

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Komparace oporové fáze při odrazu a dokroku za
překážkou v bězích na 110 m překážek a 400 m
překážek**

Bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Vladimír Hojka

Odborný konzultant:

Mgr. Aleš Tvrzník

Vypracoval:

Daniel Musil

Praha, duben 2012

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

podpis diplomanta.....

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení: Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Mgr. Vladimíru Hojkovi za odborné vedení a rady, které mi poskytl. Dále Mgr. Tvrzníkovi za přínosné konzultace. Na závěr chci poděkovat Mgr. Davidovi Gerychovi a Tomáši Michálkovi za seznámení se systémem Pedar-X a poskytnutí základních informací o jeho ovládní.

Abstrakt

Název práce: Komparace oporové fáze při odrazu a dokroku za překážkou v bězích na 110 m překážek a 400 m překážek

Cíle práce: Je identifikovat rozdíl v křivce centra tlaku, ve velikosti a distribuci tlaku na chodidlo při odrazu do překážky a dokroku za překážkou, a to na překážkách 110 m (100 m) a 400 m trati.

Metodika: Měření proběhlo pomocí systému Pedar-x. Probandi byli testováni ve třech startech od první do třetí překážky na 110 m (100 m) a 400 m trati. Z naměřených hodnot byl vybrána překážka s nejkratší letovou fází. Tyto překážky byly následně vyhodnocovány.

Výsledky: Rozdíl mezi odrazem do překážky na 110 m (100 m) a 400 m trati je v distribuci tlaku a v křivce centra tlaku pouze v brzděné fázi. Rozdíl mezi dokrokem za překážkou na 110 m (100 m) a 400 m trati je v distribuci tlaku znatelný podle provedení aktivního či pasivního dokroku. Křivka centra tlaku při dokroku za překážkou je delší u 400 m tratě.

Klíčová slova: překážky, biomechanika, oporová fáze, Pedar-x

Abstrakt

Title (Thema works): Comparison of support phase in the take-off to the hurdle and touch-down after hurdle clearance in disciplines 110 m hurdles and 400 m hurdles

Thesis objectives: The objectives of the study are to identify differences in centre of pressure trajectory, in amount and distribution of pressure on foot during the take-off to the hurdle and touch-down after hurdle. This was measured on 110m (100m) and 400m tracks.

Methods: Measurements were made with the help of Pedar-x system. Subjects were tested in three trials from the first hurdle to the third hurdle on 110m (100m) and 400m tracks. Hurdle with the shortest flight phase was later analyzed.

Results: Difference in the take-off to the hurdle between 110m (100m) and 400m is in distribution of pressure and in centre of pressure trajectory only during the braking phase. Difference in distribution of pressure in touch-down after hurdle on 110m (100m) and 400m track was found between active and passive landing. The centre of pressure trajectory in touch-down after hurdle is longer on 400m track.

Key words: hurdles, biomechanics, support phase, Pedar-x

Obsah

1	Úvod	9
2	Teoretická část	10
2.1	Anatomie chodidla	10
2.1.1	Klenba	10
2.1.2	Kosti nohy	12
2.1.3	Kloubní spojení	14
2.1.4	Popis kloubů nohy podle Dylevského (2009)	15
2.1.5	Svaly nohy	18
2.1.5.1	Popis svalů podle Dylevského (2009) a Vařeky (2009)	19
2.1.6	Dynamická funkce svalů nohy při běhu dle Vařeky 2009	25
2.2	Technika překážkového běhu a jeho biomechanické aspekty	28
2.2.1	Všeobecná charakteristika	28
2.2.2	Rozdělení překážkové trati na jednotlivé úseky	29
2.2.3	Obecný popis techniky překonávání překážky na 110 m př. a 100 m př.	30
2.2.4	Biomechanické aspekty techniky přeběhu překážky	31
2.2.4.1	Všeobecné zásady překážkového běhu z biomechanického pohledu	31
2.2.4.2	Délka kroku mezi překážkami i přes překážku /letová fáze	32
2.2.4.3	Rychlost a síla odrazu	33
2.2.4.4	Dokrok za překážkou	37
2.2.4.5	Rozdíl v biomechanických parametrech u 110 m př. a 400 m př.	38
3	Výzkumná část	40
3.1	Cíle a úkoly práce	40
3.2	Výzkumné otázky	41
3.3	Metodika	41
3.3.1	Základní charakteristika souboru	41
3.3.2	Základní informace o probandech:	42
3.3.3	Metoda získávání dat	42
3.4	Metodika výzkumu	43
3.4.1	Zpracování dat	46
4	Výsledková část	48
4.1	Přiblížení popisu na následujících obrázcích	48
4.2	Proband 1	49

4.2.1	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 110 m tratě	49
4.2.2	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě	51
4.2.3	Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 110 m trati	52
4.3	Proband 2	54
4.3.1	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 110 m tratě	54
4.3.2	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě	56
4.3.3	Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 110 m trati	58
4.4	Proband 3	60
4.4.1	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 110 m trati.....	60
4.4.2	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě	62
4.4.3	Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 110 m trati	64
4.5	Proband 4	65
4.5.1	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 100 m tratě	65
4.5.2	Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě	67
4.5.3	Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 100 m trati	69
4.6	Porovnání křivek centra tlaku a distribuce tlaku mezi probandy.....	70
5	Diskuze.....	72
6	Závěr	76
	Seznam literatury :	77
	Přílohy:	79

1 Úvod

V dnešním světě atletiky jsou běhy s překážkami poměrně atraktivní disciplína. V mé práci jsem se věnoval trati 110 m př., 100 m př. a 400 m př. Na trati 110 m př. a 100 m př. hraje významnou roli ve struktuře sportovního výkonu technické provedení přeběhu přes překážku. Také u 400 m tratě je technika přeběhu přes překážku důležitým faktorem sportovního výkonu, ale není tak podstatným jako u 110 m tratě.

Ačkoliv si to mnoho atletů neuvědomuje, základ k technicky spravenému přeběhu překážky je dán při odrazu. Odraz se provádí velice rychle a to v časovém úseku (do 0,2 s). V tomto časovém úseku je velice obtížné, ba i nemožné, všimnout si chyb při provedení odrazu pouhým okem.

I při dokroku za překážkou je čas opory velice krátký (do 0,2s), i když zde je větší šance postihnout chybný dokrok okem, avšak ne zcela určit jeho příčinu. Atleti na výkonnostní úrovni často hodnotí techniku přeběhu překážky podle vizuální kontroly, která se odvíjí od letové fáze (náklon trupu, výška letu těla nad překážkou atd.).

V mé práci jsem si dal za úkol naměřit na čtyřech probandech velikost tlaku působící na chodidlo a jeho distribuci. Z těchto naměřených údajů jsem udělal analýzu provedení odrazu do překážky a dokroku za překážkou, ve které jsem se pokusil popsat co nejpřesněji jak správné provedení, tak chybné, a tyto chyby odůvodnit.

Práce může pomoci samotným probandům ve zjištění technických nedostatků. Rovněž má funkci pilotního měření se systémem Pedar-x prostřednictvím jeho speciální vložky v tretře. Zejména velikost vertikální síly, která působí na vložku je při odrazu do překážky enormně vysoká a zatím není známo, že by se tento měřicí systém pro podobná měření využíval.

2 Teoretická část

2.1 Anatomie chodidla

2.1.1 Klenba

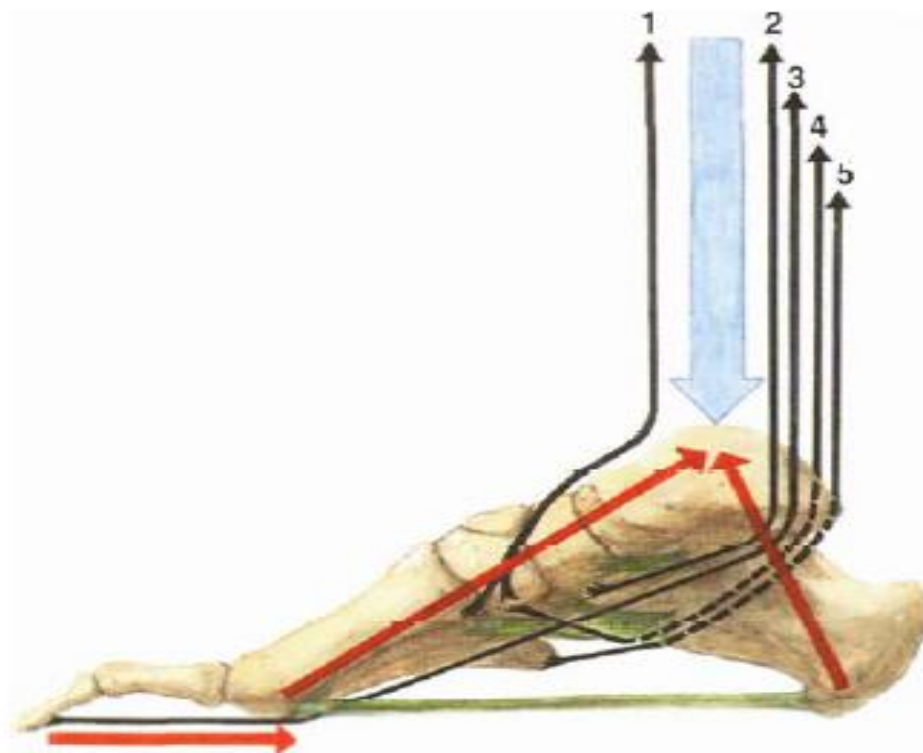
Vzhledem k povaze mé práce je správné připomenout základní anatomické informace o složení chodidla a to jak o kostech a kloubech, tak i svalech. Při běhu se zapojují všechny větší svalové skupiny. Zde však popíšeme hlavně oblast nohy. Celek, který tvoří kosti, klouby a svaly nohy, vytváří nožní klenbu.

Kosti samy o sobě tvoří kostru, na kterou se upínají svaly, které jsou díky svalové kontrakci schopny pohybovat kostrou v prostoru. Dylevský (2009) popisuje dvě hlavní funkce nožní klenby a to, že nese hmotnost těla, ale zároveň umožňuje přesun této hmotnosti. Tedy díky nožní klenbě jsme schopni lokomoce na dolních končetinách. Dále Dylevský (2009) uvádí takovéto pravidlo stability: těleso, aby mělo stabilitu, musí mít tři opěrné body a těžiště umístěné mezi nimi. Toto pravidlo také splňuje lidská noha. První ze tří opěrných bodů se nacházejí na hrbole (Calcaneus), druhý na hlavičce prvního metatarzu a třetí u hlavičky pátého metatarzu (na obrázku 1 níže je vidět mechanismus udržující klenbu). Tyto body by po spojení přímkami představovaly trojúhelník, který se v dnešní době, hlavně v senzomotorice, označuje jako malá noha. V malé noze jsou uloženy všechny nutné části pro udržení klenby. Rozhodující význam pro udržení klenby mají svaly, které mají úpon v prostoru klenby (viz. dále). Dylevský (2009) však vyvrací myšlenku, že pouze úroveň svalstva má vliv na tvar klenby a zdůrazňuje i další faktory, které se podílejí na tvaru klenby. Jsou to tvary kostry nohy a architektonika jednotlivých kostí a vazivový systém nohy, ale přesto hlavní vliv mají svaly nohy.

Text výše popisuje funkci klenby, avšak lidská noha má dvě klenby (podélná a příčná klenba). Tyto dvě klenby mají shodnou funkci, a proto jsem v textu používal pouze jednotné číslo. Pro upřesnění se označuje příčná klenba v prostoru mezi hlavičkami 1.-5. metatarzu a nejvíc je vidět v úrovni os cuboideum a ossa cuneiformia (laterále, intermedium a meidale). Dylevský (2009) za hlavní komponentu tvořící příčnou klenbu nohy považuje tzv. šlašitý třmen, který je tvořen šlachami a úpony m. tibialis anterior a m. peroneus pontus. Tvar podélné klenby je podle Dylevského (2009) dán kostmi talus, os naviculare, ossa cuneiformia, metatarsus I.-III. a phalanges digitorum 1.-3. prstu. Tato část podélné klenby se nazývá vnitřní paprsek podélné

klenby a jeho vrchol se nachází na os naviculare. Calcaneus, os cuboideum, IV.-V.metatarsus a phalanges digitorum 4.-5. prstů se nazývá zevní nebo-li malíkový podélný paprsek. Vnitřní okraj podélné klenby je značně vyšší než zevní. Celkově klenba podle Dylevského (2009) chrání měkké tkáně plosky nohy a umožňuje pružný nášlap.

Obrázek 1 – mechanismus udržující klenbu - Čihák 2001



- modře - působící zatížení nohy
červeně - výslednice tahů svalů bérce
zeleně - ligamenta nohy pomáhající udržovat klenbu
černě - směry tahů svalů
- 1 musculus tibialis anterior
 - 2 musculus tibialis posterior
 - 3 musculus flexor hallucis longus a m. flexor digitorum longus
 - 4 musculus fibularis longus
 - 5 musculus fibularis brevis

Anatomii klenby jsem popsal výše. Samozřejmě, jak už bylo řečeno, klenba se skládá z kostí, kloubů, vazů a svalů. Dále si podrobněji rozeberme základní kosti, klouby a svaly nohy.

2.1.2 Kostí nohy

Mezi ossa pedis (kosti nohy) patří podle Čiháka (2001) čtyři oddíly kůstek: ossa tarsi, což je sedm kostí nepravidelného tvaru, dále pak ossa metatarsi , mezi které se počítá pět kostí, ossa digitorum, který vyjadřuje latinský výraz pro prst a jako poslední ossa sesamoidea nebo-li sesamské kůstky.

Dylevský (2009) rozděluje kosti nohy podobně jako Čihák (2001) na tři oddíly: tarsus (zánártní), metatarsus (nárt) a phalanges digitorum (články prstů) . Na rozdíl od Čiháka nepovažuje sesamské kůstky za samostatný oddíl.

Na každé kosti bychom mohli najít šest ploch a to horní, spodní, zadní, přední, vnější (malíková) a vnitřní (palcová). Já při popisu budu zmiňovat pouze informace o plochách, které považuji za důležité pro svoji práci. Zde nenajdete tedy přesný anatomický popis jako v učebnicích.

Podle Dylevského (2009) se oddíl ossa tarsi skládá ze sedmi kostí a to :

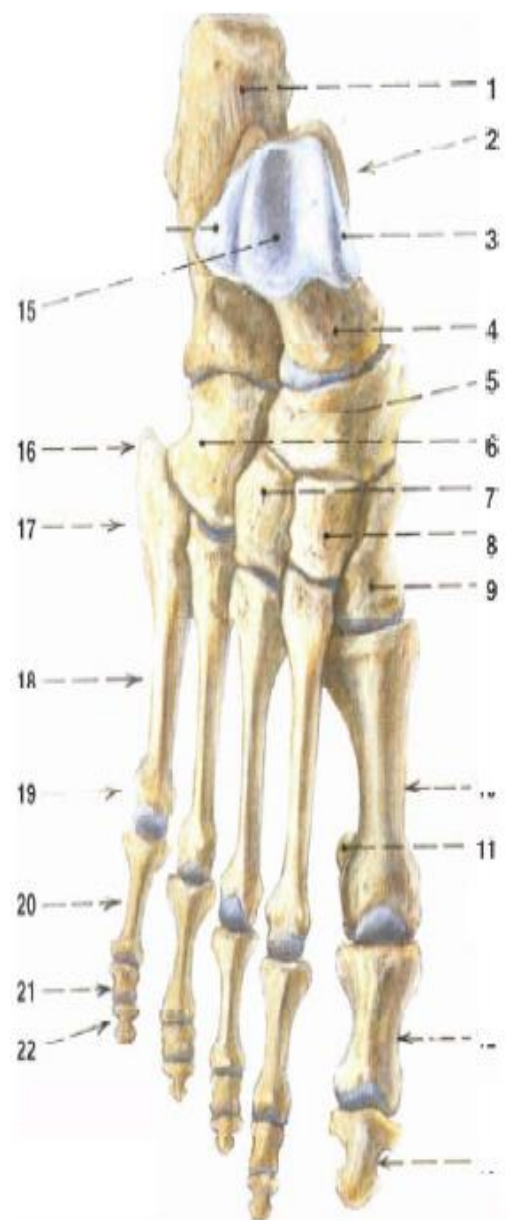
Talus (hlezenní kost)

Její hlavním úkolem je podle Dylevského (2009) spojení s bércovými kostmi (fibula a tibia) , calcaneus a s os naviculare, tomu také odpovídá její struktura. Na horní ploše se rozprostírá tzv. kladka trochlea tali, na jejíž bočních stranách se rozprostírají kloubní plošky pro vnitřní a zevní kotník. Na spodní ploše se nachází také kloubní plochy, které slouží k připojení k patní kosti. Na přední ploše je kloubní plocha hlavice pro spojení s tarzální kostí. Dylevský (2009) pokládá talus za kost, ve které se rozkládá váha těla.

Calcaneus (kost patní)

Je podle Dylevského (2009) největší ze všech kostí nohy. Hlavní její funkce je přejímání části váhy těla z hlezenní kosti a její přenášení na zem (podložku). Na zadní ploše patní kosti je mohutný tuber calcanei (patní hrbolek), na který se upíná Achillova šlacha . Horní plocha patní kosti slouží ke spojení s hlezenní kostí a to pomocí tří kloubních plošek. Na spodní ploše kosti se nachází hrbolky, které představují místa začátků nožních svalů. Přední plochupokrývá kloubní plocha, která slouží ke spojení calcaneu s os cuboideum .

Obrázek 2 – kosti nohy - Čihák 2001



Obr. 285. KOSTI NOHY; pravá strana; pohled na hřbetní plochu

- 1 calcaneus
- 2 talus
- 3 trochlea tali, facies malleolaris medialis
- 4 caput tali
- 5 os naviculare
- 6 os cuboideum
- 7 os cuneiforme laterale
- 8 os cuneiforme intermedium
- 9 os cuneiforme mediale
- 10 os metatarsi primum
- 11 os sesamoideum (laterale) hallucis
- 12 phalanx proximalis (hallucis)
- 13 phalanx distalis (hallucis)
- 14 trochlea tali, facies malleolaris lateralis, přesahující na proč. lateralis
- 15 trochlea tali, facies superior
- 16 tuberositas ossis metatarsi quinti
- 17 basis ossis metatarsi quinti
- 18 corpus ossis metatarsi quinti
- 19 caput ossis metatarsi quinti
- 20 phalanx proximalis (digiti quinti pedis)
- 21 phalanx media (digiti quinti pedis)
- 22 phalanx distalis (digiti quinti pedis)

Os naviculare (člunková kost)

Je podle Dylevského (2009) krátká kost, která leží vysoko ve vnitřním oblouku nožní klenby. Vnitřní plocha kosti se vyklenuje v drsnatinu loďkovité kosti (tuberositas ossis navicularis). Na tuto drsnatinu se upíná m. tibialis posterior. Zevní plocha slouží jako kloubní plocha pro spojení s talem.

Ossa cuneiformia (klínovité kosti)

Ossa cuneiformia jsou podle Dylevského (2009) tři kosti, které artikulují s 1.- 4. metatarsem a s os cuboideum. Os cuneiforme mediale je z těchto tří kostí největší, nachází se na vnitřním oblouku nožní klenby a ostřím je obrácena do hřbetu nohy.

Os cuneiforme intermedium je nejmenší z ossa cuneiformia a artikuluje s bází druhého metatarsu. Ostří kosti směřuje do plosky nohy. Os cuneiforme laterale artikuluje s druhým a třetím metatarsem a s os naviculare. Ostří směřuje do plosky nohy.

Os cuboideum (krychlová kost)

Dylevský (2009) charakterizuje tuto kost jako krátkou kost, která tvarem připomíná klín vložený na zevní straně nohy mezi patní kosti a bází čtvrtého a pátého metatarzu. S těmito kostmi a s os naviculare také artikuluje. Na spodní ploše se nachází žlábek, ve kterém leží šlacha m. peroneus longus.

Ossa metatarsalia (nártní kosti)

Podle Dylevského (2009) formulují střední část kostry nohy. Kostí se na každé noze nachází pět s tím, že se číslují od 1.- 5. a 1. metatarz je palcový. Každá kost se rozděluje na tři díly: na bází, tělo a hlavici (basis, corpus, caput ossis metatarsi). Na hlavicích kostí na bočních plochách vystupují hrbolky, na nichž se uchytávají mezikostní vazy. Střední úsek hlavice pokrývá kloubní plocha pro spojení s phalanges digitorum. Na páté nártní kosti vybíhá na zevní straně mohutný výčnělek (tuberositas ossis metatarsalic quinti), na kterém se upíná krátký lýtkový sval.

Phalanges (články prstů)

Tvoří skelet prstů nohy. Články prstů se také rozdělují na tři části: na bazální, střední a koncový článek (proximalis, media, distalis phalagis). Pouze palec má dva články a to bazální a koncový.

2.1.3 Kloubní spojení

Při lidském pohybu na dolních končetinách je nutné podle Dylevského (2009), aby každý krok začínala noha jako pružná, flexibilní a přizpůsobivá struktura a končila krok jako rigidní páka. Tento požadavek zajišťuje tvar jednotlivých kostí a jejich kloubní spojení, které podporuje ligamentózní struktura a fixace nožní klenby svalovým

aparátem bérce a nohy. Největší kloub nohy je horní zánártní (hlezenní) kloub (art. talocruralis). Dále se v noze podle (Dylevského 2009) nachází desítky kloubních spojení, které jsou sice omezeny v pohybu, ale mají pružící efekt s drobnými posuny, a proto by bez nich nemohla být zachována funkce nohy tak, jak ji známe. Vařeka (2009) rozděluje pohyb v kloubech nohy na aktivní (vzniká působením svalové síly) a pasivní (vzniká působením zevních sil), ale upozorňuje, že většinou jde o kombinaci vnitřních a zevních sil. Dále rozděluje ještě pohyby na funkční (lze provést aktivně i pasivně) a translatorní, které lze provést izolovaně, ale pouze pasivně. Vesměš jde o smykový pohyb, který je součástí funkčních pohybů.

2.1.4 Popis kloubů nohy podle Dylevského (2009)

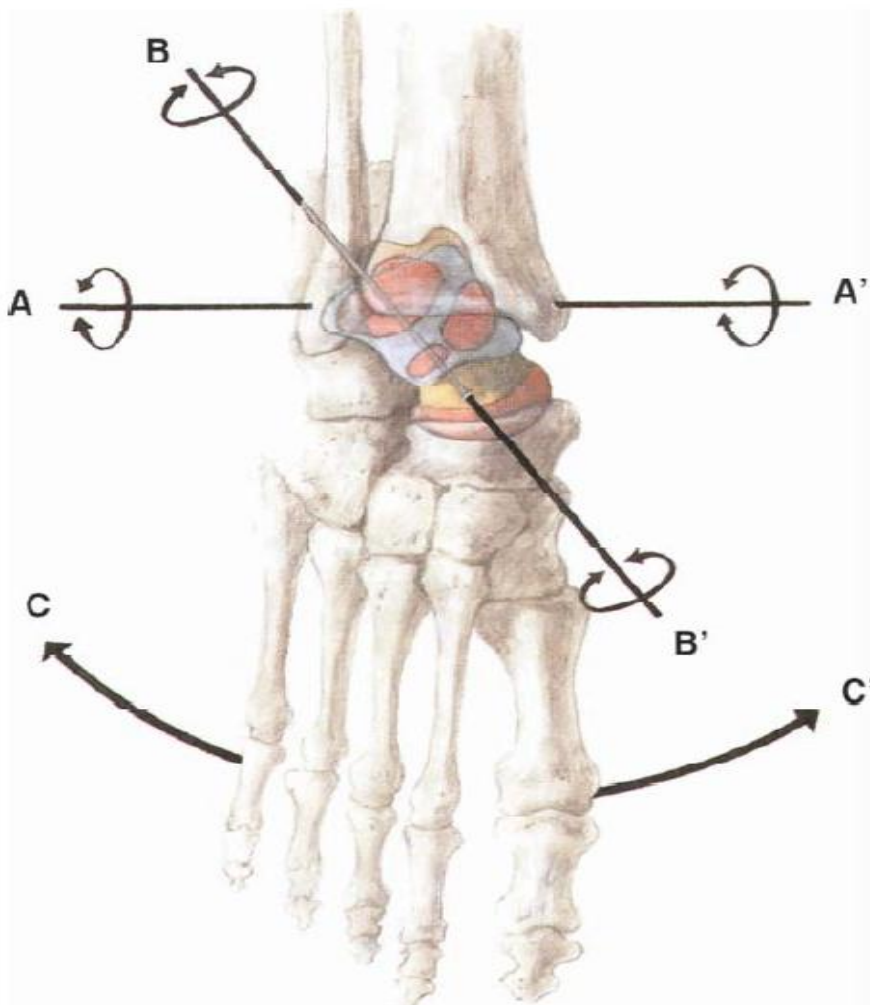
Art. talocruralis (horní zánártní (hlezenní) kloub)

Jde o složený kloub, ve kterém tvoří kloubní jamku distální části tibie a fibuli. Hlavice kloubu je tvořena kladkou talu. Kloubní plochu tvoří trochlea tali. Jedná se o kladkový kloub díky tibií a fibuli, které nasedají na kladku talu. Při flexi nohy dochází k zevní rotaci bérce a to je způsobováno rozdílným zakřivením vnitřního a zevního okraje kloubní plochy talu. Kladka talu je vpředu asi o 5 mm širší, a proto je kloub stabilnější v poloze dorzální flexe. Kloubní pouzdro se upíná na okrajích kloubní plochy, ale pouze tato podpora nestačí, protože pouzdro samotné je velmi slabé vpředu a vzadu, a proto je zesíleno systémem postranních vazů. Vnitřní postranní vaz (lig.collaterale mediale) má dvě vrstvy a to vrstvu povrchovou a hlubokou. V kloubu má hluboká část základní význam pro stabilitu na vnitřním okraji nohy. Mezi zevním postranním vazivovým komplexem (lig. Collaterale laterale) má hlavní význam lig. talofibulare anterius, který primárně stabilizuje art. talocruralis. Rozsah kloubu teoreticky dosahuje 90°, plantární flexe v rozsahu 30-50° a dorzální flexe 20-30 °. Pohyb v art. talocruralis není však úplně čistý a vždy v něm dochází při plantární flexi k inverzi nohy (inverze = supinace + addukce) a při dorzální flexi k everzi (everze = pronace + abdukce). K těmto pohybům dochází kvůli šroubovitému tvaru kladky art. talocruralis. Také bércevé kosti jsou v pohybu při dorzální a plantární flexi. Při představě odrazu do překážky je jasné, že úkolem tréninku překážkáře by mělo být rozvíjení pohyblivosti v tomto kloubu. Pohyby v kloubu jsou vidět na obrázku 3.

Art.subtalaris (dolní zánártní(hlezenní) kloub)

Takto se označuje funkční jednotka na spodní straně tarsu a horní ploše calcaneu. Art.subtalaris se dělí na dva oddíly: na zadní (art. talocalcaneonavicularis) a přední (art. subtalaris). Kloubní plochu art.subtalaris tvoří zadní plocha tarsu a calcaneu. Plocha calcaneu zde zastupuje funkci kloubní hlavice.

