout.

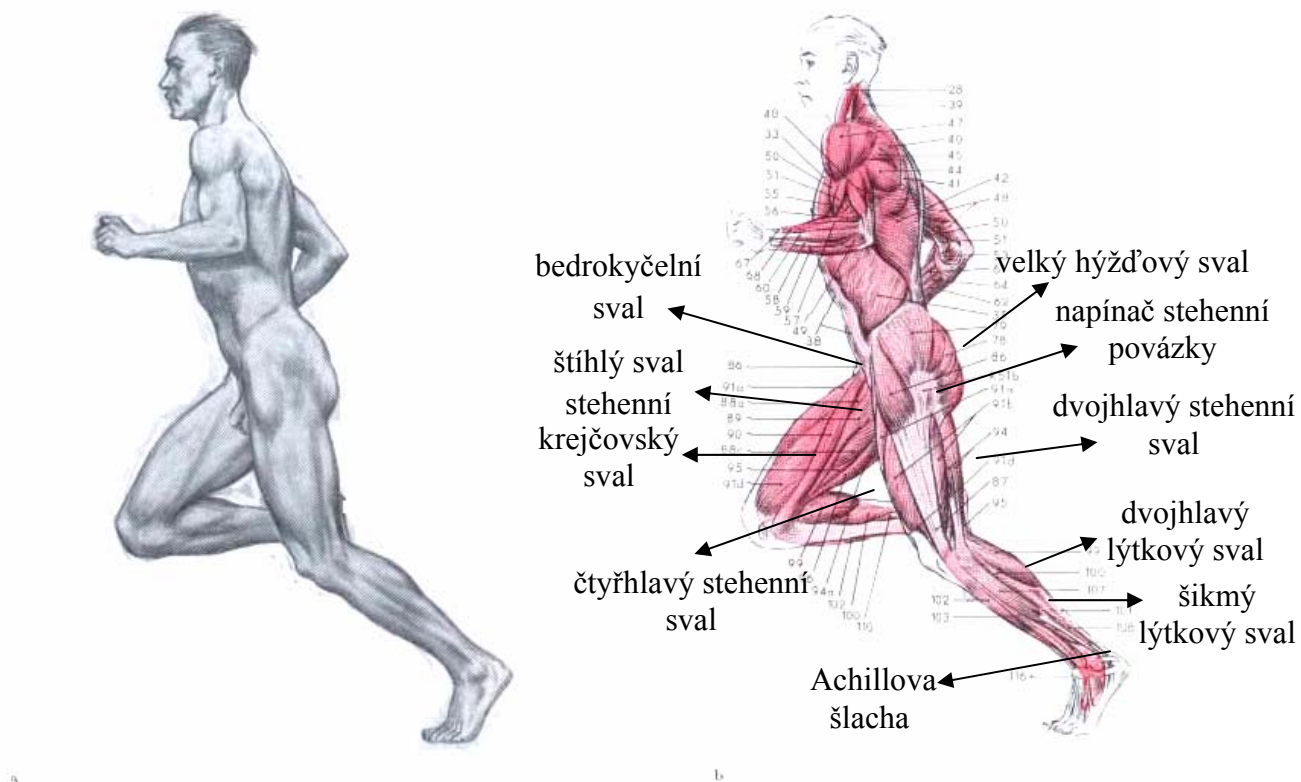
Na Obrázku 6 můžeme vidět zapojení hlavních agonistů při jednom běžeckém kroku.

Obrázek 6
Zapojení hlavních agonistů (Tvrzník 2006)



Pro lepší pochopení a orientaci ve svalové soustavě, která se podílí na pohybu, si níže popíšeme svaly dolní končetiny lidského těla na Obrázku 7.

Obrázek 7
Zapojení svalů při běhu (Tittel, 2003)





2.5 Stručný přehled anatomie dolní končetiny

Noha je velmi složitý funkční celek, který se skládá z 26 kostí. Chodidlo je důležitou součástí pohybového aparátu, kdy při pohybu nese celou váhu člověka. Kostí jsou mezi sebou spojeny klouby. Vše je pak zesíleno vazy. Ty společně s kostmi a klouby nohy tvoří složitý funkční celek, který je do pohybu uváděn množstvím svalů. Celý tento celek je pak kloubně propojen s kostmi bérce (Dylevský, 2009).

2.5.1 Kostra nohy

Kostra nohy je složena ze tří základních částí – z článků prstů, nártu a zánártí. Čihák (2001) upozorňuje na skupinu sezamských kůstek.

A) Články prstů, neboli phalanges, se liší počtem článků na palci a zbývajících prstech. Palec se skládá ze dvou článků, chybí mu phalanx media, zbývající prsty jsou složeny ze tří článků – phalanx proximalis, media a distalis. Každý článek je odlišný. Na každém rozeznáváme tři hlavní části - basis, corpus a caput phalangis.

Sezamské kůstky – ossa sesamoidea pedis, mají oválný tvar, jsou zanořené v úponových šlachách krátkých svalů palce.

B) 1. - 5. metatarsus – nártní kosti – tvoří část skeletu nohy zvanou nárt. Jedná se o pět dlouhých, konvexních kostí, kdy prvním metatarsem je palcový. Každá z metatarsálních kostí je složena ze tří základních částí – z báze, těla a hlavičky.

Zajímavá je pátá nártní kost, která má tvar kužele. Upíná se na ni krátký lýtkový sval.

C) Sedm masivních kostí tvoří poslední část chodidla, která se nazývá tarzus. Mezi tarzální kosti patří kost hlezenní – *talus*, který je spojen s kostmi bérce *trochleou tali* a dále s kostí patní a člunkovou. V kloubu hlezenním dochází k rozkládání váhy těla. Další kostí, patřící mezi tarzální kosti je kost patní. *Calcaneus* je největší a nejmasivnější kost nohy. Hrbol kosti patní pomáhá talusu s rozkládáním váhy těla, upíná se na něj se shora Achillova šlacha, což je silná úponová šlacha trojhlavého svalu lýtkového. Člunková kost, neboli *os naviculare*, též pomáhá talusu při rozkládání váhy těla. Aby byl výčet tarzálních kostí úplný, musíme doplnit tři kosti klínové – *ossa cuneiformia* a kost krychlovou – *os cuboideum* (Čihák, 2001, Dylevský, 2009)

Celou kostru nohy můžeme vidět níže, díky rozsahu obrázku na straně 21.

Obrázek 8

Kostra nohy (Ozols, Furn, 2005)

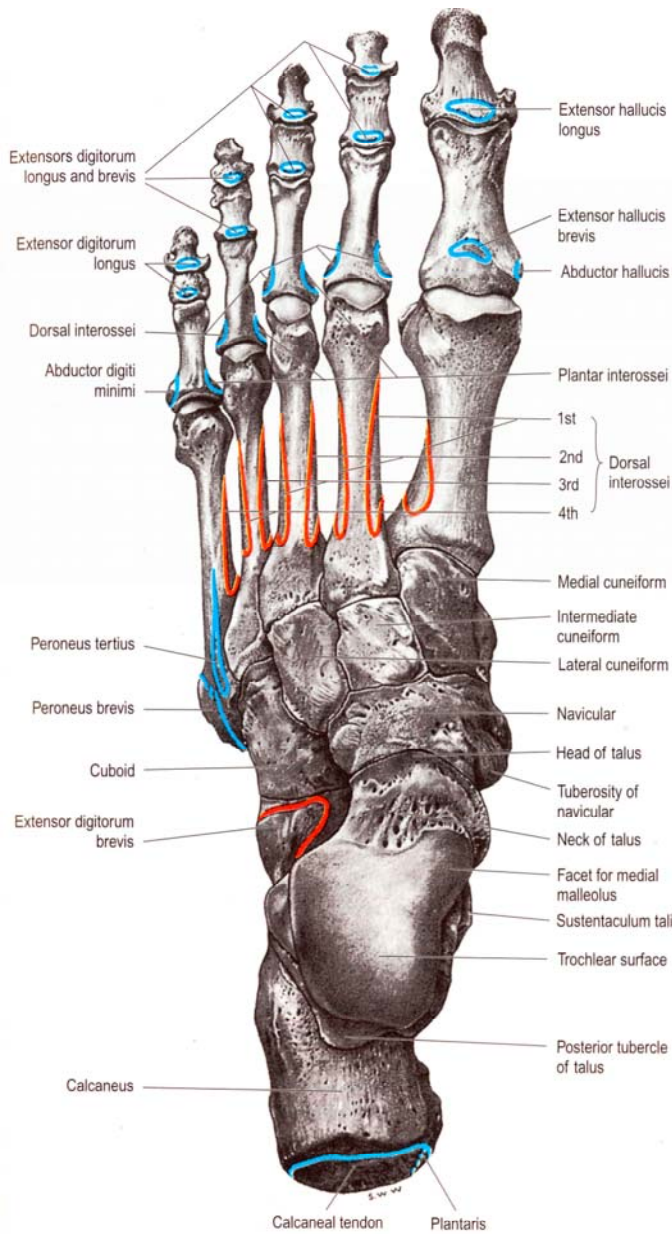


Fig. 115.8 Dorsal aspect of the skeleton of the left foot.

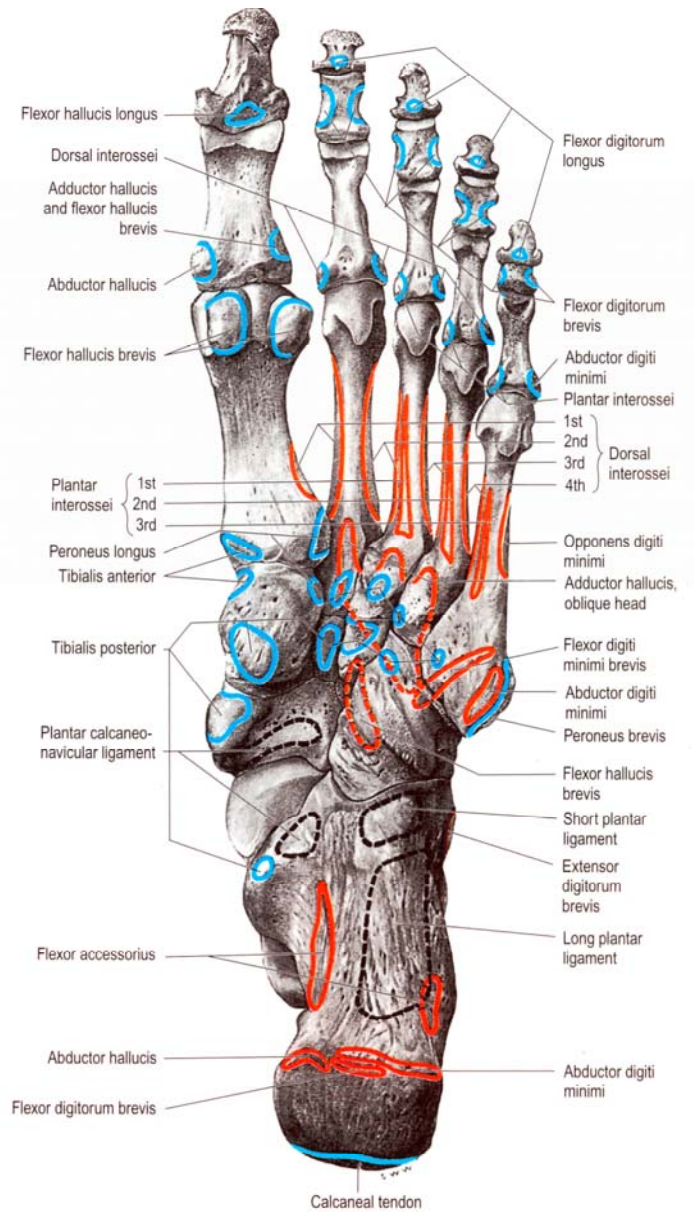


Fig. 115.9 Plantar aspect of the skeleton of the left foot. The attachments of tibialis posterior to the metatarsals vary, with those to the third and fifth sometimes being absent. The interrupted lines are the attachments of adductor hallucis (oblique head) and flexor hallucis brevis from ligamentous and tendinous extensions in the sole of the foot, not directly from the bone.

2.5.2 Kloubní spojení nohy

Noha je velice složitý funkční celek, který musí být nejen flexibilní, ale i rigidní. Má funkci nosnou (statickou), kdy nese tělo, ale při pohybu se její funkce mění na funkci lokomoční. Pružnost nohy je dána postavením kostí, jejich propojením ligamentózními strukturami a držením klenby nožní (Dylevský, 2009).

Klouby nohy dělíme do dvou hlavních skupin: A) horní zánártní kloub a B) dolní zánártní kloub.

A) **Articulatio talocruralis** – je složený kloub, který spojuje fibulu, tibií a hlezenní kost. Talokrurální kloub díky své stavbě a funkci považujeme za tzv. kladkový kloub, jímž probíhá osa oběma kotníky.

Hlezenní kloub vykonává dva druhy pohybu – plantární flexi v rozsahu 30-50 ° a extenzi v rozsahu asi 20-30 °. Talus se při flexi stáčí do supinace, při extenzi opačným směrem. Pohyblivost art. talocruralis je značná.

B) **Dolní zánártní kloub** – je kloubní spojení mezi talem a dalšími kostmi. Má dva oddíly: zadní a přední. Zadní oddíl, neboli *Art. subtalaris*, je válcový kloub, jehož hlavici je plocha na patní kosti. Přední oddíl tvoří *Articulatio talocalcaneonavicularis*, který se nachází na tibiální části při hlavici talu a *Articulatio calcaneocuboidea*, který laterálně doplňuje komplex dolního kloubu zánártního a spojuje kost patní s kostí krychlovou.

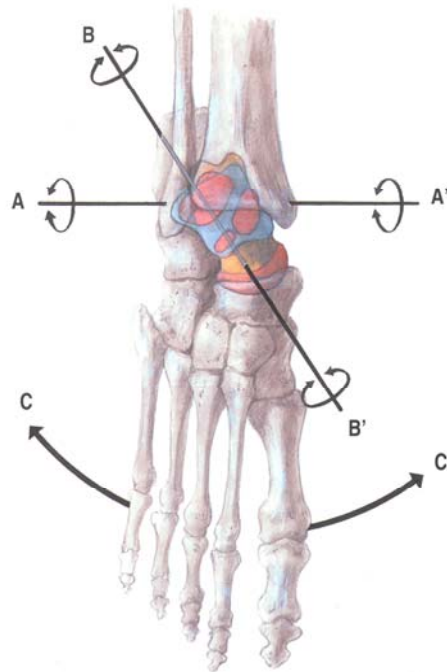
C) **Chopartův kloub** – *Articulatio tarsi transversa* – neboli spojení kosti hlezenní s člunkovou a kosti patní s krychlovou. Malé pohyblivost v celé kloubní linii má nepostradatelný význam pro pružnost celé nohy (Dylevský, 2009, Čihák, 2001).

Dolní kloub zánártní je složen z mnoha složek, které vytváří dohromady složitý kloub. Díky kombinované stavbě jsou pohyby složeny z jednotlivých pohybů mezi jeho složkami. Šikmá osa vzájemných pohybů těchto složek vzniká díky dvojitému spojení talusu a calcaneusu v kloubech subtalárním a talokalkaneonavikulárním. Tarsus vykonává pohyb jako celek kolem této osy pohybů, kdy osa probíhá od zevní strany zadního okraje kosti patní šikmo dopředu mediálně do collum tali a nad os naviculare (Dylevský, 2009, Čihák, 2001).

Dolní kloub zánártní je v základní poloze při stožení, kdy pak tarsus jako celek může vykonat eversi nohy. Probíhá při ní současně dorzální flexe, abdukce a pronace nohy, a nebo inverze nohy, při níž dochází současně k plantární flexi, addukci a supinaci nohy (Čihák, 2001).

Obrázek 9

Osa pohybů a směry pohybů hlezenního kloubu a dolního kloubu zánártního
(Čihák, 2001)



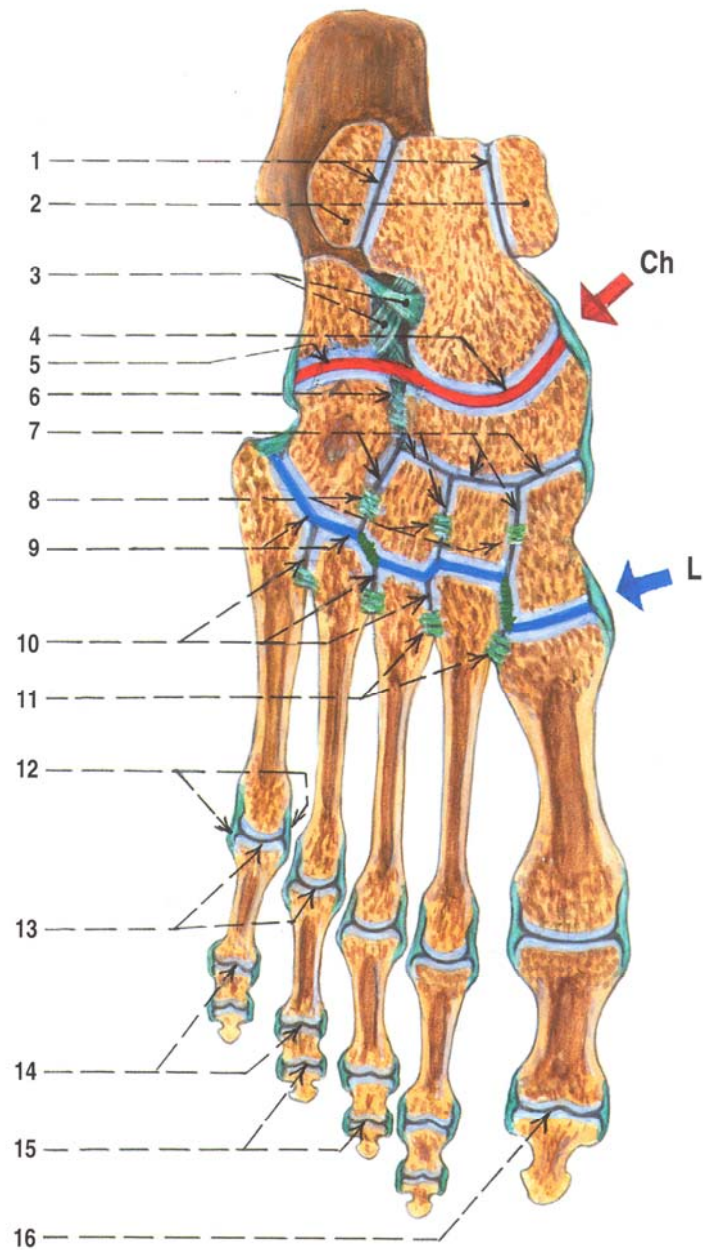
Artt. intermetatarsales jsou ploché klouby mezi přivrácenými plochami bází metatarsů, jsou minimálně pohyblivé, avšak pružné.

U metatarzofalangových kloubů je pohyblivost minimální, umožňují však flexi, extenzi, abdukcii a addukci prstů.

Mezičlánkové klouby, které se vyskytují mezi jednotlivými prsty, povolují flexi a extenzi.

Všechny výše popsané klouby můžeme vidět na Obrázku 10.

Obrázek 10
Klouby nohy (Čihák, 2001)



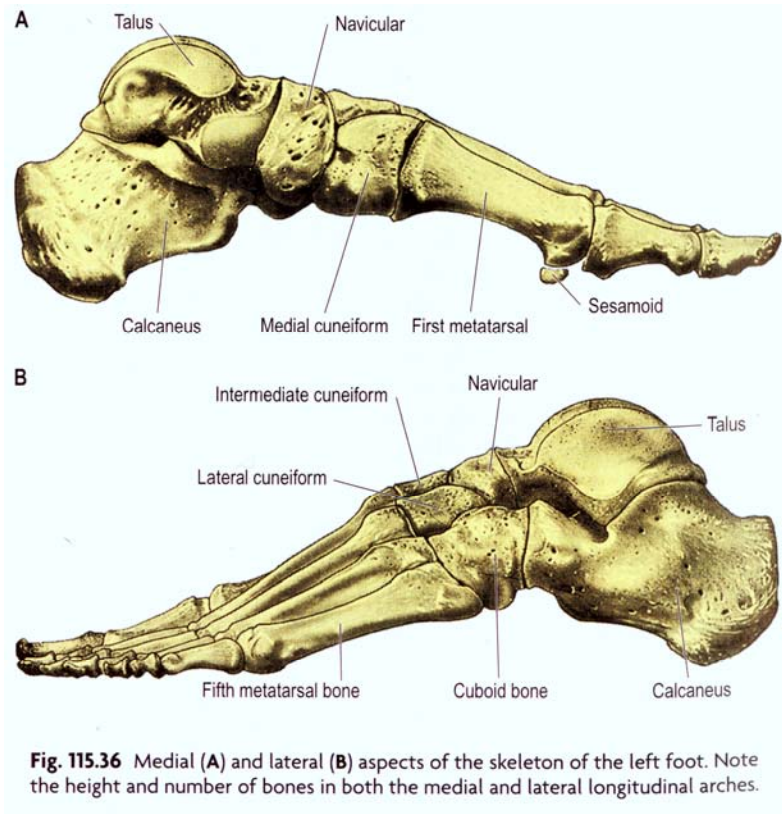
2.5.3 Klenba nožní

Klenba nožní je při pohybu člověka velmi důležitým „tlumičem“ nárazů, kdy chrání měkké tkáně plosky nohy a umožňuje pružný nášlap (Čihák, 2001). Dylevský (2009) ve své knížce uvádí, že aby člověk udržel stabilitu, potřebuje mít celkem tři opěrné body, mezi nimiž je umístěno těžiště těla. Těmito třemi opěrnými body myslí hrbol kosti patní, hlavičku prvního

metatarsu a hlavičku pátého metatarsu. A právě mezi těmito třemi body můžeme nalézt dva systémy kleneb – podélnou a příčnou.

Obrázek 11

Podélná a příčná nožní klenba (Ozols, Furn, 2005)



2.5.3.1 Podélná klenba

Podélná klenba je výrazněji vytvořena na vnitřním okraji nohy, je tedy vyšší na straně tibiální a nižší na straně fibulární. Na udržení podélné klenby se podílejí jednak vazy plantární strany nohy a ligamentum plantare longum, tak svaly jdoucí longitudinálně chodidlem, jako např. m. tibialis posteriori, m. flexor digitorum longus, m. flexor hallucis longus či povrchová aponeurosis plantaris a šlašitý třmen pod chodidlem. Vrcholem na vnitřním, „palcovém podélném paprsku“ je os naviculare, jinak dalšími částmi vnitřní podélné klenby jsou os talus, ossa cuneiformia, první a třetí metatarsus a články 1. - 3. prstu. Zevní – malíkový podélný paprsek – se skládá z calcaneusu, os cuboideum, čtvrtého a pátého metatarsu a článků 4. - 5. prstu (Čihák, 2001, Dylevský, 2009, Wessinghage, 1996).

2.5.3.2 Příčná klenba

Příčná klenba se nachází mezi hlavičkami 1. – 5. metatarzu. Příčnou klenbu podchycuje tzv. šlašitý třmen, který se skládá z předního holenního svalu a dlouhého lýtkového svalu, (Dylevský, 2009). Tvar příčné klenby určuje dle Čiháka (2001) nášlapnou plochu chodidla a pouze zevní strana nohy se dotýká podložky v průběhu celého pohybu.

Aby klenby měly správnou funkci, je potřeba dle Dylevského (2009) tří faktorů – závisí na celkovém tvaru kostry nohy a architektonice jednotlivých kostí, vazivovém systému nohy a svalech nohy.

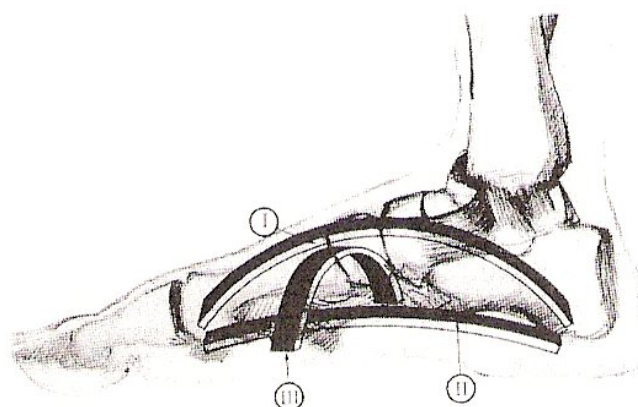
Ochabnutí svalů a vazů jak příčné, tak podélné klenby přináší nepříjemné bolesti nejen při chůzi, ale i při stoji. Čihák (2001) uvádí, že dojde k rozšíření nášlapné plochy, změni se napětí vazů a svalů a vzniká tzv. plochá noha, neboli pes planus.

Wessinghage (1996) rozděluje nohu podle klenutí klenby na tři typy. Normální, kdy jak příčná, tak vnitřní i zevní podélná klenba mají správné klenutí a správnou funkci. Noha s vysokou podélnou klenbou se vyznačuje vysokým obloukem, vysokým nártem a hyperextenzí. Takovému typu nohy se doporučují používat vložky pro lepší odpružení. Posledním typem je tzv. plochá noha. Tu charakterizuje málo klenutá podélná či příčná klenba nožní. I zde je třeba zvolit vhodné vložky do běžecké obuvi.

Vše můžeme vidět na Obrázku 12, který jsme charakterizovali výše.

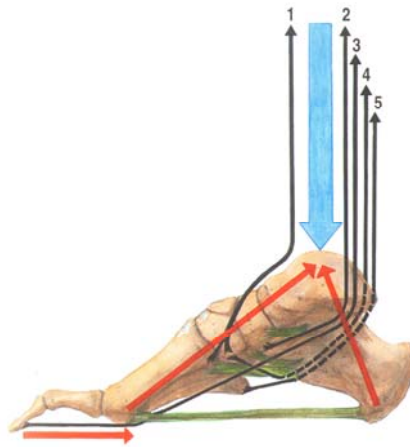
Obrázek 12

Podélná a příčná klenba (Hottenrott, Neumann, 2002)



Obrázek 13

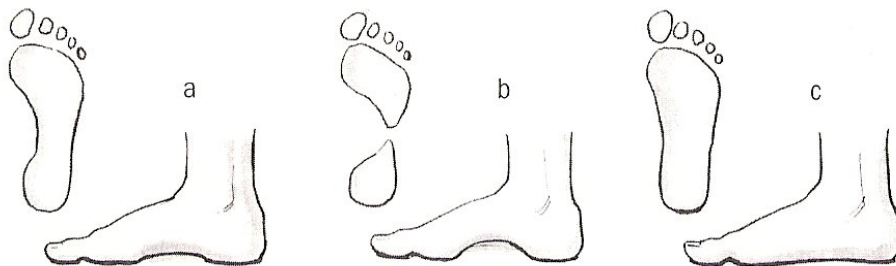
Mechanismus udržení klenby nožní (Čížek, 2001)



Legenda k Obrázku 13: barvy - modrá – působící zatížení nohy,
červená – výslednice tahů svalů bérce,
zelená – ligamenta nohy pomáhající udržovat klenby,
černá – směry tahů svalů

Obrázek 14

Základní typy nohou (Hottenrott, Neumann, 2002)



Na Obrázku 14 vidíme tři odlišné typy nohou, které určujeme dle stavu podélné klenby. Za a) zdravá noha, b) nadměrně vysoká podélná klenba, c) plochá noha

3. Výzkumná část

3.1 Cíle a úkoly práce

Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce bylo sledování běžecké techniky při různých sklonech běžeckého pásu a zaznamenání vybraných hodnot v části běžeckého dokroku pomocí nového technologického postupu Pedar - X systém u hobby běžců. Vedlejšími cíli bylo intraindividuální porovnávání hodnot dokroku u levé a pravé nohy a následně interindividuální porovnávání hodnot dokroku u vybrané nohy vzhledem ke zdravotnímu stavu u jednoho z měřených probandů.

Úkoly práce

Na základě vytyčených cílů práce jsme si stanovili následující úkoly:

- Provést literární rešerši odborných písemností, které se týkají řešeného problému
- Seznámit se s problematikou měření běžeckého dokroku pomocí systému Pedar – X systém
- Zaučit se v systému Pedar - X systém a realizovat jednoduchý před výzkum
- Vybrat probandy pro samotné výzkumné šetření
- Realizovat vlastní výzkumné šetření
- Vyhodnotit naměřená data a interpretovat je ve výsledkové části
- Shrnout a v závěrech doporučit další možné postupy při využívání systému Pedar – X pro měření běžeckého dokroku

3.2 Problémové body

Vzhledem k charakteru diplomové práce, která má ráz popisný, ne však experimentální, jsme stanovili problémové body práce.

1. Se změnou sklonu běžeckého pásu dochází na základě naměřených hodnot ke změně techniky oporové fáze
2. Na základě správné funkce příčné klenby dochází při větších sklonech běžeckého pásu k rozložení maximálního tlaku na větší plochu přednoží.

3.3 Výzkumné otázky

Na základě formulování problémových bodů jsme si položili výzkumné otázky.

1. Můžeme sledovat při standardních změnách sklonu běžeckého pásu rozdíly v technice oporové fáze u hobby běžců se stejnou výkonností?

2. K jakým změnám dochází při rozložení maximálního tlaku chodidla ve fázi dokroku při odlišných sklonech běžeckého pásu u běžců se správnou funkcí příčné klenby oproti běžcům, kteří jsou v tomto segmentu indisponováni?

3.4 Charakteristika souboru

Pro vlastní výzkumné šetření jsme si vybrali tři probandy hobby běžce, jejichž charakteristika je níže uvedena v Tabulce 2.

Tabulka 2

Stručná charakteristika sledovaných jedinců

	Proband 1 M. K.	Proband 2 V. R.	Proband 3 A. R.
Pohlaví	muž	muž	žena
Věk (let)	23	28	24
Velikost chodidla (cm)	27,8	27	25,5
Délku DK od hlavice kloubu kyčelního po kloub hlezenní (cm)	85	98,5	61
Tělesná hmotnost (kg)	74	84	58
Počet naběhaných hodin týdně	3	2	3
Počet naběhaných km týdně	24	20	20

Z důvodu zaznamenání interindividuálních rozdílů při běžeckém dokroku vzhledem ke stavu funkce příčné klenby jsme si vybrali jednoho probanda (probanda 1), který před výzkumným šetřením nevykazoval problémy s příčnou klenbou. Další proband (proband 2) vykazoval sníženou funkci podélné klenby („spadlá podélná klenba“). Třetím probandem (proband 3) byla žena, mimo jiné autorka diplomové práce, u které se projevovaly zdravotní potíže v kloubu hlezenním, s částečnou ztrátou chrupavky. Autorka si uvědomuje, že v rámci výzkumného šetření, kdy se sama stala jedním z probandů, mohlo dojít k ovlivnění měřících postupů a podvědomému zkreslení výsledků.

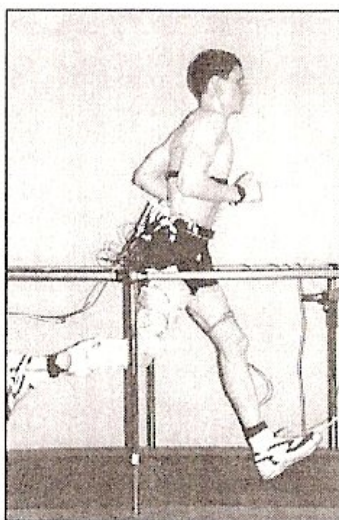
3.5 Metodika práce

Měření probandů probíhalo na specializovaném pracovišti CASRI. Před samotným měřením jsme zjistili věk a tělesnou hmotnost běžců, změřili jsme jim délku chodidla a délku dolní končetiny od hlavice kloubu kyčelního po kloub hlezenní. Následně jsme provedli dotazování ohledně počtu naběhaných hodin týdně a na počet naběhaných kilometrů týdně. Při vlastním výzkumném šetření běželi probandi jednotlivě po běžeckém pásu HP KOSMOS, což můžeme názorně vidět na Obrázku 15 níže. Probandi udělali přibližně okolo sta běžeckých

kroků pravou a levou nohou. Běželi konstantní rychlostí 12 km/hod při čtyřech různých sklonech běžeckého pásu - 0, 5, 10 a 15 %.

Obrázek 15

Běžec na běžeckém pásu (Hottenrott, Neumann, 2002)



V botách měli probandi umístěny speciální vložky Pedar - X, které snímaly jednotlivé tlaky chodidla při dopadu. Noha byla rozdělena do 7 segmentů, každá tato část byla složena z různého počtu čidel. Umožnilo nám to sledovat zatížení při každém kroku. Jednalo se o systém tlakoměrných stélek, který vyrobila firma Novel (<http://www.novel.de>).

Jedná se o nejmodernější technologii pro měření rozložení tlaků na celé ploše lidského chodidla. Můžeme měřit neomezený počet kroků, což je nyní mnohem výhodnější způsob oproti minulosti, kdy jsme mohli měřit pouze jeden krok pomocí footscanu. Nevýhodou footscanu je, že je běžci snímán pouze jeden běžecký krok, musí se soustředit na správné naběhnutí na footscan. Měření se tak může stát nestandardním. Uvedený typ vložek umožňuje běžci běžet bez jakéhokoliv omezení, nemusí se soustředit na správný náběh. Naopak vložky Pedar - X umožňují běžci udělat neomezený počet měřených kroků, jak na běžeckém pásu, tak kdekoli v terénu.

Obrázek 16

Běžec využívající speciální vložky Pedar – X v terénu (<http://www.novel.de>)



Po změření byly výsledky zapsány na paměťovou kartu, která byla součástí měřicího systému Pedar-X. Tento Pedar-X systém nám byl zapůjčen vědecko – servisním pracovištěm CASRI. Následně byly naměřené hodnoty pomocí infraportu přeneseny do počítače za účelem dalšího zpracování. Software, ve kterém se zpracovávala veškerá data, byl označen Pedar-X standard a finální analýza, včetně závěrečné zprávy, byla vytvářena v databázovém modulu Novel database Essential 19.3.15. Toto vše fungovalo v operačním systému Windows.

Z hlediska charakteristiky používaných vložek je třeba upozornit, že se ve vložce nachází 256 čidel. Stélky zachycují údaje pomocí frekvence 50 Hz. Pedar – X systémy lze při výzkumu použít pro všechny druhy obuvi, především v biomechanice, kdy je nezbytné měřit rozložení tlaků uvnitř boty při pohybu. Novel senzory pokryjí všechny kontakty mezi nohou a botou. Chtěli bychom upozornit, že Pedar - X systém se neustále vyvíjí, což může dokumentovat Pedar inshoe, který lze při měření snadno synchronizovat s jinými pohybovými systémy měření, jako je accelerometer, EMG, úhломěr, popřípadě video záznamem atd.

Každému probandovi jsme se věnovali individuálně a získané výsledky jsme porovnávali u všech běžců jak intra, tak interindividuálně. Hledali jsme mezi nimi souvislosti a výsledky vyhodnocovali.

Při zpracovávání výsledků jsme se především zaměřili na tyto ukazatele: křivku centra tlaku, maximální hodnotu tlaku, rozložení tlaku, celkové zatížení plochy a sílu.

Křivka centra tlaku, která charakterizuje průběh celé oporové fáze, má vysokou výpovědní hodnotu vzhledem k technice běhu. Podle polohy a délky křivky můžeme dobře určit techniku běhu, zda běžec běží tzv. „běžeckou kolébkou“ (Tvrzník 2010), přes přední část chodidla nebo jiným způsobem.

Dalším sledovaným ukazatelem bylo rozložení tlaku na chodidlo. Ukazuje nám, jak je která část chodidla v průběhu oporové fáze zatížena. V porovnání jednotlivých sklonů nám pak podává srovnání o změně zatížení nohy.

Maximální hodnota tlaku nám charakterizuje místo největšího zatížení chodidla při běhu. Tento ukazatel může upozornit na místa, která jsou velmi přetěžována, a může ukázat na části nohy, které neplní svoji funkci tak, jak by měly.

U celkového zatížení plochy jsme sledovali celkové hodnoty vztahující se k celému chodidlu.

Posledním, doplňujícím, ukazatelem je síla, která působí na chodidlo při běhu. Předpokládáme, že se vzrůstajícím sklonem dojde k menšímu působení síly.

Při popisu obrázků jsme rozdělili chodidlo na sedm hlavních segmentů – vnitřní a vnější patu, vnitřní a vnější střední nohu, vnitřní a vnější přednoží, 2. - 5. prst a palec. Toto rozdělení je podle nás nejvýstižnější, vyšli jsme z popisu chodidla použitého systémem firmy Novel (<http://www.novel.de>).

Z anatomického hlediska musíme rozlišit pojem noha (pes) a dolní končetina (membrum inferius). Dolní končetina se skládá za a) z pletence dolní končetiny - pánve (pelvis), a kostry volné dolní končetiny - stehenní kosti (femur), číšky (patella) a z kostí bérce – z kosti holenní (tibia), lýtkové (fibula) a nohy (pes) (Dylevský, 2009).

Nohou myslíme část dolní končetiny, která se skládá ze zánártí (tarsus), nártu (metatarsus) a článků prstů (phalanges digitorum). Noha se také ale dělí na chodidlo (planta pedis), hřbet nohy (dorsum pedis) a prsty (digiti pedis) (Čihák, 2001). Při popisu obrázků používáme pojmů chodidlo a noha.

4. Výsledková část

Výsledkovou část jsme rozdělili do tří subkapitol. Subkapitoly jsou věnovány deskripci techniky běhu jednotlivých probandů při různých sklonech běžeckého pásu. Výsledková část je zakončena porovnáváním získaných hodnot u sledovaných probandů, jejich rozdílů či shodných hodnot.

Výsledková část je vedena komentovaným hodnocením. Pro přehlednost je každý typ běžeckého testu rozšířen o grafické znázornění chodidla dolní končetiny sledovaných probandů

4.1. Deskripce techniky běhu u probanda 1

A) Běh na běžeckém pásu s nulovým sklonem (po rovině)

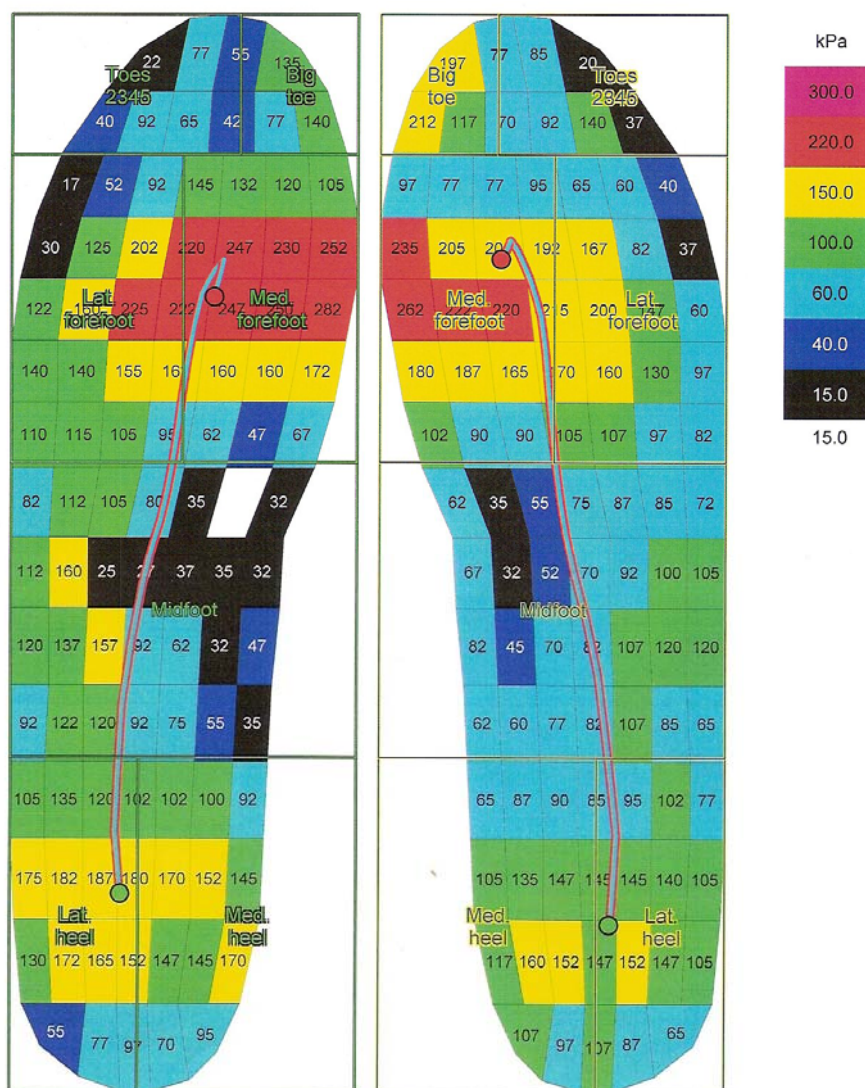
Proband 1 při nulovém sklonu běžeckého pásu využívá celé chodidlo. Pohyb vede přes vnější část paty, následně větší zatížení pokračuje po vnější straně nohy a posledním místem, kde se chodidlo odráží od běžeckého pásu je oblast mediálních metatarsů. Na Obrázku 17 můžeme sledovat výraznější zatěžování levé nohy. Můžeme konstatovat, že ve všech částech je levá noha zatěžována více než pravá. Z Grafů 1 a 2 v Přílohové části a dále na Obrázku 17 vidíme maximální hodnoty tlaku, jež jsou v místě odrazu, na vnitřní části přednoží, kdy maximální hodnota na levé noze je 282,4 kPa a na pravé 265,1 kPa.

Dalším sledovaným ukazatelem je křivka centra tlaku, která mimo jiné charakterizuje místo prvního a posledního kontaktu chodidla s podložkou. U našeho probanda 1 na Obrázku 17 křivka probíhá z oblasti vnější paty přes střední nohu a končí na vnitřní části přednoží. Křivka je shodná na pravé i levé noze.

Poslední sledovaný ukazatel je celkové zatížení plochy chodidla. Z Grafů 3 a 4 v Přílohové části vyčteme, že hodnoty jsou při tomto sklonu u sledovaného probanda srovnatelné a jejich hodnota činí 191,13 cm² na levé, na pravé noze 190,88 cm².

Obrázek 17

Rozložení tlaku na chodidle probanda 1 při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu.



B) Běh na běžeckém pásu se sklonem 5%

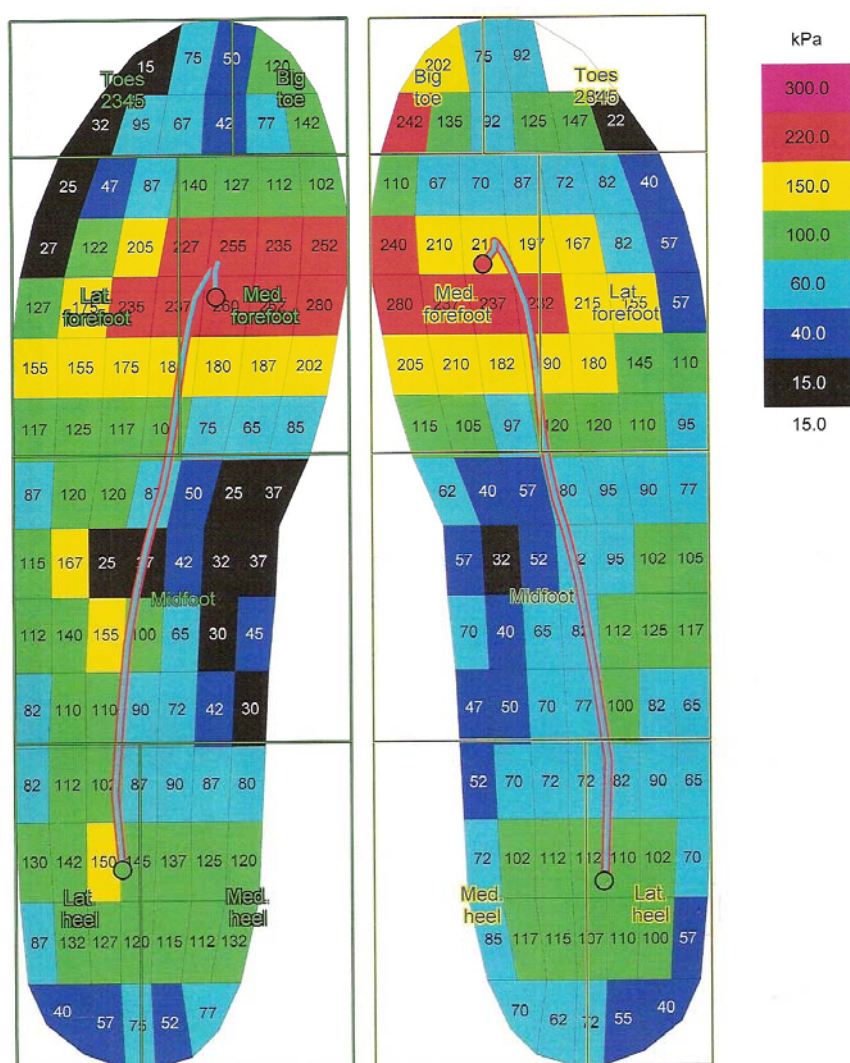
Při sklonu 5 % běžeckého pásu se již projevují menší rozdíly v technice běhu. Proband 1 stále využívá celou plochu chodidla, ale již se mění působení tlaků v jednotlivých částech chodidla. Začíná být zatěžována více přední část chodidla. Zatímco maximální hodnoty tlaků podle Obrázku 18 a Grafů 5 a 6 v Přílohové části se objevují v mediální části přednoží a dosahují podobných hodnot na pravé 283 kPa, na levé noze 281,3 kPa a jsou srovnatelné s nulovým sklonem běžeckého pásu. Rozdíly na Obrázku 18 jsou patrné především na vnitřní a vnější patě, kde se hodnoty snižují.

Křivka centra tlaku, která charakterizuje průběh celé oporové fáze se při sklonu 5 % přesouvá od vnější části paty, přes střední nohu a končí ve střední části vnitřního přednoží. Křivka je tedy shodná na pravé i levé noze s nulovým sklonem běžeckého pásu.

Celkové zatížení plochy nohy je také beze změny. Hodnota celkového zatížení plochy je srovnatelná s během na běžeckém pásu bez sklonu a činí 189 cm², což dokumentují Grafy 7 a 8 v Přílohové části.

Obrázek 18

Rozložení tlaku na chodidle probanda 1 při běhu s 5 % sklonem běžeckého pásu.



C) Běh na běžeckém pásu se sklonem 10 %

Při sklonu běhátka 10 % se začíná měnit technika běhu. Proband již nevyužívá celou plochu svého chodidla, mění se rozložení tlaků, značně se zkracuje křivka centra tlaků.

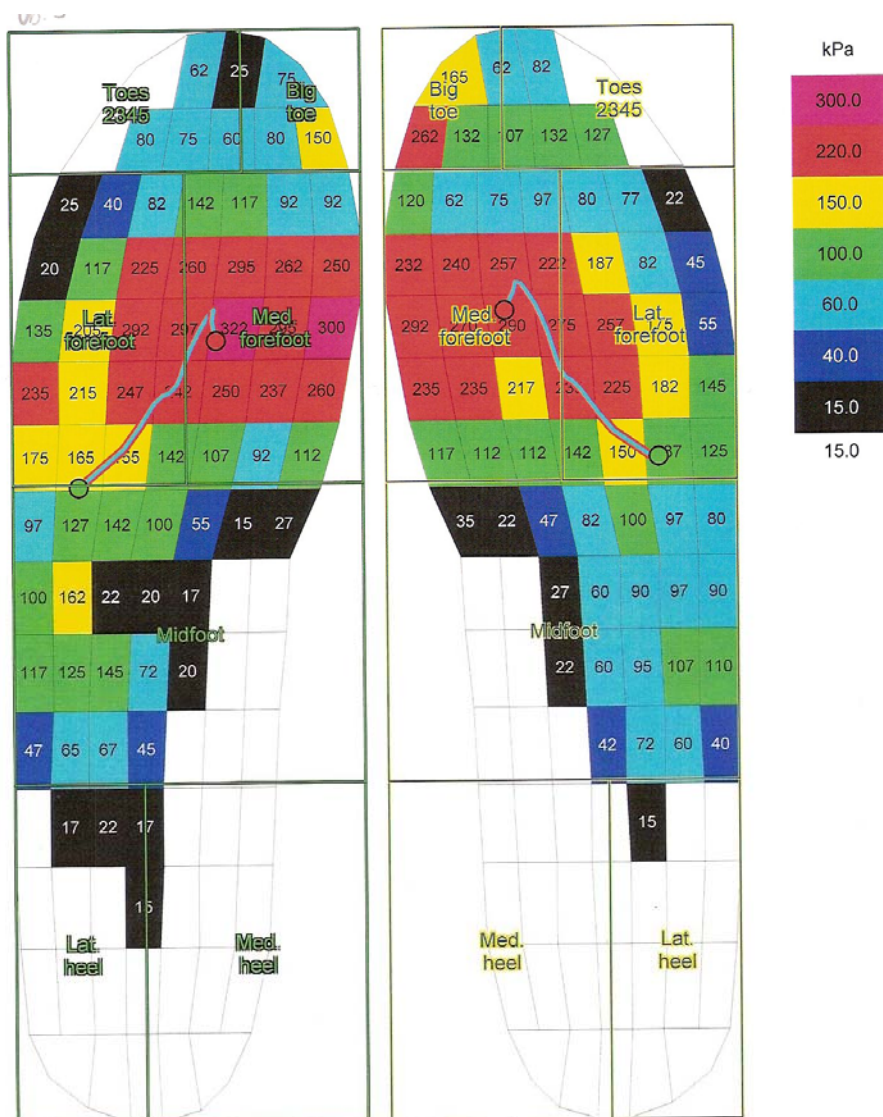
Obrázek 19 nám ukazuje, že při běhu již není vůbec zatěžována pata, všechno zatížení je přesunuto na vnitřní a vnější část přednoží. Maximální hodnota tlaku činí 301,2 kPa na pravé noze, na levé noze 324,7 kPa, jež vidíme na Grafech 9 a 10 v Přílohové části. V tomto okamžiku se začíná u probanda projevovat větší zatěžování levé nohy.

Křivka centra tlaku je velmi krátká. Na pravém chodidle probíhá ze spodní části vnějšího přednoží do střední části vnitřního přednoží, na levém chodidle začíná na rozhraní střední nohy a vnějšího přednoží a končí ve střední části, vnitřního přednoží.

Celková zatížená plocha je už mnohem menší. Na pravé noze je hodnota zatížené plochy 130,46 cm², na levé pak 137,17 cm², což je patrné z Grafů 11 a 12 v Přílohové části.

Obrázek 19

Rozložení tlaku na chodidle probanda 1 při běhu s 10 % sklonem běžeckého pásu



D) Běh na běžeckém pásu se sklonem 15 %

Při sklonu běhátku 15 % se opět mění technika běhu. Dochází ještě k většímu zatěžování přední části chodidla.

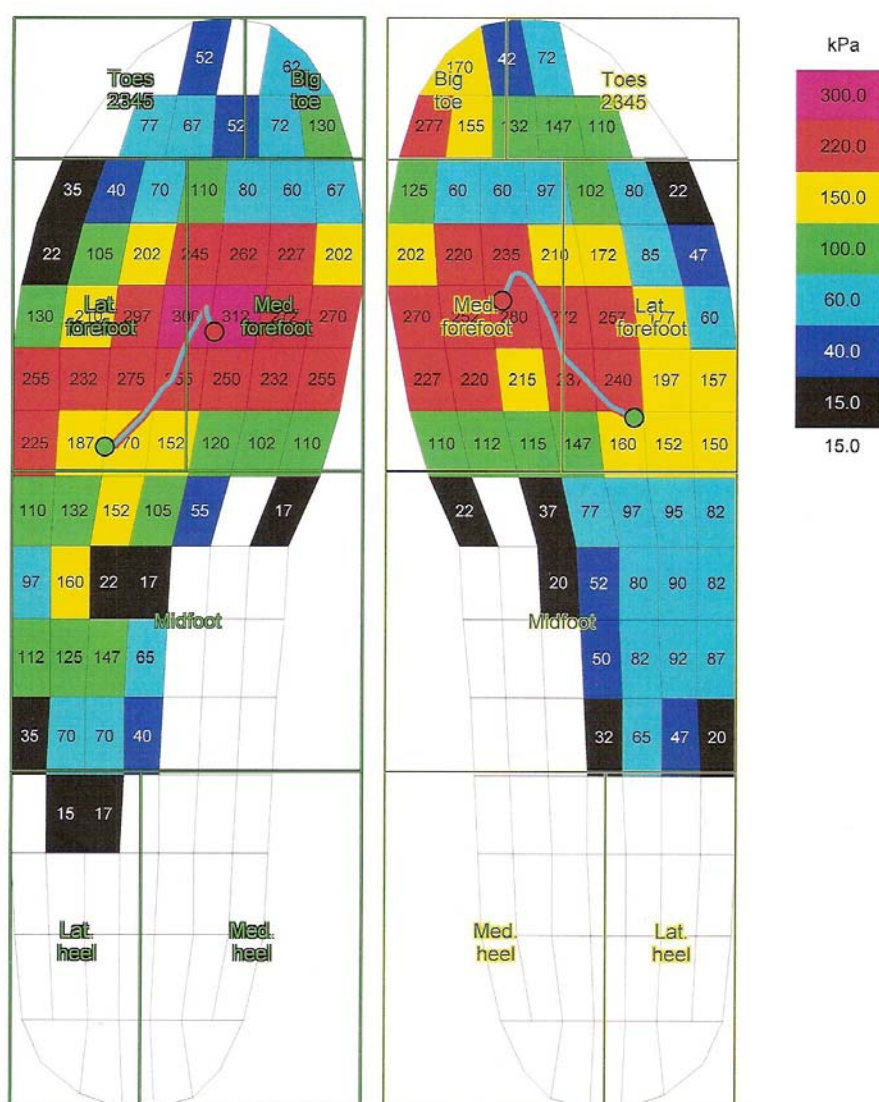
Na Obrázku 20 je vidět, že proband zatěžuje především střední nohu, vnitřním a vnějším přednožím, palci a druhém až pátém prstu. Nejvíce zatěžovanou plochou je vnitřní přednoží. Maximální hodnota, kterou vyčteme z Grafu 13, respektive 14 v Přílohové části, činí 285,9 kPa na pravé noze a 314,2 kPa na noze levé. Většina hodnot je však okolo 250 kPa.