Obrázek 3 - Osa pohybů a směry pohybů art. talocruralis a art. subtalaris - Čihák 2001

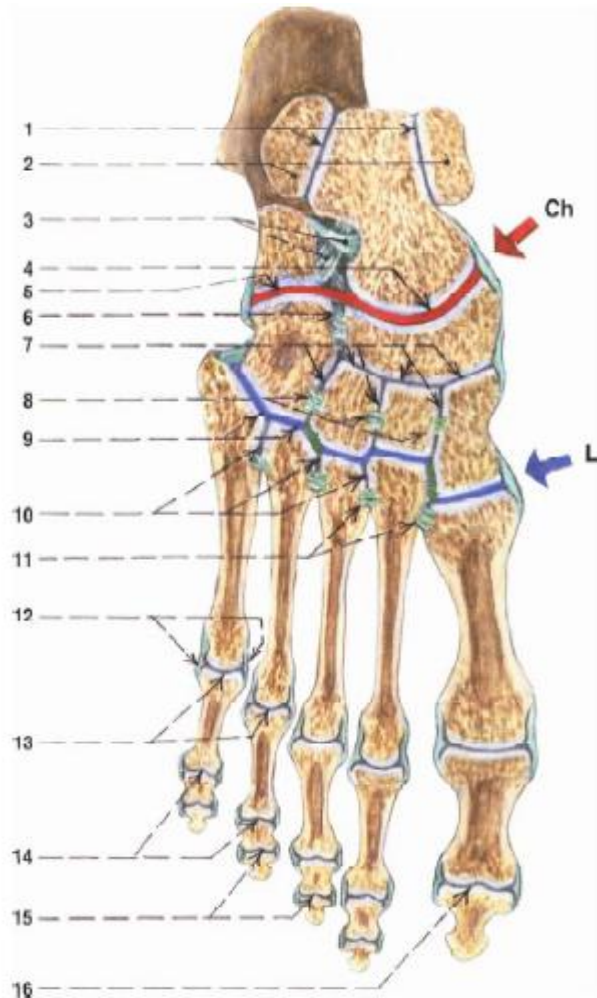


A-A' osa hlezenního kloubu
B-B' osa pohybů dolního kloubu zánártního
C-C' směry pohybů při inversi a evrcsi nohy

Jedná se o kulovitý kloub a jeho pouzdro zpevňují tři vazy: lig. talocalcaneum laterale, mediale a lig. talocalcaneum interosseu. Kloubní plochu předního oddílu reprezentuje hlavice talu, kterou překrývá část os naviculare a střední přední kloubní ploška talu a calcaneu. Kloubní pouzdro je pro stabilizaci kloubu nedostačující

a zpevňují ho vazy. Art.subtalaris je ve vztahu s art. talocruralis a tvoří funkční jednotku. Tyto dva klouby se navzájem funkčně kompenzují

Obrázek 4 - klouby nohy - Čihák 2001



horizontální řez nohou; pravá strana; pohled shora

Ch štěrbina Chopartova skloubení

L štěrbina Lisfrankova skloubení

1 articulatio talocruralis (úseky kloubu mezi trochlea tali a oběma kotníky)

2 malleolus medialis et malleolus lateralis

3 ligamentum talocalcaneare interosscum

4 articulatio talocalcaneonavicularis (talonavikulární část)

5 articulatio calcaneocuboidea

6 vazivové spojení mezi os naviculare a os cuboideum

7 articulatio cuneonavicularis (k němu patří do společné kloubní štěrbiny i klouby mezi ossa cuneiformia a kloub mezi ossa cuneiforme laterale a os cuboideum - articulatio cuneocuboidea)

8 ligamentum cuneocuboideum interosseum a ligamenta intercuneiformia interossea

9 articulationes tarsometatarsales, rozdělené ve tři samostatné kloubní dutiny: 1. os cuneiforme mediale a metatarsus I; 2. os cuneiforme intermedium et laterale a metatarsus II et III; 3. os cuboideum a metatarsus IV a V

10 articulationes intermetatarsales

11 ligamenta metatarsalia interossea

12 postranní vazy metatarsofalangových kloubů

13 articulationes metatarsophalangeae

14 articulationes interphalangeae (proximales)

15 articulationes interphalangeae (distales)

16 articulatio interphalangea hallucis

Kloub Chopartův - *articulatio tarsi transversa*

Je podle Čiháka (2002) vlastně kloubní linie, kterou tvoří štěrbina talonavikulární v tibiální části a *articulatio calcaneocuboidea* ve fibulární části. Tato linie má tvar podobný písmenu S (viz obrázek 4) a její hlavní funkce spočívá v podporování pružnosti nohy.

Articulatio cuneonavicularis

Je podle Čiháka (2002) tuhé skloubení mezi třemi ossa cuneiformie a os naviculare. Pouzdro je zesíleno vazy a pohyby v tomto kloubu jsou malé a účastní se pružení v tarsu.

Articulationes tarsometatarsales

Vytváří podle Čiháka (2002) systém tří navazujících kloubních štěrbin mezi distální řadou nártních kostí a bázemi ossa metatarsi.

Lisfrankův kloub - *articulatio tarsometatarsalis*

Je podle Čiháka (2002) funkční jednotka, kloubní linie, do které patří *art. tarsometatarsales* a *art. intermetatarsales*. Jsou to pevné klouby a jejich funkcí je obstarávat pružný pohyb nohy.

Dále se v noze nacházejí kloubní spojení mezi metatarsovémi kostmi a kostmi prstů a samozřejmě i kloubní spojení mezi jednotlivými články prstů.

2.1.5 Svaly nohy

Svaly se upínají na kostře a díky tomu jsou schopny umožnit pohyb kostry těla. Svaly nohy se nenacházejí přímo jen na noze, ale některé začínají na bérceových kostech. To jsou podle Dylevského (2009) tzv. dlouhé svaly nohy, mezi které patří *m. tibialis anterior*, *m. triceps surae*, *m. plantaris*, *m. tibialis posterior* a *mm. peronei*. Dále na noze rozeznáváme svaly prstů dlouhé (začínají na kostech bérce) a krátké. Mezi dlouhé svaly prstů patří *m. extensor/flexor digitorum longus*, *m. quadratus plantae* a mezi krátké patří *m. extensor/flexor digitorum brevis*, *mm. Lumbricales I-IV.*, *mm. interossei dorsales I-IV*, *mm. interossei plantares I-III*. Dylevský (2009) zvláště ještě rozděluje svaly na noze na svaly dlouhé a krátké, palce a malíku. Mezi dlouhé svaly

palce patří m. extensor/flexor hallucis longus a mezi krátké m. extensor hallucis brevis, m. abductor hallucis, m. flexor hallucis brevis, m. adductor hallucis. Svaly malíku podle Dylevského (2009) většinou srůstají v jednotný svalový komplex a jejich funkce není příliš významná, a proto je zde nebudu uvádět. Úpony svalů na noze jsou ukázány na obrázku 5.

2.1.5.1 Popis svalů podle Dylevského (2009) a Vařeky (2009)

Dlouhé svaly nohy :

M. tibialis anterior

m. tibialis anterior začíná od zevního kondylu tibie, od zevní plochy tibie a od mezikostní blány (membrana interossea cruris). Je to dlouhý a mohutný sval, který se upíná mohutnou šlachou na spodní plochu os cuneiforme mediale a prvního metatarzu. Základní funkcí tohoto svalu je provádění dorzální flexe v art. talocruralis a supinace v Chopartovo klobou a v art.subtalaris . Co se týče zapojení m. tibialis anterior, v kroku je aktivní během postupného zatěžování nohy po dopadu paty, kdy svojí excentrickou kontrakcí brzdí přednoží při jeho pokládání na podložku, naopak ve švihové fázi kroku uvádí art.subtalaris do dorzální flexe pomocí koncentrické kontrakce.

M. triceps surae

M. triceps surae neboli trojhlavý sval lýtkový se skládá ze dvou svalů: dvouhlavého m. gastrocnemius a m. soleus. Tento sval je typický svojí mohutností. Jak již bylo řečeno, m. gastrocnemius má dvě hlavy: caput mediale a caput laterale. Obě tyto hlavy začínají na příslušném epikondylu femuru. Aponeuróza m. gastrocnemius přechází v širokou šlachou, která se spojí poté i se šlachou m. soleus a upne se na tuber calcanei jako tendo calcaneus (Achilles) neboli Achillova šlacha. M. gastrocnemius ovlivňuje tři klouby a to art.genus (kloub kolení), art. talocruralis a art.subtalaris. V art. talocruralis má za funkci plantární flexi, kterou doprovází i supinace a addukce nohy. Stejně tak se podílí i na supinaci a addukci ve art.subtalaris. Během kroku se uplatňuje hlavně při odrazu, ale plná síla tohoto svalu se dá využít pouze při extenzi v kolením kloubu a při postavení spodního hlezenního kloubu v supinaci nebo při neutrálním postavení kvůli pevnosti nohy.

M. soleus začíná od zadní plochy hlavice fibuli a od tibie. Tento široký, hlouběji uložený plochý sval vytváří společně s m. gastrocnemius tendo calcaneus, která se

upíná na tuber calcanei . Jeho hlavní funkcí je, stejně jako u m. gastrocnemiuse, plantární flexe art. talocruralis, ale síla této flexe není už závislá na postavení art. genus. Také v art. subtalaris způsobuje supinaci a addukci. Jeho funkce při kroku je zajímavá tím, že jeho zkrácení má vliv na postavení art.genus při oporové fázi kroku. M. soleus je spíše posturálním svalem, místo toho m gastrocnemius má funkci převážně dynamickou.

M. plantaris

M. plantaris začíná nad laterálním kondylem femuru a přechází jako tenká šlacha do tendo calcaneus a tím pádem se upíná na tuber calcanei. Je plantární flexor a supinátor nohy, avšak velmi slabý.

M. tibialis posterior

Začíná na membráně interossea cruris (membrána mezi holení a lýtkovou kostí) a je kryt m. soleusem. V dolní čtvrtině bérce se jeho šlacha kříží se šlachou m.flexor digitorum, prochází za vnitřním kotníkem a upíná se na os naviculare. Hlavní funkcí je slabá plantární flexe v art. talocruralis a Chopartově kloubu, ale zároveň je také silný adduktor s inverzí. Patří také do tzv. třmenu nožní klenby (viz výše) a tím zabezpečuje podélnou klenbu nohy.

M peroneaeus (fibularis) longus

Tento vřetenovitý sval je povrchově uložený na laterální straně lýtka a začíná od zevní plochy hlavice a těla fibuly. Svalové břicho, které přechází v dlouhou šlachu, zahýbá za zevní kotník, pak dále na boční plochu calcaneu, poté se ohýbá přes okraj os cuboideum na její plantární stranu, z plantární strany směřuje ke svému úponu na bázi prvního metatarzu a na ossa cuneiformia. Sval pronuje přednoží kolem dlouhé osy Chopartova kloubu a silným proximolaterálním tahem stabilizuje kosti středního tarsu. Dále se významně podílí na udržení obou dvou kleneb.

M peroneaeus (fibularis) brevis

Tento plochý sval je hlouběji než m. peroneaeus longus a je tímto svalem i částečně kryt. Začátek tohoto svalu je na laterální ploše fibuli kousek pod m. peroneaeus longus. Stejně jako u m. peroneaeus longus svalové břicho přechází do dlouhé šlachy, která prochází přes zevní kotník a zevní plochu patní kosti a upíná se na

drsnatinu pátého metatarzu. Sval vyniká silnou pronací subtalárního kloubu a méně výrazným účinkem jako pronator na Chopartův kloub.

Dlouhé svaly prstů nohy:

M. extensor digitorum longus

Tento extensor prstů začíná na laterálním kondylu tibie a dále od hlavice přední hrany fibuly a od mezikostní membrány. Jeho šlacha se na hřbetu nohy rozbíhá na čtyři šlachy, které se upínají do dorsální aponeurosy (plochá šlacha), která se fixuje na bázi distálních článků prstů (II-V). Jeho funkcí je dorzální flexe v art. talocruralis a extenze (dorzální flexe) prstů, dále se však podílí na pronaci kolem osy art. subtalaris a Chopartově kloubu.

M. flexor digitorum longus

Tento sval s vřetenovitým bříškem začíná od zadní plochy tibie. Přibližně v dolní třetině bérce překrývá šlacha tohoto svalu šlachu m. tibialis posterior a pod vnitřním kotníkem se kříží se šlachou m. flexor hallucis longus, dále se pak jeho šlacha upne na šlachu m. quadratus plantae a takto vytvořená šlacha se poté rozbíhá do čtyř svazků, které se upínají na distální články II.-V. prstu. Funkce tohoto svalu vyznívá už z jeho názvu, je to především flexe prstů a plantární flexe v art. talocruralis a Chopartově kloubu, kde způsobuje i supinaci. Při přenesení váhy na chodidlo přitlačuje tento sval prsty k podložce a tím přispívá ke stabilitě celého těla při pohybu.

M. quadratus plantae

m. quadratus plantae začíná na tuber calcanei a spojuje se, jak již bylo uvedeno, s m. flexor digitorum a se šlachami tohoto svalu se upíná na distální články II.-V. prstu. Funkce svalu spočívá ve vyrovnávání šikmého tahu m. flexor digitorum longus, a tím potencuje jeho účinek. Je tedy jeho synergistou.

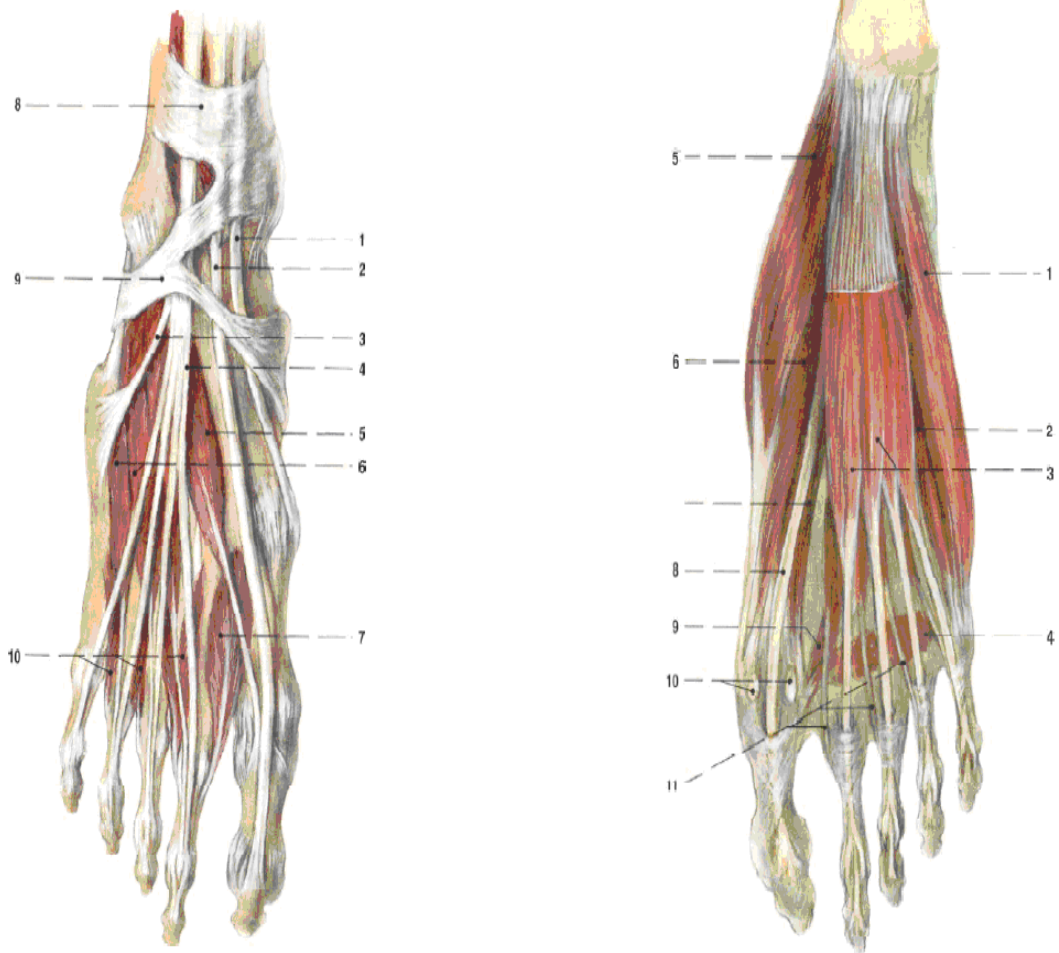
M. extensor digitorum brevis.

Tento plochý sval začíná na dorzální ploše (hřbetní plocha) patní kosti a přechází ve čtyři šlachy, které se upínají do dorzální aponeurózy. Funkcí tohoto svalu je extenze druhého až pátého prstu.

Mm. lumbricales I.-IV.

Tyto čtyři štíhlé svaly začínají od šlach m. flexor digitorum longus a upínají se do dorzální aponeurozy. Jejich funkce je dvojitá, flektují proximální články a extendují distální články prstů.

Obrázek 5 - svaly nohy - Čihák 2001



- | | | | |
|---------------------------------------|--|--|---|
| 1 šlacha m. tibialis anterior | 6 m. extensor digitorum brevis | 1 m. abductor digiti minimi | 5 m. abductor hallucis |
| 2 šlacha m. extensor hallucis longus | 7 m. interosseus dorsalis I | 2 m. flexor digiti minimi brevis | 6 m. flexor hallucis brevis, caput mediale |
| 3 šlacha tzv. m. fibularis tertius | 8 retinaculum musculorum extensorum superius | 3 m. flexor digitorum brevis. na jeho povrchu odřiznutá plantární aponeurosa | 7 m. flexor hallucis brevis, caput laterale |
| 4 šlachy m. extensor digitorum longus | 9 retinaculum musculorum extensorum inferius | 4 m. adductor hallucis, caput transversum | 8 šlacha m. flexor hallucis longus |
| 5 m. extensor hallucis brevis | 10 muscoli interossei dorsales, II-IV | | 9 m. adductor hallucis, caput obliquum |
| | | | 10 tibiální a fibulární sesamská kůstka palce |
| | | | 11 šlachy mm. lumbricales |

Mm. interossei dorsales I.-IV.

Tyto čtyři hřbetní svaly, které vyplňují prostor mezi metatarzy, začínají vždy na přivrácené ploše sousedícího metatarzu a uchytávají se do dorzální aponeurózy II. -IV. prstu. Mají tři základní funkce a to abdukci prstů, flektují metatarzofalangeální klouby a extendují interdalangeální klouby.

Krátké svaly prstů:

Mm. interossei plantares I.-III.

Tyto tři mezikostní svaly začínají na mediální straně třetího, čtvrtého a pátého metatarzu a upínají se do dorzální aponeurózy těchto svalů. Tyto plantární svaly addukují třetí, čtvrtý a pátý prst k druhému prstu, extendují distální a flektují proximální články těchto prstů.

M. flexor digitorum brevis

Tento flexor je kryt plantární aponeurózou a začíná na tuber calcanei, nebo-li patním hrbolku, a poté se rozděluje na čtyři šlachy, které se na úrovni báze prstu rozdělují a upínají se po obou stranách středních článků prstů. Jejich funkce spočívá ve flexi II.-V. prstu kromě distálního článku a zároveň působí jako plantární flexor a supinátor v Chopartově kloubu.

Svaly palce

Palec nohy na první pohled není tak využíván jako palec na ruce, ale toto zdání je klamné. Svaly palce se aktivují při adaptaci nohy na terén a navíc zabezpečují odvinutí paty od země v konečné fázi kroku. Dále má palec velký význam pro stabilizaci vnitřního paprsku (viz klenba nohy při stoji).

Dlouhé svaly palce :

M.extensor hallucis longus

Tento štíhlý sval začíná na mediální ploše fibuly a membráně interossea cruris a prochází mezi svaly m.tibialis anterior a m. extensor digitorum longus a upíná se na distální článek palce. Jeho působení velmi ovlivňuje dorzální flexi v art. talocruralis, která je spojena i s částečnou pronací a abdukci nohy (k hlavním anatomickým rovinám) a samozřejmě působí extenzi v palci.

M. flexor hallucis longus

Je protáhlý sval, jenž odstupuje od zadní plochy fibuly a membrany interossea cruris, dále sestupuje za vnitřní kotník a upíná se na bázi distálního článku palce. Tento sval přispívá svojí činností k plantární flexi palce nohy a jeho zpevnění při odrazu a podílí se na supinaci přednoží v Chopartově kloubu.

M. extensor hallucis brevis

Tento oploštělý vřetenovitý sval, který se nachází na hřbetu nohy, začíná na dorzální straně patní kosti a upíná se společně s dlouhým extenzorem v aponeuróze palce. Jeho funkce je extenze palce.

Krátké svaly palce:

M. abductor hallucis

Tento protáhlý sval, který začíná na tuber calcanei a probíhá po mediálním okraji nohy a poté se upíná na sesamskou kůstku metatarzofalangeálního kloubu a bázi proximálního článku palce, má za funkci abdukci a flexi proximálního článku palce, dále také plantárně flektuje vnitřní paprsek a podporuje supinaci v Chopartově kloubu.

M. flexor hallucis brevis

Sval začíná na os naviculare a os cuneiforme laterale a jeho bříško se distálně člení na dva cípy, které se upínají na bázi proximálního článku palce, na sesamskou kůstku palce. Jeho úkol spočívá v flexi proximálního článku palce .

M. adductor hallucis

Sval, který se nachází v hloubce plosky nohy má dvě hlavy a to šikmou (caput obliquum) a příčnou (caput transversum). Šikmá hlava začíná od os cuboideum a os cuneiforme laterale a od vazů, které je spojují a provádí addukci a flexi palce. Příčná hlava na metatarzofalangeálním kloubu třetího až pátého prstu, přesněji na jejich plantární straně a pomáhá při udržování příčné nožní klenby. Obě dvě hlavy se společně upínají na laterální sesamské kůstky palce a na bázi proximálního článku palce.

Svaly malíku zde nebudu popisovat, protože nejsou funkčně příliš významné.

2.1.6 Dynamická funkce svalů nohy při běhu dle Vařky 2009

Předešlý anatomický popis chodidla byl vypsán proto, abych v této kapitole mohl pospat funkci kloubů a svalů při běhu a jak se který sval zapojuje. Nejprve si musíme uvědomit, jak připomíná Vařka (2009), že svaly vytvářejí pouze vnitřní sílu a nejsou bez jiné pomoci schopné vyvolat pohyb segmentového systému v prostoru. Tuto „pomoc“ dostávají svaly ve formě reakční síly podložky, což je vnější síla, a díky vzniku této síly jsou svaly schopné uvést tělo do lokomoce.

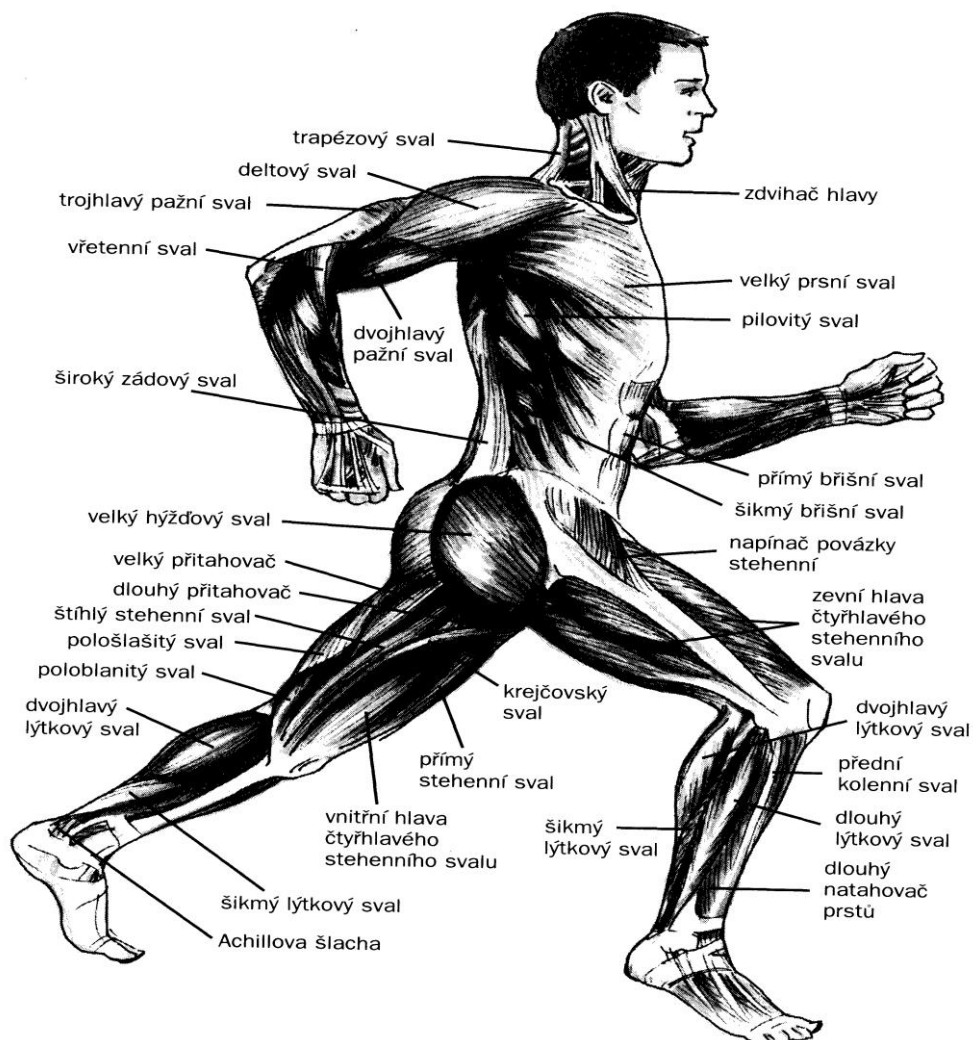
Běh v této práci popisují proto, že většina kroků mezi překážkami je běžeckých a odraz a došlap za překážkou je pouze modifikací běžeckého odrazu a dokroku. Spíše než modifikací běhu se jedná o zvětšení rozsahu ve všech velkých kloubech a o pohyby navíc např. (flexe trupu). Velké svaly, které se zapojují do běhu jsou na obrázku 6.

Běh je modifikací chůze. Funkci nohy v krokovém cyklu chůze dělí Vařka (2009) na dvě fáze a to opornou fázi, která se dělí na několik období. Počáteční období začíná kontaktem paty s podložkou a trvá do položení celé plosky nohy, období střední opory (končí odlepením paty), období aktivního odrazu, období pasivního odlepení. Fáze švihová, která se dělí na tyto období: zahájení švihu, období středního švihu, období ukončení švihu. Z laického pohledu by se dalo říci, že se při běhu svaly a klouby budou chovat stejně jako při chůzi. Výrazná změna však musí přijít v oporové fázi při tzv. sprinterském běhu přes přední část chodidla, kde je úplně vypuštěné počáteční období, kdy dochází ke kontaktu paty s podložkou. Toto období se teoreticky může přeskočit a může začít hned období střední, kde se zatížení přesouvá na přednoží. Další text je čistě teoretický a opírá se pouze o dynamické funkce nohy při chůzi, kterou popsal Vařka (2009) a není tudíž podložen žádným měřením.

Při ukončení švihu klesá noha směrem k podložce a začíná fáze dopadu, během této chvíle je art. talocruralis v dorzální flexi, kterou zajišťuje hlavně m. tibialis anterior a. extensor digitorum longus. Těsně nad zemí dochází k plantární flexi v art. talocruralis, před stykem s podložkou je tedy zahájena plantární flexe a to kvůli rychlému odvinutí od podložky, avšak lýtkový sval provádí nejprve excentrickou kontrakci. Plantární flexi způsobuje hlavně m. gastrocnemius a m. soleus. Při dopadu má velkou roli m. tibialis posterior, který jednak pomáhá k plantární flexi, ale hlavně brzdí pohyb tibie nad chodidlem. Zároveň začíná v subtalárním kloubu pupinace a zatížení je přenesené na laterální páku „pata – hlavička“ V. metatarzu. Během toho probíhá i dorzální flexe I. metatarzofalangeálního kloubu a tím se uplatní kladkový

mechanismus plantární aponeurózy, který způsobuje taktéž supinaci, která je rovněž podporována m. triceps surae v art. subtalaris. V Chopartově kloubu dochází k pronaci, protože přednoží není schopno přes zatížený laterální okraj reagovat na supinaci v zánoží a to vede k uzamčení a zpevnění calcaneokuboidního kloubu. Zároveň tyto změny mají za následek stabilizaci Chopartově kloubu, který zajišťuje s pomocí m. tibialis posterior a m. peroneus longus (svaly, které zpevňují přední tarsus) pevnost nohy, aby mohla být použita jako páka při odrazu. Během této fáze se postupně zatížení přenáší na mediální stranu přednoží. Ve fázi aktivního odrazu probíhá aktivní plantární flexe v art. talocruralis, kterou zprostředkovává m. triceps surae. V art. subtalaris

Obrázek 6 – svaly, které se zapojují při běhu - Tvrzník 2004



pokračuje supinace vlivem tahu m. triceps surae a v Chopartově kloubu pokračuje pronace. Díky přesouvání zatížení mediálně dopředu, dochází k supinaci patní kosti. To přispívá ke zpevnění Chopartova kloubu a vytvoření pevné páky nohy, o kterou se poté

mohou opřít a využít svojí sílu svaly na dorzální straně bérce. Mezi hlavní patří m. gastrocnemius, který ale může využít svojí maximální sílu jen při extendovaném art.genus. Pasivní odlepení, tzv. doznění odrazu pokračuje v plantární flexi v art. talocruralis. Ve švihové fázi dochází opět k dorzální flexi art. talocruralis a pronaci art. subtalaris a v Chopartově kloubu dochází k supinaci. Po sešlápnutí dolní končetiny začíná opět celý cyklus.

Tabulka 1 – funkce svalů DK při běhu z <http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/beh.html> [20-2-2012]

FÁZE: stojná						
kloub/část těla	pohyb v kloubu	pohybující segment	se rovina	impuls pohybu	agonisté	kontrakce
Kyčel	extenze	trup	sagitální	svaly	m. gluteus maximus	koncentrická
					m. biceps femoris	
					m. semimembranosus	
					m. semitendinosus	
koleno	flexe	stehno	sagitální	gravitace	m. quadriceps femoris	excentrická
		stehno	sagitální	svaly	m. quadriceps femoris	koncentrická
hlezenní kloub	plantární flexe	bérec	sagitální	svaly	m. gastrocnemius	koncentrická
					m. soleus	
FÁZE: švihová						
kloub/část těla	pohyb v kloubu	pohybující segment	se rovina	impuls pohybu	agonisté	kontrakce
Kyčel	flexe	stehno	sagitální	svaly	m. iliopsoas	koncentrická
					m. rectus femoris	
					m. pectineus	
koleno	flexe (2/3)	bérec	sagitální	svaly	m. biceps femoris	koncentrická
					m. semitendinosus	
					m. semimembranosus	
	extenze (1/3)	bérec	sagitální	setrvačnost	m. biceps femoris	excentrická
					m. semitendinosus	
				m. semimembranosus		
hlezenní kloub	dorzální flexe	noha	sagitální	svaly	m. tibialis anterior	koncentrická

Ostatní svaly, které jsou popsány v anatomickém přehledu nohy mají vesměs stabilizační funkci nebo umožňují přizpůsobení chodila k povrchu (svaly na plantární straně). Všechny tyto zdánlivě těžké pohyby provádí sprinterova noha do jedné desetiny(0,08 - 0,09 s). U přeběhu překážky dochází k určitým změnám: jako je flexe

trupu, větší rozsah v horním hlezenním kloubu, jiná švihová fáze. Pro upřesnění ještě poukazují na práci větších svalů dolních končetin, které jsou v tabulce 1.