I křivka centra tlaku je trochu odlišná vůči sklonu 10 %. Na levé noze křivka začíná ve spodní části vnějšího přednoží a končí uprostřed vnitřního přednoží. Naopak na pravé noze křivka začíná více mediálně, na vnějším přednoží a končí blízko středu vnitřního přednoží.

Celkově je při běhu na běžeckém pásu se sklonem 15 % zatížena plocha nohou přibližně stejně, na pravé noze je hodnota zatížené plochy 122,1 cm², na levé 125 cm². To vše vidíme na Grafu 15, 16 v Přílohové části.

Obrázek 20

Rozložení tlaku na chodidle probanda 1 při běhu s 15 % sklonem běžeckého pásu.



E) Zhodnocení techniky běhu u probanda 1

Proband 1 je hobby běžec a týdně naběhá okolo 24 km. Při běhu po rovině využívá tzv. „běžecké kolébky“ (Tvrzník, 2010). Se zvyšujícím se sklonem terénu postupně zatěžuje menší část plochy chodidla a dochází k přemístování a změně hodnot tlaků na chodidle.

U probanda 1 je dobře vidět změna techniky běhu. Na Obrázcích 17, 18, 19 a 20 vidíme postupný přesun tlaků z patní části do přednoží. Při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu je pohyb veden přes patu střední nohy a samotný odraz je z vnitřního přednoží, kde jsou také maximální hodnoty tlaků a dosahují hodnot okolo 250 kPa. Technika běhu při sklonu běžeckého pásu 5 % je obdobná jako při běhu po rovině, je tu však patrné větší zatížení nohy v přední části. Jako příklad můžeme uvést oblast paty, kde se hodnoty tlaků na rovině pohybují okolo 165 kPa, při sklonu běžeckého pásu 5 % je hodnota tlaků okolo 130 kPa. Proband při běhu po rovině a sklonu běžeckého pásu 5 % využívá celou plochu nohy. Postupně se zvyšováním sklonu běžeckého pásu dochází k zatěžování menší plochy nohy, dopad i odraz se odehrává jen v přední části chodidla. Mění se též rozmístění tlaků v jednotlivých částech nohy. Při sklonu běžeckého pásu 10 a 15 % již není téměř zatěžována patní část. Mění se hodnoty v přední části nohy. Z Obrázků 17, 18, 19 a 20 je z rozmístění tlaků na chodidle patrné, že proband zatěžuje více levou nohu.

Dalším sledovaným ukazatelem je křivka centra tlaku. Při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu je první dotyk s podložkou ve střední části vnější paty, naopak při sklonu 15 % se první dotyk s podložkou objevuje až v části vnějšího přednoží.

Posledním ukazatelem, který jsme sledovali je celková plocha zatížení. U probanda se i tyto hodnoty značně liší. Na rovině zatěžoval přibližně 191 cm² plochy, naopak při sklonu 10 % již jen plochu okolo 130 cm². Při sklonu 15 % hodnota klesla k 122 cm².

„Běžecká kolébka“ – je definována Tvrzníkem jako jedna z forem oporové fáze, kdy první kontakt s podložkou nastává v oblasti vnější paty, a s odrazem přes přední respektive palcovou část nohy.

4. 2. Deskripce techniky běhu u probanda 2

A) Běh na běžeckém pásu s nulovým sklonem (po rovině)

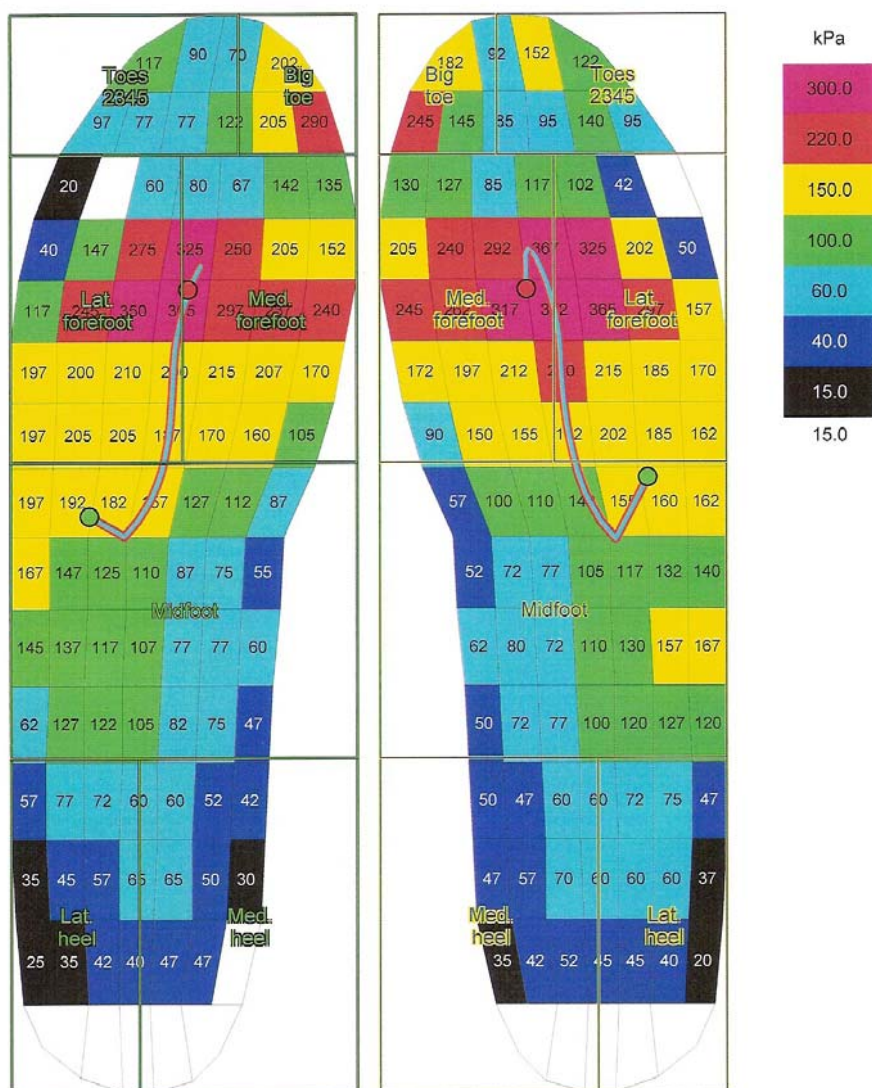
Proband 2 využívá při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu celé chodidlo. Na Obrázku 21 pozorujeme, že minimální tlaky jsou na vnější a vnitřní části paty. Velikost tlaků postupně narůstá přes střední nohu a největší hodnoty jsou na vnitřním a vnějším přednoží. Z Grafů 17 a 18 v Přílohové části zjišťujeme, že maximální hodnota tlaku dosahuje na pravé noze hodnoty 380,9 kPa, na levé 365,9 kPa. Obě maximální hodnoty jsou ve vnějším přednoží. Poté hodnoty tlaku postupně klesají na malíkové straně a na palcové straně opět stoupají, ale nepřekračují již nejvyšší hodnotu tlaku.

Dalším sledovaným ukazatelem je křivka centra tlaku, která mimo jiné popisuje místo prvního a posledního kontaktu chodidla s podložkou. U probanda 2 je z Obrázku 21 patrné, že křivka začíná až v horní části střední nohy na malíkové straně a končí již na vnitřním přednoží ve střední části.

Množství zatížené plochy nohy je při běhu po rovině rovnoměrné. Na obou nohách dosahuje hodnot 180,44 cm² na pravé noze, na levé noze 181,69 cm², což je patrné z Grafů 19 a 20 v Přílohové části.

Obrázek 21

Rozložení tlaku na chodidle probanda 2 při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu



B) Běh na běžeckém pásu se sklonem 5 %

Při tomto sklonu běžeckého pásu vidíme na Obrázku 22, že dochází k mírnému nárůstu hodnot tlaků ve střední noze, vnitřním a vnějším přednoží. Naopak na vnitřní a vnější patě dochází k úbytku zatížení.

Nejnižší hodnoty tlaků jsou na vnitřní a vnější patě, více je pak zatížena vnější střední noha. Na vnitřní straně jsou hodnoty shodné na obou chodidlech. Nejvyšší hodnoty, zjištěné z Grafů 21 a 22 v Přílohové části, jsou na vnějším přednoží, na malíkové straně, kde maximální hodnota na pravé noze činí 405 kPa, na levé noze 367,7 kPa.

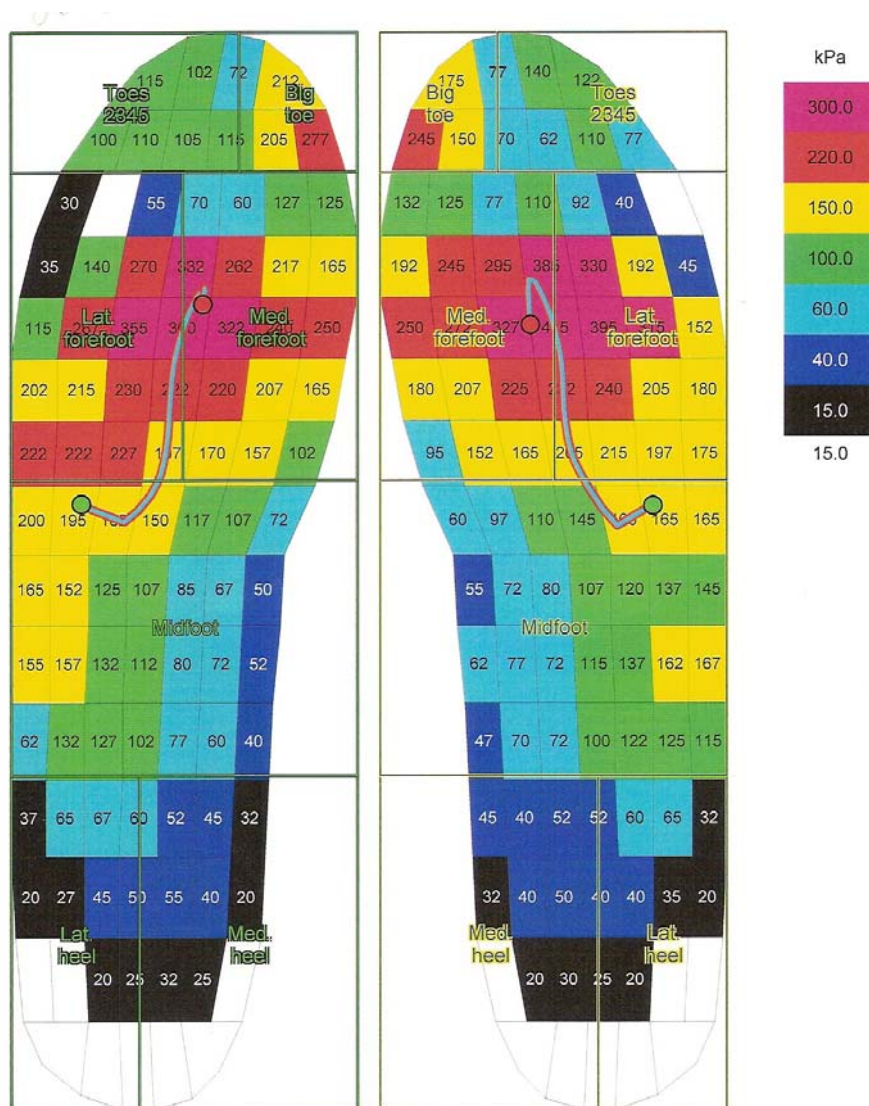
Takto vysoké hodnoty mohou být dány technikou běhu. Dále je patrné, že proband zatěžuje více pravou nohu.

Křivka centra tlaku se v porovnání s rovinou nezměnila. U probanda 2 je z Obrázku 22 patrné, že křivka začíná opět v horní části střední nohy na malíkové straně a končí na vnitřním přednoží ve střední části.

Množství zatížené plochy nohy je srovnatelné s rovinou. Z Grafů 23 a 24 v Přílohové části zjišťujeme maximální hodnoty, jež činí na pravé noze 175,81 cm², 176,62 cm² na noze levé.

Obrázek 22

Rozložení tlaku na chodidle probanda 2 při běhu s 5 % sklonem běžeckého pásu.



C) Běh na běžeckém pásu se sklonem 10 %

Z Obrázku 23 je vidět, že při tomto sklonu běžeckého pásu došlo u probanda 2 k minimální změně zatížení jednotlivých částí chodidla oproti rovině. Nedochozí ke změně techniky běhu, stále je zatěžována převážná část chodidla.

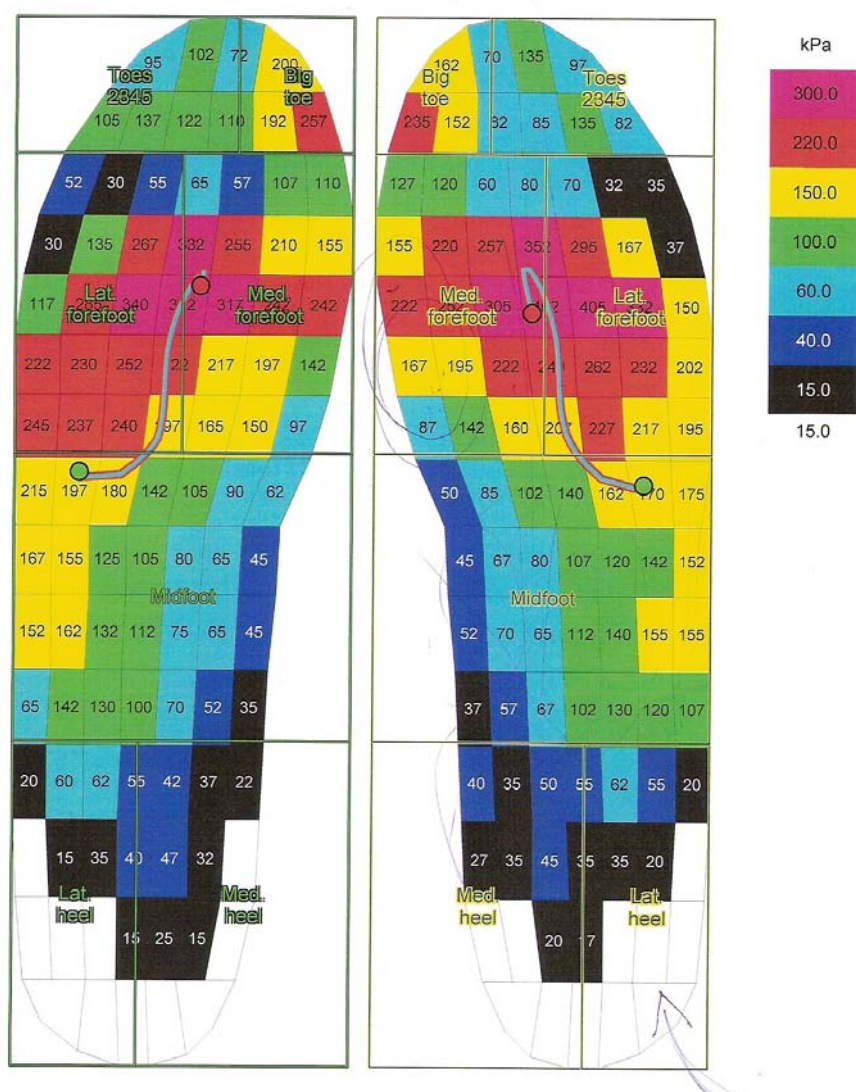
Hodnoty tlaku postupně narůstají od patní části. Vnější střední noha je zatížena mnohem více než vnitřní střední noha. Hodnoty tlaku se pohybují okolo 150 kPa na pravé, respektive 160 kPa na levé noze. Vnitřní část chodidla je zatěžována méně, hodnoty tlaku na pravé i levé noze jsou shodné. Z Grafů 25 a 26 v Přílohové části vyčteme, že maximální hodnoty tlaku se nacházejí na pravé noze, vnějším přednoží palcové strany, kde maximální hodnota činí 411,3 kPa. Naproti tomu na levé noze jsou sice nejvyšší hodnoty ve stejné části nohy, ale hodnoty jsou o mnoho nižší, maximální hodnota tlaku zde dosahuje 375,8 kPa. Když však vypočítáme průměr všech hodnot tlaku na vnějším a vnitřním přednoží, nejdříve na pravé a posléze na levé noze, vyjdou nám hodnoty přibližně stejné a to 186,2 cm² na pravé, 195,1 cm² na levé noze.

Křivka centra tlaku se vůbec nezměnila, začíná ve vrchní části střední nohy na malíkové straně a končí na vnitřním přednoží ve střední části.

Co se týče ukazatele celkového zatížení plochy nohy, nedošlo opět k výraznější změně, jak vidíme na Grafu 27 a 28 v Přílohové části.

Obrázek 23

Rozložení tlaku na chodidle probanda 2 při běhu s 10 % sklonem běžeckého pásu.



D) Běh na běžeckém pásu se sklonem 15 %

Tento sklon běžeckého pásu klade na probandy větší fyzické nároky. U probanda 2 můžeme na Obrázku 24 vidět, že i při tomto sklonu běžeckého pásu využívá „běžeckou kolébku“ s posunem centra tlaku do oblasti střední nohy. Postupně dochází přes střední nohu k nárůstu tlaku. Na vnější střední noze se tlaky pohybují okolo 130 kPa, na vnitřní střední noze se naopak tlaky pohybují okolo 50 kPa. Hodnoty rozložení tlaku jsou stejné na pravé i levé noze. Maximální hodnota tlaku je na vnějším přednoží, na palcové straně a činí 371,2 kPa na pravé a 353,8 kPa na levé noze, což vidíme z Grafů 29 a 30 v Přílohové části.

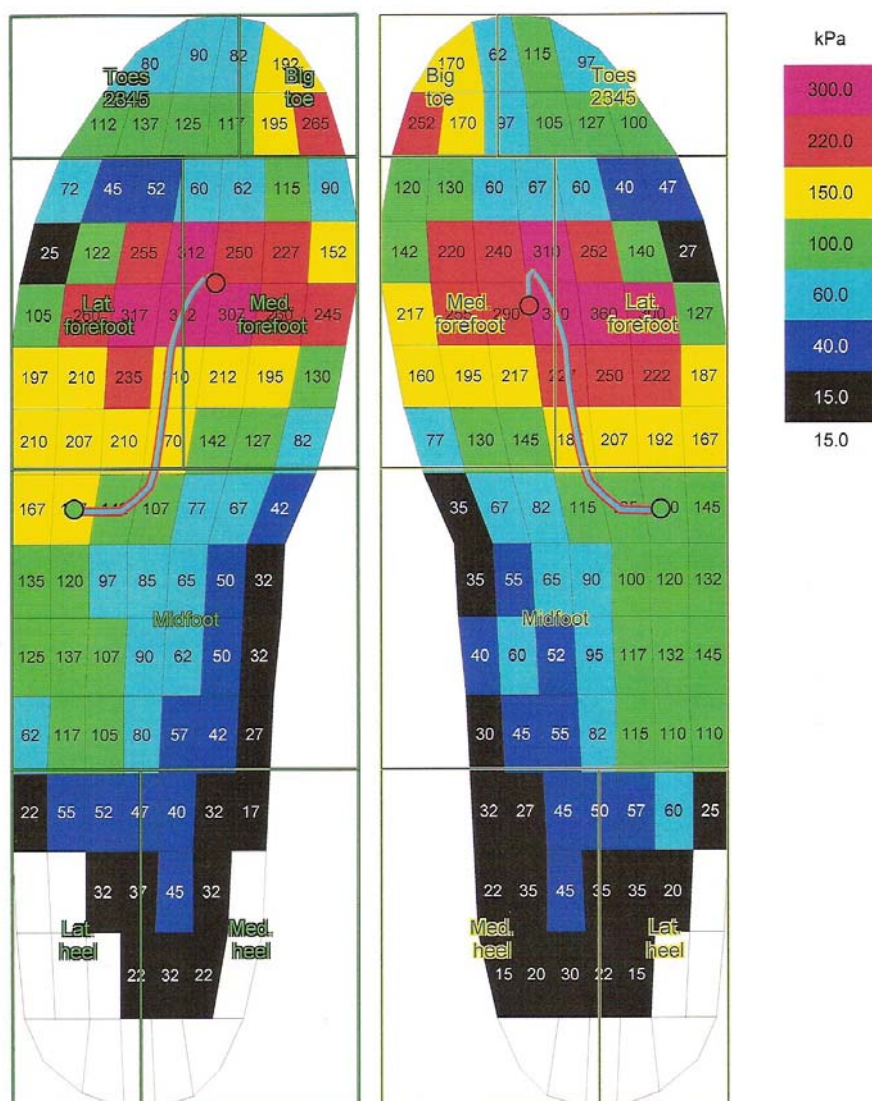
Co se týče celkového průměru hodnot tlaku, tak na pravé noze činil průměr 179,06 kPa, na levé 176,06 kPa.

Křivka centra tlaku se téměř nezměnila a to jak v porovnání s rovinou, tak se sklonem 5 a 10 %.

Co se týče množství zatížené plochy i zde se hodnoty téměř neměnily, na pravém chodidle bylo zatíženo 174,46 cm² kontaktní plochy, u levé nohy 171,88 cm² kontaktní plochy. Vše je znázorněné na Grafech 31 a 32 v Přílohové části.

Obrázek 24

Rozložení tlaku na chodidle probanda 2 při běhu s 15 % sklonem běžeckého pásu.



E) Zhodnocení techniky běhu u probanda 2

Proband 2 je hobby běžec. Týdně naběhá okolo 20 km. Nikdy neprošel žádnou běžeckou přípravou, nezúčastnil se žádného školení na toto téma.

Shrneme-li první ukazatel, což je rozmístění tlaků na probandově noze, získáme zajímavé výsledky. Z výsledných grafů maximálních hodnot tlaků můžeme vyčíst, že je zatěžována více pravá noha. Nejvýraznější rozdíly jsou patrné při sklonu běžeckého pásu 5 a 10 %. Technika běhu se ve všech sledovaných sklonech běžeckého pásu v podstatě nezměnila. Proband při běhu po rovině a sklonech 5, 10 a 15 % využíval přibližně stejnou plochu chodidla, maximální tlaky byly naměřeny na vnějším přednoží, kdy vůbec největší hodnota byla naměřena na pravé noze, při sklonu 10 % a měla hodnotu 411,3 kPa. Nejnižší hodnoty tlaků byly naměřeny v patní části.

Co se týče křivky centra tlaku, nedošlo k žádným změnám v porovnání roviny se třemi měřenými sklony běžeckého pásu. Začíná v horní části střední nohy na malíkové straně a končí na vnitřním přednoží ve střední části.

Posledním sledovaným ukazatelem je celková plocha zatížení a i zde musíme konstatovat, že při různých sklonech běžeckého pásu i při běhu po rovině nedošlo k nějakým výrazným odchylkám mezi jednotlivými naměřenými výsledky. Jen pro srovnání jsme vybrali ukazatel celkového zatížení plochy na levé noze při běhu po rovině a sklonu 15 %. Při běhu po rovině je zatíženo 181,69 cm² plochy chodidla, naopak při sklonu běžeckého pásu 15 % je to 171,88 cm².

Výsledek měření je velmi zajímavý v porovnání s ostatními probandy. Je dán nejspíše technikou běhu.

4.3 Deskripce techniky běhu u probanda 3

A) Běh na běžeckém pásu s nulovým sklonem (po rovině)

Proband 3 při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu využívá celé chodidlo, od paty až po špičku. První dotyk chodidla s podložkou je na vnitřní i vnější patě, poté pokračuje po vnější střední noze a dále na vnitřní přednoží. Končí na palci. Vše názorně vidíme na Obrázku 25. Mezi pravou a levou nohou se hodnoty maximálního

tlaku liší, což dokumentují Grafy 33 a 34 v Přílohové části. Nejvyšší hodnoty se nacházejí na vnitřním přednoží pravé i levé nohy. Maximální hodnota zde dosahuje 384,4 kPa na pravém chodidle, na levém chodidle 409,9 kPa. Je zde dobře vidět odrazová část chodidla, kdy hlavní odraz se právě odehrává na vnitřním přednoží.

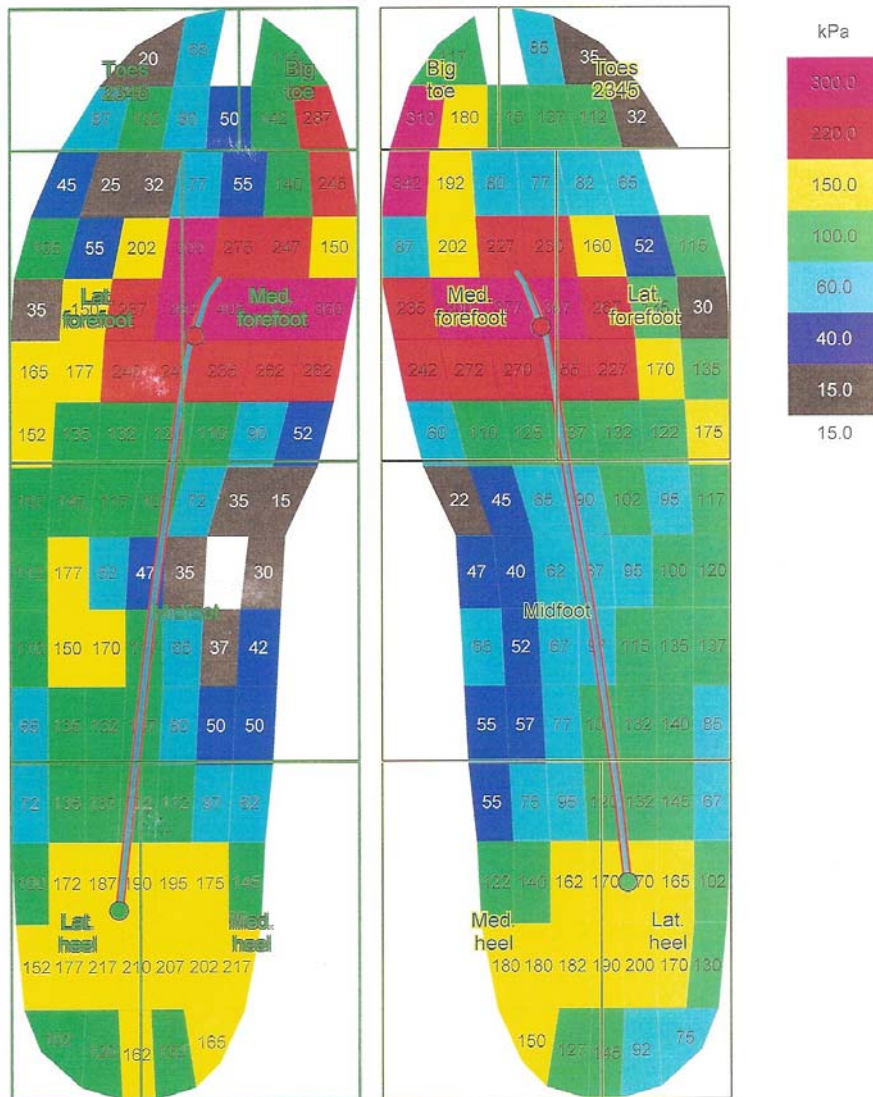
Co se týče křivky centra tlaku, ta je velmi dlouhá. U našeho probanda 3 křivka probíhá ze střední části vnější paty přes střední nohu a končí na vnitřním středním přednoží. Křivky jsou srovnatelné jak na pravé, tak na levé noze.

Je vidět, že proband běhá z hlediska oporové fáze přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník 2010), kdy dopadá na vnější patu, poté je pohyb veden po malíkové straně střední nohy a odraz probíhá na vnitřním přednoží nohy.

Posledním sledovaným ukazatelem je celkové zatížení plochy chodidla. Z Grafů 35 a 36 v Přílohové části vyčteme, že hodnoty jsou při tomto sklonu u probanda 3 podobné a jejich hodnota činí 170,94 cm² na levé a 170,24 cm² na pravé noze.

Obrázek 25

Rozložení tlaku na chodidle probanda 3 při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu.



B) Běh na běžeckém pásu se sklonem 5 %

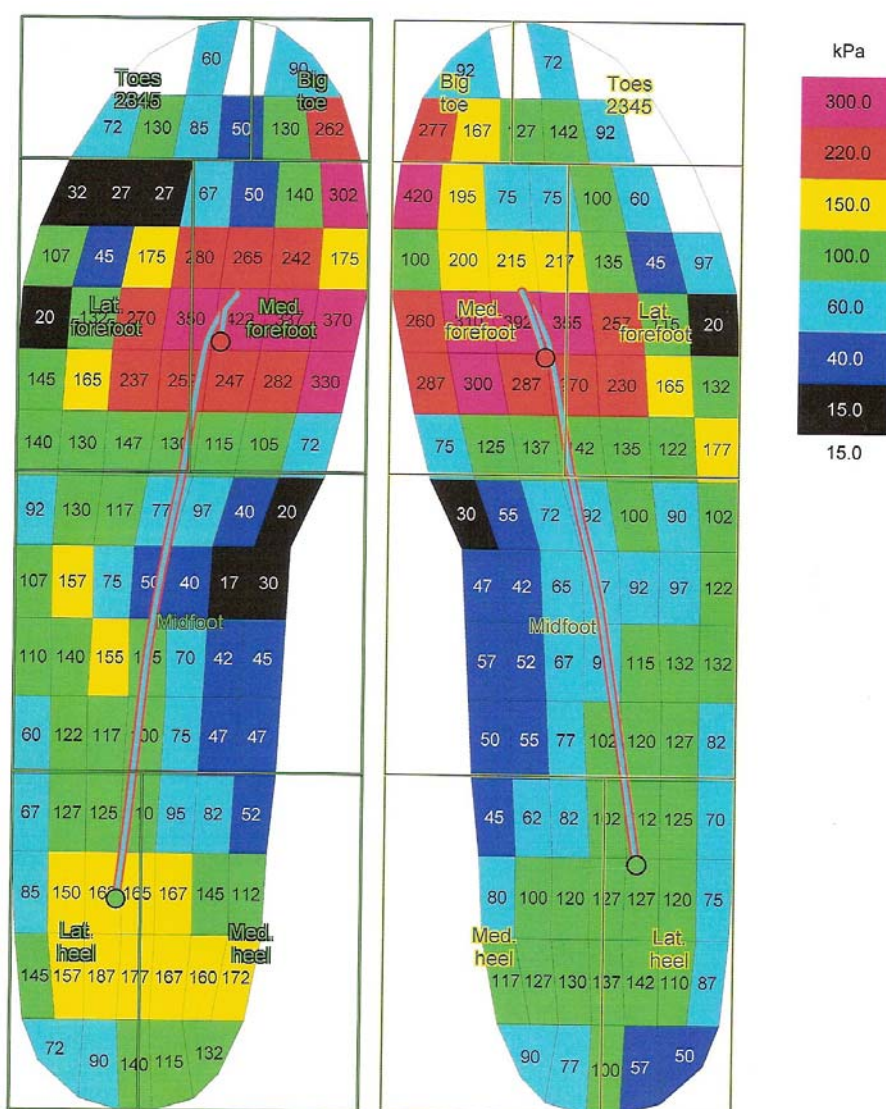
Při tomto sklonu dochází k menší změně techniky. Z Obrázku 26 můžeme vyčíst, že dochází k úbytku velikosti tlaků na patě a naopak k nárůstu na přednoží oproti běhu po rovině. Stále je vidět, že pohyb je veden přes patu, vnější stranu střední nohy, po vnitřním přednoží a končí na palci. Maximální hodnoty tlaků se nacházejí na vnitřním přednoží, hodnoty jsou u obou nohou shodné, 426,6 kPa na pravé, 426,4 kPa na levé noze, což vidíme na Grafech 37 a 38 v Přílohové části. Minimální hodnoty jsou pak na palcové straně střední nohy.

Křivka centra tlaku je stále velmi dlouhá. Na levé noze nedošlo k žádné změně, na pravé došlo k menšímu posunu křivky v oblasti vnější paty do vrchní části vnější paty.

U celkové plochy zatížení došlo jen k nepatrné změně. Na pravé noze je zatížena plocha 169,58 cm², na levé pak 166,23 cm², což dokumentují Grafy 39 a 40 v Přílohové části.

Obrázek 26

Rozložení tlaku na chodidle probanda 3 při běhu s 5 % sklonem běžeckého pásu.



C) Běh na běžeckém pásu se sklonem 10 %

Při sklonu běžeckého pásu 10 % je z Obrázku 27 patrné, že levé chodidlo je při běhu zatěžováno více než pravé.

Na vnější straně střední nohy se tlaky od paty k přednoží postupně zvyšují. V této části chodidla se také nachází centrum došlapu chodidla s běžeckým pásem. Nejvyšší hodnoty tlaku, jenž vidíme na Grafech 41 a 42 v Přílohové části, se nacházejí ve vrchní části vnitřního přednoží. Maximální hodnoty tlaku jsou jednak odlišné na pravé 461,8 kPa a levé noze 439,5 kPa a liší se i v porovnání s během po rovině. Velmi vysoké hodnoty tlaku jsou na palci.

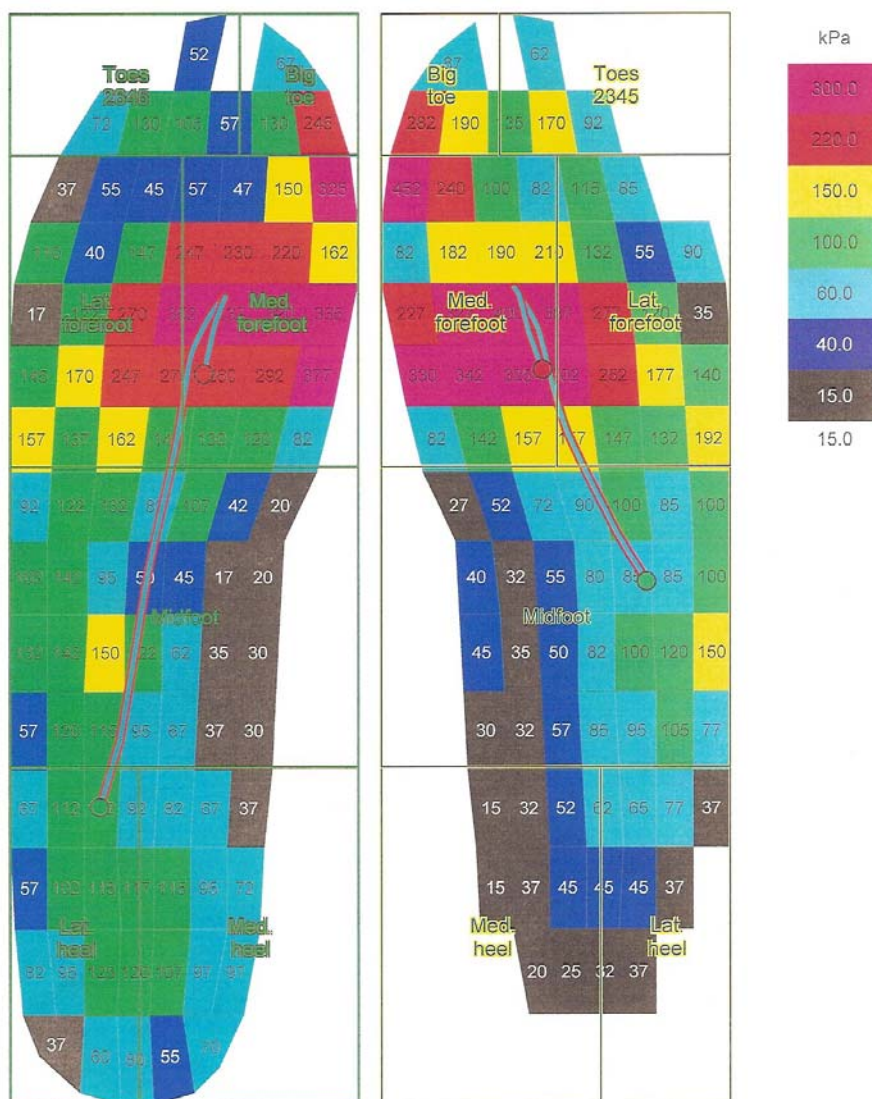
Na levém chodidle jsou hodnoty tlaku odlišné. V patní části jsou hodnoty tlaku o přibližně 90 kPa větší než na noze pravé. Na střední noze jsou hodnoty srovnatelné s pravým chodidlem. Na vnitřním přednoží je opačná situace, než byla na patě, a hodnoty tlaku jsou vyšší na pravé noze.

Křivka centra tlaku, která charakterizuje průběh celé oporové fáze chodidla s podložkou, je odlišná na pravém a levém chodidle. Na levé noze je první kontakt s běžeckým pásem ve vrchní části vnější paty, poté křivka prochází přes střední nohu do vnitřního přednoží. Na pravé noze je místo prvního kontaktu nohy s běžeckým pásem ve střední části střední nohy. Místo odrazu je shodné s levou nohou.

I z ukazatele celkového zatížení plochy na Grafech 43 a 44 v Přílohové části je patrné, že levé chodidlo je zatíženo o něco více. Celkově zatížená plocha na levé noze činí 168,74 cm², naopak na pravé noze dosahuje 154,08 cm².

Obrázek 27

Rozložení tlaku na chodidle probanda 3 při běhu s 10 % sklonem běžeckého pásu.



D) Běh na běžeckém pásu se sklonem 15 %

Při sklonu běžeckého pásu 15 % je z Obrázku 28 patrné, že celkové množství zatížené plochy se opět zmenšilo.

Na pravé noze je pata zatížena jen minimálně, to samé můžeme říci o celé střední noze. Velikost tlaku se na vnitřním přednoží pohybuje okolo 360 kPa, ovšem maximální hodnota činí 531,1 kPa.

Levé chodidlo je v patní části zatíženo o něco více, střední noha také. V přednoží je velikost tlaku opět největší na vnitřní, palcové straně a hodnoty tlaku se pohybují okolo

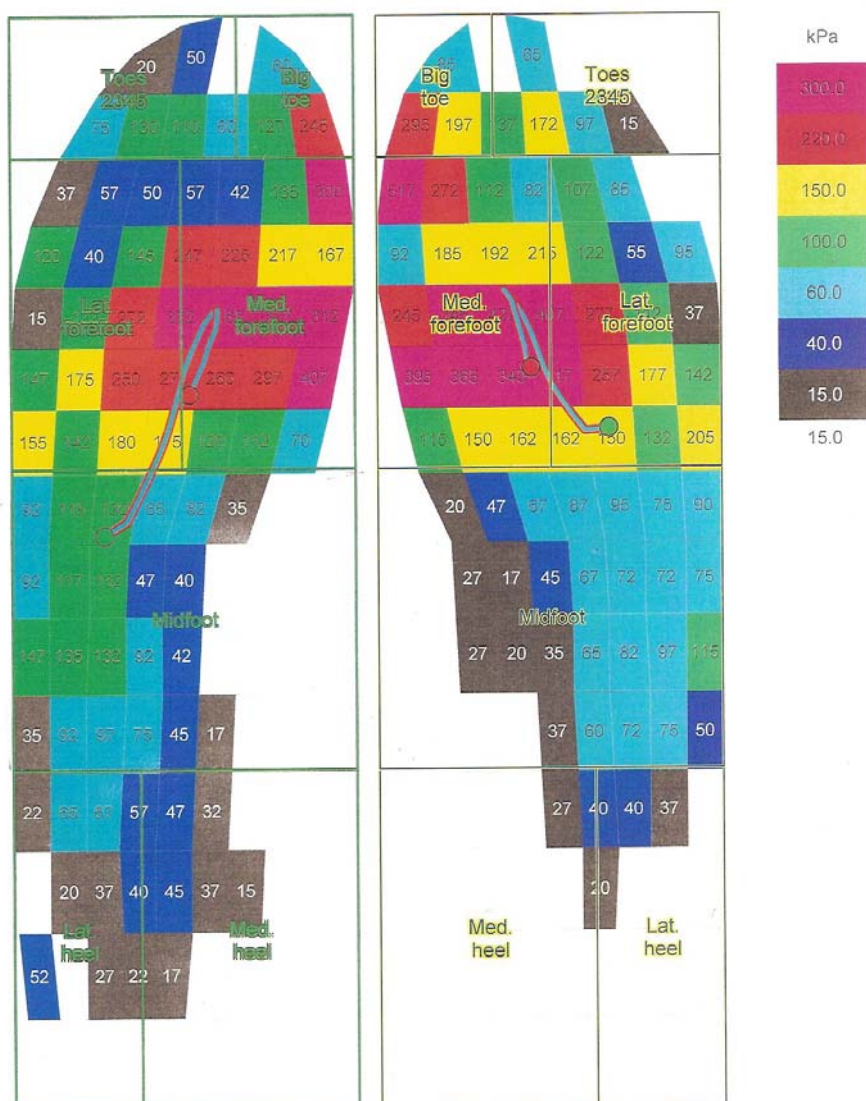
290 kPa. Maximální hodnota tlaku na levém chodidle se nachází právě na vnitřním přednoží a její hodnota je 478,3 kPa. Obě maximální hodnoty máme zaznamenány v Grafech 46 a 47 v Přílohové části.

Křivka centra tlaku se liší na pravém a levém chodidle. Na pravém chodidle je výrazně kratší, pohybuje se jen na vnějším a vnitřním přednoží, v dolní polovině. Naopak na levém chodidle je křivka center tlaku delší. První kontakt chodidla s běžeckým pásem je ve vrchní části střední nohy. Křivka končí na rozhraní vnitřního a vnějšího přednoží.

Celkové zatížení plochy je odlišné v porovnání s ostatními sklony běžeckého pásu, na pravém chodidle je to 133,2 cm² a na levém 148,32 cm². Vše vidíme na Grafech 48 a 49 v Přílohové části.

Obrázek 28

Rozložení tlaku na chodidle probanda 3 při běhu s 15 % sklonem běžeckého pásu.



E) Zhodnocení techniky běhu u probanda 3

Proband 3 je žena a týdně uběhne okolo 20 km. Při běhu využívá tzv. „běžecké kolébky“ (Tvrzník 2010). Při běhu po rovině či různých sklonech běžeckého pásu proband využívá odlišnou techniku běhu.

Prvním sledovaným ukazatel je rozložení tlaku na noze a jeho maximální hodnota při různých sklonech běžeckého pásu. Se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu je vidět měnící se technika běhu. Při běhu po rovině na běžeckém pásu proband využívá celé chodidla.

Se vzrůstajícím sklonem se zatížení nohy mění, dochází k zatěžování pouze přední části nohy, především vnitřního a vnějšího přednoží a palce. Při sklonu běžeckého pásu 10 či 15 % je patrné, že proband více zatěžuje pravou nohu, což je dobře vidět na Obrázcích 25, 26, 27 a 28. Nejvyšší hodnoty tlaku se liší jak na pravé a levé noze, tak při různých sklonech běžeckého pásu. Při běhu po rovině na běžeckém pásu je maximální hodnota tlaku 384,4 kPa na pravé, 409,9 kPa na levé noze. Při sklonu běžeckého pásu 15 % je maximální hodnota tlaku rovna 531,1 kPa na pravé a 478,3 kPa na levé noze. Z tohoto ukazatele je zřejmé, že dochází k mnohem většímu zatížení přední části nohy. Je to podmíněno i technikou běhu probanda.

Druhým ukazatel, na který jsme se zaměřili, je křivka centra tlaku. Se změnou sklonu běžeckého pásu dochází postupně ke zkracování délky křivky. Při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu je centrem dotyku střední část vnější paty, pak pokračuje křivka přes střední nohu a končí na vnitřním přednoží, na malíkové straně. Křivky jsou shodné na obou chodidlech. Oproti tomu při sklonu běžeckého pásu 10 % je centrem prvního dotyku na levé noze vrchní část vnější paty, poté křivka prochází přes střední nohu do vnitřního přednoží. Na pravé noze je místo prvního kontaktu nohy s běžeckým pásem ve střední části střední nohy a poslední místo kontaktu je shodné s levou nohou. Je zřejmé, že se zvyšujícím se sklonem běžeckého pásu a změnou techniky běhu se délka křivky zkracuje.

Posledním ukazatelem, který jsme sledovali, je celková plocha zatížení. U probanda 3 se tyto hodnoty příliš neliší mezi rovinou a sklony 5 a 10 %, kde je zatíženo okolo 168 cm² plochy. Až při sklonu 15 % hodnota klesla k 140 cm² zatížené plochy.

4.4 Porovnání techniky běhu probandů mezi sebou

V této části bychom rádi porovnali jednotlivé techniky běhu všech tří probandů mezi sebou. Všichni tři probandi jsou hobby běžci. Běhají pravidelně, okolo 20 km týdně. V následujícím textu budeme porovnávat jednotlivé rozdíly v technice běhu daných probandů mezi sebou, zaměříme se na levou nohu. Při intraindividuálním porovnávání došlo ke srovnání zjištěných hodnot u pravé a levé nohy. Pro interindividuální porovnání bylo použito srovnání naměřených hodnot u levé nohy u všech probandů. Výběr levé nohy byl zdůvodněn v metodice práce. Již nebudu uvádět číselné hodnoty u všech tří probandů, ale pouze u prvního probanda, kdy číselné hodnoty vyjádříme procentuálně, a pro lepší přehlednost u ostatních probandů budeme uvádět již jen procentuální vyjádření.

Při zpracovávání výsledků jsme se především zaměřili na tyto ukazatele: křivku centra tlaku, maximální hodnotu tlaku, rozložení tlaku, celkové zatížení plochy a jako doplňující ukazatel sílu. Tyto ukazatele jsme porovnali mezi probandy inter a intraindividuálně při běhu s nulovým sklonem a se sklony 5, 10 a 15 % běžeckého pásu a následně mezi sklony navzájem.

4.4.1 Běh na běžeckém pásu s nulovým sklonem (po rovině)

Všichni tři probandi zatěžují při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu celé chodidlo. Pohyb je veden přes vnější část paty, následně pokračuje po vnější straně střední nohy a posledním místem, kde se noha odráží od běžeckého pásu, je oblast vnitřního přednoží. Co se týče maximálních hodnot tlaků na levé noze, jsou zde patrné značné rozdíly. U probanda 1 činí maximální hodnota tlaku na levé noze 282,4 kPa, u druhého 365,9 kPa a třetího 409,9 kPa. Tyto hodnoty tlaků budou v dalším textu brány jako 100 % hodnoty maximálního tlaku. Nejvyšší hodnoty tlaku ovlivňuje nejspíše tělesná váha, rychlost a technika běhu jednotlivých probandů. Maximální hodnoty tlaku jsou také ovlivněny stavbou nožní klenby. Pokud klenba nepracuje tak jak má, projevuje se to právě na přetížení jednotlivých segmentů nohy.

Dalším sledovaným ukazatelem u všech tří probandů byla při rovině křivka center tlaku, která charakterizuje místo prvního a posledního kontaktu chodidla s podložkou. Proband 1 a 3 mají tuto křivku přibližně stejnou. Probandi dopadají na vnější patu, poté křivka prochází přes střed střední nohy a končí v centru odrazu, které se nachází na vnitřním přednoží. Zde se také nachází nejvyšší hodnota tlaku. U probanda 3 jsou tak vysoké hodnoty nejspíše proto, že má ochablou příčnou klenbu, která neplní svou funkci, a dochází v tomto místě k extrémnímu přetěžování části nohy. U probanda 2 křivka začíná až v horní části střední nohy na malíkové straně a končí již na vnitřním přednoží ve střední části. Je to opět nejspíše způsobeno technikou běhu, kdy proband 2 při dopadu i odrazu využívá pouze přední část nohy – střední nohu a přednoží. Proband 2 má plochou nohu a svojí technikou běhu se snaží odlehčit podélné klenbě, která neplní svou funkci tak, jak má. Naopak využívá techniky běhu přes špičku, kdy je více zatěžován lýtkový sval a Achillova šlacha. Tato forma běhu je pro něj nejspíše výhodnější, protože příčnou klenbu má v pořádku.

Posledním sledovaným ukazatelem při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu je celkové zatížení plochy nohy. Tento ukazatel je ovlivněn vahou a velikostí nohou jednotlivých probandů. Nás bude zajímat tento ukazatel později, především při porovnávání

jednotlivých sklonů běžeckého pásu mezi sebou. U probanda 1 je zatížena plocha 191,13 cm², u probanda 2 181,69 cm² a u probanda 3 170,94 cm². I tyto hodnoty budeme v následujícím textu brát tak, že např. hodnota 191,13 cm² se bude rovnat 100 %, a s ní pak budeme porovnávat hodnoty daného probanda při dalších sklonech běžeckého pásu.

4.4.2 Běh na běžeckém pásu se sklonem 5 %

Při sklonu běžeckého pásu 5 % začínáme pozorovat menší rozdíly v technice běhu u jednotlivých probandů. V porovnání s během po rovině se u všech tří probandů začíná projevovat přesouvání tlaků z paty do střední nohy a přednoží, ale stále všichni tři probandi využívají při běhu a tomto sklonu celé chodidlo. Rozdíly však nejsou nijak výrazné. Je zde však rozdíl mezi jednotlivými běžci v zatížení paty a střední nohy. Je to dáno rozdílnou technikou běhu. Proband 1 a 3 při běhu stále zatěžují patu přibližně stejně jako při běhu po rovině. U probanda 2 je však situace poněkud odlišná. Tento proband již patu zatěžuje jen minimálně. U probanda 1 a 2 se skoro nezměnily maximální hodnoty tlaku. U probanda 1 došlo ke snížení o 0,4 %, u probanda 2 došlo k navýšení o 0,5 procenta. Hodnoty se blíží k 100 procentům. U probanda 3 dochází k mírnému nárůstu na 426,4 kPa, došlo tedy k nárůstu o 4 %. Z toho je vidět, že u probanda 3 je rozdíl hodnot nejvýraznější, došlo, v porovnání s ostatními probandy, k největší změně zatížení plochy nohy.

Oproti běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu se křivka centra tlaku u všech tří probandů nezměnila. U probanda 1 a 3 je křivka stále velmi dlouhá, nezměnila se ani její poloha. Centrum dotyku se nachází na vnější patě, křivka dále pokračuje přes střední nohu a přes vnější přednoží, pokračuje na vnitřní přednoží, kde je centrum odrazu. U probanda 2 je křivka o mnoho kratší, ale v porovnání s během po rovině se nezměnila. Centrem dotyku je horní část střední nohy na malíkové straně a centrum odrazu se nachází na vnitřním přednoží, ve střední části. Ani u jednoho běžce tedy při tomto sklonu běžeckého pásu nedošlo k nějaké výrazné změně techniky běhu.

Posledním sledovaným ukazatelem je celkové zatížení plochy. U těchto hodnot nedošlo k výrazným změnám. Největší rozdíl je mezi množstvím zatížené plochy u probanda 2, kdy došlo ke snížení o 2,8 %, u zbývajících dvou probandů došlo ke snížení zatížené plochy pouze o 0,8 %.

4.4.3 Běh na běžeckém pásu se sklonem 10 %

Sklon běžeckého pásu 10 % je již poměrně náročný na běžeckou techniku. Dochází ke změně techniky běhu, běžec je více nucen běhat po přední části nohy. To může mít za následek přetěžování lýtkového svalu a Achillovy šlachy.

Naši probandi většinou běhají po přední části chodidla, protože jim tento sklon neumožňuje běhat tzv. „běžeckou kolébkou“ (Tvrzník 2010), odraz je účinnější z přední části chodidla – ze „špičky“. U probanda 1 a 3 došlo k změně techniky běhu. U probanda 1 již není při běhu zatěžována pata, u probanda 3 je pata zatěžována jen minimálně, všechno zatížení je přesunuto na vnitřní a vnější část přednoží. U probanda 2 se technika běhu oproti sklonu 5 % nezměnila, stále je zatěžována převážná část nohy, minimálně pata, maximální hodnoty se nacházejí na vnitřním a vnějším přednoží. U maximálních hodnot tlaku došlo k nejvýraznější změně u probanda 1, kdy došlo k 15 procentnímu nárůstu tlaku, u probanda 2 došlo jen k minimálnímu nárůstu 2,7 %, u probanda 3 pak k nárůstu o 7,2 %. U všech tří probandů došlo k nárůstu hodnot maximálních tlaků, což vidíme z procentuálního vyjádření. Rozdíly jsou patrné jak v porovnání s rovinou, tak se sklonem běžeckého pásu 5 %, kde u probanda 1 došlo k nárůstu o 15,4 %, u probanda 2 o 2,2 % a u probanda 3 o 3,2 procent. Znamená to, že probandi při běhu do většího sklonu běžeckého pásu využívají více přední části nohy, odraz je veden přes špičku, pata je zatěžována minimálně, nebo je zcela vynechána při došlapu.