2.2 Technika překážkového běhu a jeho biomechanické aspekty

2.2.1 Všeobecná charakteristika

Běh na překážkových tratích (jak na 110 m př., 100 m př., tak i na 400 m př.) se liší od čistě sprinterských tratí podle Baumanna (1986) v přizpůsobení počtu kroků, délky kroků a rytmu kroků, podle postavení a výšky překážek, které jsou dány pravidly. Také technika přeběhu přes překážku je závislá podle Ulricha (1995) na výšce překážek a délce trati. Tentýž autor také vidí překážkové běhy jako technicky nejnáročnější disciplínu, která se běhá na dráze a vidí koordinační obtížnost překážkového běhu v neustálé změně mezi cyklickým během, pokud možno nejvyšším tempem mezi překážkami, a acyklickým překonáváním překážek. Překážkový běh je, podle Luži (1995), skupina atletických disciplín, které bychom mohli charakterizovat jako běžecko-technické.

Pro překážkáře a překážkářky na tratích 110 m př. a 100 m př. Ulrich (1995) vznáší požadavek na proběhnutí trati co možná nejvyšším běžeckým tempem za pomoci umělého kroku, který je dán délkou dolních končetin a většinou se jedná o zkrácení kroku a zvýšení frekvence. Pro Baumanna (1986) je rozdíl v překonávání překážek na 110 m a 100 m trati a 400 m trati ve výšce překážek, což připadá atletům při překonávání překážek o menší výšce lehčí a také na delších tratích nehraje technika přeběhu takovou roli jako na krátkých tratích s překážkami, takže rozdíl mezi 400 m a 400 m př. je samozřejmě v překonávání překážek, ale hlavním ukazatelem pro výsledek na 400 m př. je čas na 400 m a ten by podle Baumanna (1986) měl být o 2,5 – 3,5 sekundy rychlejší než na překážkové trati. Podle Ulricha (1995) obecně platí, že čím delší je běžecká trať s překážkami, tím je tělo atleta při přechodu přes překážku vzpřímenější, a čím kratší, tím má větší význam technika přetahové nohy.

Podle Baumanna (1986) je cílem běhu na 100/110 m. př. a 400 m př. v co možná nejkratším čase překonat 10 postavených překážek. K dosažení výkonů na světové úrovni jsou potřeba určité somatické předpoklady. Podle Baumanna (1986) jsou nejdůležitější somatické faktory délka nohou, výška postavy a cit pro rytmus. Millerová (2002) udává některé morfologické indexy, které jsou vhodné pro použití v praxi a to :

- 1) Relativní délka dolních končetin = délka dolních končetin (cm)* 100/ těl. výška (cm)
- 2) Výško-hmotnostní index = [tělesná výška (cm) - 100] – tělesná hmotnost (kg)
- 3) Relativní hmotnost (Quéletův index) = tělesná hmotnost (g) / tělesná výška (cm)

Podle Baumanna (1986) sehrávají somatické předpoklady větší roli u mužů a to proto, že muži musí k překonání překážek zvednout těžiště výše oproti ženám, jedná se přibližně o 17 cm.

2.2.2 Rozdělení překážkové trati na jednotlivé úseky

Rozdělení překážkové trati je často u každého autora podáno jinak. Například Baumann (1986) rozděluje trať do tří časových úseku:

- 1) od startovního výstřelu až do začátku odrazu na první překážku
- 2) běh mezi překážkami včetně poslední překážky, tento úsek rozděluje ještě na další dvě a to na letovou fázi nad překážkami a na běh mezi překážkami
- 4) od dokroku za desátou překážkou až do cíle

Luža (1995) vidí v pohybové struktuře překonávání překážkové trati čtyři hlavní části:

- 1) start a náběh na první překážku
- 2) přeběh překážek
- 3) běh mezi překážkami
- 4) doběh od poslední překážky do cíle

Millerová (2002) rozděluje technický faktor na tři následné úseky :

- 1) náběh a přeběh první překážky
- 2) devět rytmických jednotek
- 3) doběh

Samozřejmě rozděluje na několik fází přeběh překážky, ale o tom budu psát až níže.

Ulrich (1995) uvádí, že celkový technický průběh pohybu se dá vyjádřit jednotlivými dílčími úseky:

- 1) start a zrychlený běh k první překážce
- 2) odraz před překážkou a první oporová fáze
- 3) překonání překážky jako letová fáze

- 4) zašlápnutí za překážkou jako druhá část oporové fáze
- 5) běh mezi překážkami
- 6) doběh do cíle

Z výčtu rozdělení překážkové trati do úseků je možno vidět, že v podstatě všichni autoři rozdělují trať podobně i přesto, že autoři použili jiné odůvodnění svého rozdělení.

2.2.3 Obecný popis techniky překonávání překážky na 110 m př. a 100 m př.

Po přípravě k odrazu, kdy odrazová noha dopadá pod svislý průmět těžiště, začíná zároveň s rychlým odrazem nasazení švihové nohy. Podle Ulricha (1995) je maximální rychlost kolena švihové nohy garantována úhlem v kolenu (tedy úhel, který svírá bérce ke stehnu) 90° , Millerová (2002) naopak zdůrazňuje, že koleno švihové nohy by mělo být co v nejostřejším úhlu při odraze. Dále Millerová uvádí, že dokrok i odraz musí být proveden na přední části chodidla. Chodidlo švihové nohy by mělo vůči bérce svírat úhel větší než 90° , koleno švihové nohy ke stehnu oporové nohy úhel větší než 90° u mužů a 90° u žen (na 110 m a 100 m trati). Čoh (2002) ve svém měření naměřil u slovinské reprezentace úhel odrazu 71 stupňů, Millerová (2002) doporučuje úhel odrazu u mužů na 110 m př. $65-75^\circ$ a u žen na 100 m př. $60-70^\circ$. Ulrich (1995) dále uvádí, že odraz by měl být samozřejmě co nejvíce plochý, a že jen díky plochému odrazu je atlet schopen provést dokrok těsně za překážkou. Překážkový krok tedy (Ulrich, 1995; Kampmiller, 1999; Mclean, 1994) rozděluje ideálně tak, že 60 % z celkové délky kroku je před překážkou a 40% za překážkou. Dále uvádí, že po odraze do překážky je už dráha těžiště neměnná a předčasný náklon trupu má negativní dopad na průběh přeběhu a to v podobě omezení pohybu švihové nohy, které následně vede ke kopnutí do překážky.

Po odrazu by se měla švihová noha téměř propnout, čímž se protáhne i gluteus maximus, který vyvolá reflexní zašlápnutí. V letové fázi by se měly ostatní části těla přemisťovat k těžišti, aby tím tak byla garantována plochá dráha těžiště a nejmenší ztráta horizontální rychlosti vlivem odporu větru. Předklonění horní části těla, tedy trupu, způsobí podle Ulricha (1995) automatické naklonění pánve a přetahová noha tím může být lépe přitažena. Tentýž autor uvádí, že všechny pohyby v letové fázi vykazují určité protipohyby, které slouží k udržení rovnováhy. Osa ramen a kyčlí by podle

Milerové (2002) měla být kolmá na směr běhu a rovnoběžná s příčkou překážky. Paže, která je protilehlá ke švihové noze je podle Ulricha (1995) vedena dopředu a dozadu, zatímco paže švihové nohy zůstává téměř neaktivní. Jak už bylo řečeno, úkolem atleta je přenést těžiště po co nejplošší dráze, ale vždy se těžiště přesouvá po parabole. Kulminační bod paraboly by měl být vždy před překážkou. Podle Milerové (2002) je atlet v největším bočním rozštěpu v době, kdy se vztyčené chodilo švihové nohy dostává nad překážku.

Pod pojmem střih si Millerová (2002) vysvětluje současný aktivní pohyb obou dolních končetin proti sobě, kdy švihová noha se pohybuje směrem dolů a zpět k překážce a přetahová noha se pohybuje kolenem stranou přes překážku vpřed. Ulrich (1995) vidí ve funkci přitahové nohy kromě přípravy na další krok také snížení tlaku, který je vyvíjen na švihovou nohu při zášlapu. Dokrok za překážkou neboli zášlap by měl být podle Ulricha (1995) i Milerové (2002) vykonán ve svislém průmětu těžiště a tělo by mělo být mírně předkloněno. Přetahová noha by měla plynule navázat na další krok a nebránit danému rytmu, také koleno přetahové nohy by mělo být v nejvyšší poloze.

2.2.4 Biomechanické aspekty techniky přeběhu překážky

2.2.4.1 Všeobecné zásady překážkového běhu z biomechanického pohledu

Čoh (2002) považuje překážkový běh z pohledu biomechanického za kombinaci cyklické sprintu s acyklickým překonáváním deseti překážek. Podle Baumanna (1986) znamená z mechanického pohledu každý přeběh překážky vychýlení dráhy těžiště směrem nahoru. Přitom se ztrácí jak odrazem před překážkou, tak při zášlapu horizontální rychlost. Čoh (2002) říká, že při efektivním překonávání překážek musí dojít k co nejmenší ztrátě horizontální rychlosti a to záleží nejvíc na těchto faktorech: odraz, trajektorie těžiště a přistání po překonání překážky. Pro efektivní překonávání překážky je tedy důležitý bod odrazu a bod přistání. Čoh (2002) vidí pro správnou trajektorii těžiště dva hlavní důvody: místo odrazu před překážkou a místo dokroku za překážkou, tyto dva důvody tedy ovlivňují dráhu těžiště a čas letu, který musí být co nejkratší.

2.2.4.2 Délka kroku mezi překážkami i přes překážku /letová fáze

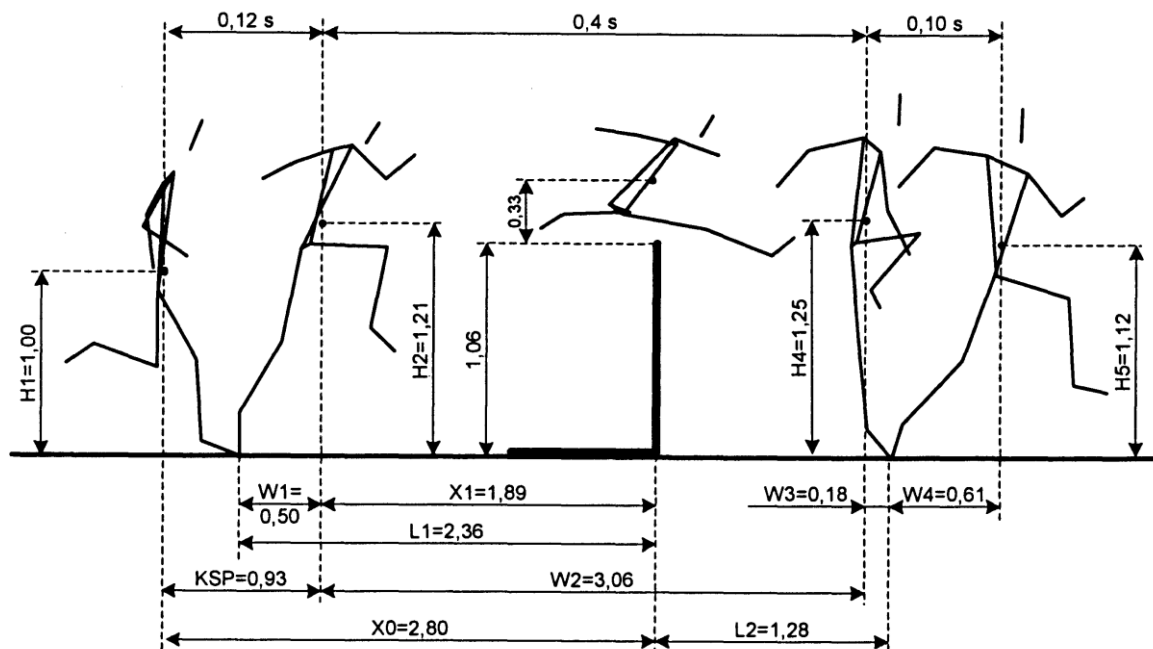
Na krátkých překážkových tratích jsou podle Baumanna (1986) tři kroky mezi překážkami (u 400 m př. 15-17 kroků u žen a 13-15 u mužů (Tepper, E., 1992)) a dvě fáze překážkového kroku (odraz do překážky a dokrok za překážkou). První krok za překážkou je nejkratší, druhý je nejdelší a třetí by měl být delší než první, ale o něco zkrácen než druhý kvůli přípravě pro odraz. Odraz je prováděn přibližně 2,10 m od překážky u mužů a 2,03 m u žen. Dokrok za překážkou je u žen prováděn 1,11 m za překážkou a u mužů 1,53 m. Samozřejmě u mužů jsou častější výkyvy kvůli výšce překážek a výšce atleta, a proto jsou všechny tyto hodnoty pouze orientační. Délka překážkového kroku je Ulrichem (1995) definována jako poslední kontakt s podložkou odrazové nohy až do prvního kontaktu švihové nohy s podložkou za překážkou. Je závislá na tělesné výšce atleta. U mužů bývá celková délka kroku okolo 340 - 370 cm a 300-325 cm u žen. Čas, který je potřebný k překonání překážky, je podle Ulricha (1995) časový úsek od posledního kontaktu při odrazu se zemí, spojený s letovou fází a ukončený dotekem švihové nohy s podložkou, u mužů na 110 m trati to je 0,28-0,35s na rozdíl Čoh (2011) uvádí hodnotu 0,4 s

Jak už bylo řečeno, překonání překážky je mechanicky viděno jako odklon dráhy těžiště směrem k vzhůru, přičemž dráha těžiště je dána už během odrazu a při letu je neměnná a má tvar paraboly. Velkou roli tedy hraje ztráta horizontální rychlosti, podle které se určuje i efektivita přeběhu. Dále se efektivita posuzuje podle schopnosti navázat na přechod přes překážku během mezi překážkami. Letová fáze je tedy ovlivněna podle Ulricha (1995) těmito dovednostmi :

- 1) účelným místem odrazu před překážkou (60% z celého kroku)
- 2) provedením krátkodobého odrazu (kontakt s podložkou) směrem dopředu a nahoru
- 3) co nejvyšší rychlostí běhu
- 4) vysokou pozicí těžiště běhu v momentě odrazu

K poslední dovednosti patří i podporování odrazu pomocí protlačování boků a pánve dopředu nahoru stejně jako vymrštění silně ohnuté švihové nohy. Odraz se podle Ulricha (1995) netrefuje přímo do svislice těžiště, a tím vzniká nepatrný točivý impuls kolem osy pánve, který působí rotaci v pánvi.

Obrázek 7. Biomechanické parametry celého kroku přes překážku - Čoh (2002)



KSP - vzdálenost změny těžiště při odrazu

L1 - vzdálenost místa odrazu od překážky

L2 - vzdálenost místa dokroku za překážkou

X0 - vzdálenost těžiště při brzdné fázi odrazu před překážkou

X1 - vzdálenost těžiště při akcelerační fázi odrazu před překážkou

W2 - vzdálenost těžiště od akcelerační fáze odrazu do brzdné fáze dokroku za překážkou

W3 - vzdálenost těžiště od místa opory při dokroku za překážkou

W4 - vzdálenost těžiště na konci akcelerační fáze dokroku za překážkou a místem dokroku za překážkou

H - momentální výška těžiště

0,12 s - doba trvání opory při odrazu do překážky

0,4 s - doba trvání letové fáze

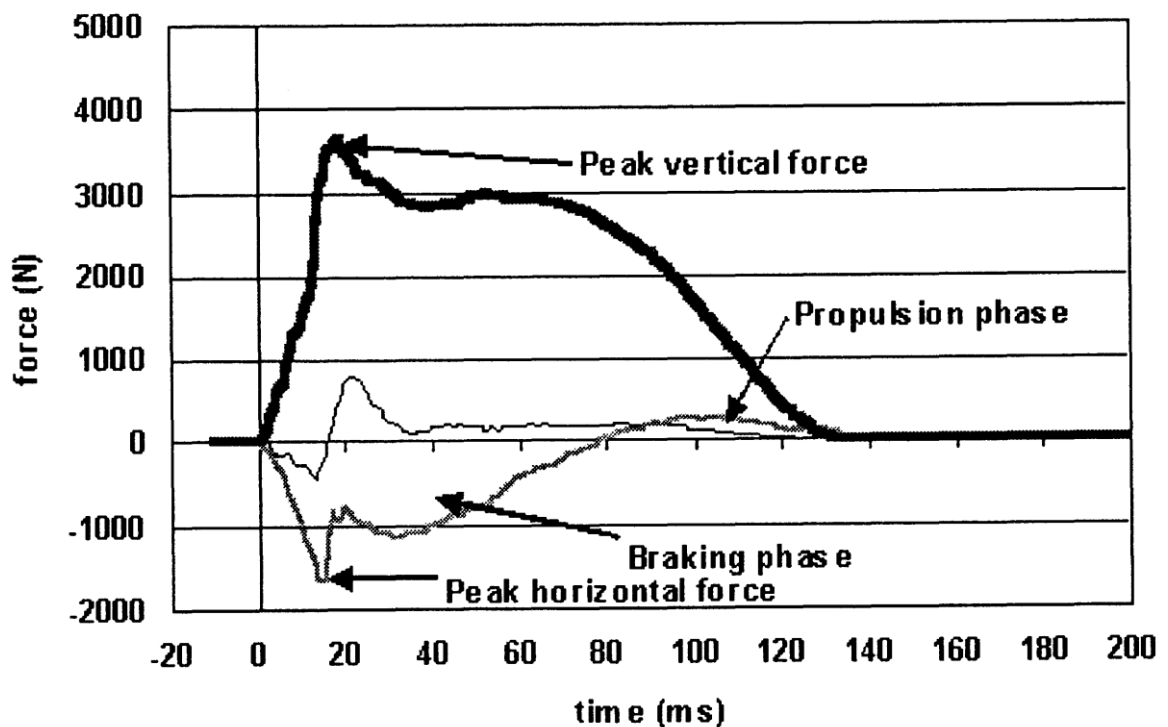
0,10 s - doba trvání opory při dokroku za překážkou

2.2.4.3 Rychlost a síla odrazu

Podle Baumanna (1986) je v průběhu každé odrazové fáze síla odrazu úměrná k reakční síle, která vznikne na podkladu (dráze), na kterou působí chodidlo atleta. Čoh (2002), který prováděl výzkum na mužských probandech slovinské reprezentace, kde průměrný věk dosahoval 23,5 let, výška 184,72 cm, váha 80,4 kg a nejlepší výsledek

byl čas na trati 110 m př. 13,90, rozděluje dobu opory při odrazu na brzdou a propulzní fázi nebo-li amortizační a akcelerační. Čoh (2002) uvádí, že při odrazu horizontální rychlost těžiště klesá v amortizační fázi o 0,41 m/s, zatímco vertikální rychlost v propulzní fázi stoupá na 2,53 m/s. Čoh (2002) tedy definuje podmínku pro přenesení těžiště, zvětšením vertikální síly. Změny vztahu mezi vertikální rychlostí a horizontální rychlostí jsou spojeny s dynamickými parametry odrazu.

Obrázek 8 - průběh sil při odrazu do překážky – Čoh (2002)



Peak vertical force – maximum vertikální síly

Peak horizontál force - maximum horizontální síly

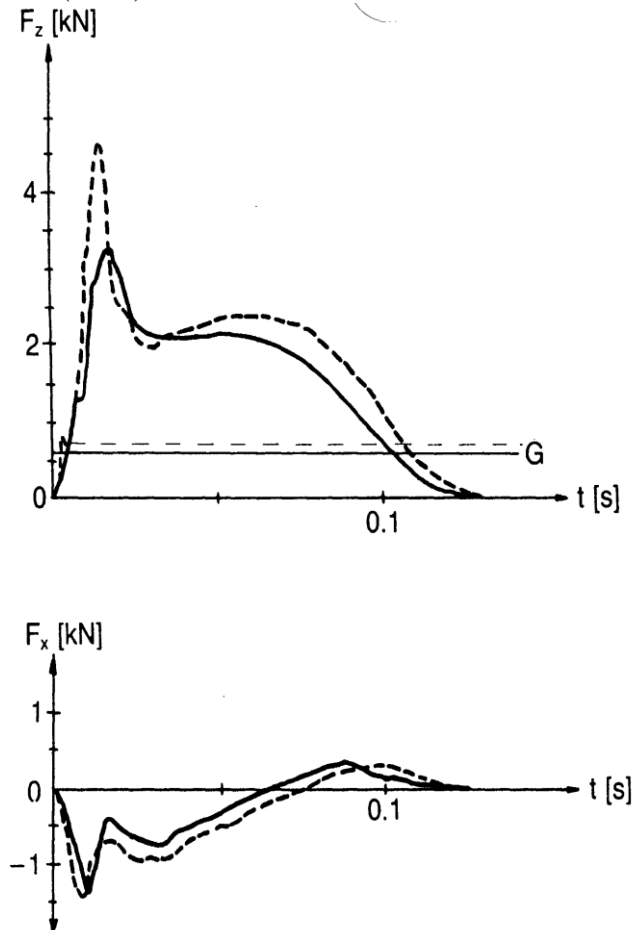
Braking psahse - brzdná fáze

Propulsion phase – propulzní fáze

V amortizační fázi odrazu překážkáři u Čoha (2002) vyvinuli průměrně maximální brzdou horizontální sílu – 1717 N a maximální vertikální sílu 3593 N, což představuje přibližně 4 a půl násobek tíhy probandů. Tyto hodnoty sil jsou takzvaná maxima sil, které působí na atleta. Průběh obou dvou sil má vzestupnou a sestupnou tendenci, i když ve velmi krátkém čase (0,13 s). Z Čohova výzkumu vyplývá tedy, že redukce rychlosti těžiště v amortizační fázi je způsobována horizontálním vektorem reakční síly, která působí na podložku a působí v opačném směru, než je pohyb překážkáře (obrázek 8, graf závislosti síly na čase.) Celkový čas kontaktu chodidla se

zemí byl u Čoha (2002) 0,139 s . S tím, že brzdná fáze trvala 59% a propulzní fáze 41% doby doteku. Ulrich (1995) uvádí dobu trvání oporové fáze (čas kontaktu chodidla se zemí) u špičkových překážkářů v rozmezí 0,11-0,13 s.

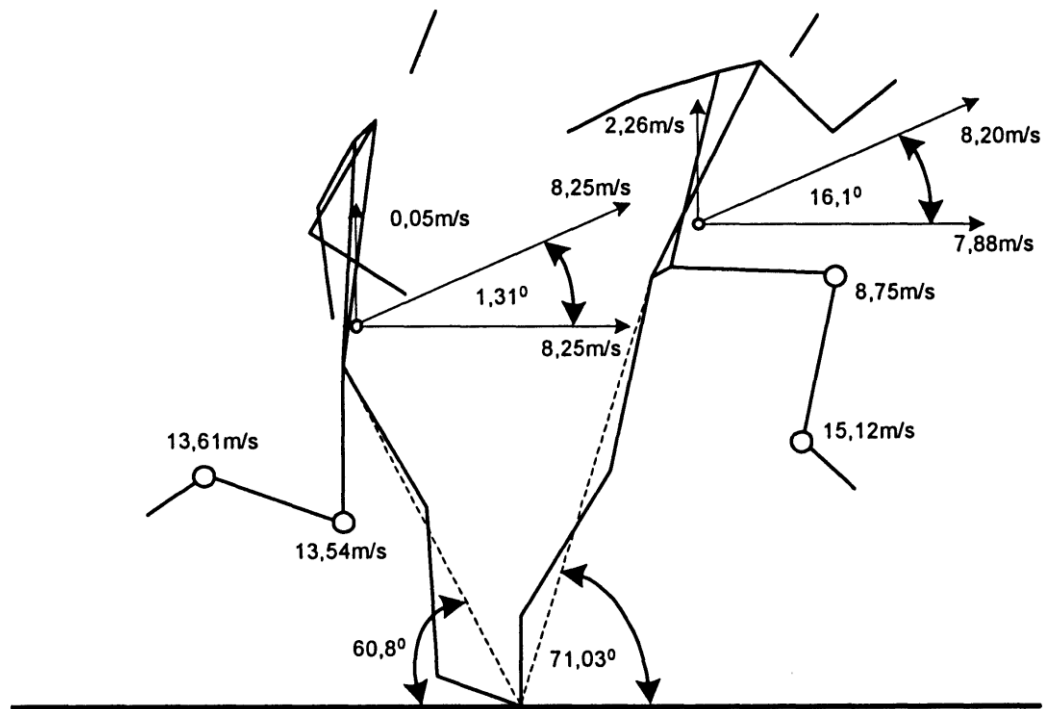
Obrázek 9 - průběh horizontální síly (F_x) a vertikální síly (F_z) na dvou probandech - Baumann (1986)



Baumann (1986) došel ve svém výzkumu k podobným závěrům jako Čoh, který vyjádřil poměrně jednoduchou podmínku pro zpomalení či zrychlení těžiště, a to jestli je horizontální síla $F_x < 0$ dochází k redukci rychlosti těžiště, jestli naopak je $F_x > 0$ dochází k zrychlení těžiště. Svoje měření prováděl na dvou německých závodnících a hodnoty jejich horizontální a vertikální síly jsou ukázány na obrázku 9 (graf závislosti horizontální síly F_x na čase). Na obrázku 9 je zobrazen graf závislosti vertikální síly F_z , z kterého je patrné, že měření Baumann (1986) potvrzuje měření Čoha (2002). Baumann (1986) však upozorňuje, že strmé zvětšení síly F_z bezprostředně po začátku odrazu před překážkou, svědčí o velkém zapojení patní oblasti (Achilovka), při čemž maximum této síly může být až osminásobek tíhy atleta. Tato síla může být natolik

veliká, že udělí takovou vertikální rychlost těžišti, která bude mít negativní dopad na přeběh překážky a to díky velkému zdvihu těžiště nad překážku. Kvůli tomu dojde ke ztrátě horizontální rychlosti.

Obrázek 10. Biomechanické parametry oporové fáze při odrazu do překážky- podle Čoha (2002)



60,8° - úhel dokroku

71,03° - úhel odrazu

1,31 ° a 16,1 ° - úhel zdvihu těžiště

Čoh (2002) ukazuje na svém výkonnostně nejlepším probandovi úhel dokroku (který tvoří spojnice mezi pánví a místem dopadu a podložkou při přípravě na odraz do překážek), který činí 60,8°, vertikální rychlost je 0,05 m/s a horizontální rychlost 8,25 m/s a výsledná rychlost těžiště je tedy také 8,25 m/s. Při odrazu je odrazový úhel (úhel který svírá spojnice mezi pánví a bodem opory k podložce) 71,03°, což odpovídá správnému provedení odrazu podle Milerové (2002), která uvádí teoretický ideální úhel odrazu 65-75°, naopak Ulrich (1995) uvádí maximální úhel odrazu až 85°.

Dále se u Čohova probanda změni výrazně vertikální rychlost na 2,26 m/s a horizontální rychlost na 7,88 m/s, avšak výsledná rychlost těžiště je 8,20 m/s, takže výsledná rychlost těžiště se sníží o 0,05 m/s. Ale podle Ulricha (1995) je samozřejmě

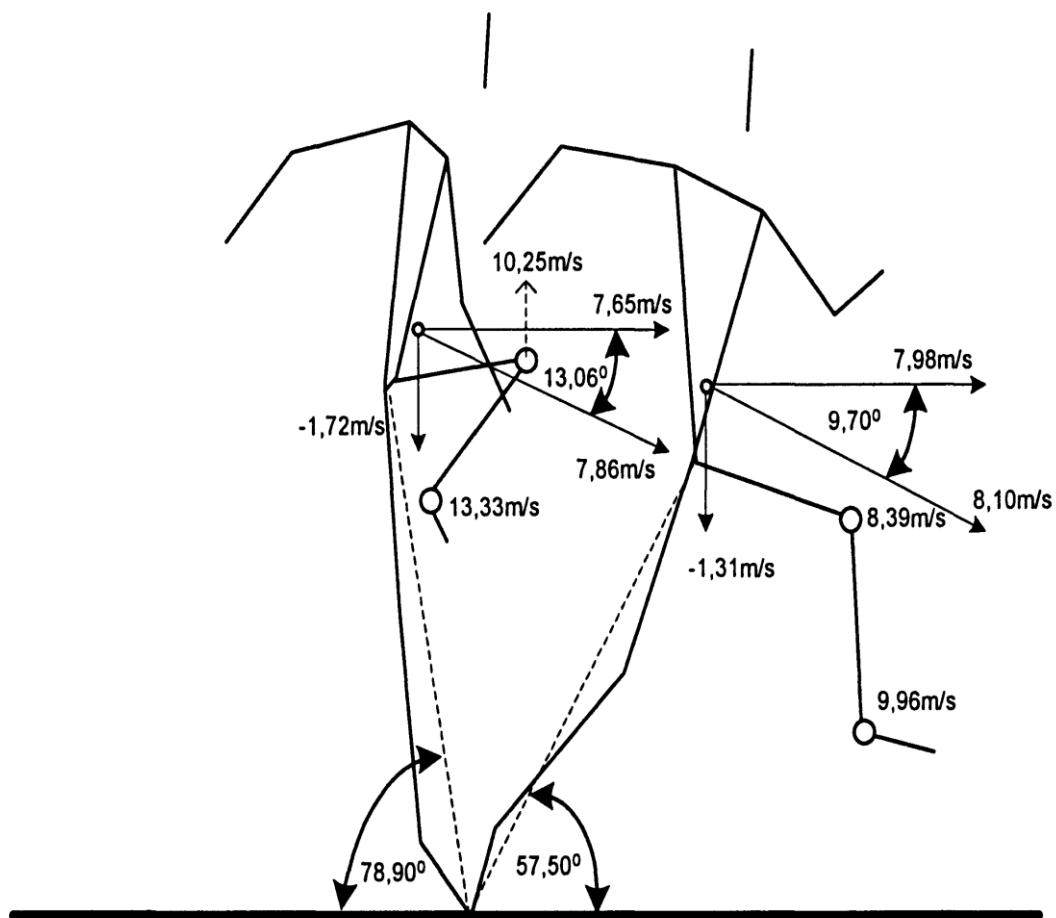
nejdůležitější snížení horizontální rychlosti, které u nejlepších překážkářů bývá od 1,5 - 10%, což Čohův proband splňuje a tím ukazuje, že byl vhodný příklad na přiblížení biomechanických zákonitostí přeběhu přes překážku na trati 110 m př.. Obrázek 10 zobrazuje Čohova probanda a jeho oporovou fázi při odrazu.