Křivka centra tlaku se při tomto sklonu běžeckého pásu výrazně mění. U probanda 1 a 3 dochází k jejímu výraznému zkrácení, k změně její polohy. U probanda 2 zůstává křivka stejná, což nám ukazuje, že se běžecká technika tohoto probanda nemění. U probanda 1 se centrum dopadu nachází na rozhraní střední nohy a vnějšího přednoží a končí ve střední části, vnitřního přednoží. U probanda 2 nedošlo k žádné změně, křivka začíná v horní části střední nohy na malíkové straně a končí na vnitřním přednoží ve střední části. U probanda 3 je centrum dopadu nohy s běžeckým pásem ve vrchní části vnější paty, poté křivka prochází přes střední nohu do vnitřního přednoží. Vidíme tu, že tu dochází k rozdílu mezi probandem 1 a 2 na straně jedné a probandem 3 na straně druhé. U probanda 1 a 3 se křivka měnila s každým rozdílným sklonem běžeckého pásu, naopak u probanda 2 se křivka při všech rozdílných sklonech běžeckého pásu téměř nezměnila.

Ukazatel celkového zatížení plochy nohy vyšel při tomto sklonu běžeckého pásu zajímavě.

U probanda 1 došlo k nejvýraznější změně zatížení. Jestliže při pětiprocentním sklonu využíval 99,2 procent plochy nohy, tak při sklonu běžeckého pásu bylo zatíženo pouze 71,8 procent. Došlo tedy k poklesu skoro o 30 %, z čehož můžeme usuzovat, že došlo k poměrně výrazné změně techniky běhu. V porovnání s probandem 1 nejsou u zbývajících dvou probandů tak výrazné rozdíly, jako tomu bylo u probanda 1. U probanda 2 je při tomto sklonu pásu zatíženo 94,6 procent nohy, u probanda 3 pak 98,7 %. Je tedy vidět, že u probanda 3 došlo při tomto sklonu k nejmenším změnám zatížení nohy.

4.4.4 Běh na běžeckém pásu se sklonem 15 %

Při sklonu běžeckého pásu 15 % nás zajímalo, zda budou stále narůstat maximální hodnoty tlaků, bude se měnit rozložení a délka křivky centra tlaku a zda se ještě více změní plochy zatížení nohy. U všech tří probandů došlo ještě k většímu zatížení přednoží. Tento sklon běžeckého pásu už je velmi náročný na techniku běhu, nutí běžce používat přednoží. Jsou vidět rozdíly v technice běhu mezi jednotlivými probandy.

Pokud srovnáváme jednotlivé probandy z hlediska využívání určité části nohy, dojdeme k následujícím závěrům. Proband 1 zatěžuje pouze střední nohu, vnitřní a vnější přednoží, palec a druhý až pátý prst. Nejvíce zatěžovanou plochou je vnitřní přednoží. Proband 2 a 3 při došlapu využívá patu. Hodnoty tlaku jsou však zde minimální. Nejvíce zatíženou částí nohy je i u těchto dvou probandů přednoží. Díky většímu sklonu běžeckého pásu předpokládáme, že dojde i k nárůstu maximálního tlaku na noze, nebo alespoň k většímu zatížení přednoží. U probanda 1 došlo sice k poklesu maximální hodnoty tlaku, ale celkově došlo k nárůstu tlaku na celém přednoží. V procentuálním vyjádření se hodnota tlaku při nulovém sklonu běžeckého pásu zvětšila o 11,3 %. V porovnání se sklonem 10 % došlo k poklesu o 4 %, avšak když se zaměříme na další rozložení tlaku na noze, vidíme, že dochází k rozložení tlaku na přednoží, 2-5 prstu, palci a k výraznému úbytku tlaku na patě a střední noze. U probanda 2 došlo k velmi zajímavé věci. Došlo jak k poklesu maximálního tlaku o 6 procent oproti běhu při sklonu 10 %, tak ale i k poklesu tlaku na dalších částech nohy. Může to být dáno technikou běhu. U probanda 3 naopak došlo k nárůstu maximální hodnoty oproti sklonu 10 % o dalších 9,5 procenta. Zaměříme-li se, kde se maximální hodnota tlaku nachází, můžeme se domnívat, že její vysoká hodnota je způsobena přetěžováním příčné klenby, která není schopna pracovat na sto procent. Přesto zde platí, že je více zatěžováno přednoží, 2-5 prst a palec. Zde se především projevují výrazné rozdíly v jednotlivých běžeckých technikách.

Důležitým ukazatelem je křivka centra tlaku. K nejméně výraznějšímu zkrácení křivky došlo u probanda 3. Místo dopadu chodidla na běžecký pás je ve vrchní části střední nohy na malíkové straně, poté je pohyb veden přes vnější přednoží do střední části vnitřního přednoží a samotný odraz proveden na rozhraní vnitřního a vnějšího přednoží. Tedy i křivka centra tlaku nám ukazuje, že nejspíše dochází k přetěžování nohy v oblasti příčné klenby. Naopak při sklonu běžeckého pásu 10 % je první kontakt nohy s běžeckým pásem ve vrchní části vnější paty, poté křivka prochází přes střední nohu do vnitřního přednoží. U probanda 1 došlo oproti sklonu 10 % jen k minimální změně délky křivky, kdy první kontakt nohy s běžeckým pásem je ve spodní části vnějšího přednoží a končí uprostřed vnitřního přednoží. U probanda 2 se délka křivky ani centrum tlaku v porovnání s rovinou a se sklony 5 a 10 % nezměnily.

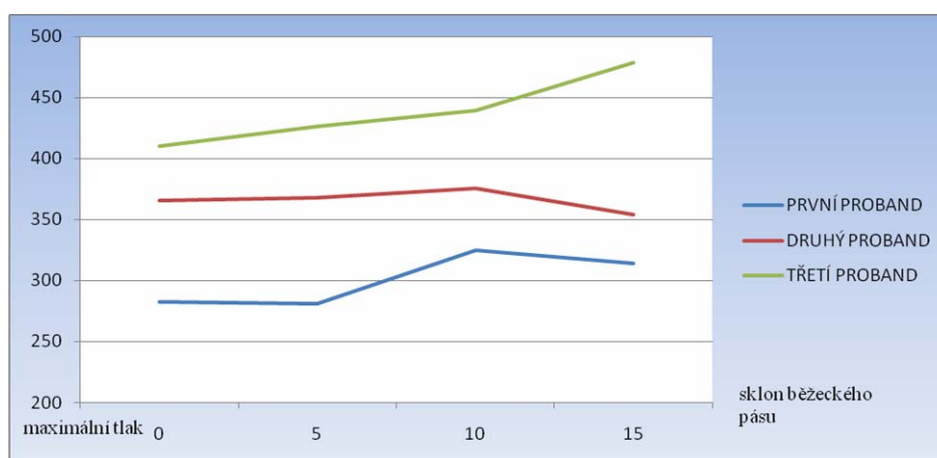
U probanda 2 se ani poslední ukazatel celkového zatížení plochy při tomto sklonu běžeckého pásu nezměnil. Když bereme rovinu jako 100 % zatížené plochy, pak při sklonu 5 % byla noha zatížena o 2,8 procenta méně, při sklonu 10 % o 5,4 procenta méně a při sklonu běžeckého pásu 15 % nedošlo k žádné změně oproti desetiprocentnímu sklonu, což je velmi zajímavé. Celkově ale vidíme v porovnání s ostatními probandy, že u tohoto probanda nedošlo k výraznější změně techniky běhu při různých sklonech běžeckého pásu. U probanda 1 dochází k dalšímu poklesu zatížené plochy nohy tak, jak jsme předpokládali. Při porovnání výsledků různých sklonů běžeckého pásu vidíme postupný pokles. Po rovině byla zatížena plocha 191,13 cm², při sklonu 5 % došlo k poklesu o 0,8 procent, avšak při sklonu běžeckého pásu 10 % dochází k dalšímu poklesu o dalších 27,4 procenta a při sklonu 15 % je už zatíženo jen 65,4 % celkové plochy nohy. U probanda 3 dochází nejdříve k poklesu zatížené plochy, poté však při sklonu 10 % dochází k většímu zatížení plochy a poté při následujícím sklonu dochází opět k poklesu a hodnota celkové plochy zatížení nohy je nejnižší. Při běhu s nulovým sklonem běžeckého pásu byla zatížena plocha 170,94 cm², při sklonu 5 % je zatíženo 99,2 % celkové plochy nohy, při sklonu běžeckého pásu 10 % je zatíženo 98,7 % a při posledním sklonu je zatíženo 86,8 procent celkové plochy nohy. Z procentuálního vyjádření celkového zatížení plochy nohy jasně vyplývá, že proband 1 běží po nejmenší ploše nohy, naopak proband 2 zatěžuje při všech sklonech běžeckého pásu přibližně stejnou plochu nohy.

4.5 Závěrečné zhodnocení běžců probandů

V této části textu jsme ještě přidali jeden pomocný ukazatel a tím myslíme sílu, působící na vnitřní a vnější přednoží. Je doplňujícím ukazatelem, který nám však může napomoci k odhalení nefunkčnosti příčné klenby.

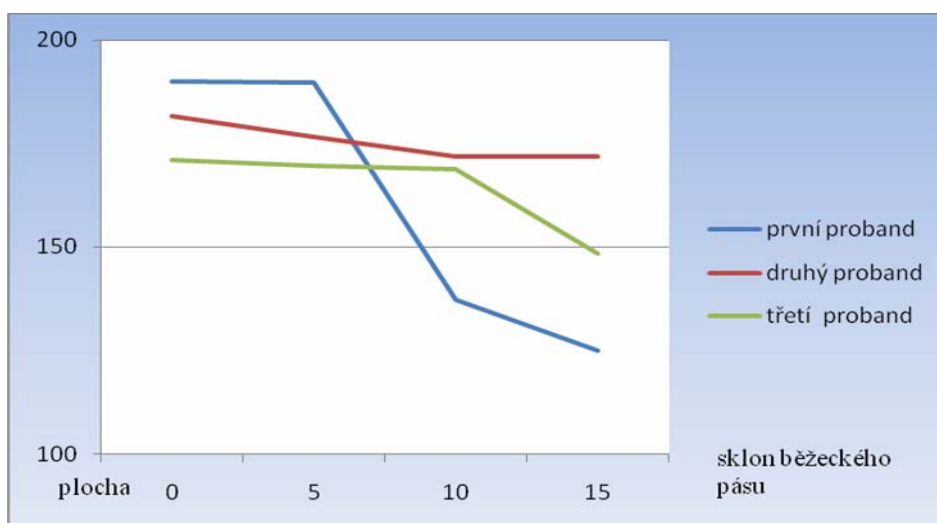
Graf 50

Srovnání změn hodnot maximálního tlaku při vzrůstajícím sklonu běžeckého pásu u všech tří probandů (osa x – sklon běžeckého pásu v %, osa y – maximální tlak v kPa).



Graf 51

Srovnání změn velikosti zatížené plochy nohy při vzrůstajícím sklonu běžeckého pásu u všech tří probandů (osa x – sklon běžeckého pásu v %, osa y – celková plocha zatížení v cm²).



Nulový sklon běžeckého pásu bereme jako 100 % a další procentuální vyjádření se vztahují k této 100 % hodnotě.

Pokud máme takto hodnoty utříděny v jedné tabulce, jsou patrné jisté tendence u každého probanda.

4.5.1 Komentované hodnocení výsledků probanda 1

Tabulka 3

Stručný přehled naměřených výsledků probanda 1

Sklon běžeckého pásu	Síla působící na vnější / vnitřní přednoží (N)	Maximální hodnoty tlaku (kPa)	Množství zatížené plochy (cm ²)
0 %	570,9/ 413,2	282,4	190,13
5 %	602,9/439,1	281,3	189,76
10 %	695,4/543,6	324,7	137,17
15 %	639,4/568,2	314,2	125,01

Krátký komentář:

U probanda 1 je patrné, že se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu postupně klesá množství zatížené plochy. Při nulovém sklonu je zatíženo 100 % plochy nohy, při pěti procentním sklonu je zatíženo 99,8 % plochy chodidla, tedy nedochází k nějaké významnější změně zatížení. K té dochází až při sklonu 10 %, kdy je zatíženo pouze 72 % plochy chodidla a při patnáctiprocentním sklonu klesá zatížená plocha o dalších 6 %, tedy už jen na 66 % plochy chodidla. S tím také souvisí další sledovaná hodnota – maximální hodnota tlaku. S klesající plochou zatížení dochází k postupnému nárůstu maximálních hodnot v přední části nohy - na přednoží. I zde bereme jako 100 % hodnotu nulového sklonu běžeckého pásu a odchylky od této hodnoty jsou patrné. Při sklonu 5 % nedochází k výrazné změně zatížené plochy, nemění se křivka centra tlaku a dochází jen k minimálnímu poklesu maximální hodnoty tlaku na 99,6 %. Nedochází k změně techniky běhu. Při desetiprocentním sklonu se snižuje plocha zatížení, křivka centra tlaku mění svou polohu a zkracuje se. Maximální hodnota tlaku se oproti pěti procentům zvyšuje o 15 %. Dochází tedy k změně techniky běhu, k změně oporové fáze. Při 15 ti procentním sklonu běžeckého pásu se stále zmenšuje plocha zatížení, mění se poloha křivky centra tlaku, která se nachází pouze v přednoží, dochází

k rozložení maximálních hodnot tlaku na přednoží, a proto klesá maximální hodnota tlaku o 3,7 % oproti 10 % sklonu.

Zajímavým pomocným ukazatelem působícím na chodidlo je síla. Jestliže se zvyšujícím se sklonem běžeckého pásu klesá vzdálenost chodidla od podložky, měla by se při správné funkci příčné klenby snížit síla působící na vnitřní a vnější přednoží. U tohoto probanda se však síla na přednoží při všech sklonech běžeckého pásu postupně zvyšuje.

4.5.2 Komentované hodnocení výsledků probanda 2

Tabulka 4

Stručný přehled naměřených výsledků probanda 2

Sklon běžeckého pásu	Síla působící na vnější / vnitřní přednoží (N)	Maximální hodnoty tlaku (kPa)	Množství zatížené plochy (cm ²)
0 %	608,2/571,6	365,9	181,69
5 %	613,4/601,9	367,7	176,62
10 %	583,4/629,5	375,8	171,91
15 %	557,1/575,1	353,8	171,88

Krátký komentář:

U probanda 2 je z uvedených výsledků v tabulce patrné, že se hodnoty jak u celkového zatížení plochy, tak u maximálních hodnot tlaku výrazně nemění. V procentuálním vyjádření je při nulovém sklonu běžeckého pásu zatíženo 100 procent plochy chodidla. Při pěti procentním sklonu je zatíženo 97 % plochy, nedochází tedy k výrazné změně techniky běhu. Totéž platí i při zbývajících dvou sklonech – 10 a 15 %, kdy je zatížena stejná plocha chodidla – 95 % celkové plochy. S tímto výsledkem také souvisí i další konečné hodnoty. U křivky centra tlaku nedochází k výrazným posunům či změnám délky. S celkovým zatížením plochy chodidla také souvisí maximální hodnota tlaku. Jelikož nedochází k výrazným změnám v zatížení plochy nohy, nedochází ani k velkým změnám u těchto hodnot. Při 5 % sklonu se zvýší hodnota maximálního tlaku o 1 %, při desetiprocentním sklonu se hodnota tlaku navýší o 3 % v porovnání s nulovým sklonem. Při sklonu 15 % dokonce dochází k poklesu maximálního tlaku o 6 % v porovnání s desetiprocentním sklonem. Proband při všech sklonech běžeckého pásu využívá stejnou techniku běhu – běh přes přední část chodidla - „špičku“. Nedochází k přetěžování žádné části chodidla. Je vidět správná funkce příčné klenby, nedochází k přetěžování jednotlivých segmentů přednoží, jak

můžeme vidět u maximálních hodnot tlaku. Hodnoty tlaku jsou naopak rozloženy rovnoměrně na celém přednoží.

Dalším pomocným ukazatelem správné funkce příčné klenby je síla působící na přednoží. Potvrzuje se naše tvrzení, že se vzrůstajícím sklonem dochází k poklesu působící síly na přednoží.

4.5.3 Komentované hodnocení výsledků probanda 3

Tabulka 5

Stručný přehled naměřených výsledků u probanda 3

Sklon běžeckého pásu	Síla působící na vnější / vnitřní přednoží (N)	Maximální hodnoty tlaku (kPa)	Množství zatížené plochy (cm ²)
0 %	640/426,8	409,9	170,94
5 %	677,3/399,9	426,6	169,58
10 %	678,7/410,7	439,5	168,74
15 %	693,8/438,9	478,3	148,32

Krátký komentář:

U probanda 3 byly naměřeny velmi vysoké hodnoty maximálního tlaku v porovnání se zbývajících probandy. Tyto vysoké hodnoty jsou dány především technikou běhu a také špatnou funkcí příčné klenby, kdy dochází k přetěžování jednotlivých segmentů chodidla. Hodnoty vzrůstají od nulového sklonu běžeckého pásu a rovnají se 100 %. Při sklonu pěti procent vzrůstá hodnota maximálního tlaku o 3 %, při desetiprocentním sklonu se zvýší o další tři procenta. Se vzrůstajícím sklonem dochází k menšímu zatěžování plochy chodidla. Při pěti a desetiprocentním sklonu je zatíženo 99 % plochy nohy, při patnáctiprocentním sklonu se nejen zmenšuje plocha zatížení – 87 %, ale dochází i ke změně maximálního tlaku, kdy se hodnota oproti 10 % sklonu zvýšila o 10 %.

Přetěžování příčné klenby je patrné i z pomocného ukazatele působící síly. Se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu dochází k nárůstu síly, která působí na přednoží. Maximální hodnoty tlaku, centrum odrazu, zvyšující se hodnota síly, působící na chodidlo, nás upozorňují, že příčná klenba nejspíše nepracuje správně.

5. Diskuze

Při získávání dat pro naši diplomovou práci jsme využili tři probandů. Měření jsme provedli v laboratorních podmínkách, nedocházelo tedy k ovlivňování výsledků vnějšími vlivy, které by na nás mohly působit mimo laboratoř. Všichni tři probandi běželi v neutrálních botách, čímž jsme se pokusili vyloučit vliv na techniku běhu. Uvědomujeme si však také, že probandi neměli stejnou značku bot, a zde by mohly nastat jisté odchylky. Hned na začátku měření jsme uvedli, že při měření vyloučíme faktor únavy, abychom předešli vlivu tohoto faktoru.

Na začátku diplomové práce jsme si položili několik výzkumných otázek a zformulovali jsme problémové body práce. Pokusili jsme se na ně nalézt odpovědi, vyhledat jednotlivá řešení.

První otázka zněla, zda můžeme sledovat při standardních změnách sklonu běžeckého pásu rozdíly v technice oporové fáze u hobby běžců se stejnou výkonností.

Došli jsme k závěru, že při standardních změnách běžeckého pásu došlo u dvou probandů ke změně techniky běhu, objevily se změny v oporové fázi běhu. Při sklonech 0 a 5 % využívali probandi 1 a 3 tzv. „běžecké kolébky“, což koresponduje s názorem Tvrzníka (2010). Při vyšších sklonech u nich postupně došlo ke změně techniky oporové fáze běhu. Využívali především přední část chodidla. Běželi přes tzv. „špičku“. Proband 2 při všech měřených sklonech běžeckého pásu výrazně nezměnil svou techniku běhu. Jak při nižších, tak i vyšších sklonech běžeckého pásu běžel především přes střední část chodidla. Obecně platilo, že se od sebe výrazně nelišily výsledky při sklonu běžeckého pásu 0 a 5 % a naopak k výraznějším změnám docházelo při vyšších sklonech.

Se změnou techniky běhu při různých sklonech běžeckého pásu také souvisely odlišné výsledky naměřených hodnot maximálního tlaku, délka a rozložení křivky centra tlaku či velikost zatížení plochy.

Za druhý úkol jsme si určili zodpovědět otázku: K jakým změnám dochází při rozložení maximálního tlaku chodidla ve fázi dokroku při odlišných sklonech běžeckého pásu u probandů se správnou funkcí příčné klenby oproti probandům, kteří jsou v tomto segmentu indisponováni. Z naměřených hodnot maximálního tlaku působícího na chodidlo lze celkem dobře vyčíst, které segmenty nohy byly zatěžovány více či méně.

Probandi 1 a 3 využívali při nulovém a 5 % sklonu běžeckého pásu tzv. „běžecké kolébky“ (Tvrzník, 2010). Tato technika oporové fáze běhu způsobuje, že je postupně zatíženo celé chodidlo. Maximální hodnoty tlaku se nacházely v přední části chodidla, což svědčí o aktivním odrazu ze „špičky“. Při vyšších sklonech běžeckého pásu – 10 a 15 %, došlo nejen ke změně techniky oporové fáze běhu, kdy probandi běželi přes přední část chodidla - přes „špičku“, ale došlo i ke změně distribuce tlaku. Pata byla zatížena minimálně či vůbec. Nejvyšší hodnoty tlaku se nacházely opět v přední části chodidla, ale jejich hodnota se značně zvýšila. Běh přes přední část chodidla byl pro probandy 1 a 3 výhodnější z hlediska rychlosti běhu a možnosti aktivního odrazu, ale vysoké hodnoty maximálního tlaku také ukázaly, že došlo k výraznému zatížení přednoží, potažmo lýtkového svalu a Achillovy šlachy. Mohlo to mít neblahý vliv na pohybový aparát ve formě častých zranění.

Díky správné funkci příčné klenby u probanda 1, která byla při technice běhu přes „špičku“ zatěžována, byl maximální tlak rozmístěn po celém přednoží a nedocházelo k přetěžování pouze jednoho segmentu nohy. Avšak zajímavým, a tomuto tvrzení odporujícím ukazatelem, byla síla. Domnívali jsme se, že se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu, bude velikost působící síly klesat, u tohoto probanda však došlo k nárůstu jejích hodnot. Je tedy možné, že naměřené hodnoty maximálního tlaku byly pro probandovu příčnou klenbu nadprahové a přesto, že nebyl přetěžován jeden segment chodidla, byla celkově přetěžována celá příčná klenba. Dalším řešením také však mohla být skutečnost, že naměřené hodnoty síly byly ovlivněny individuální technikou běžce, kdy běžec využíval aktivního odrazu, jenž mu umožňoval dobře vyvinutý pohybový aparát. Pak je možné, že byl doplňující ukazatel ovlivněn touto skutečností a nedošlo ke špatné funkci příčné klenby.

U probanda 3 došlo se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu k výraznému nárůstu maximálního tlaku pouze v jediném segmentu nohy - v přednoží. Tato vada se neprojevila při mírných sklonech běžeckého pásu, protože proband běžel přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník, 2010) a využíval správnou funkci podélné klenby. Už na začátku měření jsme vyloučili faktor únavy. Dalším zajímavým ukazatelem přetížení pouze jednoho segmentu chodidla bylo zjištění, že hodnota maximálního tlaku byla u probanda 3 největší ze všech tří probandů, a to i přesto, že proband 3 měl nejnižší hmotnost ze všech tří probandů. I pomocný ukazatel síla upozorňoval, že naměřené hodnoty byly v porovnání s ostatními probandy značně vyšší. Domníváme se, že za tímto zjištěním stojí právě indispozice příčné klenby. Výsledky mohly být ovlivněny také starým zraněním, kdy levá noha přebírala část práce za pravou.

Proband 2 měl diagnostikovanou plochou nohu. Svou technikou běhu tento nedostatek obcházel. Využíval svého svalového aparátu a správnou funkci příčné klenby. Jako jediný proband 2, jak při běhu s nulovým sklonem, tak s různými sklony běžeckého pásu nezměnil techniku běhu. Při všech sklonech běžeckého pásu využíval skoro celou plochu nohy. Centrum dopadu se u tohoto probanda nacházelo ve vrchní části střední nohy, odraz pak na rozhraní vnitřního a vnějšího přednoží. Maximální hodnoty tlaku se objevily na přednoží, byly však rozmístěny rovnoměrně a nedocházelo k přetěžování jednoho segmentu chodidla. Díky tomu, že k oporové fázi běhu využíval jen přední část nohy, limitoval tak špatnou funkci podélné klenby. Využíval silný lýtkový sval a Achillovu šlachu. U tohoto probanda by naopak běh přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník, 2010) mohl, s ohledem na plochou nohu probanda, způsobit zdravotní obtíže.

Je tedy vidět, že co běžec, to odlišná technika běhu, která může být dána jak odlišným sklonem terénu, tělesnými předpoklady, tak i stavem pohybového aparátu. Je těžké říci, která technika běhu je pro běžce nejlepší, nejvýhodnější. Každý běžec se musí přizpůsobit svému tělesnému stavu, měl by stejně jako druhý proband využít nevýhody ve svůj prospěch.

Naše probandy jsme se pokusili srovnat s pěti probandy Gerycha (2009). Zajímalo nás, zda se výsledky zatížení nohy u výkonnostních běžců budou nějak lišit od hobby běžců.

Gerych se ve své diplomové práci mimo jiné zabýval problémem, zda u výkonnostních běžců dochází ke změnám distribuce tlaku chodidla na podložku v průběhu oporové fáze souvislého rovnoměrného a souvislého stupňovaného běhu v závislosti na rostoucí únavě a intenzitě zatížení.

Hodnotou, kterou jsme mohli srovnávat s našimi probandy, je velikost maximálního tlaku na přednoží (křivka centra tlaku) při souvislém rovnoměrném běhu u probandů Gerycha (2009) a nulovém sklonu běžeckého pásu a konstantní rychlostí 12 km/hod. u našich probandů.

V závěrečném hodnocení jsme se věnovali levé noze, a proto i u probandů Gerycha jsme si všimli levého chodidla a zaměřili jsme se na zatížení přednoží. Každý proband Gerycha měl trochu odlišnou techniku běhu. Kromě jednoho probanda, který, dle Gerycha (2009), běžel přes „špičku“ s minimálním zatížením paty, využívali běžci celé chodidlo. Centrum odrazu bylo u většiny případů v přední části nohy. Ani u jednoho běžce nedošlo k výraznému přetížení přednoží. Maximální hodnoty tlaku byly rozmístěny rovnoměrně. U

dvou probandů se vyskytlo výrazné zatížení paty. Pouze u dvou probandů byly hodnoty maximálního tlaku výrazně vyšší v oblasti přednoží. Jeden z nich je zmíněný proband výše, který běžel přes „špičku“. Hodnota maximálního tlaku na vnitřním přednoží činila u tohoto probanda 467,4 kPa. Druhý proband, u kterého se objevily výrazně vyšší hodnoty na přednoží, je běžec, který v době dokroku zatěžoval patu a při odrazu přednoží. U něho činila hodnota maximálního tlaku na vnitřním přednoží 461,4 kPa.