2.2.4.4 Dokrok za překážkou

Tímto úkonem se dokončuje přechod přes překážku a je podle Milerové (2002) součástí prvního kroku mezi překážkami. Čoh (2002) upozorňuje, že pro efektivní techniku překonání překážky je dokrok za překážkou stejně důležitý jako odraz do překážky a rozděluje dokrok stejně jako odraz na dvě fáze: amortizační (brzdící) a propulzní. Baumann (1986) upozorňuje na to, že při dopadu za překážkou nastupují velké brzdící síly, které působí relativně krátkou dobu, protože propulzní fáze začíná poměrně dříve kvůli rychlému přemístění těžiště před reakční sílu, tedy svislý průmět těžiště se dostane před bod opory. Ulrich (1995) uvádí požadavek na to, aby brzdná fáze dokroku za překážkou byla co nejkratší, a aby byla přípravou na silový odraz pro sprint mezi překážkami. Dále také považuje za optimální úhel dokroku za překážkou (úhel, který svírá spojnice z pánve k místu opory a podložky) až 85°. Millerová (2002) u nejlepších překážkářů udává hodnotu tohoto úhlu 90° a u žen 100°. Dále poukazuje na to, že přetahová noha by měla být v nejvyšším bodě nejdříve při dopadu švihové nohy za překážku. Většina autorů také uvádí, že samozřejmě dokrok za překážku by měl být proveden co nejbliže k svislému průmětu těžiště. Čoh (2002) na svém probandu s nejlepším časem naměřil úhel dokroku 78,90° a úhel odrazu do prvního kroku 57,50°. Vertikální rychlost při amortizační fázi byla 1,72 m/s, tedy záporná. Horizontální rychlost byla 7,86 m/s. Na konci propulzní fáze dokroku za překážkou mělo již těžiště horizontální rychlost 8,09 m/s a vertikální rychlost 1,31 m/s. Když tedy porovnáme hodnoty horizontální rychlosti těžiště před odrazem do překážky (8,20 m/s) a po zášlapu za překážkou, je vidět rozdíl v horizontální rychlosti o 0,11 m/s.

Doba opory při dokroku byla u Čohova probanda 0,115 s z toho 0,017 s (17,4%) trvala amortizační fáze a 0,098 s (82,6%) akcelerační. Horizontální síla u Čohova probanda dosahovala maxima v amortizační fázi 881 N a maximum vertikální síly dosahovalo hodnot 2804 N. Z toho vyplývá, že překážkář může působit velkou vertikální silou, a proto musí správně umístit nohu při dokroku a mít ji plně propnutou. Dokroková fáze podle Čoha (2002) nezávisí jen na správné technice, ale i na připravenosti svalového systému.

Obrázek 11. Biomechanické parametry oporové fáze při dokroku za překážkou - Čoh (2002)



78,90° - úhel dokroku za překážkou
 57,50° - úhel odrazu
 13,06° a 9,70° - úhly poklesu těžiště

Dokrok za překážkou je charakterizován krátkým elastickým stahem, který je okamžitou odpovědí na excentrickou kontrakci při amortizační fázi. Dokrok za překážkou je samozřejmě také ovlivněn výškou atleta. Kriteřiem efektivního vykonání celého dokroku za překážkou je podle Čoha (2002) výška těžiště při brzděné fázi .

2.2.4.5 Rozdíl v biomechanických parametrech u 110 m př. a 400 m př.

Výše uvedené údaje se týkají především biomechanických aspektů na trati 110 m př. Můžeme je vzít i jako základní pro ostatní tratě. U 100 m př., které běhají pouze ženy, jsou od mužů předem jasné odchylky, které jsou způsobeny výškou překážek a i samotnou výškou závodnic. Úhel odrazu bývá menší. Čoh (2002) uvádí úhel odrazu 63,2° a úhel dokroku 74,7°. Průměrnou rychlost před, ale i za překážkou, uvádí Čoh

(2002) o něco vyšší než u mužů. Letová fáze trvá (0,3s). Délka celého překážkového kroku je kratší, jak již bylo uvedeno. Čoh (2002) uvádí vzdálenost opory při odrazu od překážky 2,09 m před překážkou a při dokrok 1,04 m za překážkou. Z toho plyne, že délka letu před překážkou byla z celkové délky letu 66%, což vede k lepšímu předpokladu dokročení blíže za překážkou.

Literatury, která by se zabývala tratí 400 m př. z pohledu biomechanického, není opravdu mnoho. Ale základní fakta se dají poměrně jednoduše odvodit. Atlet při překonávání 400 m př. musí stejně jako u 110 m trati překonat deset překážek. Ty jsou však daleko od sebe a podle pravidel je první překážka 45 m od startovní čáry. Mezi ostatními překážkami je poté vzdálenost 35 m (u 110 m př. je vzdálenost mezi překážkami 9,14 m (Borovičková, 2009) a za poslední překážkou zbývá atletům uběhnout 40 m do cíle. Tepper (1992) uvádí, že muži běhají většinou mezery mezi překážkami na 13-15 kroků a ženy na 15-17 kroků. Překážky jsou na této trati výrazně nižší, a proto také může být úhel odrazu podstatně menší než je na 110 m tratích, avšak způsob běhu se poměrně liší od 110 m trati. Běh mezi překážkami je čistě švihového charakteru, kde se atlet snaží protahovat krok tak, aby mu vyšel předem určený rytmus kroků. To také má za následek, že délka překážkového kroku má větší rozmezí: 300 cm - 370 cm (Luža, 1995). Záslap za překážkou nebývá tak aktivní jako na 110 m trati. Nižší překážky ani nevyžadují náklon trupu, který je na 400 m trati minimální. Naproti tomu je na 400 m trati na atlety kladen nárok při přeběhu překážky v zatáčce na správnou švihovou nohu. U 400 m trati je téměř nutnost běžet v zatáčce tak, aby švihová noha byla levá, a to jednak kvůli vlivu odstředivé síly, která působí na atleta a může zapříčinit až vyšlápnutí z dráhy, za které může být atlet podle pravidel diskvalifikován, tak i kvůli prodloužení trati o 180 cm, které uvádí Luža (1996) . Další zajímavostí je, že průměrná rychlost atleta je na 400 m trati vyšší než na 110 m. Stačí si vzít oba dva světové rekordy kdy na 110 m trati vychází průměrná rychlost 8,54 m/s a u 400 m 8,55 m/s. U 400 m trati dochází zhruba po 7. překážce k velké odchylce od běžné techniky, a to díky vlivu kyseliny mléčné.

3 Výzkumná část

3.1 Cíle a úkoly práce

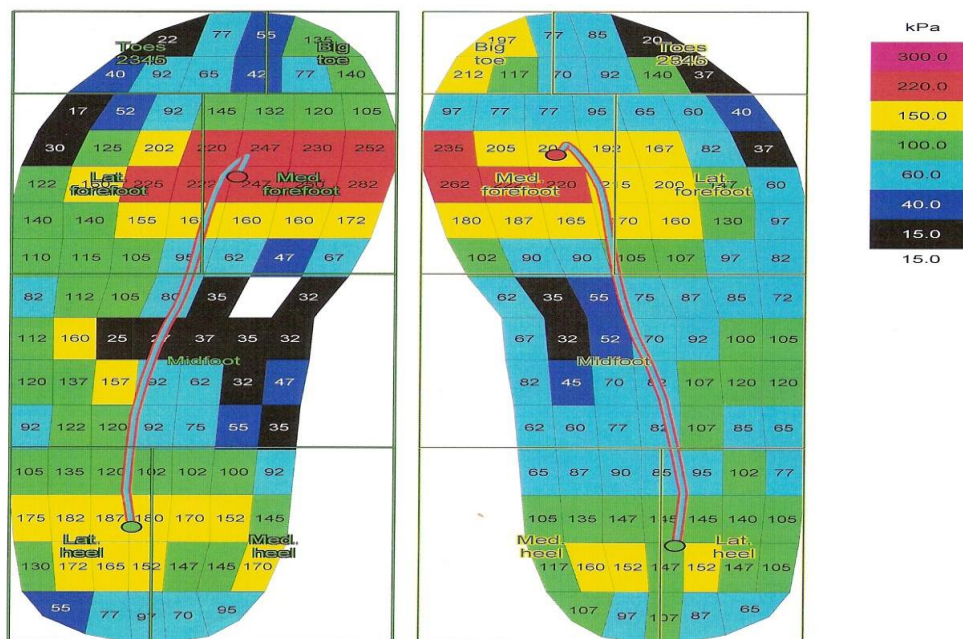
Hlavním úkolem bakalářské práce je identifikovat rozdíl v křivce centra tlaku, ve velikosti a distribuci tlaku na chodidlo při odrazu do překážky a dokroku za překážkou, na překážkách na 110 m, 100 m a 400 m trati za pomoci měřicího systému Pedar-x.

Dílčí úkoly :

- 1) provést pilotní měření s vybranými probandy pomocí systému Pedar-x z CASRI
- 2) z vybraných odrazů a dopadů vytvořit report pomocí systému Pedar-x
- 3) statisticky vyhodnotit výsledky terénního měření

Toto měření bylo prováděno na 4 probandech, z toho tři budou mužského pohlaví a jeden ženského pohlaví. Měření bylo prováděno pomocí měřicího systému Pedar-x, který nám rozdělí chodidlo na desítky políček, ve kterých bude snímat jednotlivý tlak, který působí na dané pole. Tato políčka se však ještě shlukují na 7 větších oblastí (částí) a to na palec, prsty, laterální a mediální přednoží, střed nohy a laterální a mediální patu.

Obrázek 12 – ukázka, jak vypadá graficky znázorněná křivka centra tlaku a distribuce tlaku na chodidlech při běhu z diplomové práce Rohulánové (2009).



Z těchto velkých polí dostaneme následné informace: celkovou vertikální sílu, která působila na chodilo, velikost síly, která působila na jednotlivá pole, největší tlak působící na jednotlivé pole, celkové plochu zatížení (cm), délku kontaktu jednotlivých oblastí, celkovou dobu kontaktu (s) a dobu kontaktu jednotlivých oblastí polí (s) a křivku centra tlaku.

3.2 Výzkumné otázky

1. Jaká bude nejvyšší hodnota vertikální síly, která bude působit na chodidlo při odrazu na překážku a dokroku za překážkou?
2. Jak bude vypadat dráha křivky centra tlaku při odrazu do překážky a dokroku za překážkou?
3. Jaký je poměr mezi brzdou a propulzní fází z pohledu trvání?
4. Jaké budou rozdíly v naměřených parametrech u odrazu do překážky a dokroku za překážkou?

3.3 Metodika

3.3.1 Základní charakteristika souboru

Probandi byli vybíráni na základně dovednosti a přeběhu překážek na 110 m a 100m trati i 400 m trati. Všichni probandi ve výzkumném souboru se aktivně věnují atletice už mnoho let. Také mají určité zkušenosti s překážkovými tratěmi. Ve výzkumném souboru se nachází muži a jedna žena. Všichni probandi také v posledních dvou letech mají za sebou v každé sezóně několik závodů na překážkových tratích. Všichni probandi se aktivně věnují běhu na 110 m př. i 400 m př.

Tabulka 2 – základní charakteristické informace o probandech

	věk	Hmotnost	Výška	Velikost vložek
Proband 1	22	72	176	42
Proband 2	22	66	176	42
Proband 3	22	64	171	42
Proband 4	17	57	171	40

3.3.2 Základní informace o probandech:

Proband 1 se věnuje v atletice hlavně překážkám a hladkým sprintům. Jeho hlavní doménou jsou však překážky, i když specializací se zaměřuje spíše na 400 m tratě, měl v sezoně 2010/2011 největší úspěch na 110 m trati, kde se probojoval do finále Mistrovství České republiky mužů. V období, kdy probíhalo měření trénoval 5x týdně. Jeho nejlepší výkon na trati 110 m př. je 14,78 s a na trati 400 m př. 53,16 s.

Proband 2 je specializací vícebojař a zkušeností s tratí 400 m př. má pouze málo. Jeho osobní maximum na 110 m př. je 16,35 s a na 400 m př. 58,36 s. V nynější době trénuje 3x týdně.

Proband 3 je taktéž specializací vícebojař, který se specializuje na tratě 400 m a 400 m př. a účastnil se mistrovství České republiky družstev v sezoně 2010/2011, kde reprezentoval své družstvo na trati 400 m př. Osobní výkon na 110 m př. je 16,23 s a na 400 m př. 56,36 s. V nynější době trénuje 3x týdně.

Proband 4 (žena) se věnuje v atletice hlavně překážkám, i když víceboj jí také není cizí. Její nejlepší vizitkou je asi výkonnost v sezoně 2010/2011, kdy překonala národní rekord na 60 m př. v hale v mládežnické kategorii a v létě startovala na mistrovství světa ve své kategorii na trati 100 m př., kde skončila v semifinále. Ale ani čtyřstovková trať s překážkami jí není úplně cizí. Letošní zimní přípravné období strávila v Kanadě, kde také byla vedena kanadským trenérem. V období měření trénovala 5x týdně. Její osobní rekord na trati 100 m př. je 13,70 s a na trati 400 m př. je 63,71 s.

3.3.3 Metoda získávání dat

Pro získání dat jsem zvolil systém Pedar-x, který vytvořila firma Novel z Německé spolkové republiky. Koplík (2009) udává další tři podobné systémy jako Pedar-x od firmy Novel, a to Pliance systém a Emed Systém. Já jsem vybral systém Pedar-x pro jeho schopnost zaznamenávat více kroků, neboť čidla, která měří tlak jsou uložena ve vložkách, které se dají podle velikosti vložit do různých bot, a proto se hodí pro výzkum v přirozených podmínkách.

Získávání dat ze systému Pedar-x se označuje běžně za vyšetřovací metodu tzv. dynamická plantografie. Dynamická plantografie je vyšetřovací metoda, při které je pomocí tlakových plošin měřeno rozložení tlaku pod ploskou.

(<http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php/dynamicka-plantografie/o-metod/62-plantografie> [2012-03-31]). Při měření dochází ke změnám hodnot sledovaných parametrů v určitém čase. Tato metoda se většinou využívá k základnímu výzkumu chůze a vzpřímeného stoje či jejich modifikací a využívá se např. v ortopedii pro vyrábění ortopedických vložek. Tedy v mé práci nejde o běžné použití systému Pedar-x a to jednak kvůli použití systému Pedar-x při přeběhu překážky, ale hlavně tím, že vložka bude uložena do tretry a ne do běžné běžecké obuvi.

Podle Linkesch (2010) umožňuje systém Pedar-x (nastaven na 50 Hz) měření plantografickou dynamometrií kombinovat se systémem EMG a synchronizovat s videem. To také proběhne u mého měření a pomůže mi k zobrazení polohy atleta při odrazu či dokroku, které by mělo odpovídat daným hodnotám tlaku na chodidla podle systému Pedar-x.

Systém Pedar-x se skládá ze tří základních komponent: vložky do bot, hardwaru přístroje, který se uchycuje na pas probanda a softwarem, který je instalován v notebooku a snímá přicházející data z hardwaru.

Tabulka 3- Technické informace systému Pedar-x z <http://novel.de/novelcontent/pedar> 2012-03-31

Rozměr (mm)	150x100x40
váha (g)	400
Počet čidel (max)	256(1024)
Měřicí frekvence	20,000 čidel / s
Typ ukládání	32 MB internal flash
Rozhraní počítače	fiber optic/ USB and Bluetooth TM
Operační systém	Windows
napájení	NIMh battery
Velikost vložky	22 to 49

3.4 Metodika výzkumu

Výzkum proběhl na atletickém stadionu FTVS UK. Probandi dorazili vždy o jednu hodinu dříve, než byli měřeni, a to kvůli času na rozcvičení. Každý proband

proběhl třikrát první tři překážky na trati 110/100 m př. a na trati 400 m př. Přitom měl na sobě připnutý systém Pedar-x..

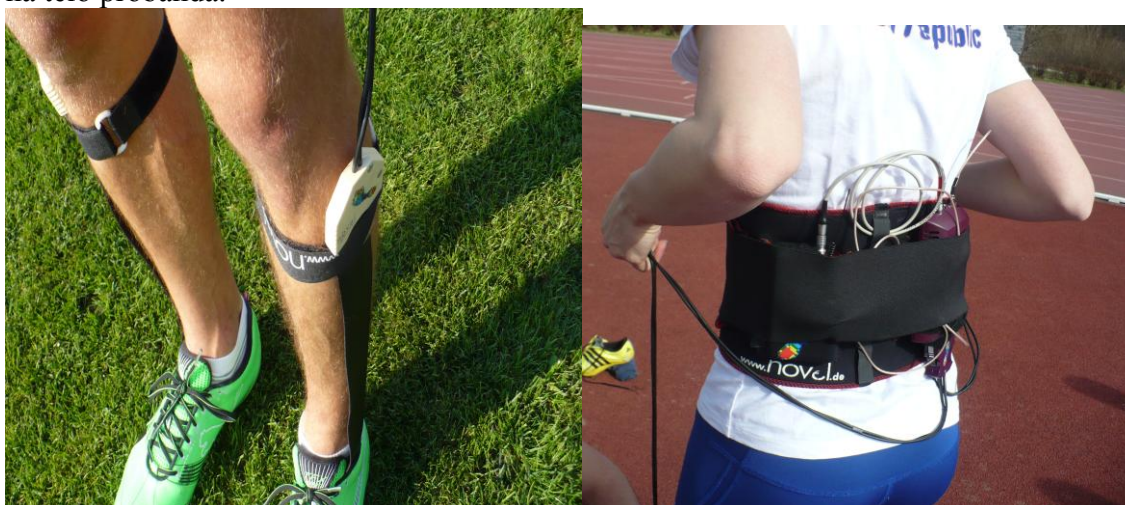
Na hřišti byly připraveny překážky i bloky na obě dvě měřené tratě a zároveň i první proband. Po příchodu pracovníků z CASRI se připravily počítače, systém Pedar-x a kamera, která se synchronizovala se systémem Pedar-x. Při začátku měření musel proband vždy vložit do své boty vložku od systému Pedar-x (obrázek 13) .

Obrázek 13 a 14 – vložka od systému Pedar-x v botě a pás, který se připíná na pás probanda a nese na sobě hardware a anténu systému Pedar-x



Po nazutí bot se musel na oblast pasu připnout pás, na kterém je připevněn hardware systému Pedar-x (obrázek 14) a anténa, která přenáší informace bezdrátovým spojením do softwaru v počítači. Z tohoto pásu vedou i dráty, které končí přípojkou, která se připojí na konec kabelu vycházejícího z vložek bot (obrázek 15). Tyto kabely a dráty se pak následně musely upnout páskami tak, aby v nich byla dostatečná vůle a zároveň nevadily v pohybu probanda.

Obrázek 15, 16 – spojení drátu vedeného od hardwaru systému Pedar-x s kabelem vedeným od vložky a jejich uchycení páskou, úplné přichycení obou dvou pásů a antény na tělo probanda.



Po spojení vložek s hardwarem už zbývalo jen okolo pásu, který nese hardware systému Pedar-x obepnout další pás, který má funkci upevňovací. Dále umístit anténu tak, aby držela a přenášela signál (obrázek 16). Pak se musela vždy při výměně a novém nasazování vložek udělat kalibrace. Ta se prováděla tak, že v počítači se pustí kalibrace a proband má za úkol postavit se na jednu nohu a poté na druhou (obrázek 17).

Poté se už proband připravil k blokům a na pokyn pracovníka CASRI se mohl připravit do bloků a vystartovat. Vzhledem k událostem, které předcházely startu byla atletovi dána volba startu podle svého uvážení proto, aby měl dostatek času se koncentrovat na běh.

Obrázek 17,18,19 - kalibrace systému Pedar-x, pohled na probandku se systémem Pedar-x na sobě - ve startovních blocích, pohled na probandku se systémem Pedar-x na sobě - při přeběhu překážky



První přeběh překážek se konal na 110 m a 100 m trati. Všechny tři přeběhy provedl proband na dané trati za sebou. Poté se přesunul i s pracovníky z CASRI na start 400 m a provedl další tři starty na 400 m trati. Tím, že si každý proband dvakrát nenandával

system Pedar-x, se urychlilo měření. Mezi každým startem na trati 110 m překážek byla minimální pauza 3 minuty a na 400 m trati 5 min, kvůli dostatečnému času na obnovu energetických zdrojů ve svalech.

3.4.1 Zpracování dat

Data, která byla naměřena, se uložila do počítače a jejich zpracování přišlo na řadu až na pracovišti CASRI. Nejprve jsem musel vybrat od každého probanda a z každé trati nejpovedenější přeběh, který následně budu zpracovávat. Výběr přeběhu jsem prováděl podle celkového času přeběhu všech tří překážek. Následně z tohoto běhu jsem vybral překážku s nejkratší letovou fází.

Během měření byli zaznamenány kroky od startovních bloků k první překážce i mezi překážkami. Nejprve jsem tedy musel identifikovat odraz do překážky a dokrok za překážkou. Každý odraz do překážky i dokrok za překážkou trval 0,1-0,20 s., během kterých se mi zobrazovalo rozložení tlaku na chodidlo.

Zobrazení celého kroku však není pro mou práci dostatečné, a proto jsem si oporovou fázi jak při odrazu do překážky, tak i při dokroku za překážkou, rozdělil na dva časové úseky: brzdnou fázi a propulzní fázi. Brzdnou fázi definujeme v systému Pedar-x podle zvětšování plochy opory. Brzdnou fázi tedy definujeme od nulové plochy chodidla zapojené do opory přes maximální plochu zapojené do opory až do strmého poklesu plochy chodidla zapojené do opory. Akcelerační fáze naopak bude od strmého poklesu plochy chodidla zapojené do opory až k téměř nulové. Zde si však budu muset dát pozor na „doznívání“ odrazu a ukončit akcelerační fázi při výrazném zmenšení plochy chodidla zapojené do opory, ale také za výrazného úbytku tlaku. V takto rozdělených částech jsem sledoval křivku centra tlaku, vyhodnocoval největší vertikální sílu, která působila chodidlem na tretru. Dále však i rozložení tlaku na jednotlivá pole.

Centrum tlaku definujeme podle Tvrzníka (2012) jako místo působení výsledné reakční síly podložky v daném čase. Křivka centra tlaku je dráha bodu centra tlaku během času.

Zobrazení tlaku v celé oporové fázi můžeme vyjádřit jako maximální hodnotu tlaku, která působila na políčko během celé doby opory. Mě však bude zajímat celková doba opory (s) a křivka centra tlaku. Taktéž ji využiji k porovnání mezi těmito hodnotami, jaký budou mít vliv na čas letové fáze na trati 110 m př. a 400 m př..

Po takto upravených oporových fázích přenesu soubory do dalšího programu (Pedar-x database), ve kterém je možné vytvořit tzv. report, který mi vyhodnotí základní parametry a vytvoří z nich grafy. S takto zpracovanými daty budu dále pracovat ve své práci.

4 Výsledková část

4.1 Přiblížení popisu na následujících obrázcích

Před samotným popisem je vhodné odkázat na metodiku výzkumu, kde je zobrazen obrázek 19, na kterém můžeme pozorovat rozdělení chodidla na jednotlivé oblasti a políčka systému Pedar-x. V následných obrázcích křivky centra tlaku nejsou takto chodidla rozdělena vzhledem k tomu, že po rozdělení odrazu a dokroku na brzdnou a propulzní fázi nebyl schopen systém Pedar-x udělat složitější analýzu. Jsou k dispozici pouze obrázky, kde není naznačené rozdělení chodidla na 7 oblastí. Přesto je budu v práci běžně používat.

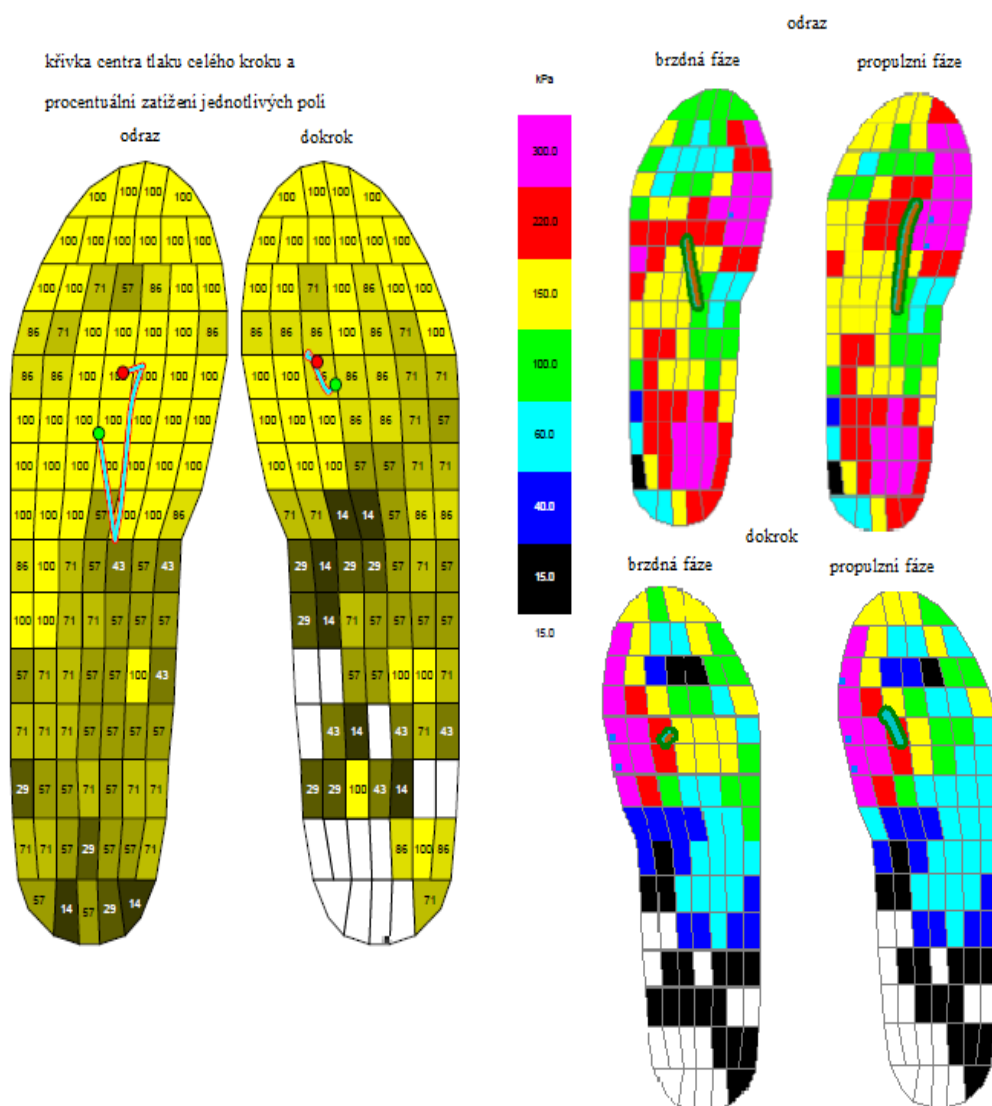
Celková křivka centra tlaku při odrazu do překážky a při dokroku za překážkou bude zobrazena na obrázku, ze kterého se dá také vyčíst procentuální zatížení jednotlivých políček. Tento typ obrázku jsem zvolil kvůli dobré viditelnosti křivky centra tlaku.

Rozložení tlaku neboli hodnoty tlaku v kPa na jednotlivých políčkách při brzdné fázi odrazu do překážky a dokroku za překážkou, propulzní fázi odrazu do překážky a dokroku za překážkou, jsou zobrazeny na obrázku, kde nejsou přesné hodnoty tlaku. Systém Pedar-x nebyl schopen udělat hlubší analýzu krátkého časového úseku tak, aby vytvořil obrázek pro přenos mezi jednotlivými médii s přesnými hodnotami. Přesto na obrázku bude zobrazena barevná stupnice, kde fialová barva znamená 300 kPa a více. Tyto hodnoty se pohybovaly v rozmezí 300-600 kPa. Hodnoty tlaku na těchto obrázcích jsou vždy maximální hodnoty jednotlivých políček, které byly během dané fáze naměřeny. Avšak na obrázku s maximální vertikální silou a polohou atleta při této síle, který bude přiložen v příloze, budou dané tlaky viditelně přesné. Musíme však brát v potaz, že hodnoty tlaku v brzdné i propulzní fázi jsou brány jako hodnoty tlaku za celou tuto fázi, tedy zhruba za 2-5 snímků (0,04-0,10 s).

4.2 Proband 1

4.2.1 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 110 m tratě

Obrázek 20 – Proband 1 - 110 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdná fáze odrazu do překážky, brzdná fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



Z křivky centra tlaku (obrázek 20) odrazu-celého kroku se dá usoudit, že proband provedl odraz pasivně. Nezkrátil odrazový krok a provedl odraz přes celé chodidlo. Začátek křivky centra tlaku (zelená tečka) v brzdné fázi je v laterálním

přednoží a následně se centrum tlaku přesouvalo až k střední části nohy. Tato událost svědčí o tom, že proband, přestože dokročil relativně správně přes laterální přednoží, nebyl schopen udržet tuto sílu na přední části chodidla a dotkl se patou země. To nám potvrzuje i tlak, který je poměrně vysoký v patní oblastech. Dále z křivky centra tlaku je možno vyzorovat přenesení tlaku směrem k mediální části chodidla už během brzděné fáze. Podle rozdělení odrazu na brzdnou a propulzní fázi je vidět, že i v propulzní fázi směřuje křivka centra tlaku k mediálnímu přednoží. Což nám potvrzuje i rozložení tlaku, kde větší tlaky působí na mediální stranu chodidla a to hlavně v oblasti mediálního přednoží a palce. Brzdná fáze odrazu do překážky trvala 0,04s a propulzní fáze 0,1 s

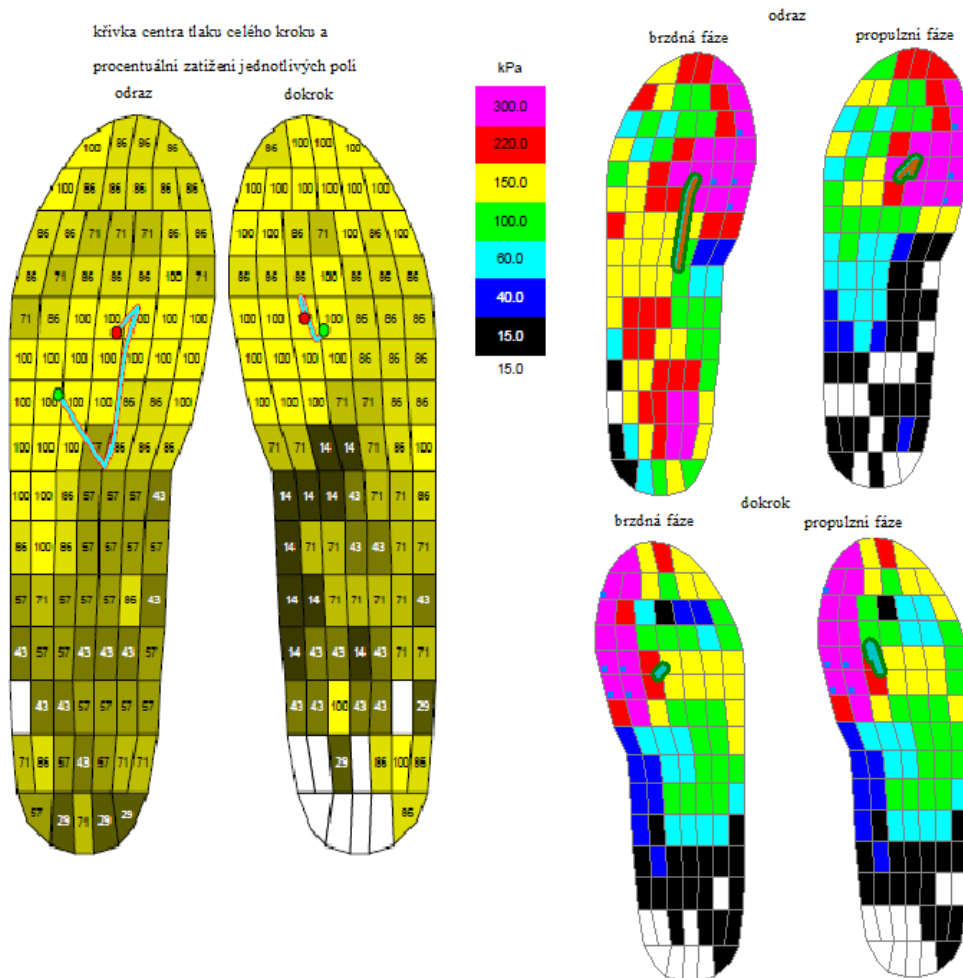
Při brzděné fázi dokroku za překážkou je naopak u probanda pozorována dobrá schopnost udržet se na předních částech chodidla, což je v podstatě podmínkou pro dobré technické přeběhnutí překážky. Křivka centra tlaku je v brzděné fázi dokroku krátká a udržuje se téměř na stejném místě. Tlak při tom dosahuje nejvyšších hodnot v mediální části přednoží a palce, přesto je vidět i mírný vzrůst hodnot tlaku ve střední části chodidla. To se dá považovat za vyrovnávání páky, která působí na chodidlo. V propulzní fázi se křivka tlaku ještě více přesouvá k mediální straně přednoží a palce. I podle zvyšování tlaku v oblasti prstů a mediálního přednoží lze usuzovat, že odraz byl prováděn správně přes přední mediální stranu chodidla a přes palec. Brzdná fáze dokroku za překážkou trvala 0,04 s a propulzní fáze 0,08 s.

Hodnoty maximální vertikální síly při odrazu do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 3. Časový průběh síly a zatížení plochy opory je ukázán v příloze 4. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 5.

Maximální vertikální síla při odrazu do překážky byla 3651,5 N a při dokroku za překážku 1881,6 N. Celková doba kontaktu při odrazu do překážky 0,14 s a při dokroku za překážku 0,12 s. Dokrok za překážkou měl kratší trvání. Kontaktní plocha s podložkou byla u odrazu do překážky 172,08 cm² a u dokroku za překážkou 147,74 cm².

4.2.2 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě

Obrázek 21 – Proband 1- 400 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdná fáze odrazu do překážky, brzdná fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



Podle křivky celého kroku (obrázek 21) je poznat, že brzdná fáze odrazu začínala na laterální straně přednoží a je zde vidět neudržení patní oblasti probandem nad zemí. To samé nám potvrzuje i rozložení tlaku, ze kterého můžeme vyčíst, že dokrok při odrazu byl proveden přes celé chodidlo. To nám v praxi ukazuje na technickou chybu probanda, kdy z přechodu švihového běhu, který je veden přes přední část chodila, nebyl schopen zkrátit odrazový krok dostatečně pod svislý průmět těžiště, a tím brzdná fáze začínala výrazně před těžištěm. Poté však už během brzdné fáze (tak

jak je definována v metodice práce) směřovala křivka centra tlaku směrem k mediální straně chodidla a ze střední části chodidla k přednoží. Křivka propulzní fáze odrazu byla poměrně krátká a probíhala pouze na několika políčkách. Rozložení tlaků nám poukazuje na výrazné přesouvání působnosti tlaku na přední část chodidla a nejvyšší hodnoty tlaku byly naměřeny na mediální straně přednoží a na palci. Brzdná fáze trvala při odrazu do překážky 0,08 s a propulzní 0,06 s.

Délka křivky centra tlaku při brzdné fázi dokroku je krátká. Proband při dokroku za překážkou v brzdné fázi dokázal udržet váhu na přední části chodidla. Toto tvrzení nám potvrzuje i rozložení tlaku, kde nejvyšší hodnoty tlaku byly naměřeny na přední části chodidla. Křivka centra je v oblasti rozdělení laterálního a mediálního přednoží. V brzdné fázi dokroku za překážkou pozorujeme, že i přes velké hodnoty tlaku na mediální straně chodidla, dochází k velkému zatížení na laterální straně, kde se velikost tlaku pohybuje mezi 100-200 kPa. V propulzní fázi se křivka centra tlaku posunuje směrem k mediálnímu přednoží a palci. Tlak v této oblasti opět vzrůstá a naopak v laterální části se tlak zmenšuje. Brzdná fáze dokroku za překážkou trvala 0,04 s a propulzní 0,06 s

Hodnoty maximální vertikální síly při odrazu do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 6. Časový průběh síly a zatížení plochy opory jsou ukázány v příloze 7. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 8.

Na 400 m trati působil atlet na vložku v botách při odrazu maximální vertikální silou 3141,4 N a při dokroku 2308 N. Tyto hodnoty napovídají, že na probanda při dokroku za překážkou působil trojnásobek jeho váhy. Celková doba opory při odrazu do překážky byla 0,14 s a při dokroku za překážkou 0,1 s. Kontaktní plocha se naměřila při odrazu do překážky 170,32 cm² a při dokroku za překážkou 158,16 cm².

4.2.3 Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 110 m trati

Při pohledu na křivku centra tlaku během celého kroku odrazu je vidět velká podobnost, avšak u 400 m trati začíná křivka centra tlaku blíže k střední části chodidla a k laterálnímu okraji. Taktéž u přeběhu překážky na 110 m trati a překážky na 400 m trati se křivka centra tlaku přesouvá ke střední části chodidla. Zde však už pozorujeme, že bod ohybu křivky centra je téměř na stejném místě a pokračuje směrem

k mediálnímu přednoží. Na konci odrazu vidíme u obou přeběhů překážek malý zlom, který směřuje laterálním směrem. Tento zlom můžeme považovat za doznívání odrazu, kdy se odlepují prsty od země. Křivka centra tlaku při dokroku za překážkou je téměř stejná.

Na rozložení tlaku je vidět velký rozdíl, že během brzdné fáze odrazu do překážky je vyvíjen mnohem větší tlak na patní oblast u běhu na 110 m překážek, což je samozřejmě nežádoucí, protože dochází ke ztrátě rychlosti. Naopak v brzdné fázi odrazu bylo na 400 m trati pozorováno větší tlakové zatížení na přední části chodidla (hlavně na mediálním přednoží). Při přeběhu překážky ze 110 m trati jsou v oblasti střední nohy pozorovány poměrně větší hodnoty tlaku než u přeběhu překážky ze 400 m tratě. V propulzní fázi odrazu není příliš výrazný rozdíl. Pouze hodnoty tlaku působící na mediální přednoží chodidla jsou při přeběhu překážky na 400 m trati větší, ale velikost tlaku na palci a prstů byla naměřen vyšší u překážky ze 110 m trati.

V brzdné fázi dokroku za překážkou je vidět patrný rozdíl v distribuci tlaku. Na překážce ze 110 m trati je distribuce tlaku téměř celá rozložena na přední části chodidla (lat. a med.přednoží, palec, prsty). V brzdné fázi je sice tlak i ve střední oblasti nohy, ale tyto tlaky nepřesahují hodnotu 60 kPa. Na překážce ze 110 m trati nebyla vůbec zatížena patní část. To samé je i u překážky ze 400 m trati, ale oproti překážce ze 110 m trati je zde viděna větší distribuce tlaku v oblasti středu nohy. Zajímavé však je, že na 400 m trati byly naměřeny i vyšší hodnoty tlaku na mediální přednoží a palce. Tento fakt nám indikuje, že mohlo dojít k zbytečně velkému vzletu těžiště při přeběhu překážky. Propulzní fáze je podobná u obou dvou překážek. U překážky ze 400 m tratě je ale výrazněji zapojeno mediální přednoží, palec i ostatní prsty. Taktéž na laterálním přednoží a středu nohy se nachází vyšší hodnoty tlaku. Z toho lze usoudit, že propulzní fáze dokroku za překážkou se bude odvíjet od brzdné fáze. A můžeme se domnívat, že vzlet těžiště a dráha těžiště má vliv na distribuci tlaku při dokroku za překážkou.

Z naměřených hodnot, které jsou v příloze 5 (110 m) a v příloze 8 (400 m), můžeme vyčíst, že maxima vertikální síly, kterou působil proband na podložku, byla větší u překážky ze 110 m tratě (3651,5 N) a sice o 510,1 N než na překážce ze 400 m trati. Zajímavá je skutečnost, že ale maximální vertikální síla v dokroku za překážkou byla větší na překážce ze 400 m trati (2308,4 N) a to o 426,8 N. Z těchto údajů se můžeme domnívat, že přechod překážky byl na 110 m po technické stránce na vyšší úrovni.

4.3 Proband 2

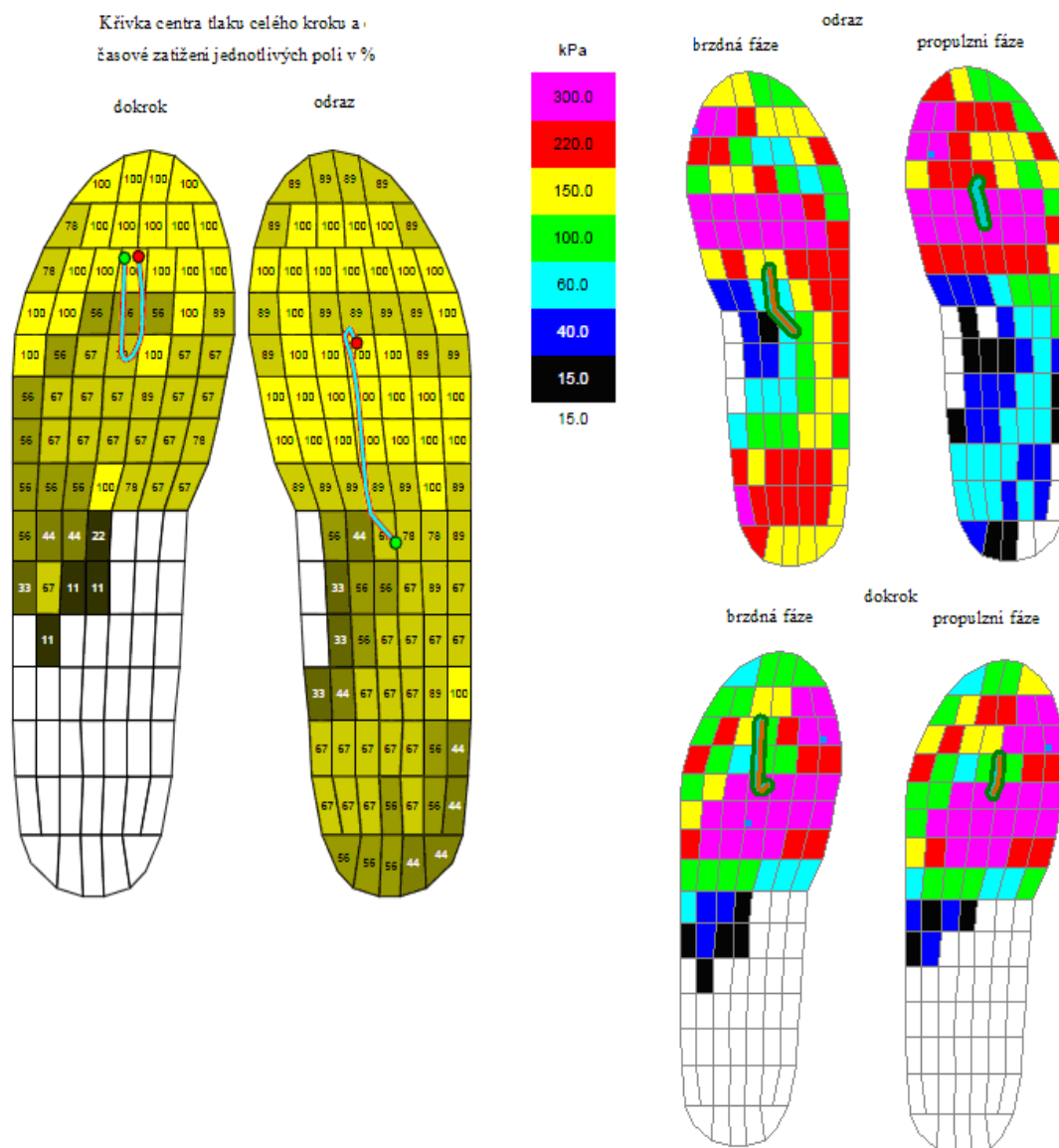
4.3.1 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 110 m tratě

Z křivky centra tlaku (obrázek 22) odrazové nohy můžeme vyvodit, že odraz byl proveden přes celé chodidlo. Křivka centra tlaku při odrazu začíná ve střední části chodidla. Nejprve se lehce stáčí mediálním směrem a poté pokračuje směrem k předním částem nohy. Odraz přes celé chodidlo, jak již bylo řečeno, má negativní dopad na průběh celého přeběhu překážky. V brzdě fázi odrazu můžeme vidět distribuci tlaku na celé chodidlo, kde nejvyšší hodnoty dosahuje v patní oblasti a oblasti obou přednoží. Zarazit nás mohou některá políčka v oblasti střední nohy, kde nejsou naměřeny žádné hodnoty. Tuto událost si můžeme odůvodnit stavbou nohy a předpokládat, že proband má tendenci dokračovat na vnější stranu chodidla, tedy provádí dokrok s velkou supinací nebo jeho chodidlo má vysokou klenbu. Toto tvrzení nám také dokládá distribuce tlaku v přednoží. Jak bylo očekáváno, vyšší hodnoty tlaku se objeví na mediálním přednoží, ale u probanda 2 se také poměrně velké hodnoty objevují na laterálním přednoží.

Křivka centra tlaku z brzdě fázi pokračuje téměř rovně a na konci vidíme menší zlom, který směřuje laterálním směrem. Důvod tohoto zlomu jsem už v textu výše popisoval. Distribuce tlaku se při propulzní fázi přenáší hlavně na přední část chodidla. Z rozložení tlaku je vidět tendence zvyšovat tlak na mediálním přednoží a palci. Brzdě fáze odrazu do překážky trvala 0,08 s a propulzní fáze 0,08s.

U křivky centra tlaku v dokroku za překážkou můžeme pozorovat zajímavý jev: křivka centra tlaku má tvar velkého U, tedy začátek (zelený kroužek) a konec (červený kroužek) končí vedle sebe. Tento jev si můžeme vysvětlit tím, že dokrok a tedy počátek brzdě fáze je veden přes přední část chodidla, ale proband neudrží v hlezenním kloubu plantární flexi a klesne mu pata k zemi. To však vyvrací distribuce tlaku, ze které můžeme na první pohled vyčíst, že tlak byl hlavně na přednoží. Ale vůči např. brzdě fázi v dopadu byly naměřeny vysoké hodnoty tlaku oblasti přednoží, která přechází ve střední oblast nohy. Průběh celého dokroku za překážkou si tedy podle křivky centra tlaku a distribuce tlaku můžeme představit následovně. Prvotní kontakt s podložkou nastal v oblasti prstů, palce a přední části přednoží s propnutým hlezenním kloubem.

obrázek 22 - Proband 2 - 110 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdná fáze odrazu do překážky, brzdná fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



Následně však proband neudržel extenzi v hlezenním kloubu a dochází ke klesání paty k zemi. To však proband udrží nad zemí díky síle lýtkového svalu, který zahájí propulzní fázi. V propulzní fázi se vysoké hodnoty tlaku přesouvají více na mediální přednoží, palec a prsty. Odraz je tedy veden přes mediální přednoží a palec. Také bych měl upozornit na to, že delší excentrická fáze v hlezenním kloubu svědčí o nepřipravenosti lýtkového svalu. Technicky byl dokrok špatně proveden vzhledem k dlouhé době opory při dokroku, která trvala 0,18 s. Z toho brzdná fáze 0,08 s a propulzní fáze 0,1 s. Z těchto hodnot si můžeme odvodit tedy, že odraz do překážky

trval kratší dobu, než dokrok za překážkou, což je znak špatně provedené techniky. Maximální vertikální síla působící při odrazu na podložku byla 2712,1 N, za to při došlapu 2215 N. Síla působící na atleta byl cca. trojnásobně větší než je váha probanda. Kontaktní plocha při odrazu do překážky byla 166,83 cm² a u dokroku za překážkou byla 105,92 cm².

Hodnoty maximální vertikální síly při odrazu do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 9. Časový průběh síly a zatížení plochy opory jsou ukázány v příloze 10. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 11.

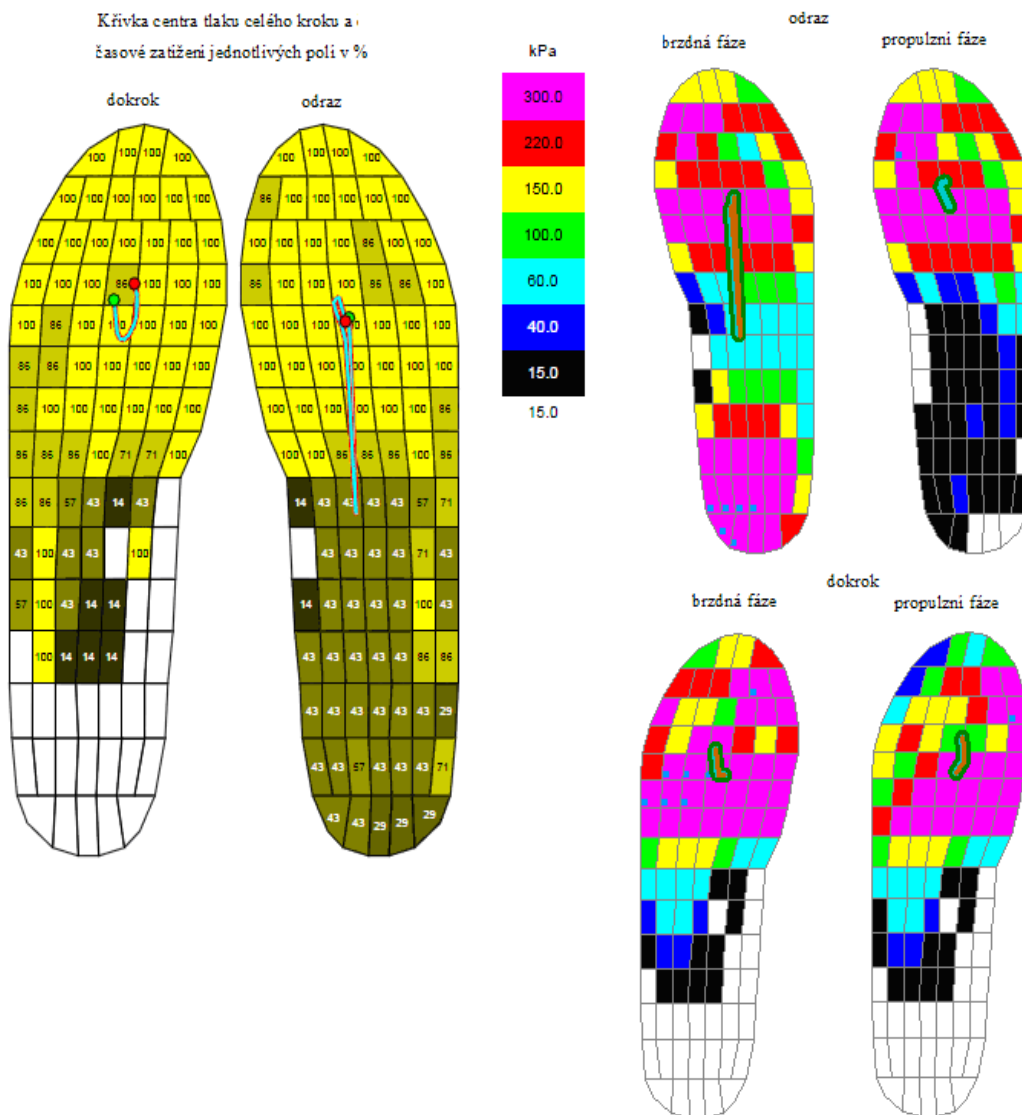
4.3.2 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě

Křivka centra tlaku odrazu (obrázek 23) vytváří velmi zajímavý obrazec. Z této křivky můžeme vyčíst, že první kontakt v brzdě fázi odrazu byl s podložkou v oblasti přednoží nohy, ale proband se neudržel na přední části chodidla a velkou část své váhy přenesl na patu.

Křivka tlaku tedy začíná na přednoží, přechází směrem k patě, kde se zastavuje zhruba uprostřed oblasti středu nohy. Z tohoto bodu se opět vrací směrem k přednoží po stejné dráze. V přednoží se ještě lehce stočí zpět. Z distribuce tlaku můžeme odvodit fakt, že odraz byl veden přes zadní část chodidla. V patní oblasti byly naměřeny vysoké hodnoty tlaku v brzdě fázi odrazu, což odpovídá provedení odrazu přes celé chodidlo. Zároveň zde však vidíme i velké hodnoty tlaku v přednoží a to jak v laterální, tak mediální části.

Zajímavé je však, že hodnoty v oblasti středu nohy nejsou příliš vysoké. Tyto hodnoty by se daly vysvětlit neudržením patní oblasti ve vzduchu, kdy proband při dokroku na přední část chodidla neudrží patu nad zemí. Přenesení většiny váhy na patní část, tedy i tlak na danou oblast bude větší. Při přenesení váhy na patu je díky vysoké klenbě probanda střední oblast chodidla téměř nezatížena. Následné přenesení váhy opět na přední část chodidla je provedeno obdobným způsobem tak, že střední část chodidla se téměř nezatíží. Takto provedený odraz má samozřejmě negativní dopad na rychlost přeběhu překážky, kde mohlo dojít k velkému snížení horizontální rychlosti těžiště a výraznému nárůstu vertikální rychlosti těžiště, která mohla donutit probanda ke zbytečnému vzletu těžiště nad překážkou.

Obrázek 23 - Proband 2- 400 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdná fáze odrazu do překážky, brzdná fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



V propulzní fázi odrazu vidíme zvyšování hodnot v mediální části přednoží, palce a prstů nohy. Takže odraz je dokončen přes mediální stranu chodidla. Brzdná fáze trvala 0,08 s a propulzní fáze 0,06 s.

Z křivky centra tlaku při dokroku za překážkou se dá usoudit, že proband udržel po celou dobu dokroku váhu na přední části chodidla. Křivka centra tlaku začíná v laterální části přednoží a v podstatě okamžitě přechází do mediální částí přednoží, kde postupuje zvolna vpřed a vytváří malý oblouk. Takováto křivka vypovídá o tom, že dokrok za překážkou byl proveden nejdříve přes laterální stranu přednoží a postupně se váha těla přenášela na mediální přednoží. Toto nám potvrzuje i distribuce tlaku v brzdné fázi odrazu. V brzdné fázi je vysoká hodnota tlaku měřena na celém přednoží a z části

i na oblasti středního chodidla. Váha probanda se nepřenesla na patní část chodidla, z toho vyplývá, že proband udržel při dokroku za překážkou nohu zcela napnutou. I přesto, že na atleta působila poměrně velká vertikální síla vzhledem k provedení špatného odrazu. V propulzní fázi se celkový tlak působící na chodidlo zmenšoval a jeho vyšší hodnoty zůstaly na mediální straně přednoží a palci. Propulzní fáze byla tedy provedena přes palec a mediální stranu přednoží. Brzdná fáze trvala 0,06s a propulzní taktéž 0,06s.

Maximální vertikální síla při odraze byla naměřena 4112,8 N, což je téměř šestinásobek váhy probanda. Tato velká vertikální síla mohla mít za následek velké zpomalení při běhu. Celkový kontaktní čas s podložkou při odraze byl 0,14 s. a je o 0,2s vyšší než byl celkový kontaktní čas při dokroku za překážkou. Celková kontaktní plocha byla při odraze do překážky naměřena 170,30 cm² a u dokroku za překážkou 125,02 cm².

Hodnoty maximální vertikální síly při odraze do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 12 . Časový průběh síly a zatížení plochy opory jsou ukázány v příloze 13. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 14.

4.3.3 Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 110 m trati

Hned z prvního pohledu na křivky centra tlaku odrazu do překážky jsou patrné obrovské rozdíly. Oba odrazy byly vedeny přes patu. Nicméně u překážky ze 110 m trati se jednalo o typický odraz přes celé chodidlo, který je poměrně běžný u závodníků nižší výkonnostní úrovně. Také proto je vedena křivka centra z oblasti středu nohy směrem k přednoží chodidla. U překážky ze 400 m trati přichází na řadu odraz, který měl být z počátku veden čistě přes přední část chodidla, ale proband neudržel patní část chodidla nad zemí a tudíž z toho vyplynul špatný odraz, který by se dal přirovnat k špatnému provedení dvojité práce kotníku. Křivka centra tlaku byla proto vedena, na rozdíl od překážky ze 110 m tratě, z přednoží do střední oblasti chodidla a zpátky. Křivka centra tlaku má však podobný průběh u obou dvou překážek. Nachází se uprostřed střední oblasti chodidla a přednoží. Z distribuce tlaku může pozorovat velký rozdíl v oblasti paty při brzdné fázi odrazu, kde při překážce ze 400 m trati dochází k většímu zatížení. Naopak v přední části chodidla je tlak rozvrstven téměř stejně. Jediný podstatný rozdíl můžeme pozorovat ve velikosti tlaku, který působí na laterální

přednoží a je u překážky ze 110 m trati větší. V propulzní fázi odrazu jsou hodnoty tlaku velice podobné až na to, že na překážce ze 110 m trati je patrné malé zatížení v oblasti středního chodidla a paty. Můžeme tedy usoudit, že distribuce tlaku i křivky centra tlaku jsou v propulzní fázi odrazu do překážky velmi podobné.