Můžeme však konstatovat, že se výsledky hobby a výkonnostních běžců při běhu po rovině konstantní rychlostí nijak výrazně neliší. Zajímavé by bylo například srovnání těchto dvou výkonnostních skupin při odlišných sklonech terénu, kde se domníváme, že by k odchylkám v zatížení chodidla, tak v technice běhu, již mohlo dojít.

6. Závěry

Hlavním cílem diplomové práce bylo sledování běžecké techniky při různých sklonech běžeckého pásu a zaznamenání vybraných hodnot v části běžeckého dokroku pomocí nového technologického postupu Pedar - X systém u hobby běžců. Vedlejšími cíli bylo intraindividuální porovnávání hodnot dokroku u levé a pravé nohy a následně interindividuální porovnávání hodnot dokroku u vybrané nohy vzhledem ke zdravotnímu stavu u jednoho z měřených probandů.

Vzhledem k charakteru diplomové práce jsme si stanovili problémové body práce a pokusili jsme se na ně nalézt odpovědi.

V nich nás zajímalo, zda se změnou sklonu běžeckého pásu dochází na základě naměřených hodnot ke změně techniky oporové fáze a zda na základě správné funkce příčné klenby dochází při větších sklonech běžeckého pásu k rozložení maximálního tlaku na větší plochu přednoží.

Při sledování techniky běhu jednotlivých probandů jsme dospěli k následujícím závěrům. Se vzrůstajícím sklonem běžeckého pásu může, ale také nemusí, dojít ke změně techniky běhu. Záleží na mnoha faktorech, jako je např. správná funkce příčné a podélné klenby, technika běhu, funkčnost svalového aparátu atd.

Pokud běžec běží přes tzv. „běžeckou kolébku“ při nižších sklonech běžeckého pásu, změní pravděpodobně při vyšších sklonech techniku běhu a začne více zatěžovat přední část chodidla – poběží přes „špičku“. Tato technika může být dle našeho názoru jednak pro běžce výhodnější, rychlejší, ale může způsobit i zdravotní problémy. Nelze říci, že pokud běžíme přes tzv. běžeckou kolébku (Tvrzník, 2010), musíme zákonitě do kopců běhat přes přední část chodidla - „špičku“. Záleží na individuálních možnostech každého běžce.

U našich probandů se ukázalo, že nezáleží pouze na technice běhu, kterou využívají při různých sklonech běžeckého pásu, ale důležitý je i stav jejich hybného systému, příčné klenby. Jeden z probandů využíval při větších sklonech techniku přes „špičku“. Z ukazatele maximálního tlaku však vyšlo najevo, že probandova příčná klenba neplní správně svou tlumící funkci a dochází k přetěžování jednoho segmentu chodidla. Jiný proband naopak běžel po celou dobu testování, při různých sklonech běžeckého pásu, pouze jednou běžeckou technikou – přes „špičky“. Maximální hodnoty tlaku byly rozmístěny rovnoměrně v celém přednoží. Ukázalo se, že v jeho případě je to správná volba techniky. Proč? Tento běžec má plochou nohu, a pokud by běžel po rovině přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník, 2010), docházelo by k přetěžování střední části nohy a mohlo by to vést i k jiným zdravotním

problémům, jako např. k problémům s kotníky či koleny. Je však důležité připomenout, že tento proband má velmi dobře vyvinutý svalový aparát. Bez něho by nejspíše trpěl na přetěžování Achillových šlach či lýtek.

Je tedy patrný vztah mezi technikou běhu a zdravotním stavem chodidla každého běžce. Nemůžeme říci, že při nulovém či vyšším sklonu terénu využijeme techniky přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník, 2010) nebo běhu přes přední část chodidla. Domníváme se však, že pro běžce s plochou nohou je výhodnější běžecká technika přes přední část chodidla. Musí však pracovat na svém svalovém aparátu dolních končetin, aby nedošlo k zmíněnému přetěžování lýtek či Achillových šlach. Pro běžce se špatnou funkcí příčné klenby se nabízí běh přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník, 2010). Využili bychom naopak správné funkce podélné klenby a nepřetěžovali bychom jednotlivé segmenty chodidla v přední části nohy.

Tyto výsledky by bylo zajímavé ještě více propracovat, změřit více probandů s plochýma nohama, spadlou příčnou či podélnou klenbou. Bylo by zajímavé srovnání, zda vhodně zvolená obuv či ortopedické vložky mohou napomoci ke zlepšení zdravotních obtíží, k výhodnější běžecké technice. Na diplomovou práci by šlo jistě navázat i srovnáním techniky běhu hobby a výkonnostních či vrcholových běžců při různých sklonech běžeckého pásu. Na závěr diplomové práce jsme porovnali sice probandy Gerycha (2009) s našimi probandy při nulovém sklonu běžeckého pásu, kdy nedošlo k žádným výrazným rozdílům v technice běhu. Při vyšších sklonech terénu by však mohly vyjít výsledky odlišně. Určitě by bylo vhodné znovu využít vložky Pedar – X. Umožňují nám běžet kdekoli v terénu a jsou především vhodné pro prevenci strukturálních a funkčních poruch nohy. Vložky nám mohou pomoci diagnostikovat některé dysbalance v podobě odchylek od správné techniky běhu, mají mimořádný význam v porovnání symetrie zatížení levé a pravé nohy.

A jak bychom mohli poznatky o technice běhu a zatížení jednotlivých segmentů chodidla využít v praxi?

Běžec se padlou příčnou klenbou by se měl, dle našeho názoru, ve svém tréninku více zaměřit na trénink po rovině, kde využije běhu přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník, 2010). Proč? Při běhu do kopce většina běžců využívá aktivního odrazu přes „špičku“. Pokud však nemají v pořádku „hlavní tlumič“ této techniky, mohou si způsobit závažná poranění. Patří mezi ně např. přetížení a následné natržení lýtka, zánět Achillovy šlachy, který, když není-li léčen včas, může přejít až v zánět chronický. Nabízí se však i druhá varianta řešení. Běžec nemusí využívat běžecké techniky přes přední část chodidla. Aby omezil přetěžování příčné klenby, může využít funkční podélnou klenbu a běžet přes tzv. „běžeckou kolébku“ (Tvrzník, 2010). Tato technika sice nemusí být nejrychlejší a nejekonomičtější, ale pro hobby

běžce, který trpí spadlou příčnou klenbou, to může být způsob, jak využívat tréninku do vrchu a nezpůsobovat si u toho zdravotní problémy. I toto by mohlo být velmi zajímavé téma diplomové práce.

7. Soupis použité literatury

1. ČIHÁK, R., *Anatomie I.* 2.vyd. Praha: Grada Publishing, 2001. ISBN 80-7169-970-5.
2. BARLETT, R. *Sports Biomechanics, Reducing Injury and Improving Performance* 1.vyd. London: Routledge, 1999. 276 s. ISBN 0-419-18440-6
3. BOSCH, F., KLOMP, R. *Running biomechanics and exercise fysiology applied in practice.* Edinburgh; New burgh; New York: Elsevier Churchill Livingstone, c 2005. 413 s. ISBN 0-443-07441-0.
4. DUFEK, J. *Elektromyografie.* Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-208-6.
5. DYLEVSKÝ, I., DRUGA, R. *Funkční anatomie člověka.* 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2009. 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
6. FONG, D. T.-P., CHAN, Y.-Y., HONG, Y., YUNG, P. S.-H., FUNG, K.-Y., CHAN, K.-M. A three-pressure-sensor (3PS) system for monitoring ankle supination torque during sport motions. *Journal of Biomechanics*, 2008, vol. 41, p. 2562-2566.
7. FORMÁNEK, J., HORČIC, J. *Triatlon.* Praha: Olympia, 2003. ISBN 80-7033-567-X.
8. GERYCH, D. *Vyhodnocení tlakových změn v průběhu oporové fáze běhu u výkonnostních běžců a triatlonistů.* Diplomová práce (Ved. J. Horčic). Praha: UK FTVS, 2009. 84 s.
9. HOTTENROTT, K., NEUMANN, G. *Das große Buch vom Laufen.* Aachen: Meyer und Meyer, 2002. 566 s. ISBN 3-89124-911-X
10. JANURA, M., JANUROVÁ, E. *Fyzikální základy biomechaniky.* 1.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007. ISBN 978-80-244-1805-6
11. JANURA, M., ZAHÁLKA, F. *Kinematická analýza pohybu člověka.* 1.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2004. 209 s. ISBN 80-244-0930-5
12. JAVŮREK, J. *Vybrané kapitoly ze sportovní kineziologie.* Praha: Ústřední výbor Československého svazu tělesné výchovy vědeckometodické oddělení, 1986. 322 s.
13. KARAS, V., OTÁHAL, S. *Základy biomechaniky pohybového aparátu člověka.* Praha: Karolinum, 1991. 233 s. ISBN 80-7066-514-9
14. KUČERA, V., TRUKSE, Z. *Běhy na střední a dlouhé tratě* 1. vyd. Praha: Olympia, 2000. 287 s. ISBN 80-7033-324-3

15. KYROLAINEN, H., BELLI, A., KOMI, P. V. Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 2001, vol. 33, no. 8, p.1330-1337
16. LŮŽA, J. a kol. *Technika atletických disciplín*. Brno: Masarykova univerzita, 1995. 78 s. ISBN 80-210-1127-0
17. NAGEL, A., FERNHOLZ, F., KIBELE, C., ROSENBAUM, D. Long distance running increases plantar pressure beneath the metatarsal heads. A barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait & Posture*, 2008, vol. 27, p. 152-155.
18. MC CANN, D.J., HIGGINSON, B.K. Training to maximize economy of motion in running gait. *Current Sport Medicine Reports*, 2008, vol. 7, no. 3, p. 158-162
19. OZOLS, I., FURN, R. (Eds.) *Gray's Anatomy, The Anatomical Basis of clinical practise*, 39 ed. Philadelphia: ELSEVIER LIMITED, 2005. 1627 pp. ISBN 0-443-07168-3
20. ROMONOV, N., FLETCHER, G. New methods and theoretical perspectives: Runners do not push off the ground but fall forwards via a gravitational torque. *Sports Biomechanics*, 2007, vol. 6, no. 3, p. 434-452.
21. RŮŽIČKA, L. *Atletika v ČASPV*. Praha: Česká asociace Sport pro všechny, 2004. 96 s. ISBN 80-86 586-6-5
22. SAUNDERS, P.U, PYNE, D.B., TELFORD, R.D. HAWLEY, J.A. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sport Medicine*, 2004, vol. 34, no. 7, p. 465-485
23. SEGEŤOVÁ, J. a kol *Atletika pro posluchače studující rehabilitaci na FTVS*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1985. 102 s. ISBN
24. STEFFNY, H., PRAMAN, U. *Běh pro zdraví*. Přel. A. Bezděková. 1. vyd. Praha: Ikar, 2003. 224 s. ISBN 80-249-0163-3.
25. TITTEL, K. *Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen*. 14. vyd. München: Urban & Fischer, 2003. 436 s. ISBN 978-3-437-46-151-4
26. TVRZNÍK, A. *Definice běžecké kolébky*. Ústní sdělení. Praha 2010
27. TVRZNÍK, A., SOUMAR, L. *Běhání od joggingu po maraton*. Praha: Grada Publishing, 1999. 113 s. ISBN 80-7169-858-X
28. TVRZNÍK, A., SOUMAR, L. *Jogging*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. 104 s. ISBN 80-247-0714-4
29. TVRZNÍK, A., ŠKORPIL, M., SOUMAR, L. *Běhání od joggingu po maratón*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2006. 248 s. ISBN 80-247-1220-2.

30. VALENTA, J., KONVIČKOVÁ, S., VALERIÁN, D. *Biomechanika kloubů člověka*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1999. 239 s. ISBN 80-01-01943-8
31. VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Karolinum, 1995. 85 s. ISBN 80-7184-100-5.
32. VÉLE, F. *Kineziologie. Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. vyd. Praha: Triton, 2006. 375 s. ISBN 80-7254-837-9.
33. WESSINGHAGE, T. *Laufen. Der Ratgeber für Ausrüstung Technik, Training, Ernährung und Laufmedizin*. 4.vyd. München: BLV, 1996. 182 s. ISBN 3-405-14764-6
34. WÖLLZENMÜLLER, F. *Běhání, „Richtig Laufen“*. Přel. Z. Česeková. 1.vyd. České Budějovice: KOPP, 2006. 128 s. ISBN 80-7232-282-6

7. 1 Internetové zdroje

1. KORBEL, V. Vladimír Korbel – přes paty nebo špičky [online]. c2007, [cit. 2010-06-08]. Dostupné z: <http://www.behy.cz/clanek/1135-vladimir-korbel-pres-paty-nebo-spicky>
2. KRATOCHVÍL, M. Běh pata versus špička [online]. c2010, [cit. 2010-06-08]. Dostupné z: <http://www.behej.com/clanek/6109-zacatecnici-behat-pres-patu-nebo-spicku/3>
3. Novel – art in science, quality in measurement [online]. [cit. 2009-08-09]. Dostupné z: <http://www.novel.de/productinfo/systems-pedar.htm>
4. RS Scan International [online]. [cit. 2009-08-07]. Dostupné z: <http://www.rsscan.com>
5. TVRZNÍK, A. Technika běhu: jogging vs běh [online]. c2007, [cit. 2009-02-01]. Dostupné z: <http://www.behej.com/2007022601-technika-behu-jogging-vs-beh.html>
6. TVRZNÍK, A. Chyby při došlapu [online]. c2006, [cit. 2010-06-08]. Dostupné z: <http://www.behy.cz/clanek/351-chyby-pri-doslapu>

7. 2 Internetové adresy

1. www.novel.de
2. www.running.com
3. www.brianmac.com
4. www.behej.com

Přílohy

Seznam přílohové části

Proband 1

Graf 1 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 2 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 3 Celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 4 Celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 5 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžeckého pásu

Graf 6 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžeckého pásu

Graf 7 Celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžeckého pásu

Graf 8 Celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžeckého pásu

Graf 9 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 10 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 11 Celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 12 Celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 13 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 14 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 15 Celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 16 Celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu

Proband 2

Graf 17 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 18 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 19 Celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu
Graf 20 Celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu
Graf 21 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžeckého pásu
Graf 22 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžeckého pásu
Graf 23 Celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžeckého pásu
Graf 24 Celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžeckého pásu
Graf 25 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžeckého pásu
Graf 26 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžeckého pásu
Graf 27 Celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžeckého pásu
Graf 28 Celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžeckého pásu
Graf 29 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu
Graf 30 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu
Graf 31 Celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu
Graf 32 Celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu

Proband 3

Graf 33 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu
Graf 34 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu
Graf 35 Celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu
Graf 36 Celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu
Graf 37 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžeckého pásu
Graf 38 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžeckého pásu
Graf 39 Celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžeckého pásu
Graf 40 Celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžeckého pásu

Graf 41 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 42 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 43 Celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 44 Celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 45 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 46 Maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 47 Celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 48 Celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 49 Síla působící na chodidlo při nulovém sklonu běžeckého pásu u probanda 1

Graf 50 Síla působící na chodidlo při 5 % sklonu běžeckého pásu u probanda 1

Graf 51 Síla působící na chodidlo při 10 % sklonu běžeckého pásu u probanda 1

Graf 52 Síla působící na chodidlo při 15 % sklonu běžeckého pásu u probanda 1

Graf 53 Síla působící na chodidlo při nulovém sklonu běžeckého pásu u probanda 2

Graf 54 Síla působící na chodidlo při 5 % sklonu běžeckého pásu u probanda 2

Graf 55 Síla působící na chodidlo při 10 % sklonu běžeckého pásu u probanda 2

Graf 56 Síla působící na chodidlo při 15 % sklonu běžeckého pásu u probanda 2

Graf 57 Síla působící na chodidlo při nulovém sklonu běžeckého pásu u probanda 3

Graf 58 Síla působící na chodidlo při 5 % sklonu běžeckého pásu u probanda 3

Graf 59 Síla působící na chodidlo při 10 % sklonu běžeckého pásu u probanda 3

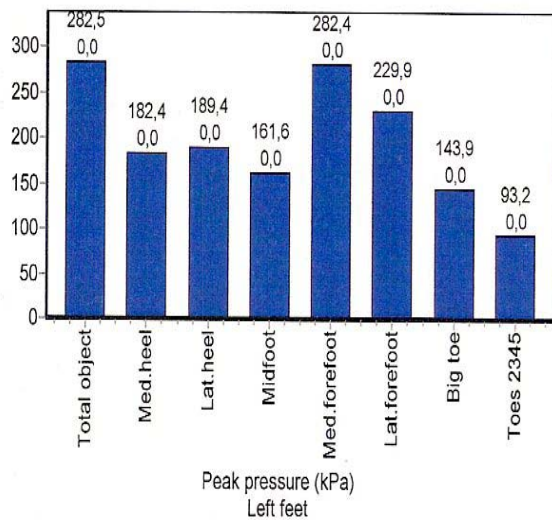
Graf 60 Síla působící na chodidlo při 15 % sklonu běžeckého pásu u probanda 3

Proband 1

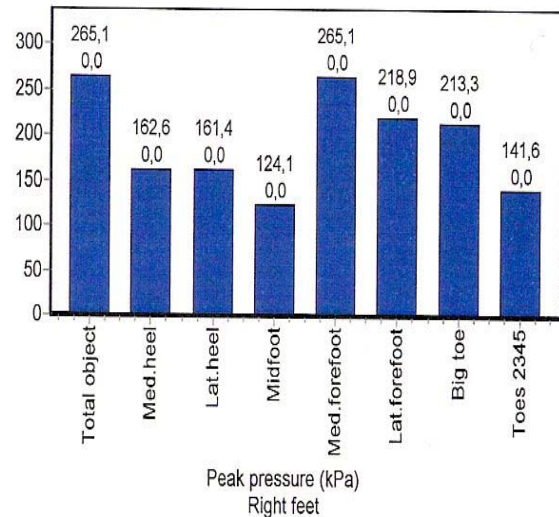
Graf 1 a 2 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 3 a 4 celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu

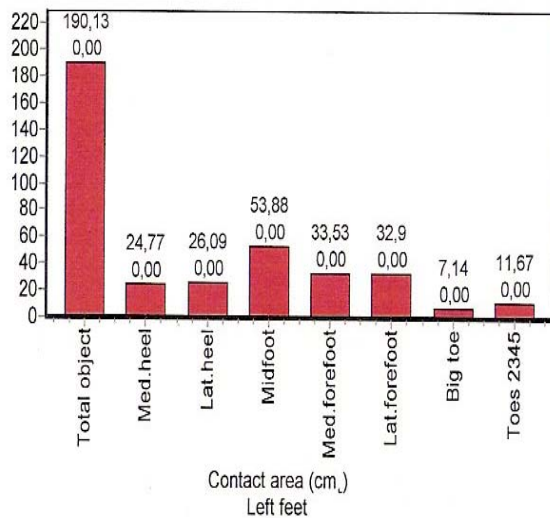
Graf 1



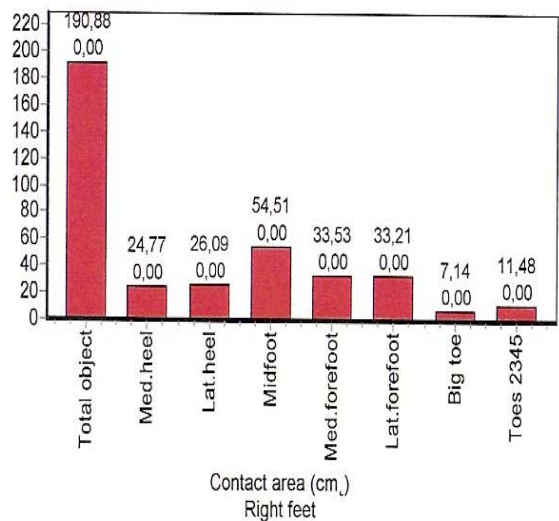
Graf 2



Graf 3



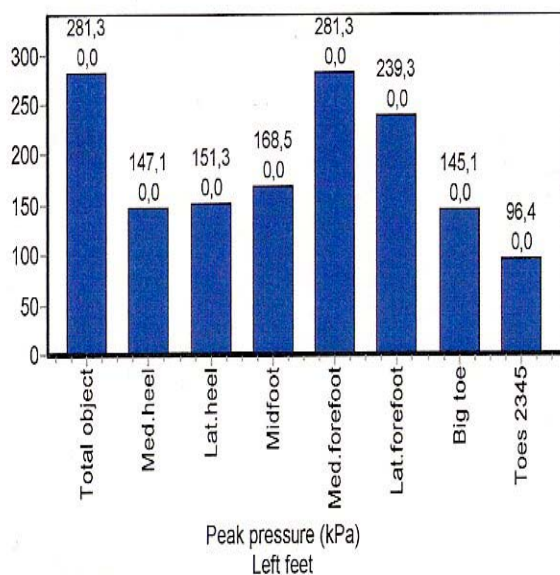
Graf 4



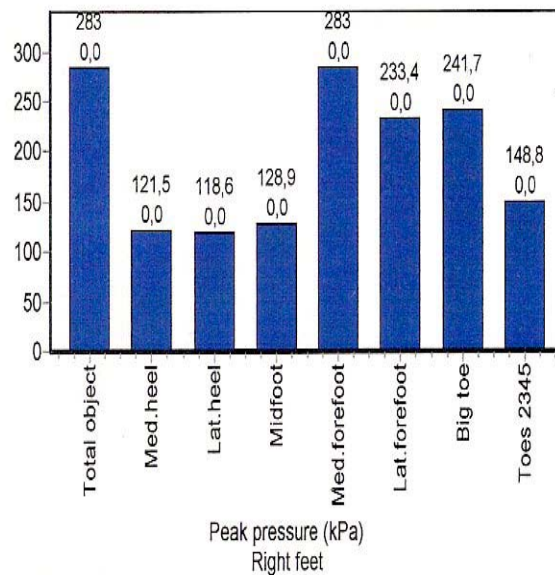
Graf 5 a 6 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžecského pásu

Graf 7 a 8 celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžecského pásu

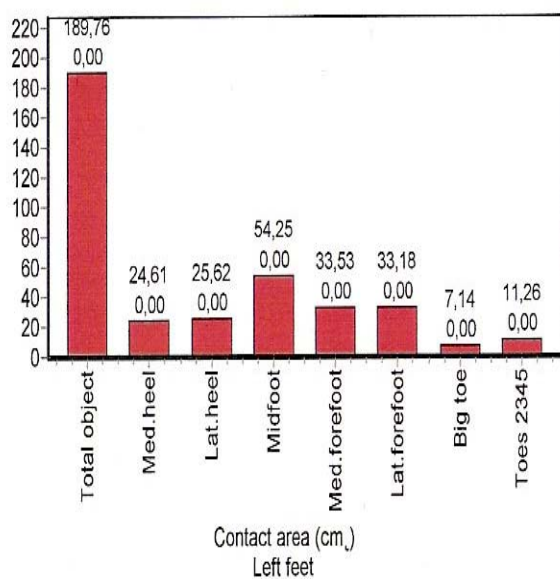
Graf 5



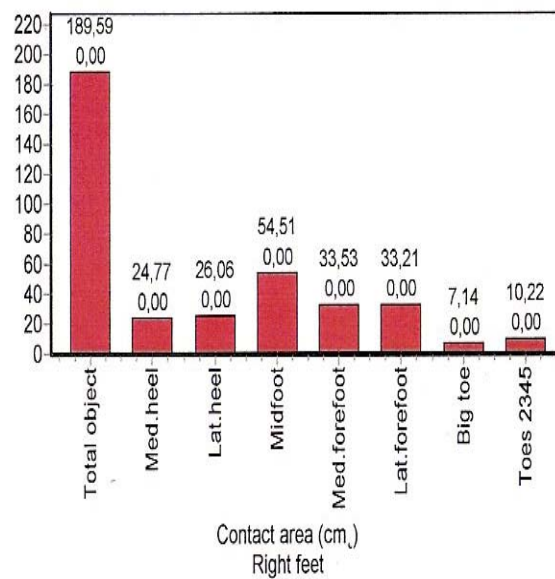
Graf 6



Graf 7



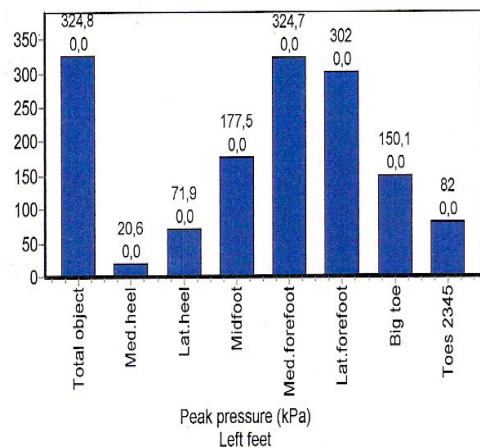
Graf 8



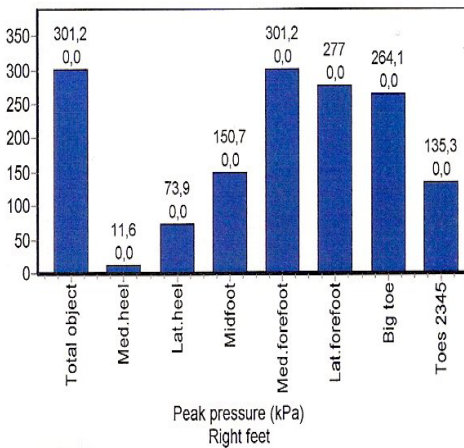
Graf 9 a 10 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžecského pásu

Graf 11 a 12 celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžecského pásu