Velké rozdíly však nastávají při maximech vertikálních sil působících na podložku. V odrazu do překážky z tratě 400 m byla naměřena hodnota 4112,8 N, což je o 1400,5 N vyšší než na překážce ze 110 m trati. Zde se však můžeme oprávněně domnívat, že takto velký rozdíl je způsoben špatnou technikou odrazu probanda na 400 m trati. Celková kontaktní plocha byla také větší u překážky ze 400 m trati (170,30 cm²) a to o 3,47 cm² (110 m 166,83 cm²). Kontaktní doba chodidla s podložkou byla ale výrazně vyšší u překážky ze 110 m trati (0,18 s) a to o 0,04s (400m 0,14s). Tedy i když byl odraz na 400 m trati proveden hůře technicky, provedl ho proband rychleji než na 110 m trati.

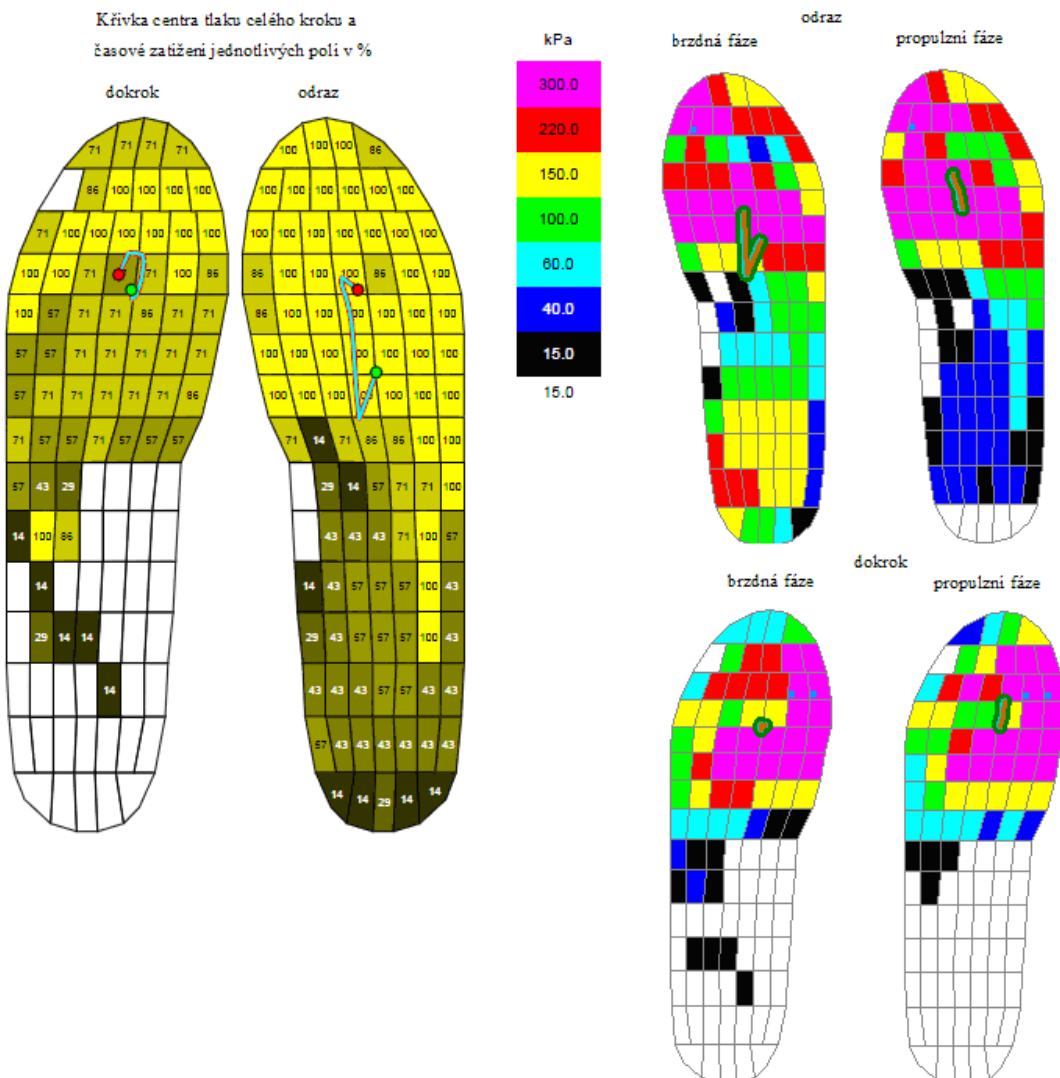
V dokroku za překážkou vidíme opačný jev, než byl u odrazu. Zde křivka centra tlaku u překážky ze 400 m trati vypovídá o dobrém provedení dokroku za překážkou. Křivka u obou center má tvar U, ovšem u překážky ze 110 m trati má začátek i konec křivky centra výrazně blíže k prstům nohy. Ohyb křivky centra tlaku je u obou překážek zhruba na stejné úrovni, tedy křivka centra tlaku u překážky ze 110 m má větší délku od začátku ke konci. Z této křivky můžeme odvodit: dokrok za překážku u 400 m trati byl proveden technicky lépe i přesto, že na probanda působila větší vertikální síla (2554 N) než u překážky z 110 m trati. Z distribuce tlaku v brzdě fázi dokroku za překážkou pozorujeme poměrně velký rozdíl ve velikosti tlaku laterální části přednoží, kdy na překážce ze 400 m tratě pozorujeme vyšší hodnoty tlaku na nejlaterálnějších políčkách laterálního přednoží. Dále pak je u této překážky vidět větší rozvrstvení tlaku v oblasti střední nohy. V propulzní fázi můžeme rozeznat rozdíl v zatížení palce a prstů, kdy u překážky z 110 m trati je větší zatížení v oblasti palce a prstů. U překážky ze 400 m tratě je vidět větší zatížení v mediálním přednoží. Maximální vertikální síla působící probandem při dokroku za překážkou u překážky ze 400 m tratě byla 2554,4 N a u překážky ze 110 m tratě 2215,1 N. Rozdíl mezi těmito silami je 339,3 N. Opět nám to ukazuje na velice špatný odraz a přechod přes překážku na 400 m trati. Avšak celková doba opory byla přitom u překážky ze 400 m trati menší (0,12 s) a to o 0,4 s (110 m 0,16 s). Právě tato hodnota nám indikuje, že i přes velkou vertikální sílu nemusel být vzlet těžiště vyšší než u 110 m př. A to z důvodu kratší doby opory, kvůli které nemusí větší maximum vertikální síly znamenat vyšší vzletovou rychlost.

Celková doba opory je kratší u překážky ze 400 m tratě jak u odrazu do překážky, tak i u dokroku za překážkou. Celková plocha opory byla u překážky 400 m 125,02 cm² a u překážky ze 110 m trati 105,92 cm².

4.4 Proband 3

4.4.1 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 110 m trati

Obrázek 24 - Proband 3 - 110 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdná fáze odrazu do překážky, brzdná fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



Křivka centra tlaku (obrázek 24) začíná u odrazové nohy v oblasti laterálního přednoží, postupuje mediálně vzad, kde se ohýbá a poté směřuje vzhůru a mírně laterálně. Políčko

před ukončením přednoží se opět lehce zakrucuje laterálně (zlom, viz výš). Z takové křivky centra tlaku můžeme usoudit, že odraz byl proveden přes celé chodidlo, ale patní oblast byla jen mírně zatížena. Také tato křivka centra tlaku je skoro celá uprostřed chodidla v rozmezí mezi laterálním a mediálním přednožím. Z toho se dá usoudit, že během celého odrazu byl tlak rovnoměrně rozložen převážně na přední části chodidla. To také potvrzuje distribuce tlaku na chodidle. V brzdě fázi je vidět i tlak na patní části. Tento tlak nám indikuje, že odraz byl přes celé chodidlo, přesto ale většina váhy byla na přední části chodidla. Zde vidíme opět jako u probanda 2 snížení tlaku na některých políčkách v laterální části v oblasti střední nohy. Příčinu tohoto jevu jsem popsal u probanda 2. V propulzní fázi můžeme pozorovat přesun vyšších hodnot tlaku na mediální část přednoží, tento přesun je ale velmi malý. Výrazný je samozřejmě úbytek tlaku působící na oblast střední nohy a paty. Brzdě fáze trvala 0,06 s a propulzní 0,08 s.

Křivka centra tlaku při dokroku za překážkou má poměrně zvláštní průběh. Má tvar obráceného U a její začátek se nachází opět na rozmezí laterálního a mediálního přednoží jedno políčko od oblasti prstů. Zajímavý je však směr křivky, který je veden po oblouku vpřed, ale stáčí se laterálním směrem. Tato křivka by nám měla ukazovat na přenesení váhy během odrazu mírně na laterální stranu přednoží. To nám potvrzuje i distribuce tlaku v propulzní části, kde se nám tlak oproti brzdě fázi zvětšuje laterálním směrem. Tato charakteristika nám může napovědět průběh dokroku, kdy na počátku brzdě fáze váha probanda působila hned od začátku na mediální část přednoží a palce a postupem brzdě fáze se více zapojovaly prsty nohy. Z této charakteristiky vyplývá skutečnost, že po dokroku bylo vytočeno chodidlo směrem dovnitř. Během celého dokroku za překážkou udržel proband váhu pouze na přední části chodidla. Brzdě fáze trvala 0,06 s a propulzní 0,08 s.

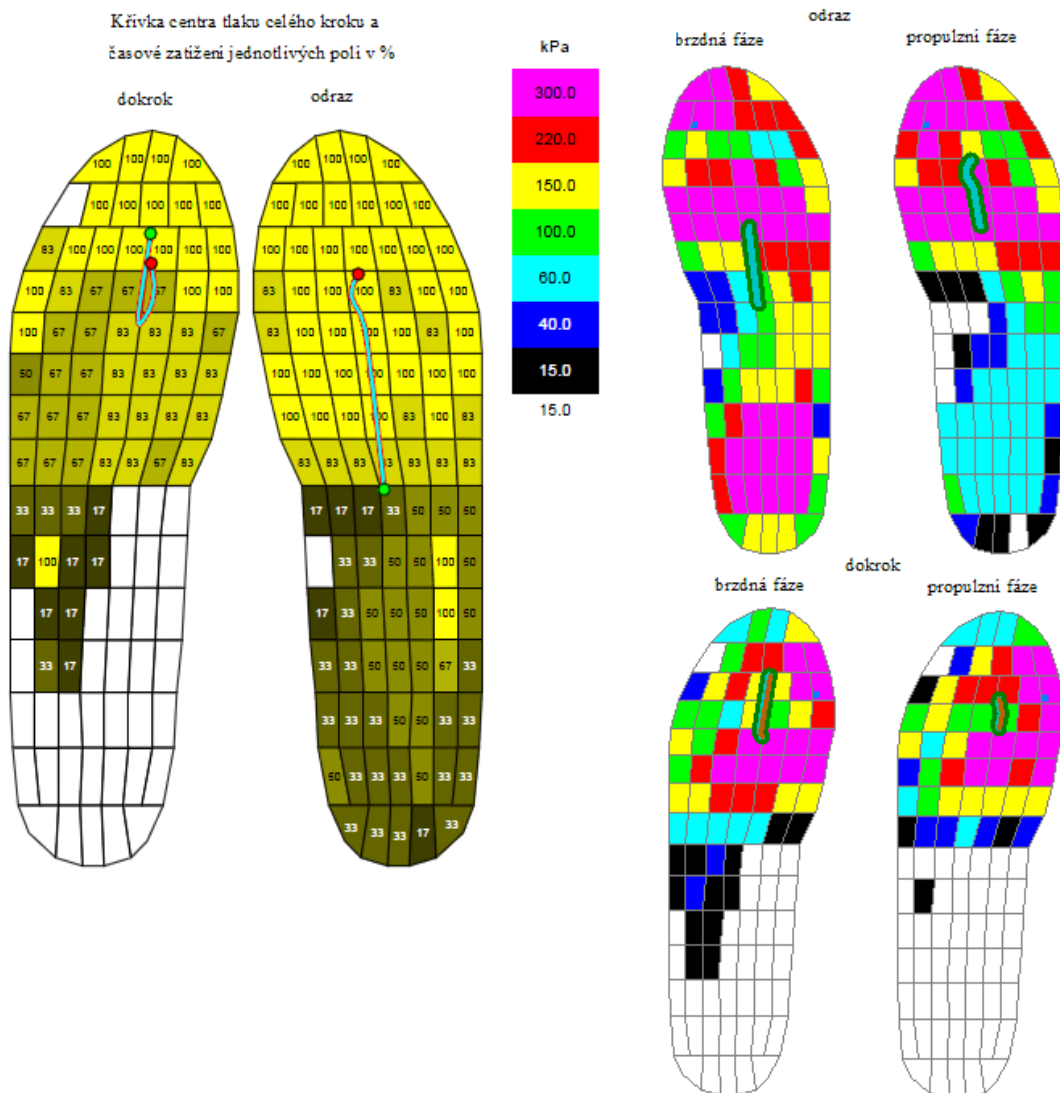
Maximální síla působící probandem na podložku byla při odrazu do překážky 2835,1 N a při dokroku za překážkou 2014,2 N. Celková kontaktní plocha byla při odrazu do překážky 168,58 cm² a při dokroku za překážkou 107,66 cm².

Hodnoty maximální vertikální síly při odrazu do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 15 . Časový průběh síly a zatížení plochy opory jsou ukázány v příloze 16. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 17.

4.4.2 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě

Křivka centra tlaku odrazu (obrázek 25) do překážky začíná ve středu oblasti střední nohy. To nám napovídá, že dopad chodidla na podložku byl plochý. Křivka centra tlaku nevykazuje tedy žádný počáteční bod v laterální straně. Křivka centra tlaku pak dále pokračuje směrem k přednoží a stáčí se mírně mediálně. To odpovídá běžnému provedení odrazu, kdy dochází k postupnému přenášení váhy na mediální stranu chodidla. Z distribuce tlaku vyplývá velké zatížení v oblastech přednoží a paty. Zde jde opět o špatně

Obrázek 25 - Proband 3 - 400 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdná fáze odrazu do překážky, brzdná fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



přípravený odraz, kdy se proband odráží přes celé chodidlo. V brzdě fázi, ale i propulzní si můžeme všimnout velkého tlaku na políčkách v přednoží a konečných políčkách prstů. Mezi těmito políčky jsou políčka s poměrně nevýraznými hodnotami tlaku. Tento úkaz, můžeme přisoudit k nedolehnutí všech článků prstů na vložku. Toto nedolehnutí článků může způsobovat začínající plantární flexe, při které mají prsty tendenci se formovat a zvedat od podložky. V brzdě fázi odrazu do překážky je tedy výrazný tlak na patě a tím pádem i zvýrazněný tlak v oblasti střední nohy. V propulzní fázi se tlak přenáší na přední část chodidla a odlehčuje se patní oblast a oblast středu nohy. Tlak se ale v propulzní fázi odrazu do překážky, v oblasti přednoží, prstů a palce naopak spíše přenáší laterálním směrem. Brzdě fáze odrazu do překážky trvala 0,04 s a propulzní fáze 0,08 s.

Dokrok za překážkou je proveden pouze na přední části chodidla. Křivka centra tlaku začíná na rozmezí mediálního přednoží a prstů. Poté směřuje směrem vpřed a mírně laterálně. Ale ještě v oblasti mediálního přednoží se tato křivka stočí směrem vzad mediálně a na konci se opět mírně zakříví laterálním směrem. Dopad tedy byl proveden mírně na mediální stranu chodidla a při excentrické kontrakci lýtky se váha minimálně přesouvá laterálním směrem a poté v propulzní fázi opět mírně mediálním směrem. Tento popis odpovídá teoretickému zatížení, kdy ke kontaktu se zemí dochází nejprve přes palec, poté prsty nohy a odvíjení od plochy končí zase přes palec. Tento fakt podporuje i distribuce tlaku, při níž je vidět v brzdě fázi větší tlakové zatížení na laterální straně přednoží, než u propulzní fáze. V propulzní fázi ubývá tlak působící na rozhraní mezi přednožím a oblastí střední nohy, ale celková distribuce tlaku je více zaměřena na mediální přednoží. Brzdě fáze odrazu do překážky trvala 0,06 s a propulzní fáze 0,06 s.

Maximální vertikální síla v odrazu byla naměřena 3629,4 N a u dokroku za překážkou 2031 N. Celková doba opory byla jak u odrazu do překážky tak u dokroku za překážkou 120 s. Celková kontaktní plocha chodidla s podložkou se naměřila při odrazu do překážky 170,30 cm² a při dokroku za překážkou 109,43 cm².

Hodnoty maximální vertikální síly při odrazu do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 18. Časový průběh síly a zatížení plochy opory jsou ukázány v příloze 19. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 20.

4.4.3 Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 110 m trati

Na první pohled jsou oba odrazy do překážky podobné, avšak ne úplně stejné. Křivka centra tlaku u odrazu na překážce ze 110 m trati začíná jinde. Tento začátek je více na laterální straně mediálního přednoží a klesá ke středu rozhraní přednoží a střední oblasti nohy. Začátek křivky centra tlaku u překážky ze 400 m tratě se nachází v oblasti střední nohy. Začátek křivky centra tlaku ze 400 m tratě je o jedno políčko blíže k patní oblasti, než zakřivení křivky odrazu do překážky ze 110 m tratě. Pokračování obou dvou křivek má poté stejný průběh. Směřuje přes políčka v přednoží směrem k políčkům prstové části. Křivka centra u obou odrazů do překážky však končí na stejném políčku, a to na rozhraní laterálního a mediálního přednoží. Konečné zakřivení, tedy doznívání odrazu, má jiný tvar. U odrazu do překážky 110 m trati má křivka na konci zlom (viz výše). U překážky ze 400 m je ale konec křivky veden ještě mírně vpřed. Z křivek centra tlaku můžeme tedy usoudit, že odraz na překážku ze 110 m tratě a odraz na překážku ze 400 m tratě je velmi podobný. Viditelný rozdíl nacházíme hlavně v brzdě fázi odrazu, kdy proband u překážky ze 400 m tratě přenáší váhu více na patu.

V distribuci tlaku v brzdě fázi odrazu do překážky jsme zaznamenali velký rozdíl v oblasti střední nohy a paty. Kde tlak u překážky ze 400 m je podstatně vyšší než u překážky ze 110 m tratě. Naopak u překážky ze 110 m tratě vidíme mírně vyšší hodnoty tlaku na přední části chodidla. V propulzní fázi odrazu pozorujeme vyšší tlakové zatížení na přední části chodidla u překážky ze 110 m tratě, které se týká hlavně mediálního přednoží. Naopak u překážky ze 400 m tratě vidíme vyšší tlakové zatížení v oblastech palce a prstů. Brzdě fáze u překážky ze 110 m trati trvala 0,04 s a u překážky z 110 m trati 0,06 s. Tento rozdíl úplně neodpovídá rozložení tlaku a křivce centra tlaku, ale proband nejspíš u překážky ze 400 m tratě po dopadu patní oblasti zvedl rychle patu nad zem, a tím byla zahájena propulzní fáze, která trvala ale celých 0,08 s. Maximální vyvinutá vertikální síla byla větší při překážce ze 400 m tratě (3629,4 N) a to 794,3 N vůči překážce ze 110 m tratě (2835,1 N). V celkové kontaktní ploše nebyl naměřen příliš velký rozdíl. U překážky ze 110 m trati byla naměřena hodnota 168,58 cm² a u překážky ze 400 m tratě 170,30 cm². Celkový kontaktní čas byl však už o dvě setiny rozdílný, kdy odraz na trati 110 m překážek (0,14 s) byl o 0,02 s pomalejší vůči překážce ze 400 m tratě (0,12 s).

V dokroku za překážkou je v křivce centra poměrně velký rozdíl mezi jednotlivými překážkami. Křivka centra tlaku na 110 m trati se nachází jen na oblasti

dvou políček, zatím co v dokroku za překážkou ze 400 m trati se křivka centra rozkládá na 4 políčkách. Průběh těchto dvou křivek je zrcadlový. U dokroku ze 110 m trati probíhá křivka celá v oblasti přednoží a má tvar obráceného U, kdy ze začátku stoupá směrem k oblasti prstů a poté se stáčí na laterální stranu. Naopak u překážky ze 400 m trati má tvar U. Také celá křivka centra tlaku je umístěna jen v přednoží, ale z počátku mírně klesá směrem k patní oblasti a poté se stáčí vpřed mediálním směrem. Rozdíl tedy v dopadu byl, že u překážky ze 110 m trati byl dokrok veden více přes laterální stranu. Naopak u překážky ze 400 m trati přes stranu mediální. Distribuce tlaku v brzdě fázi je velmi podobná, avšak můžeme pozorovat malé rozdíly. Hlavně v podobě vyššího tlakového zatížení na mediální straně přednoží u překážky ze 110 m tratě. V propulzní fázi tento trend postupuje, ale v propulzní fázi u překážky ze 400 m tratě můžeme pozorovat úbytek hodnot tlaku v laterální části přednoží. Naopak u překážky ze 110 m se hodnoty tlaku v laterální části příliš nemění, spíše vidíme nárůst. Maximální vertikální síla byla v dokroku za překážkou naměřena u 110 m tratě 2031 N a u 400 m tratě 2014,2 N. Rozdíl tedy činí 16,8 N. Celková doba kontaktu byla v dokrokové fázi naměřena u překážky ze 110 m trati 0,14 s a u překážky ze 400 m trati 0,12 s.

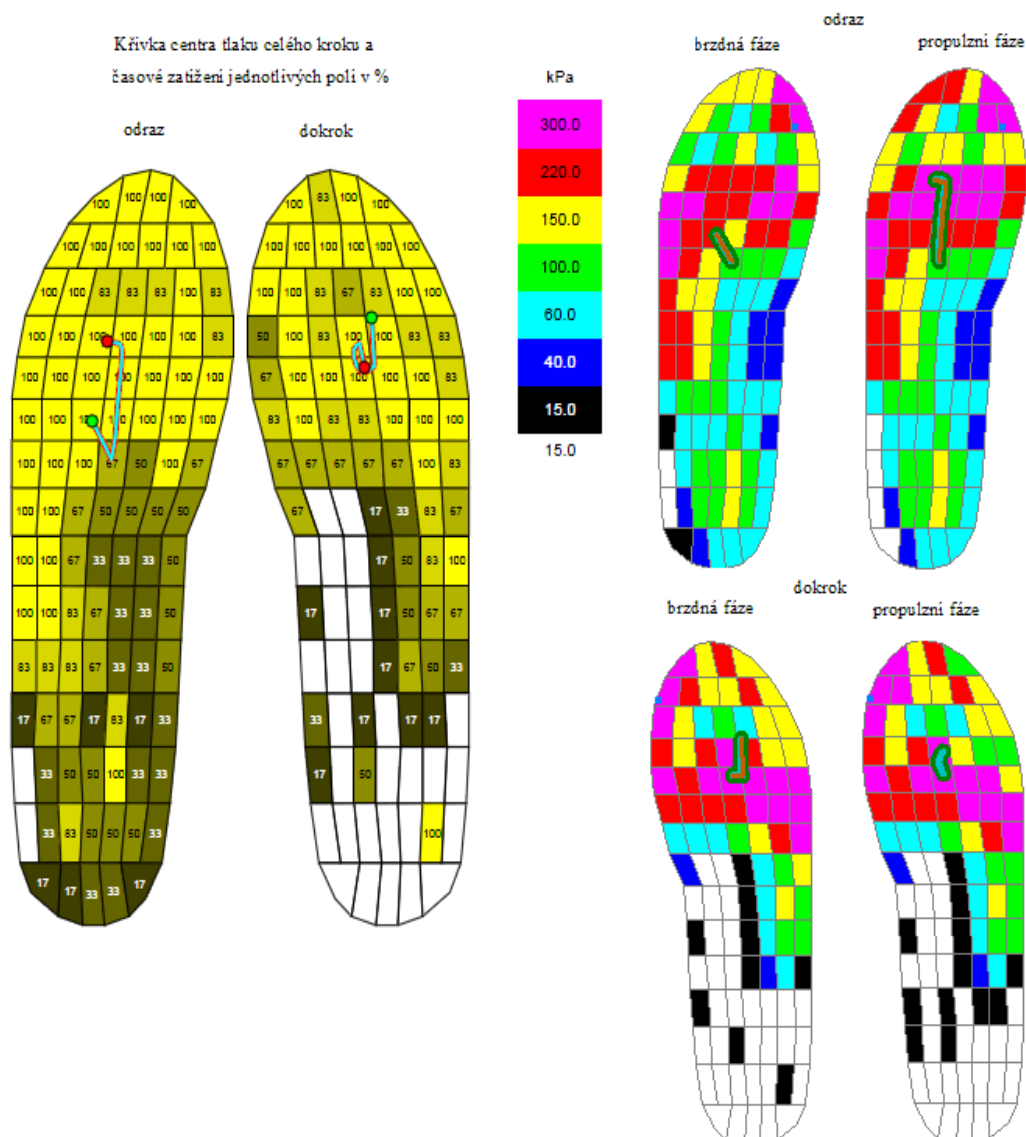
4.5 Proband 4

4.5.1 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 100 m tratě

Křivka centra tlaku (obrázek 26) při odrazové části začíná na laterálním přednoží a postupuje mírně mediálním směrem vzad (o jedno políčko níž). Zde se ohýbá a směřuje vpřed o tři políčka, kde se na konci stáčí laterálně. Tento průběh křivky centra tlaku nám ukazuje, že dopad byl veden nejprve přes laterální nebo-li malíkovou stranu, poté došlo k přenesení váhy na střední oblast nohy a lehce i na patní oblast. Totéž nám potvrzuje i distribuce tlaku, kde vidíme v brzdě fázi hlavně vysoké hodnoty tlaku v laterálním přednoží, které se přes propulzní fázi přesouvají k mediálnímu přednoží, palci a prstům. V brzdě fázi došlo k zatížení oblasti paty, ale hodnoty tlaku na jednotlivých políčkách jsou zanedbatelné, tedy můžeme předpokládat, že patní oblast nebyla v kontaktu s podložkou. Toto nám ukazuje, že odraz byl proveden správně pouze přes přední část chodidla. Brzdě fáze odrazu do překážky trvala 0,04 s a odrazová 0,08.

Křivka centra tlaku z dokroku za překážkou začíná na rozhraní laterálního a mediálního přednoží, blíže k oblasti prstů. Ze směruje vzad, o jedno políčko vzad mediálním směrem, poté se opět ohýba a směruje zhruba půl políčka vzhůru, pak nastává opět vrácení křivky zpět o půl políčka, které můžeme považovat za doznívání odrazu. Distribuce tlaku indikuje, že celý dokrok za překážkou byl proveden na předních částech chodidla. V brzdě fázi dokroku můžeme pozorovat velké tlakové zatížení laterálního přednoží a zároveň i palce. V oblasti přednoží se vyskytují tlaky okolo 100 kPa, ty můžeme považovat za projev páky, která působí na chodidlo při

Obrázek 26 – Proband 4 100 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdě fáze odrazu do překážky, brzdě fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



dokroku .V propulzí fázi pozorujeme rozdíl vůči brzdě fázi v přenosu větších hodnot tlaku na palec. Naopak pozorujeme odlehčení od tlakové zátěže z laterální části přednoží. Brzdě fáze odrazu do překážky trvala 0,06 s a propulzní 0,06 s.

Maximální vertikální síla při odrazu do překážky byla naměřena 2402,3 N a při zášlapu 1865,9 . Celkovou plochu při odrazu do překážky vyhodnotil systém Pedar-x na 152,27 cm² a při dokroku za překážkou 109,82 cm². Celková doba opory byla stejná při odrazu do překážky i při dokroku za překážkou a to 0,12 s.

Hodnoty maximální vertikální síly při odrazu do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 21. Časový průběh síly a zatížení plochy opory jsou ukázány v příloze 22. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 23.