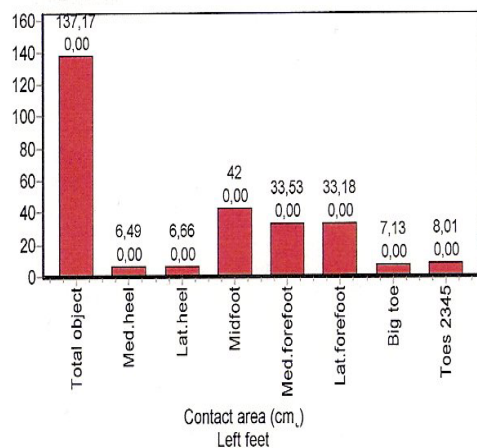
Graf 9 Left feet



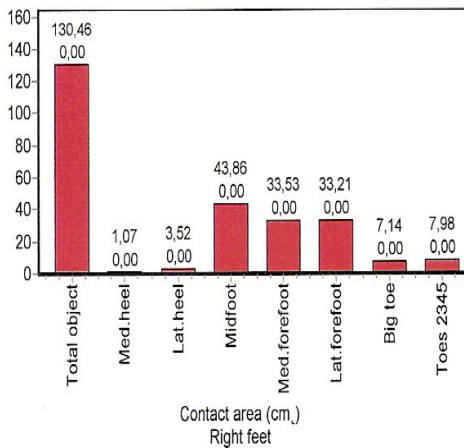
Graf 10 Right feet



Graf 11 Left feet



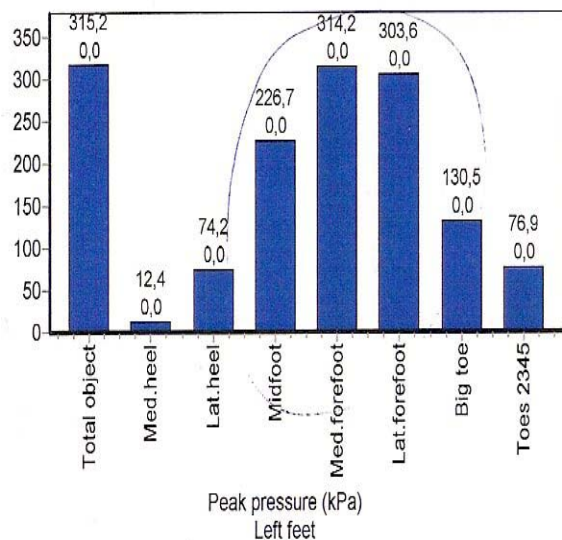
Graf 12 Right feet



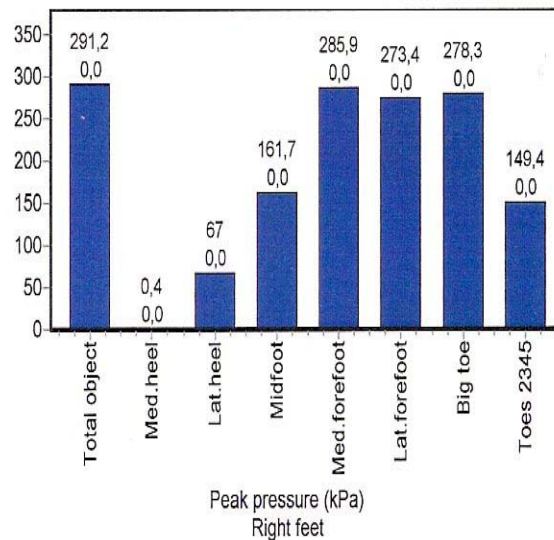
Graf 13 a 14 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 15 a 16 celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu

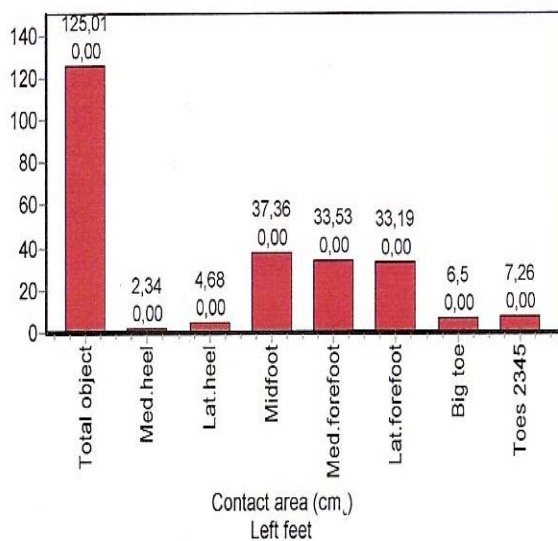
Graf 13



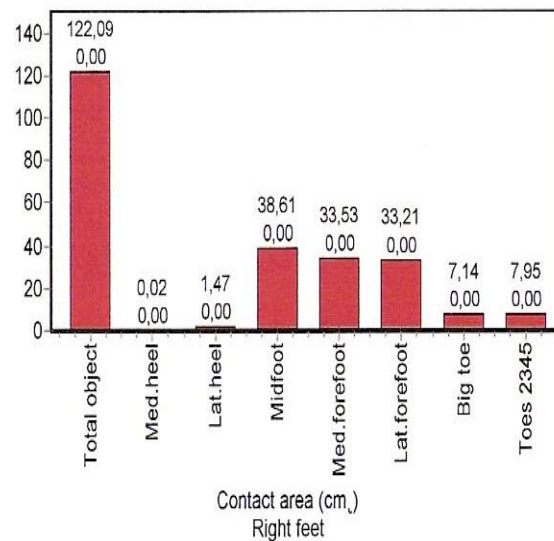
Graf 14



Graf 15



Graf 16

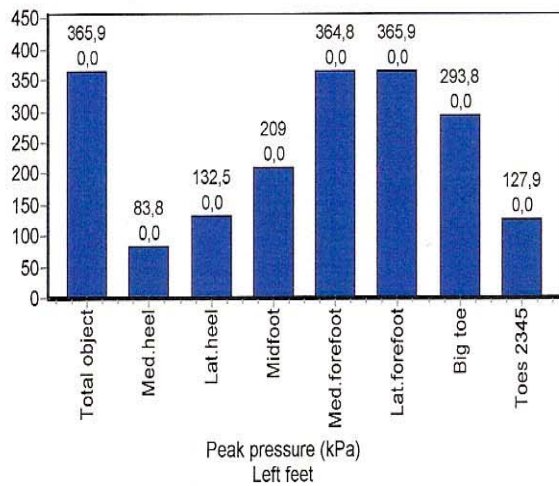


Proband 2

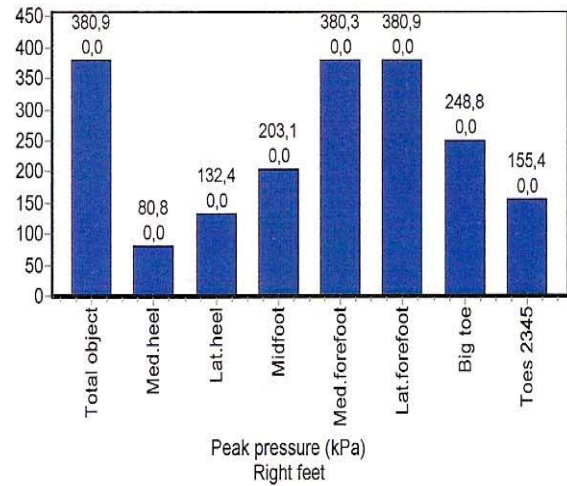
Graf 17 a 18 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 19 a 20 celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu

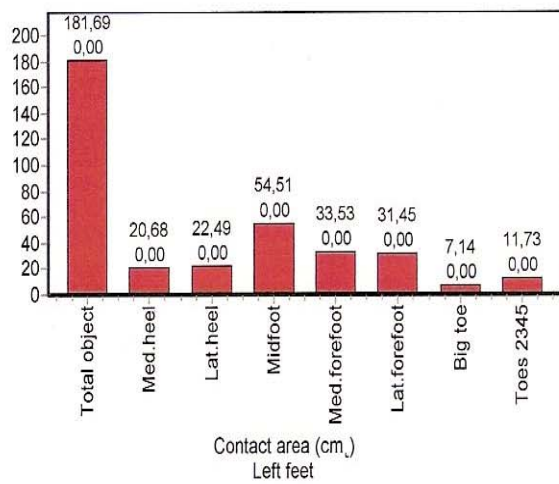
Graf 17



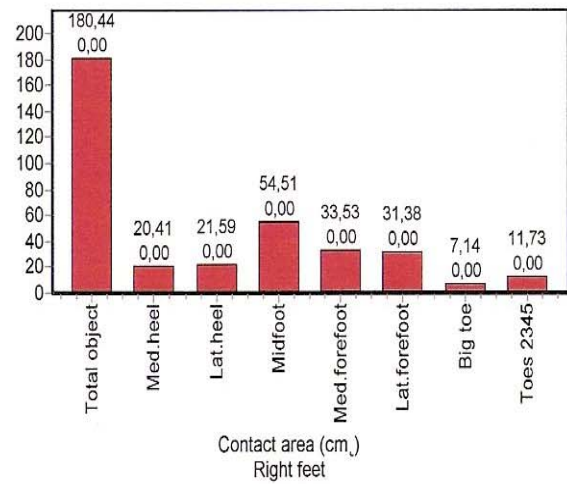
Graf 18



Graf 19



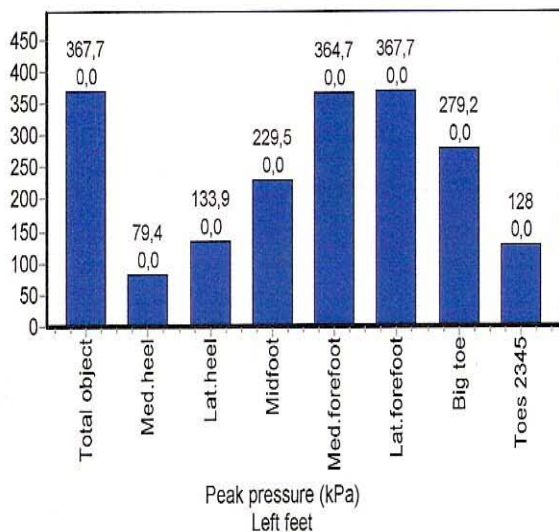
Graf 20



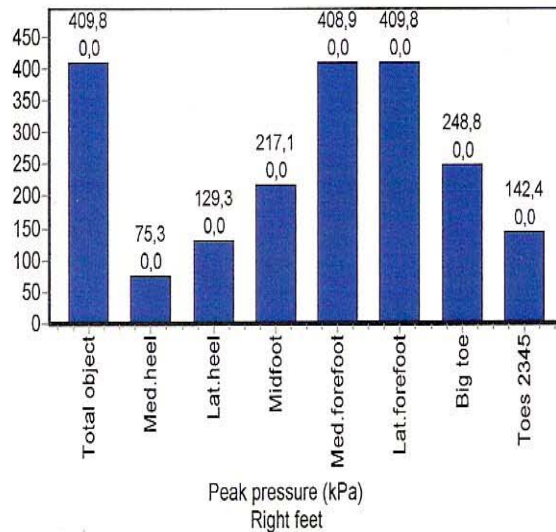
Graf 21 a 22 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžecského pásu

Graf 23 a 24 celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžecského pásu

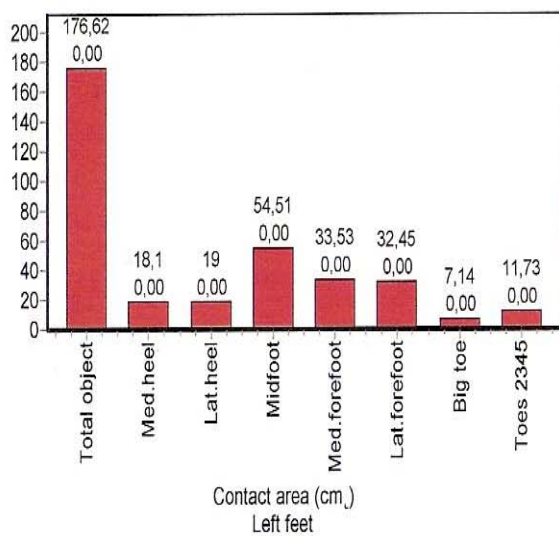
Graf 21



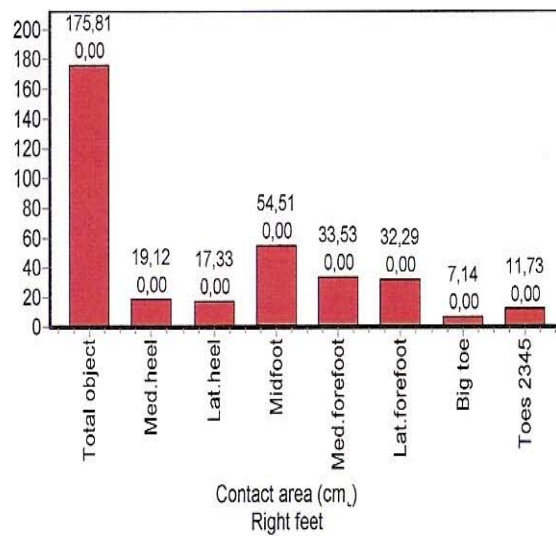
Graf 22



Graf 23



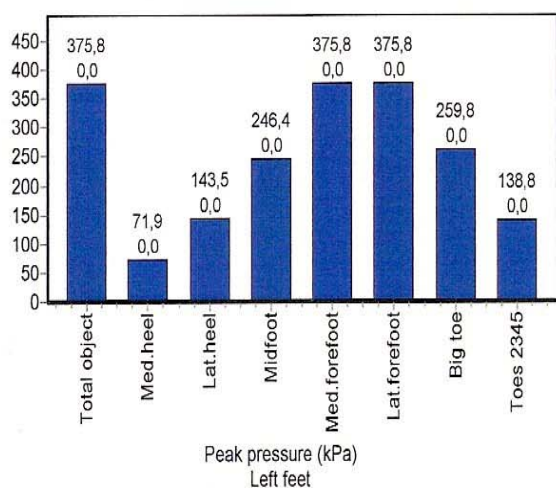
Graf 24



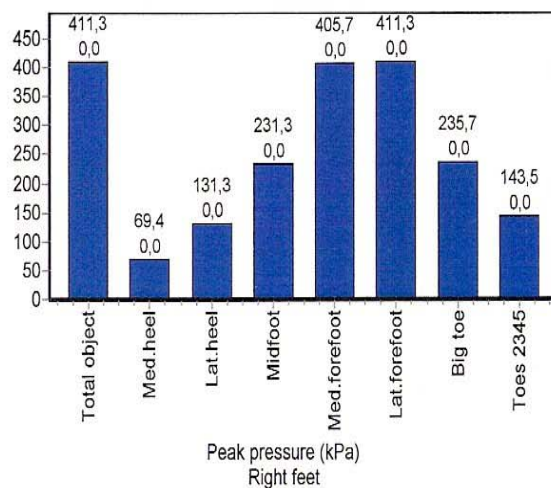
Graf 25 a 26 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžeckého pásu

Graf 27 a 28 celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžeckého pásu

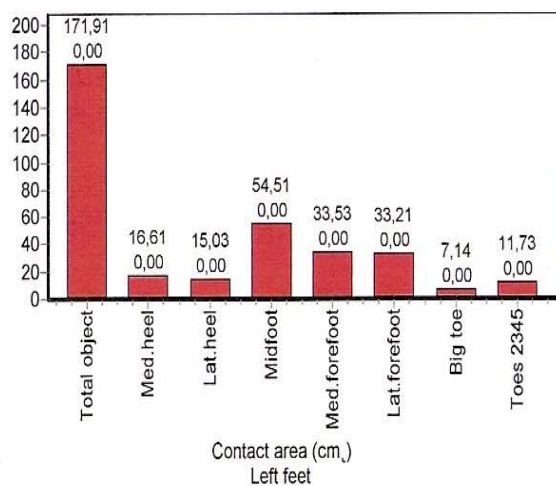
Graf 25



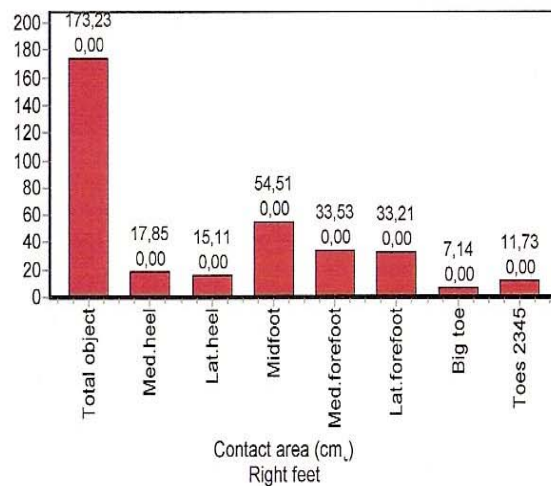
Graf 26



Graf 27



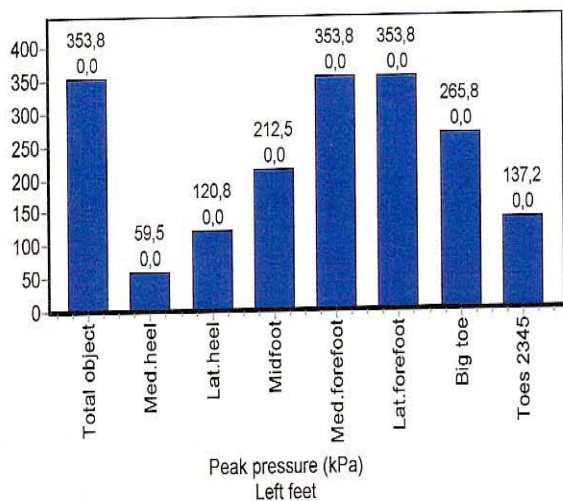
Graf 28



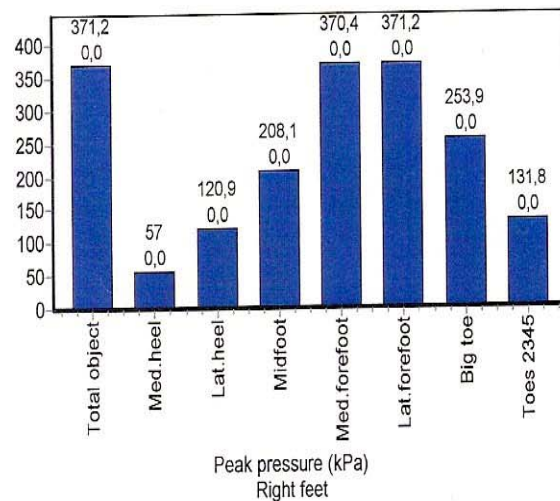
Graf 29 a 30 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžeckého pásu

Graf 31 a 32 celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžeckého pásu

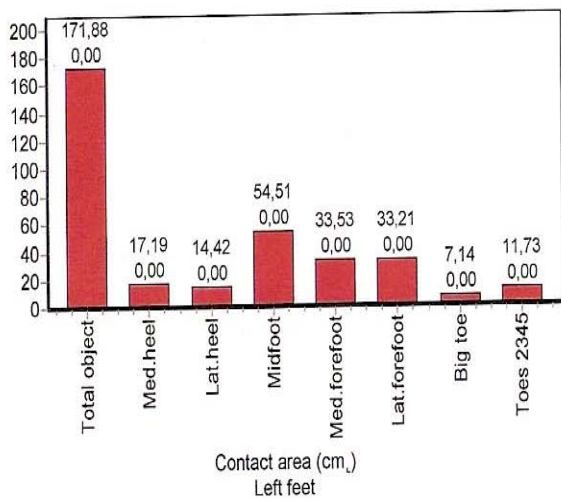
Graf 29



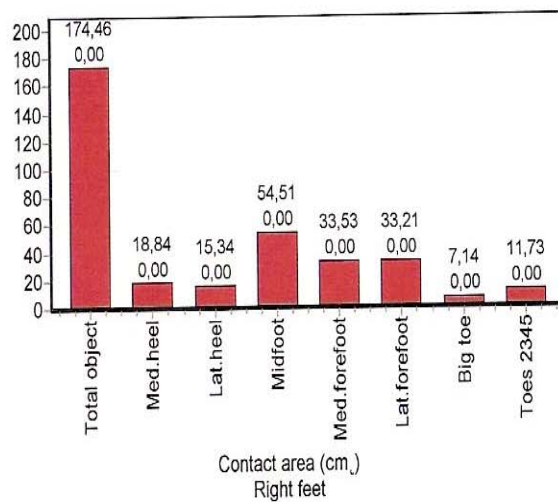
Graf 30



Graf 31



Graf 32

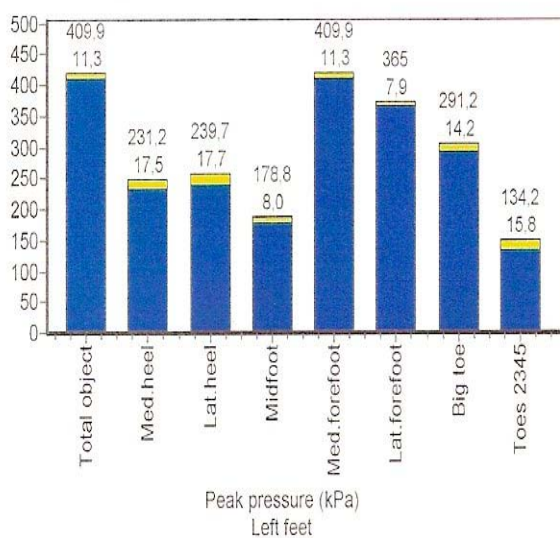


Proband 3

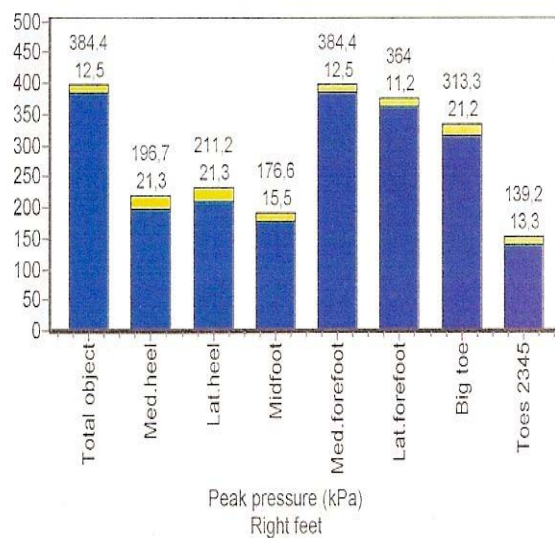
Graf 33 a 34 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při nulovém sklonu běžeckého pásu

Graf 35 a 36 celkové zatížení plochy při nulovém sklonu běžeckého pásu

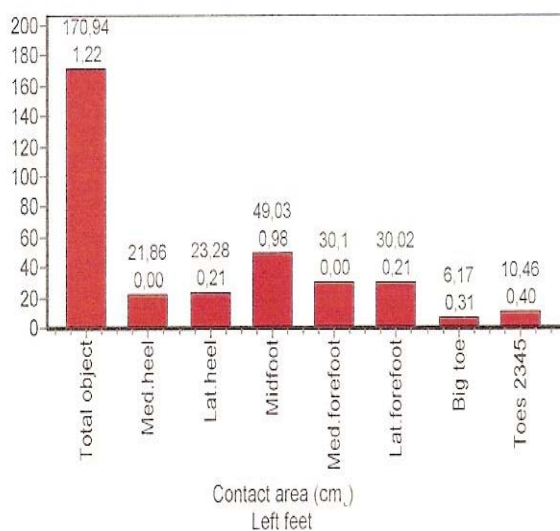
Graf 33



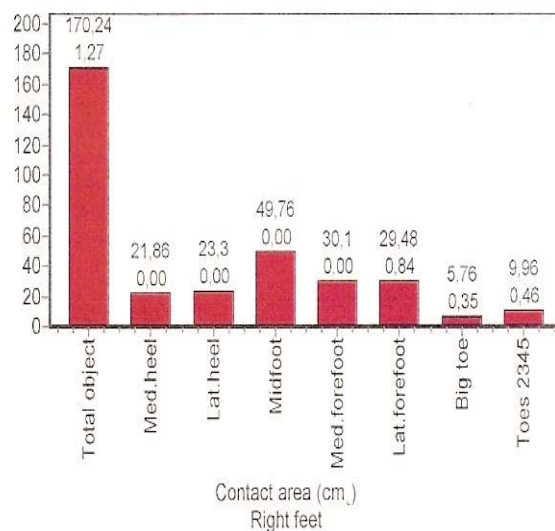
Graf 34



Graf 35



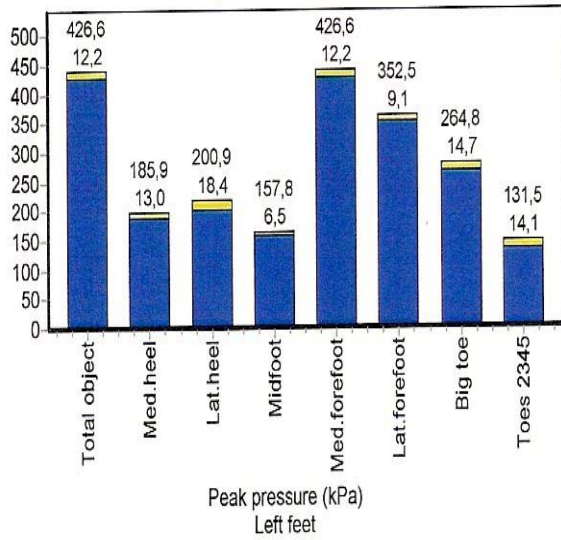
Graf 36



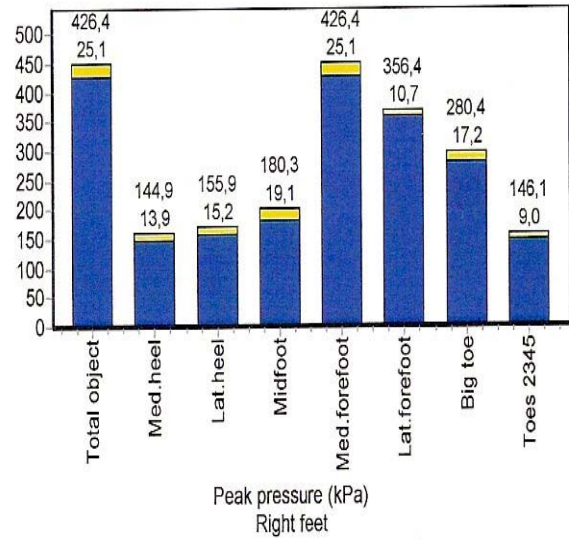
Graf 37 a 38 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 5 % sklonu běžecského pásu

Graf 39 a 40 celkové zatížení plochy při 5 % sklonu běžecského pásu

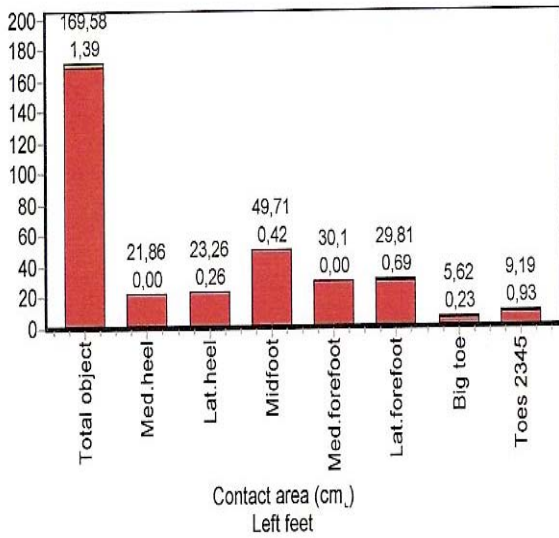
Graf 37



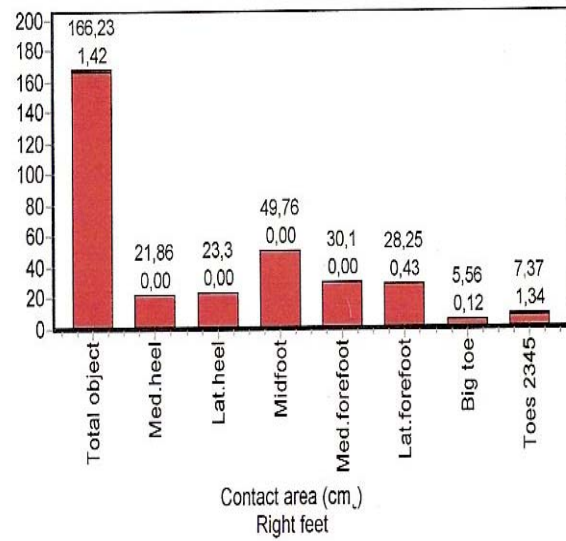
Graf 38



Graf 39



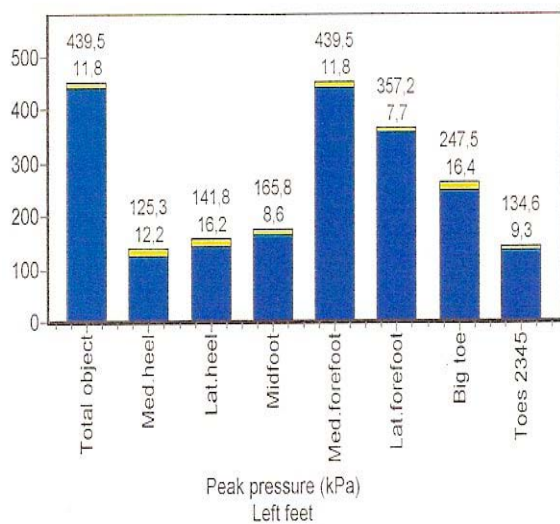
Graf 40



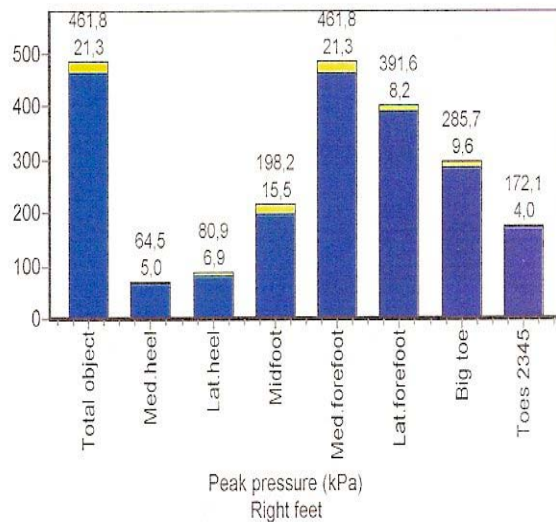
Graf 41 a 42 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 10 % sklonu běžecského pásu

Graf 43 a 44 celkové zatížení plochy při 10 % sklonu běžecského pásu

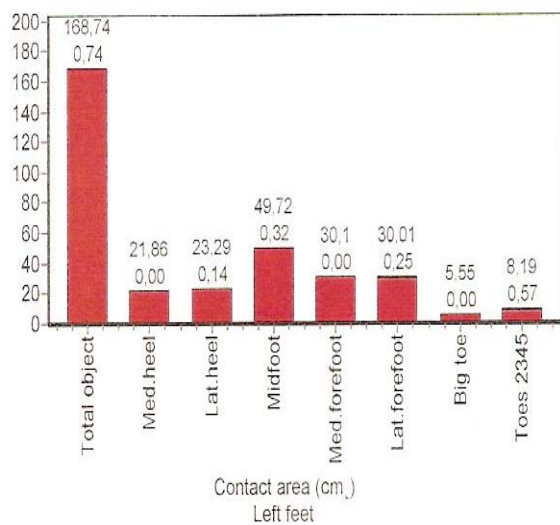
Graf 41



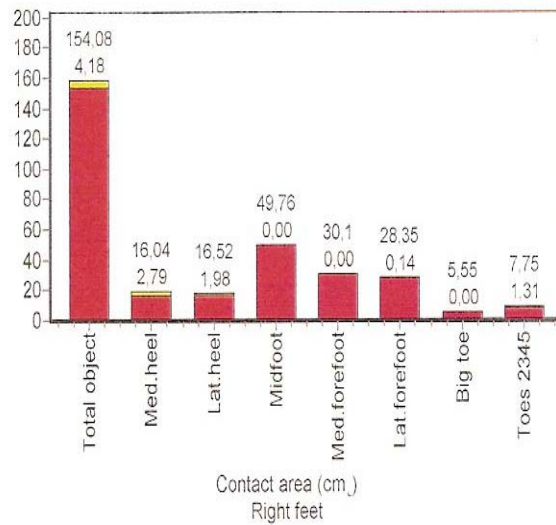
Graf 42



Graf 43



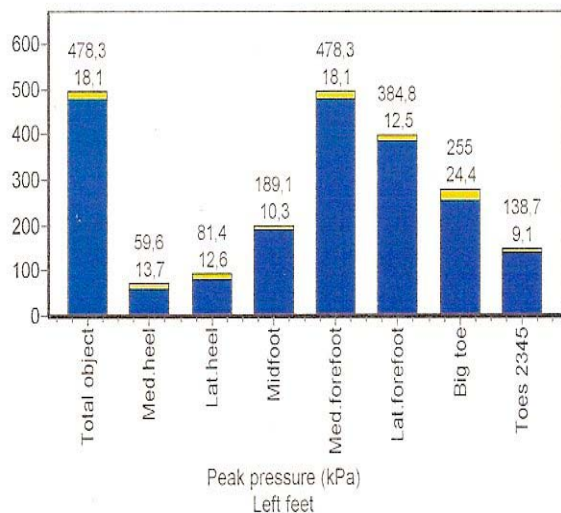
Graf 44



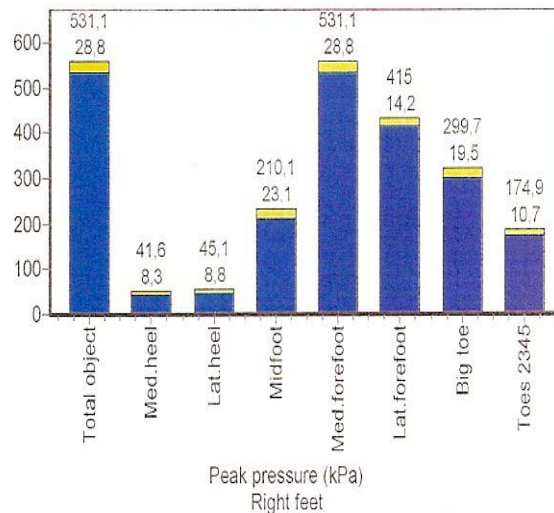
Graf 45 a 46 – maximální hodnoty tlaku v jednotlivých segmentech chodidla při 15 % sklonu běžecského pásu

Graf 47 a 48 celkové zatížení plochy při 15 % sklonu běžecského pásu

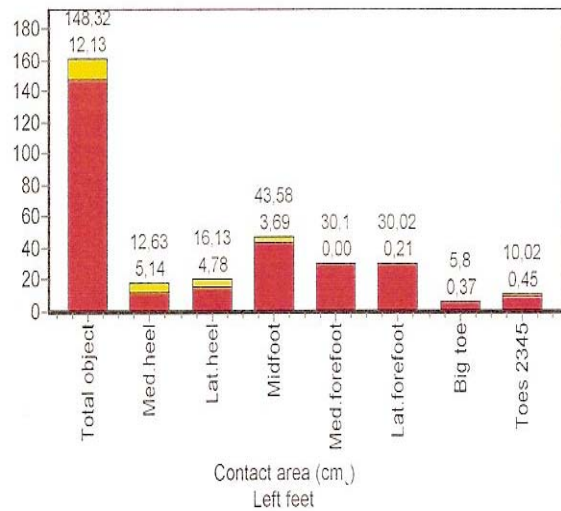
Graf 45



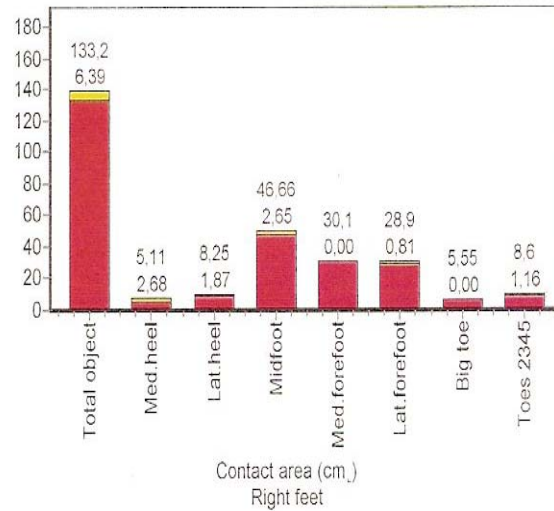
Graf 46



Graf 47



Graf 48

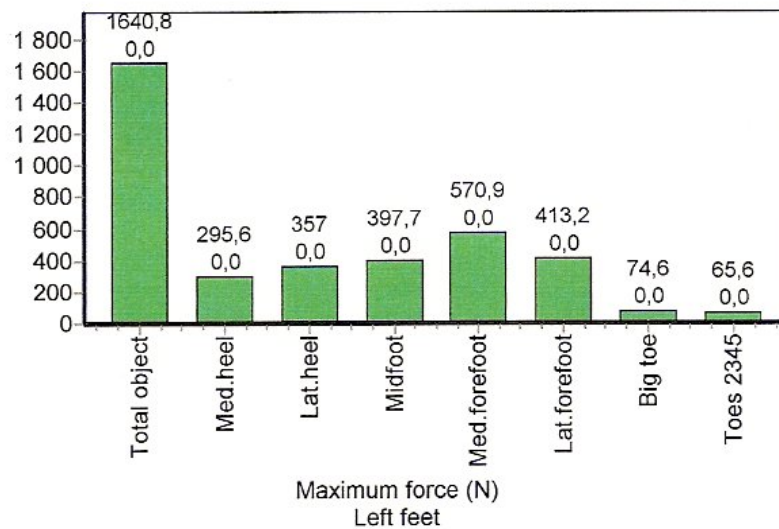


Na níže uvedených grafech je znázorněna síla, která působí na chodidlo při odlišných sklonech běžeckého pásu u každého sledovaného probanda. Tento ukazatel jsme v diplomové práci použili pouze jako ukazatel doplňkový.

Proband 1

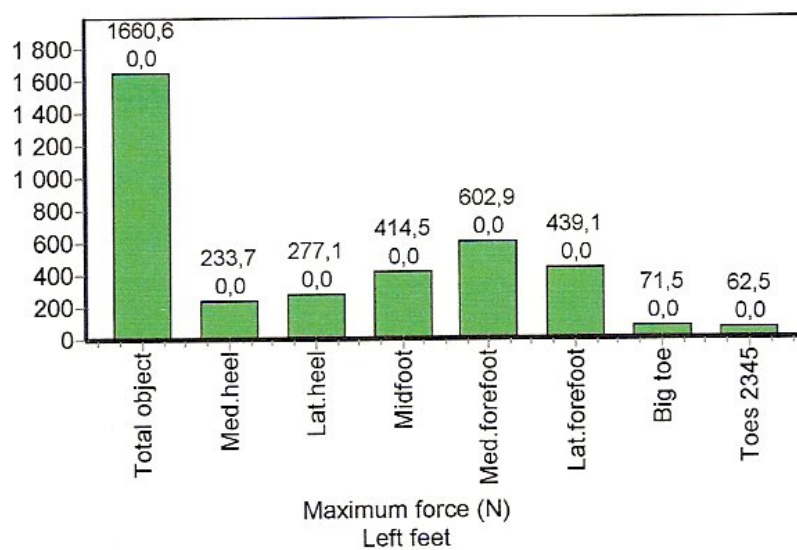
Graf 49

Síla působící na chodidlo při nulovém sklonu běžeckého pásu u probanda 1



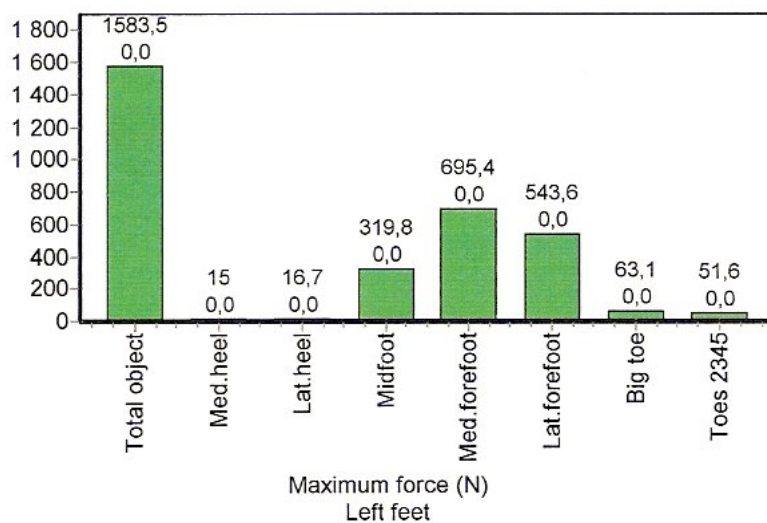
Graf 50

Síla působící na chodidlo při 5 % sklonu běžeckého pásu u probanda 1



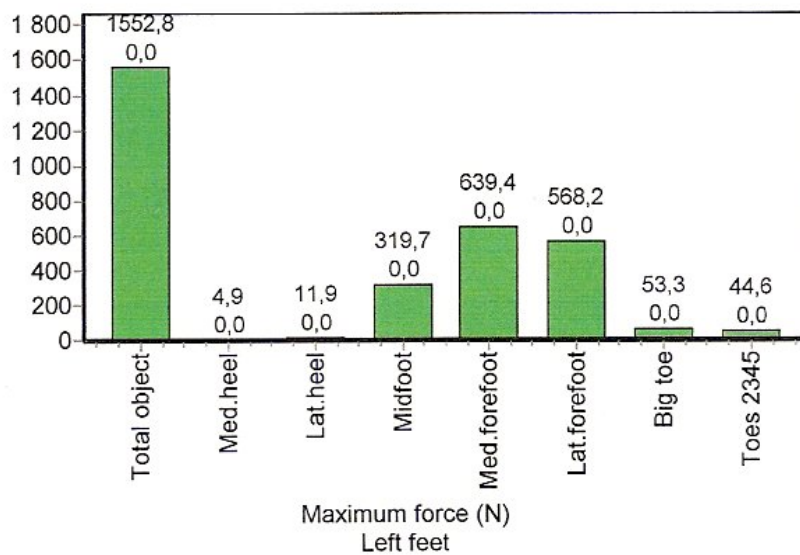
Graf 51

Síla působící na chodidlo při 10 % sklonu běžeckého pásu u probanda 1



Graf 52

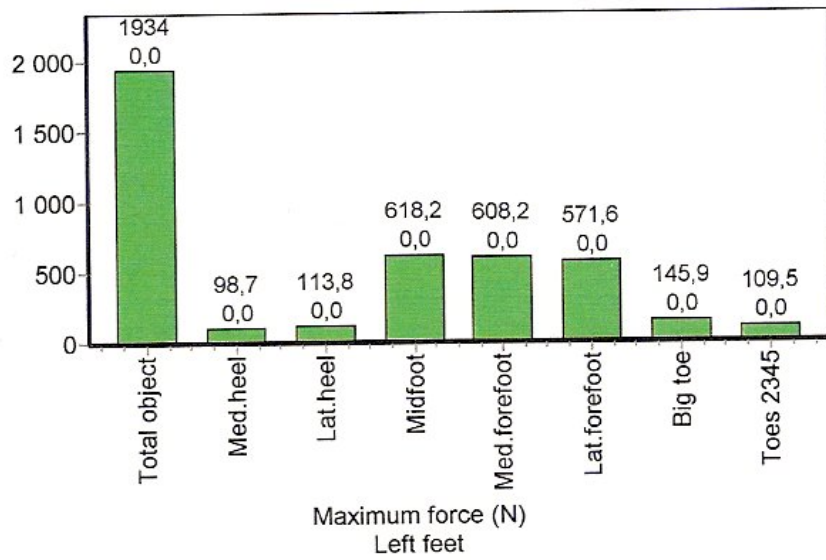
Síla působící na chodidlo při 15 % sklonu běžeckého pásu u probanda 1



Proband 2

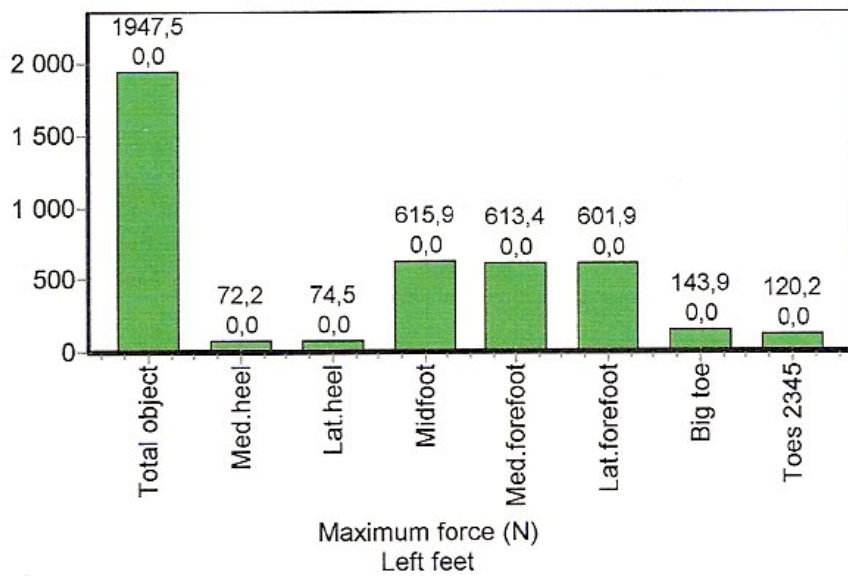
Graf 53

Síla působící na chodidlo při nulovém sklonu běžeckého pásu u probanda 2



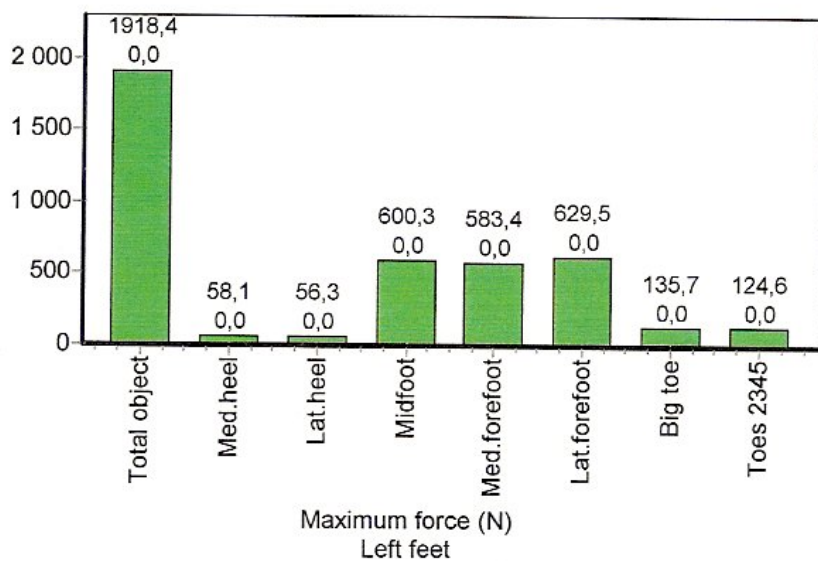
Graf 54

Síla působící na chodidlo při 5 % sklonu běžeckého pásu u probanda 2



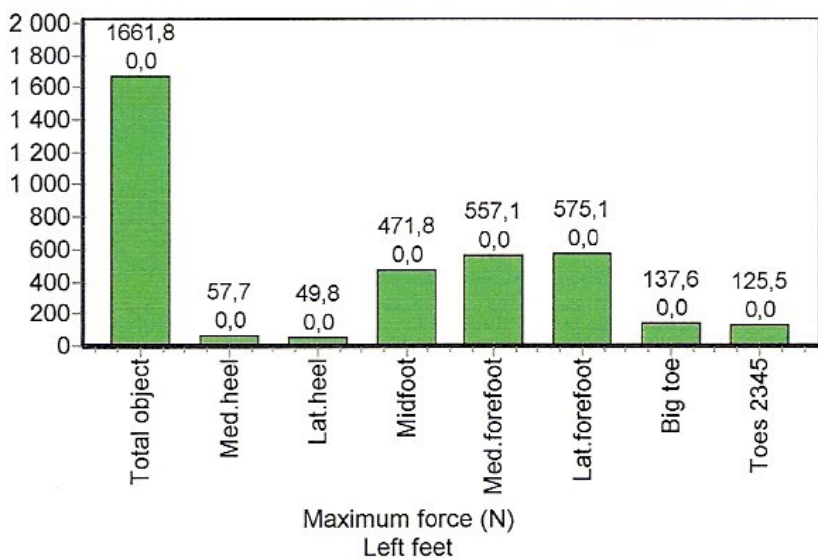
Graf 54

Síla působící na chodidlo při 10 % sklonu běžeckého pásu u probanda 2



Graf 55

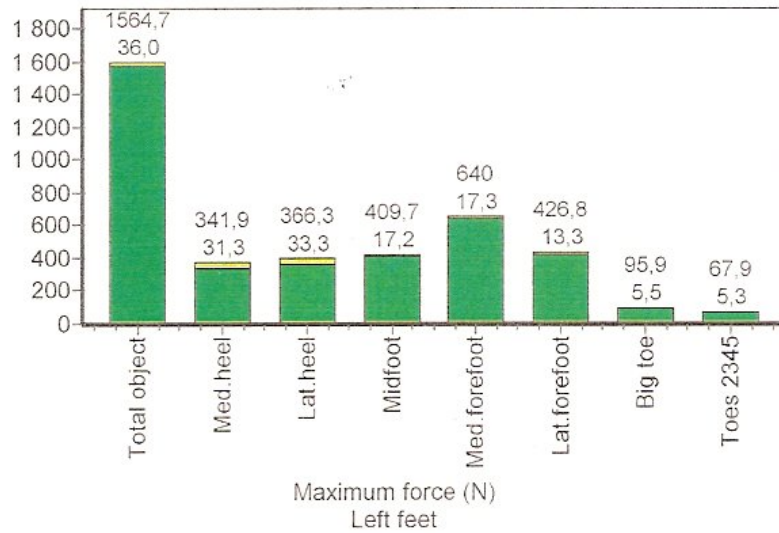
Síla působící na chodidlo při 15 % sklonu běžeckého pásu u probanda 2



Proband 3

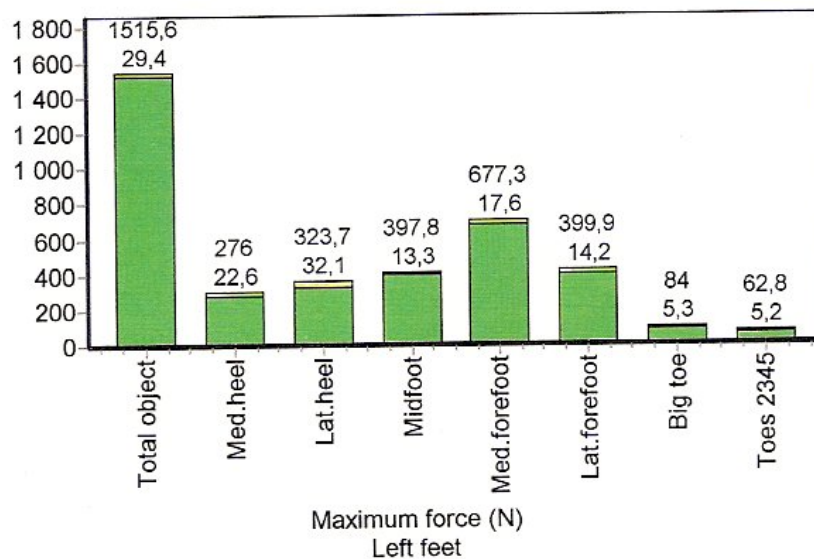
Graf 56

Síla působící na chodidlo při nulovém sklonu běžeckého pásu u probanda 3



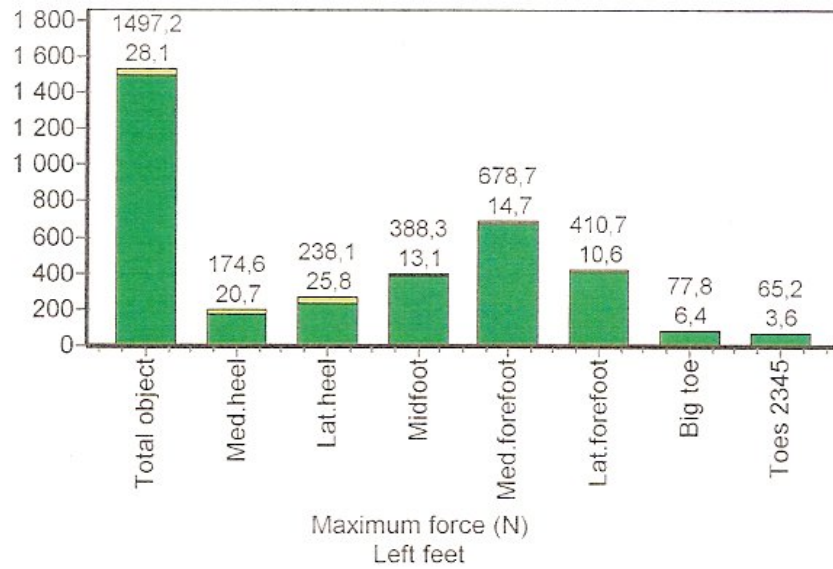
Graf 57

Síla působící na chodidlo při 5 % sklonu běžeckého pásu u probanda 3



Graf 58

Síla působící na chodidlo při 10 % sklonu běžeckého pásu u probanda 3



Graf 58

Síla působící na chodidlo při 15 % sklonu běžeckého pásu u probanda 3