4.5.2 Popis distribuce tlaku a křivky centra tlaku na překážce ze 400 m tratě

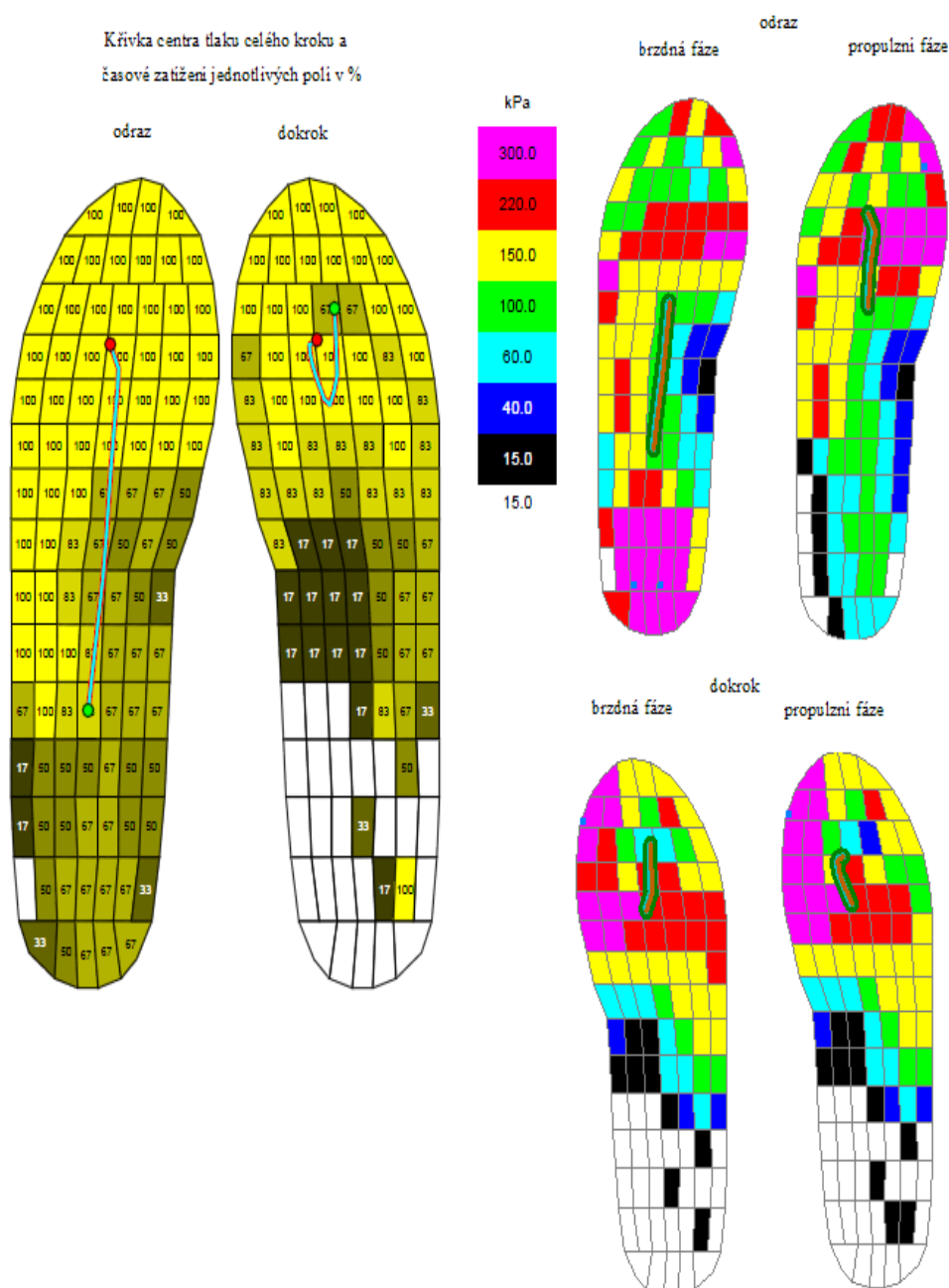
Křivka tlaku při odrazu (obrázek 27) do překážky začíná na políčku, které tvoří rozhraní mezi patní oblastí a oblastí střední nohy. Poté křivka vede směrem k přednoží a mírně mediálně. Končí v oblasti přednoží a na konci se mírně stáčí laterálním směrem. Ze začátku křivky, která je skoro v oblasti paty, můžeme usoudit, že odraz byl veden přes patu. Toto nám potvrzuje i distribuce tlaku, která v brzdě dráze vykazuje velké hodnoty tlaku v patní oblasti (přes 600 kPa). Naopak v přednoží zaznamenáváme poměrně malé hodnoty. Z distribuce tlaku v brzdě fázi a křivky centra tlaku, si můžeme představit dokrok probandky čistě přes patu (ne přes celé chodidlo).V propulzní fázi se tlak přenáší na mediální přednoží, naopak ubývá z patní a střední nožní oblasti. V propulzní fázi jsou hodnoty tlaku výrazně vyšší v mediálním přednoží než v laterálním přednoží. Brzdě fáze odrazu do překážky trvala 0,06 s a propulzní 0,06 s.

V dokroku za překážkou začíná křivka centra tlaku na rozhraní mediálního a laterálního přednoží. Ze začátku křivka směřuje vzad o dvě políčka níže a mírně mediálně. Poté se opět ohýbá a směřuje od dvě políčka vpřed a mírně mediálně. Z této křivky vyplývá, že proband mírně propadl v hlezenním kloubu při dokroku za překážkou. Ale tento propad byl velice malý, vzhledem k tomu že distribuce tlaku nám indikuje, že při brzdě fázi nebyla zapojena vůbec patní část. Z distribuce tlaku dále vidíme přenos vyšších hodnot tlaku na mediální část přednoží a palce, z brzdě fáze na

propulzní. Naopak během propulzní fáze se zmenšují hodnoty tlaku na laterální část přednoží a oblast střední nohy zůstává během celého dokroku za překážkou mírně zatížena. Brzdná fáze odrazu do překážky trvala 0,06 s a propulzní 0,06 s.

Maximální vertikální síla při odrazu do překážky byla naměřena 2344,7 N a v dokroku za překážkou 2040,2 N. Rozdíl mezi odrazem a dokrokem byl 304,5 N. Celková plocha opory byla při odrazu 153,87 cm². Na rozdíl od toho při dokroku 116,13 cm². Celková kontaktní doba byla jak u odrazu, tak při dopadu 0,12 s.

Obrázek 27 - Proband 4 - 400 m př. - křivka centra tlaku celého kroku a procentuální zatížení jednotlivých polí, brzdná fáze odrazu do překážky, brzdná fáze dokroku za překážkou, propulzní fáze odrazu do překážky, propulzní fáze dokroku za překážkou



Hodnoty maximální vertikální síly při odrazu do překážky i dokroku za překážkou s polohou těla probanda jsou ukázány v příloze 24 . Časový průběh síly a zatížení plochy opory jsou ukázány v příloze 25. Tabulkové hodnoty z reportu systému Pedar-x jsou v příloze 26.

4.5.3 Porovnání přeběhu překážky na 400 m a 100 m trati

Křivky centra tlaku při odrazu do překážky mají velmi rozdílný průběh. U překážky ze 400 m trati má začátek křivky tlak skoro v patní oblasti. Naproti tomu u překážky ze 100 m trati začíná v laterální části přednoží. I přesto, že křivka centra tlaku z překážky ze 400 m tratě vede téměř přes celé chodidlo dochází v určité fázi (propulzní) ke synchronizování s křivkou centra tlaku z překážky na 100 m trati. Distribuce tlaku na celé chodidlo v brzděné fázi odrazu se odlišuje jasným zatížením paty u 400 m překážky, naopak u 110 m překážky je zatížení v patní oblasti nízké. Z toho vyplývá i tlakové zatížení na přednoží, které je výrazně vyšší u překážky ze 100 m tratě. Propulzní fáze odrazu do překážky má v sobě také značné rozdíly. U překážky ze 100 m tratě je více zatížena laterální strana přednoží, naproti tomu u 400 m překážky se vysoké hodnoty tlaku soustřeďují hlavně v mediální části přednoží a v palci. Také tlak vyvíjený na oblast prstu je vyšší u překážky ze 100 m trati. Odraz do překážky na 100 m je veden téměř čistě přes přední chodidlo, naopak u překážky na 400 m je veden hlavně přes patu.

Křivka centra tlaku má v dokroku za překážkou ze 100 m tratě podobný tvar jako dokrok za překážkou ze 400 m tratě, ale u dokroku na 400 m trati přesahuje více políček. Také u překážky ze 100 m trati můžeme pozorovat vůči překážce z delší tratě posun celé křivky centra tlaku mírně laterálním směrem. Z této skutečnosti bychom mohli odvodit, že dokrok za překážkou ze 100 m tratě byl proveden více přes malíkovou stranu chodidla. To nám také potvrzuje distribuce tlaku, kdy jak v brzděné fázi, tak v propulzní fázi byly naměřeny vyšší hodnoty tlaku na laterálním přednoží u dokroku za překážkou na 110 m trati, avšak u překážky ze 400 m trati měl proband větší tlakové zatížení na podložku v oblasti středu nohy. V propulzní fázi pozorujeme téměř stejné hodnoty tlaku v oblasti palce i přesto, že u překážky ze 400 m tratě byl tlak výrazněji na mediální straně přednoží.

Vyšší vertikální síla v brzdě fázi byla naměřena v přeběhu překážky na 100 m trati (2402,3 N) a to o 57 N. Tento rozdíl je však zanedbatelný, vzhledem k výšce ženských překážek a výšce probanda (171 cm²). Maximální vertikální síla v dokroku za překážkou byla u překážky na 100 m trati 1865,9 N a u 400 m trati 2040,2 N. Z těchto hodnot můžeme usoudit, že proband na 400 m trati dokročil z větší výšky a na pokrčenější nohu, a proto musel vyvinout větší vertikální sílu, aby udržel těžiště v běžné poloze pro běh. Celková kontaktní doba byla u všech fází obou překážek 0,12 s a celková plocha zatížení při odrazu byla 153,87 cm² (400 m) a 152,27 cm² (100 m). V dokroku za překážkou byla celková plocha zatížení 116,13 cm² (400 m) a 109,82 cm² (100 m).

4.6 Porovnání křivek centra tlaku a distribuce tlaku mezi probandy

V následujících větách se pokusím o sumarizaci předešlých informací. U všech probandů měla křivka centra tlaku v odrazu do překážky ze 110 m trati podobný průběh. Rozdíly byly pouze v poloze bodu jejího největšího zakřivení směrem k prstové a palcové oblasti. Rozdíly v poloze tohoto bodu nám určoval velikost vyvíjeného tlaku na patní část, tedy schopnost probandů udržet se na přední části chodidla. Nejlepší z probandů byl tedy proband 4 (žena), který ale měření absolvoval na nižších překážkách. To by nemělo hrát významnější roli při zatížení přední části chodidla u překážky. Proband 4 tedy nejlépe zvládl přípravu na odraz a provedení odrazu z hlediska distribuce tlaku a křivky centra tlaku. Křivka centra tlaku při odrazu na překážku 400 m tratě měla u všech probandů taktéž velice podobný průběh a podstatný rozdíl byl naměřen jen v místě začátku této křivky, který byl závislý opět na zapojení patní oblasti při odrazu. Jediný významný rozdíl byl zpozorován u probanda 2, který předvedl nestandardní odraz. Nejlépe provedený odraz na překážce ze 400 m tratě provedl proband 3. Křivka centra tlaku mezi odrazem do vyšších a nižších překážek vykazuje rozdíly jen v jejím začátku, tedy v brzdě fázi. Propulzní fáze má u všech probandů velmi podobný charakter. Také velikost tlaku v patní oblasti pozorujeme u probandů 2, 3 a 4 vyšší na překážce ze 400m tratě.

Křivka centra tlaku při dokroku za překážku ze 110 m trati má u všech probandů jeden stejný charakteristický znak a to krátkost této křivky, která je umístěna vždy celá v přednoží. Také u probanda 1, 2 a 4 má tvar, který je podobný písmenu U. U těchto

probandů také křivka začíná laterálněji než končí. Pouze u probanda 3 má křivka tvar obráceného písmena U a začátek je mediálněji než konec. U všech probandů se křivka centra tlaku nacházela ve stejných políčkách. Tomu také odpovídala distribuce tlaku. Tlak byl rozložen hlavně na přední části chodidla. Křivka centra tlaku u dokroku za překážkou ze 400 m tratě má taktéž tvar písmena U, ale vůči překážce ze 110 m trati je toto písmeno podstatně větší. To naznačuje, že u všech probandů nastala delší excentrická kontrakce lýtkového svalu, a tudíž probandi museli na překážce ze 400 m trati více povolit v hlezenním kloubu do dorzální flexe. Tomu napovídá i maximum vertikální síly, které působilo na probandy a bylo u všech větší než na 110 m trati.

V tabulce 4 a 5 uvádíme přehledně všechny naměřené parametry, které byly popsány výše, nebo budou popsány v diskuzi.

Tabulka 4 - vybrané naměřené parametry z překážky 110 m a 400 m tratě - odraz - dopad

	Odraz do překážky 110/400 m př.				
	Max.vert.síla (N)	Celková doba opory (ms)	doba brzděná fáze (ms)	doba propulzní fáze (ms)	Celková kontaktní plocha (cm ²)
Proband 1	3651,5/3141	140/140	40/80	10/60	172,08/170,32
Proband 2	2712,3/4112,8	160/140	80/80	80/60	166,83/170,30
Proband 3	2835,1/3629,4	140/120	60/40	80/80	168,58/170,30
Proband 4	2402,3/2344,7	120/120	40/60	80/60	152,27/153,87

	Dokrok za překážkou 110/400 m př.				
	Max.vert.síla (N)	Celková doba opory (ms)	doba brzděná fáze (ms)	doba propulzní fáze (ms)	Celková kontaktní plocha (cm ²)
Proband 1	1881,6/2308	120/100	40/40	80/60	147,74/158,16
Proband 2	2215/2554/4	180/120	80/60	100/60	105,92/125,02
Proband 3	2014,2/2031	140/120	60/60	80/60	107,66/109,43
Proband 4	1865,9/2040,2	120/120	60/60	60/60	109,82/116,16

Tabulka 5- doba letové fáze a maxima vertikální síly při odrazu do překážek

	110(100) m př.		400 m př.	
	Max.vert.síla (N)	doba letové fáze (s)	Max.vert.síla (N)	doba letové fáze (s)
Proband 1	3651,5	0,40	3141	0,44
Proband 2	2712,3	0,54	4112,8	0,46
Proband 3	2835,1	0,52	3629,4	0,44
Proband 4	2402,3	0,38	2344,7	0,44

5 Diskuze

Při porovnání maxima vertikální síly odrazu do překážky a dokroku za překážkou ze 110 m (100 m) trati u probanda 1 si můžeme všimnout, že síla je téměř poloviční. Rozdíl činí 1769,9 N. U ostatních probandů činí rozdíl cca 500-800 N. Tento rozdíl je však cca $\frac{1}{4}$ maxima vertikální síly při odrazu. Výrazně se tedy odlišuje pouze jen u probanda 1. Velikost maxima vertikální síly při odrazu si můžeme u probanda 1 odůvodnit větší tělesnou hmotností a nejmenší vertikální sílu při dokroku za překážkou, naopak nejlepším provedením techniky dokroku, při němž mohl proband mít nejvíce propnutou nohu a zároveň byl i po stránce svalové připraven tak, že dokázal udržet tuto nohu propnutou po celou dobu opory. Z obrázku maxima vertikálních sil v přílohách každého probanda můžeme určit, že maxima vertikálních sil odrazu nastala v momentu vertikály.

Maximum vertikální síly při odrazu do 400 m př. je u probanda 1 a 2 výrazně vyšší než u odrazu do překážky ze 110 m trati. To může naznačovat velice špatné provedení techniky odrazu, kdy na probandy působila vyšší vertikální síla, než při přeběhu vyšších překážek. U probanda 4 je rozdíl maxima vertikální síly při odrazu do překážky minimální a to 57,6 N. Musíme si však uvědomit, že proband 4 byl ženského pohlaví a vzhledem k výšce postavy probanda (171 cm) a překážek bude mít proband obě dráhy těžiště podobné z důvodu, že překážka je v menší výšce než je probandova pánev. Pouze u probanda 1 je vidět výraznější rozdíl o 510,5 N. Maxima vertikální síly v dokroku za překážku na 400 m trati jsou vyšší u všech probandů. Tyto síly jsou vyšší v rozmezí 20-500 N. Kdy nejvyšší přírůstek byl u probanda 1. Takto malé rozdíly v maximu vertikální síly dokroku za překážkou i přes velký rozdíl ve vertikální síle odrazu se dá vysvětlit podle obrázku v příloze, kde jsou zaznamenány polohy v dosažení maximálních vertikálních sil při odrazu. V těchto přílohách je maximum vertikální síly u překážky ze 400 m tratě dosaženo ještě před okamžikem vertikály. Z technické stránky, tedy překážkář mohl udělit zbytečně velký zdvih těžišti, ale kvůli malé výšce překážek má dostatečnou dobu připravit si dokrokovou nohu a udržet ji na přední části chodidla tak, že na maximum vertikální síly při dokroku není patrný vliv. U probanda 4 jsou na 100 m trati naměřeny výrazně nižší hodnoty než u ostatních probandů. Proband 4 je ženského pohlaví a překonává nižší překážky, navíc jeho hmotnost je cca o 8 kg nižší než u ostatních probandů. Hodnoty vertikálních maxim jsou

nižší než naměřené Čohem (2002). Tento rozdíl bychom mohli dát za příčinu rozdílné váze probandů. Kdy v měření u Čoha (2002) vážili probandi cca o 11 kg více.

Celková doba kontaktu opory byla měřena s přesností na dvě setiny. Průměr všech probandů oporové fáze odrazu do překážky ze 110 m činil 0,14 s. Čoh (2002) uvádí průměrnou dobu kontaktu 0,139 s. Výsledky si jsou velice podobné. V této charakteristice byl nejlepší proband 4. Naopak nejhorší proband 2, celková doba kontaktu chodidla s položkou mu trvala 0,160 s. Tento proband měl také v odrazové fázi největší maximum vertikální síly, naopak proband 4 nejnižší. V dokroku za překážkou ze 110 m tratě byl průměr celkové kontaktní doby všech probandů 0,14 s. Čoh (2002) uvádí průměrnou hodnotu 0,114 s. Zde tedy můžeme porovnat, že technika švihové nohy a i celého přechodu byla podstatně horší než u Čoha. Proband 1 a 4 měli nejnižší dobu kontaktu s podložkou při dokroku za překážkou ze 110 m (100 m) tratě a to 0,12 s. Nejvyšší měl proband 2 0,18 s. Tento proband měl i nejvyšší maximum vertikální síly, naopak proband 1 a 4 nejnižší.

Průměrná doba kontaktu u odrazu do překážky ze 400 m tratě trvala 0,130 s. Tento údaj je o 0,01s nižší než u vyšších překážek. Při dokroku byla naměřena průměrná celková doba kontaktu 0,115 s. Tato hodnota je opět nižší než u vyšších překážek. Potvrzuje teorii, která připisuje k lepším výsledkům švihové nohy na nižších překážkách zbytečný vzlet těžiště, a tedy i delší letovou fázi, ve které má atlet delší čas připravit si švihovou nohu na dokrok. Bohužel tento vzlet těžiště má za následek velkou ztrátu horizontální rychlosti.

System Pedar-x není ideální měřicí systém na měření času. Proto také rozdělení brzdné a propulzní fáze není zcela přesné. V tabulce 3 jsou časové hodnoty tak, jak byly fáze rozděleny a v grafech zatížení plochy, v přílohách, je teoretické rozdělení, které mohlo být zřetelné rozlišovací schopností systému Pedar- x. Můžeme dojít k závěru: poměr mezi brzdou a propulzní fází jak u odrazu do překážky, tak u dokroku za překážkou, bude u každého probanda jiný. Nejvíce se však vyskytuje poměr: brzdná fáze/ propulzní fáze cca 50% / 50%, 40% / 60%, 60% /40 %. Tyto poměry jsou pro odrazovou fázi přijatelné a docházíme ke stejnému výsledku jako u Čoha (2002). Tento autor klade na dokrok za překážkou větší nároky na kratší brzdou fází (20%), což probandi mého měření nesplňují.

Celková plocha kontaktu, která je ukázána v tabulce 4, je u mužských probandů relativně stejná při odrazu do překážky. Největší plochu zatížení u 110 m překážek měl proband 1- 172,08 cm² a nejnižší proband 2- 166,83 cm². Rozdíly mezi probandem 1, 2

a 3 jsou minimální. Proband 4 má sice menší plochu kontaktu, ale vzhledem k jeho menší velikosti nohy se jedná stejně jako u mužských probandů o téměř 100% zatížení plochy. Při dokroku za překážkou z tratě 110 m (100 m) dosahuje největší celkové plochy kontaktu s podložkou proband 1, u něhož má hodnotu 147,7 cm². Tato hodnota je cca o 30 cm² větší než u ostatních probandů. Přesto maximum vertikální síly je u tohoto probanda nejnižší. Velikost kontaktní plochy zatížení probanda 1 vůči probandovi 2 a 3 si můžeme vysvětlit provedením aktivního dokroku za překážkou probandem 1. Z distribuce tlaku (obrázek 3) vidíme, že chodidlo při dokroku za překážkou u probanda 1 vytváří páku. Tato páka je znakem aktivity svalů nohy, a tedy i aktivního dokroku za překážkou, jehož cílem je co nejmenší doba opory. Toto nám potvrzuje i celková doba opory, která je u probanda 1 nejmenší (0,120 s). U probandů 2 a 3 nám indikuje distribuce tlaku, že dokrok za překážkou byl sice proveden přes přední část chodidla, ale byl proveden pasivně, takže systém Pedar-x zaznamenal menší plochu kontaktu. Proband 4 má také malou kontaktní plochu, ale jak už již bylo řečeno jeho noha má menší plochu. Podle distribuce tlaku (obrázek 26) a z hodnot tabulky 4 se však můžeme domnívat, že dokrok byl proveden aktivně. Celková kontaktní plocha u překážky ze 110 m tratě byla u všech probandů při odrazu do překážky přibližně stejná jako při odrazu do překážky ze 400 m trati. Při dokroku vznikala výraznější rozdíl u probanda 3, kde byla naměřena větší kontaktní plocha o 20 cm². Z distribuce tlaku můžeme však usoudit, že tentokrát proband dokrok za překážkou provedl aktivně.

Přeběhnutí překážky nebo-li letová fáze byla nejkratší u probanda 4 - 0,38 s. Tento proband měl však nižší překážky, takže porovnávání dosaženého času s ostatními probandy nemá takovou výpovědní hodnotu. Přesto můžeme usoudit, že letová fáze byla poměrně dlouhá na ženské překážky. Čoh (2002) uvádí přibližnou dobu letové fáze 0,3 s u žen. I při porovnání s probandem 1, u kterého byla naměřena doba letové fáze 0,4 s můžeme pozorovat, že letová fáze probanda 4 byla poměrně dlouhá. Toto nám potvrzuje i rozdíl mezi výškami překážek, které činí 227 mm. Taktéž probandům 2 a 3 trvala letová fáze dlouho a to 0,54 s a 0,52 s. Čoh naopak uvádí dobu letové fáze u mužů (0,39 s). Z technického hlediska je letová fáze jedno z hlavních kritérií správného provedení přeběhu překážky. Podle tohoto kritéria provedl přeběh překážky nejlépe proband 1 a nejhůře proband 2. Z tabulky 5 však vidíme, že doba letové fáze není zcela závislá na velikosti maxima vertikální síly při odraze. Můžeme se domnívat, že na dobu trvání letové fáze při odraze má vliv úhel odrazu. U překážky ze 400 m tratě se časy liší od překážky ze 110 m tratě. Zde můžeme pozorovat nárůst doby letové fáze

u probanda 1 a 4, kdežto u probanda 2 a 3 dochází ke snížení. Logicky by překonávání nižší překážky mělo zabrat kratší dobu. Musíme však brát v potaz, že odraz do překážky může být na 400 m trati prováděn dál od překážky (Luža 1996). I aktivita švihové nohy je nižší než u 110 m překážek. Proto zvýšení u probanda 1 a 4 můžeme považovat za nepatrné. Naopak snížení u probanda 2 a 3 je důsledkem lepšího úhlu odrazu a lepší práce švihové nohy, kterou nám potvrzuje u probanda 3 distribuce tlaku.

Celková křivka centra tlaku i distribuce tlaku se vyznačuje velkou odlišností od provedení běžného běžeckého kroku (přes patu), který je např. ukázán u Rohulanové (2009).

Na závěr bych chtěl zmínit pár informací o měřícím systému Pedar-x. Tento systém má určitě mnohé možnosti využití v oblasti sportu. Při mém měření se osvědčil jako vhodný, ale velké problémy nastávají při převádění dat do běžně používaných rozhraní pro psaní (word atd.). Proto bych doporučoval, aby se prováděla podobná měření i pro vrcholové sportovce z důvodu odhalení chyb při odrazu a dokroku. Zároveň bych ale zvýšil měřicí frekvenci na 100 Hz a kalibraci maximálního měřitelného tlaku. Dále bych výsledná data podával pouze v ústním podání při osobní konzultaci, přímo v pracovním prostředí systému Pedar-x.

6 Závěr

Z komparace křivek centra tlaku můžeme usoudit, že rozdíl mezi probandy byl při odraze do překážky ze 110 m a 100 m trati pouze v brzděné fázi. Tato odchylka se odvíjí od zatížení patní oblasti probandem. V propulzní fázi jsou pouze minimální odchylky mezi jednotlivými probandy. Totéž platí i pro odraz do překážky ze 400 m trati. Rozdíly v křivkách centra tlaku a distribuci tlaku u odrazu do překážky ze 110 m (100 m) tratě a ze 400 m jsou u jednotlivých probandů také viditelné pouze v brzděné fázi odrazu.

U dokroku za překážkou na 110 m trati byl zpozorován výrazný rozdíl pouze u probanda 3. U ostatních probandů křivky center tlaku a distribuce tlaku byly téměř totožné. Rozdílnost mezi překážkami ze 110 m (100 m) trati a ze 400 m trati byla v délce křivky centra tlaku a ve větší distribuci tlaku ve střední oblasti nohy u překážky ze 400 m trati.

Z těchto údajů můžeme usuzovat, že rozdíl mezi odrazem na trati 110 m př. (100 m př.) a na trati 400 m př. je pouze v brzděné fázi odrazu.

Z distribuce tlaku a průběhu křivek centra tlaku, bych doporučoval všem probandům k vylepšení jejich dosavadní techniky nácviky zkracování odrazového kroku. U probanda 2 a 3 také nácvik aktivního dokroku a u probanda 3 vědomě si kontrolovat průběh dokroku na laterální část chodidla.

Seznam literatury :

1. Baumann, W., a kol., *Biomechanika des Sportarten Band 1: Biomechanik der Leichtathletik*. Stugard, 1986. ISBN 3-432-95311-9
2. Borovičková, P., *Biomechanická analýza stability techniky přeběhu překážky u vrcholového atleta*. Brno, 2008. 69s . Diplomová práce MU FSS. Vedoucí diplomové práce PhDr. Jan Cacek
3. Čihák, R., *Anatomie 1*, 2.vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2001. ISBN 80-7169-9705
4. Čoh, M., *Application of Biomechanice in Track and Field*. 1.vyd. Ljubljana: Studio Print, 2002. ISBN 961440522-5.
5. Dylevský, I., *Funkční anatomie*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-3240-4
6. Dylevský, I., *Speciální kineziologie*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-1648-0
7. Kampmiller et kol. *Comparative biomechanical analysis of 110 m hurdles of Igor Kovač and Peter Nedelicky*. Kinesiologia Slovenika, 1999, č.1-2, s. 26-30.
8. Koplík, M., *Metodika měření rozložení tlaku chodidla prostřednictvím systému emed*. Brno, 2009. 56s. Diplomová práce na MU FSS. Vedoucí diplomové práce Martin Zvonař.
9. Linkesch. M., *Analýza vlivu vložek Superfeet na rozložení tlaku nohy ve sportovní obuvi*. Brno, 2010. 78s. Diplomová práce na MU FSS. Vedoucí diplomové práce Pavel Korvas
10. Luža , J., a kol., *Technika atletických disciplín*. Brno, 1995. ISBN 80-210-1127-0
11. McLEAN, B., *The biomechanics of hurdling: Force plate analysis to assess hurdling technique*. New Studies in Athletics, 1994, č. 4, s.55-58.
12. MILLEROVÁ, M., HLÍNA, J., KAPLAN, A., KORBEL, V. *Běhy na krátké tratě*. 1.vyd. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-570-X.
13. Rohulánová, A., *Sledování reakce chodidla oporové nohy na různé změny sklonu běžeckého pásu*. Praha, 2010. 77s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Aleš Kaplan.
14. Tepper, E., *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining : Sprint*. 2.vyd. Aachen : Meyer & Meyer, 1992. 223 s ISBN 3-89124-140-2

15. TVRZNÍK, A., SOUMAR, L. *Jogging*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. 104 s. ISBN 80-247-0714-4
16. TVRZNÍK, A., ústní podání. 2012
17. Ulrich, J., a kol., *Leichtathletik 1Band 1: Laufen*. Hamburg: Rowohlt, 1995. ISBN 3-499-18660-8
18. Vařeka I., Vařeková R., *Kineziologie nohy*. Olomouc:UPO, 2009. ISBN 978-80-244-2432-3

Elektronické zdroje:

1. Čoh, M., Jošt, B., & Škof, B. (2011). *Kinematic and dynamic analysis of hurdle clearance technique. Paper presented at the ISBS conference, Konstanz.* <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2376/2229> [online]. cit.[15-3-2012]
2. Dynamická plantografie: <http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php/dynamicka-plantografie/o-metod/62-plantografie> [online] [03-31-2012]
3. HENDL, J., BLAHUŠ, P. *Návrh projektu bakalářské práce* [on-line]. cit [06-09-2011]. <http://www.ftvs.cuni.cz/hendl/metodologie/index1.htm>
4. Technické informace o systému Pedar-x dostupné z: <http://novel.de/novelcontent/pedar> [online]. cit. [2011-08-28].
5. Základy kineziologie - <http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/beh.html> [online] cit.[20-2-2012]

Přílohy:

Seznam příloh:

Příloha 1 – souhlas etické komise

Příloha 2 – informovaný souhlas

Příloha 3 – maximální vertikální síla působící probandem 1 na podložku při přeběhu překážky na 110 m trati.

Příloha 4 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 1 při přeběhu překážky na 110 m trati

Příloha 5 – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 1, 110 m, v anglickém jazyce)

Příloha 6 – maximální vertikální síla působící probandem 1 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.

Příloha 7 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 1 při přeběhu překážky na 400 m trati

Příloha 8 – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 1, 400 m v anglickém jazyce)

Příloha 9 – maximální vertikální síla působící probandem 2 na podložku při přeběhu překážky na 110 m trati.

Příloha 10 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 2 při přeběhu překážky na 110 m trati

Příloha 11 – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 2, 110 m, v anglickém jazyce)

Příloha 12 – maximální vertikální síla působící probandem 2 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.

Příloha 13 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 2 při přeběhu překážky na 400 m trati

Příloha 14 – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 2, 400 m v anglickém jazyce)

Příloha 15 – maximální vertikální síla působící probandem 3 na podložku při přeběhu překážky na 110 m trati.

- Příloha 16** – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 3 při přeběhu překážky na 110 m trati
- Příloha 17** – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 3, 110 m, v anglickém jazyce)
- Příloha 18** – maximální vertikální síla působící probandem 3 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.
- Příloha 19** – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 3 při přeběhu překážky na 400 m trati
- Příloha 20** – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 3, 400 m v anglickém jazyce)
- Příloha 21** – maximální vertikální síla působící probandem 4 na podložku při přeběhu překážky na 100 m trati.
- Příloha 22** – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 4 při přeběhu překážky na 10, m trati
- Příloha 23** – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 4, 100 m, v anglickém jazyce)
- Příloha 24** – maximální vertikální síla působící probandem 4 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.
- Příloha 25** – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 4 při přeběhu překážky na 400 m trati
- Příloha 26** – tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 4, 400 m v anglickém jazyce)

Příloha 1 – souhlas etické komise

Příloha 2 informovaný souhlas

Informovaný souhlas účastníka výzkumu

Při výzkumné části bakalářské práce s názvem “**komparace oporové fáze při odrazu a dokroku za překážkou v bězích na 110 m překážek a 400 m překážek**“ dojde k měření, při kterém atlet proběhne část trati s prvními třemi překážkami na 110 m trati a na 400 m trati.

Cílem měření je zjistit velikost tlaku, kterou jedinec vyvine nohou na podložku. Při měření bude spolupracovat s řešitelem bakalářské práce a pracovníky s CASRI. Měření se provede pouze jednou a nebude trvat déle než 1 hodinu..

Bude použita pouze neinvazivní metoda za pomoci měřicího systému Pedar-X, kdy do boty probanda bude vložena snímací vložka a na bedra bude připnut pas, na kterém bude samotný přístroj uchycen. Dráty, které vedou ze snímacích vložek do bot budou uchyceny na atletovo tělo, či oblečení pomocí pásky, není nutné oholení. Při měření existuje riziko poranění kvůli maximální vyvinuté rychlosti, které se dá odstranit řádným rozcvičením.

Výsledky projektů budou uveřejněny v mé bakalářské práci, popřípadě v odborných článcích nebo odborných publikacích. Získaná data nebudou zneužity a osobní data nebudou taktéž zveřejněna.

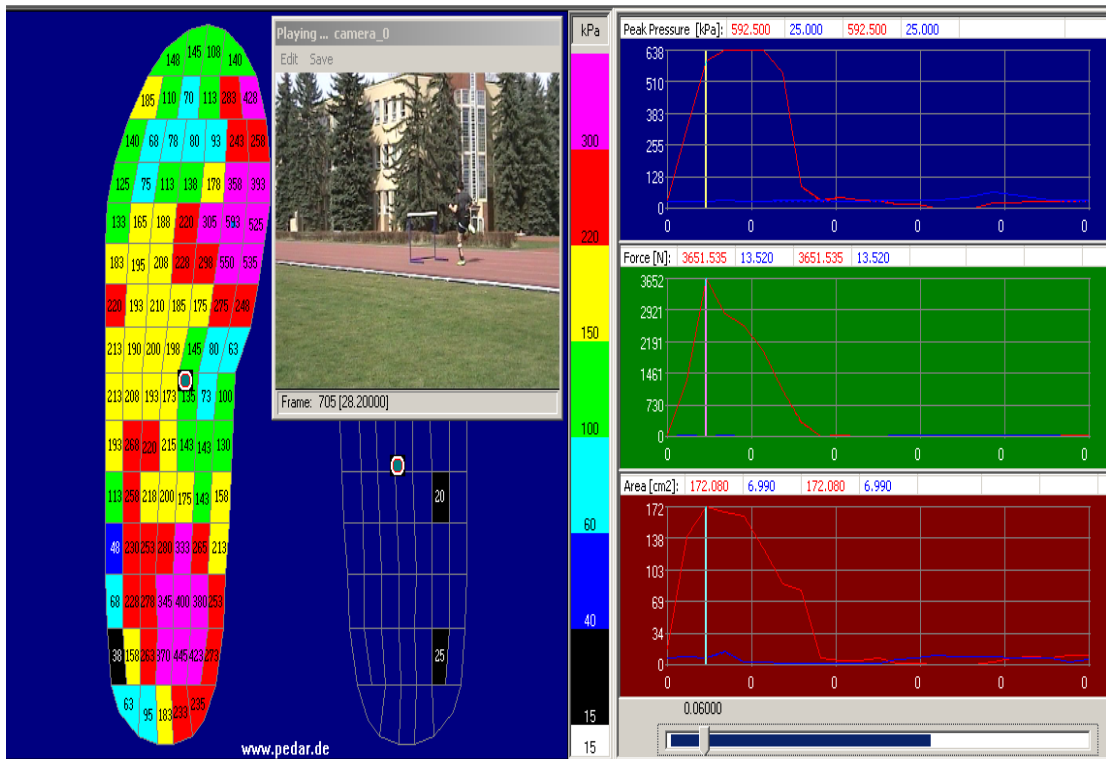
Jméno řešitele projektu:

Jméno testovaného:

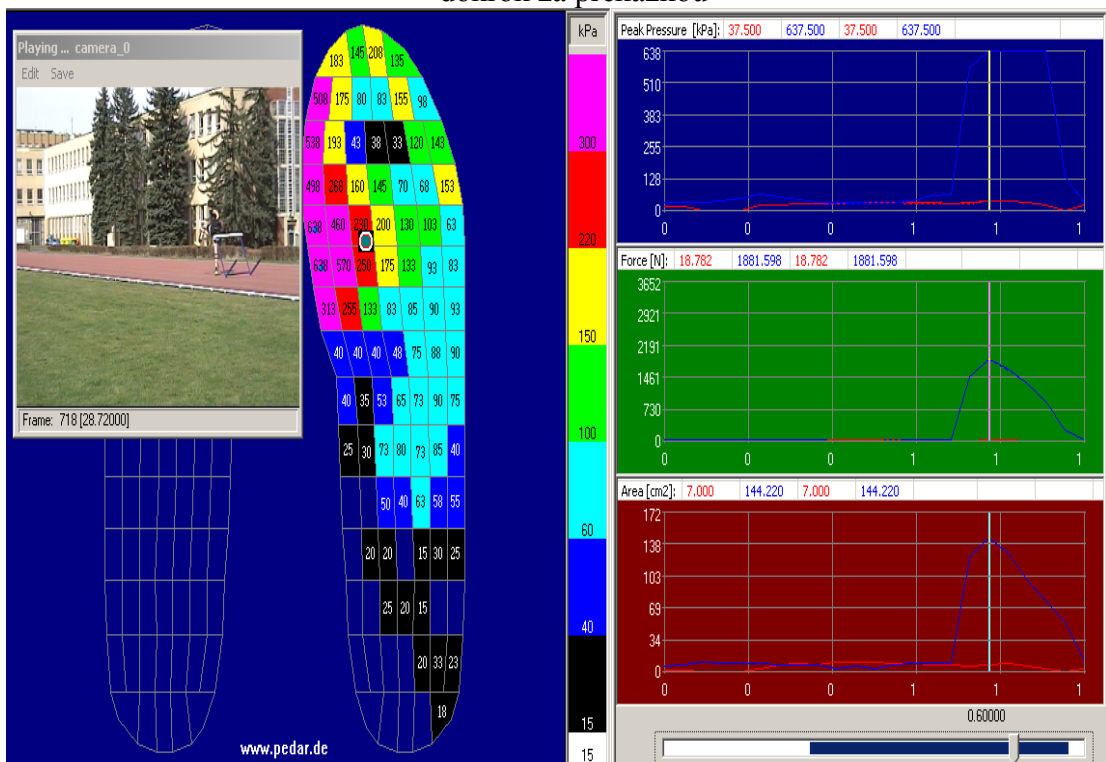
Vdne Podpis testovaného:

Příloha 3 – maximální vertikální síla působící probandem 1 na podložku při přeběhu překážky na 110 m trati.

odraz do překážky

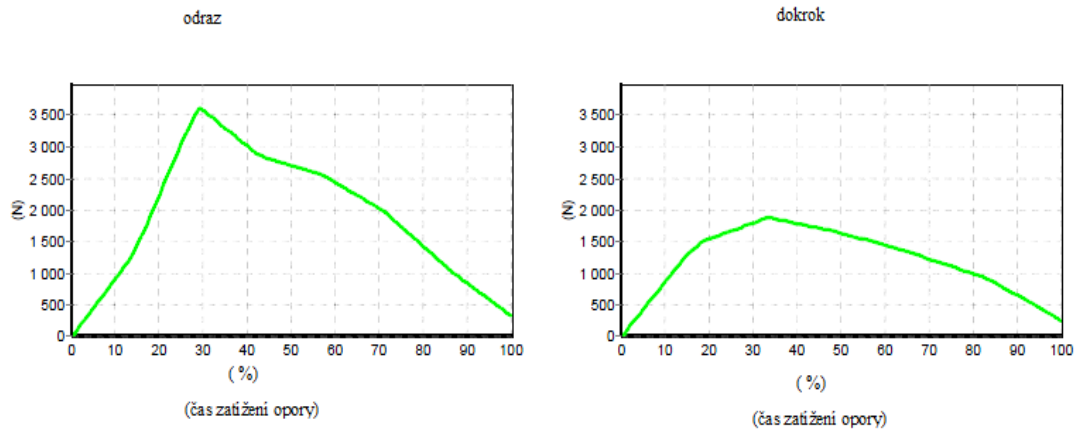


dokrok za překážkou

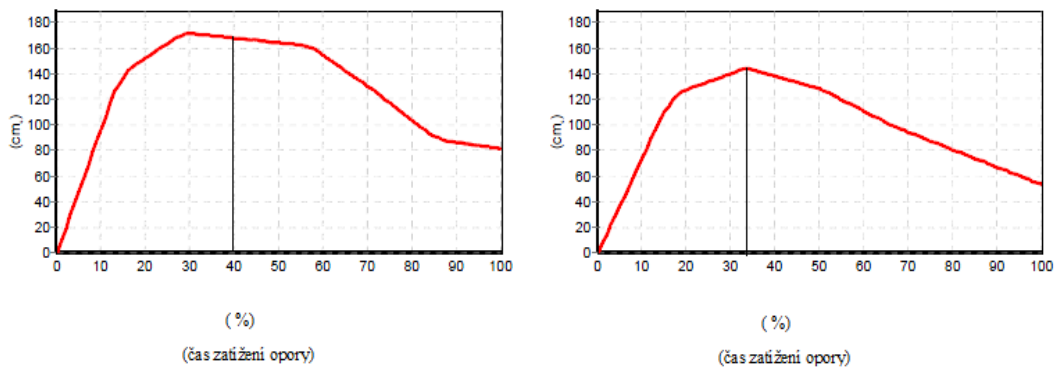


Příloha 4 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 1 při přeběhu překážky na 110 m trati

Časový průběh vertikální síly



Časový průběh zatížení plochy (svislá černá čára = rozdělení propulzní a brzdné fáze)



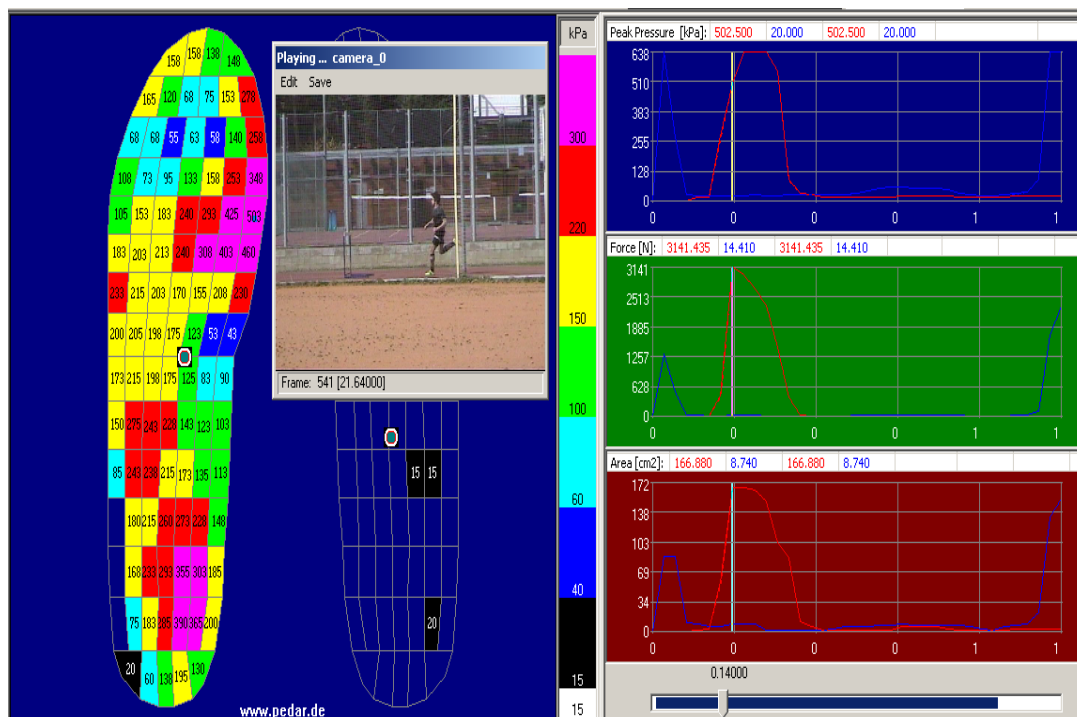
Příloha 5 - tabulka vybraných hodnot z report ze systému Pedar-x (proband 1, 110 m, v anglickém jazyce)

[Parameters \ masks \(statistics\)](#)

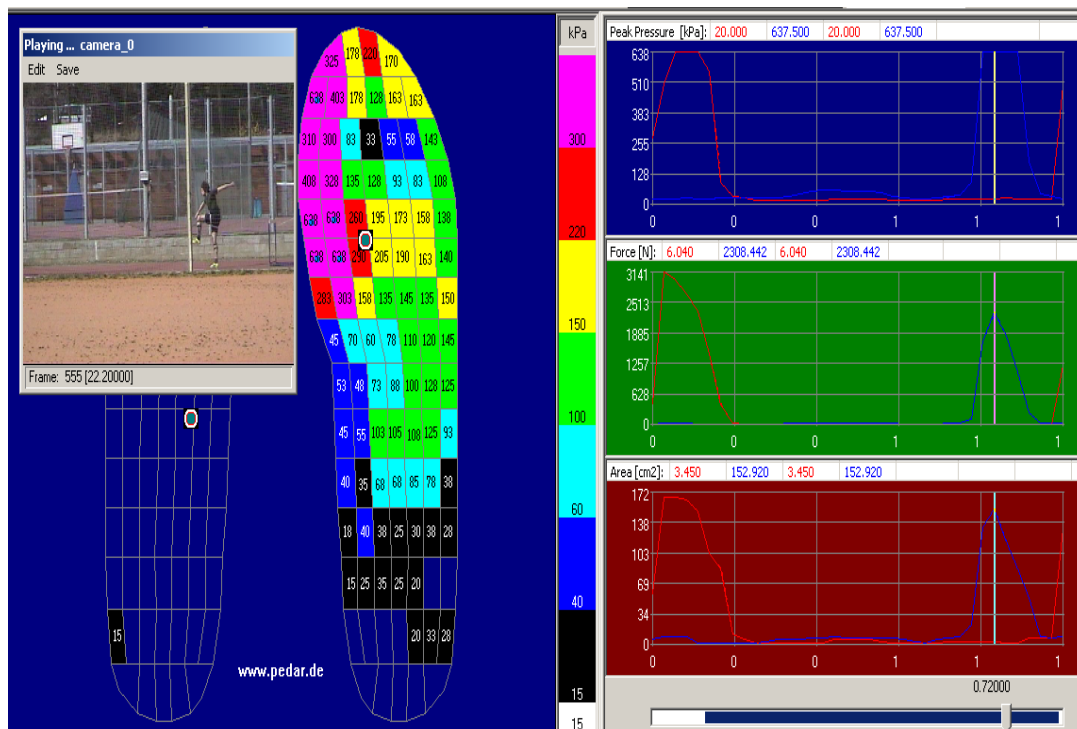
Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	3651,5±0,0	680,3±0,0	421,2±0,0	849,5±0,0	1101,9±0,0	536,8±0,0
Contact time (ms)	140,0±0,0	100,0±0,0	120,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0
Contact area (cm.)	172,08±0,00	21,86±0,00	23,30±0,00	49,76±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	1881,6±0,0	14,9±0,0	32,7±0,0	278,6±0,0	947,5±0,0	357,7±0,0
Peak pressure (kPa)	637,5±0,0	30,0±0,0	37,5±0,0	327,5±0,0	637,5±0,0	200,0±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm.)	147,74±0,00	9,44±0,00	14,88±0,00	46,26±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00

Příloha 6 – maximální vertikální síla působící probandem 1 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.

odraz do překážky

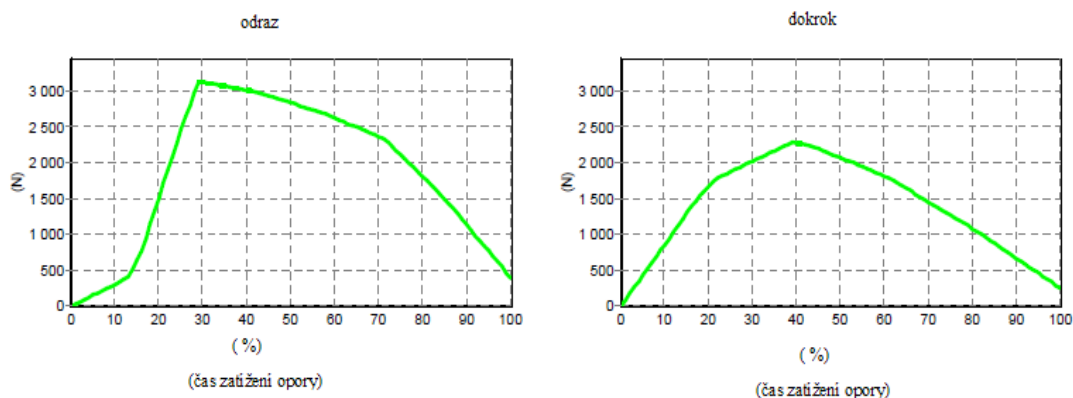


dokrok za překážkou

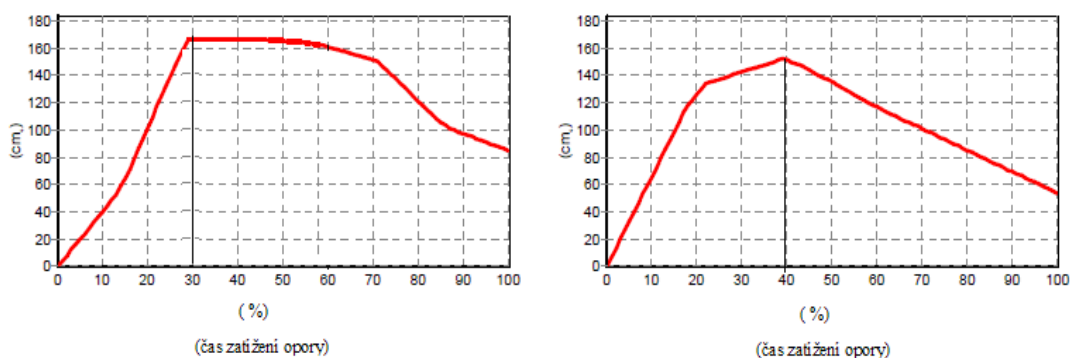


Příloha 7 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 1 při přeběhu překážky na 400 m trati

Časový průběh vertikální síly



Časový průběh zatížení plochy (svislá černá čára = rozdělení propulzní a brzdné fáze)



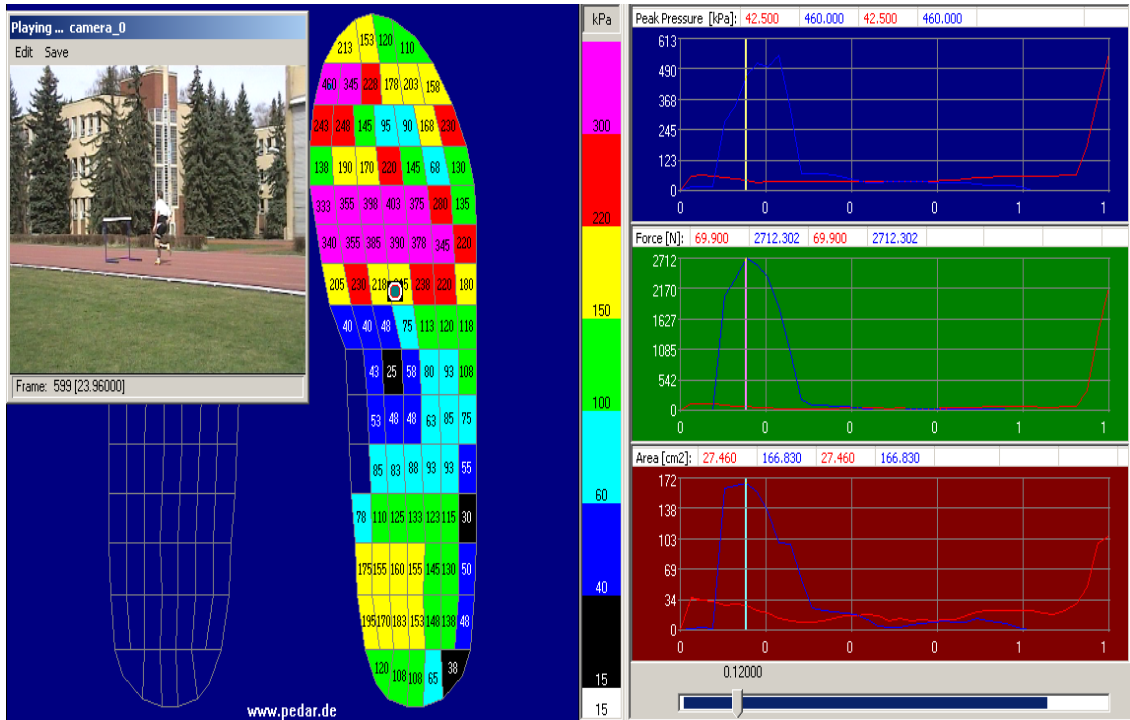
Příloha 8 – tabulka vybraných hodnot z reportu ze systému Pedar-x (proband 1, 400 m, v anglickém jazyce)

Parameters \ masks (statistics)

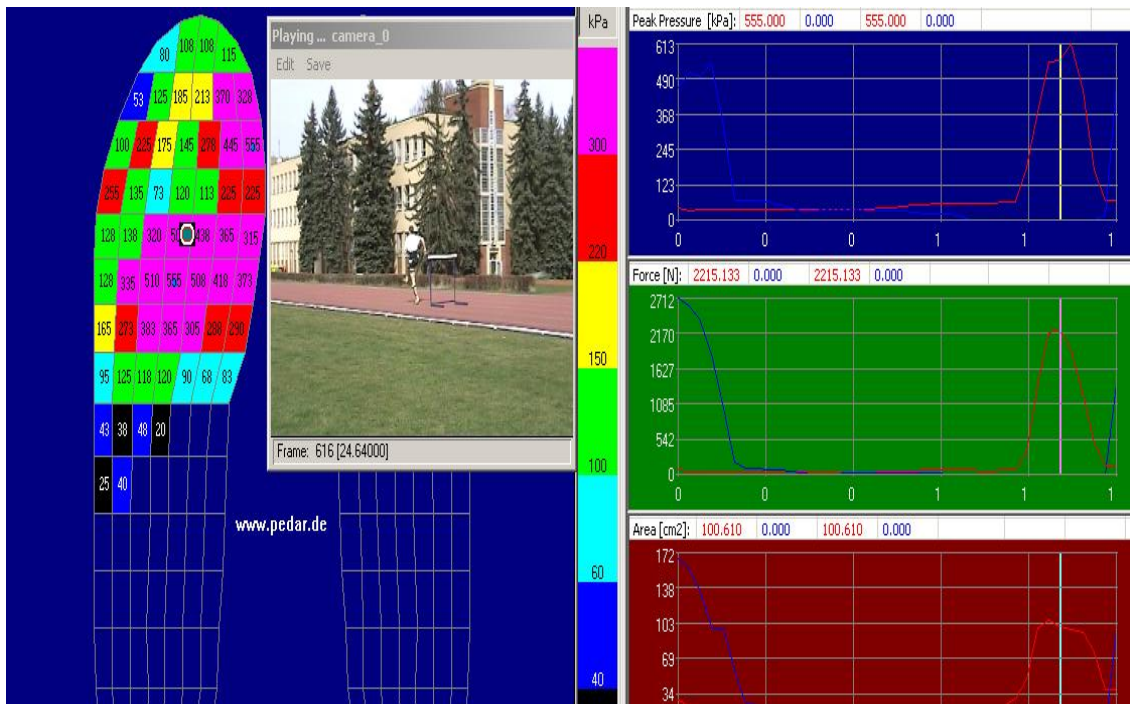
Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	3141,4±0,0	548,7±0,0	298,0±0,0	806,9±0,0	1193,1±0,0	498,8±0,0
Contact time (ms)	140,0±0,0	100,0±0,0	120,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0
Contact area (cm.)	170,32±0,00	21,86±0,00	21,54±0,00	49,76±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	2308,4±0,0	33,2±0,0	38,8±0,0	415,0±0,0	986,8±0,0	431,6±0,0
Contact time (ms)	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0	100,0±0,0
Contact area (cm.)	158,16±0,00	13,64±0,00	17,60±0,00	49,76±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00

Příloha 9 – maximální vertikální síla působící probandem 2 na podložku při přeběhu překážky na 110 m trati.

odraz do překážky

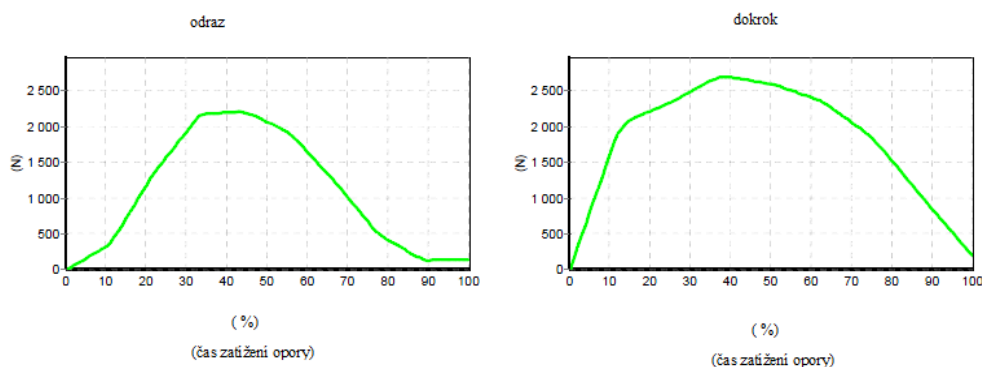


dokrok za překážkou

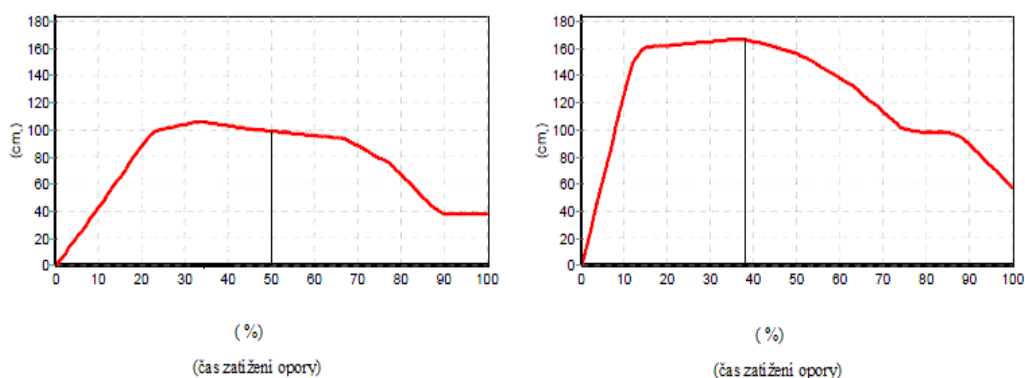


Příloha 10 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 2 při přeběhu překážky na 110 m trati

Časový průběh vertikální síly



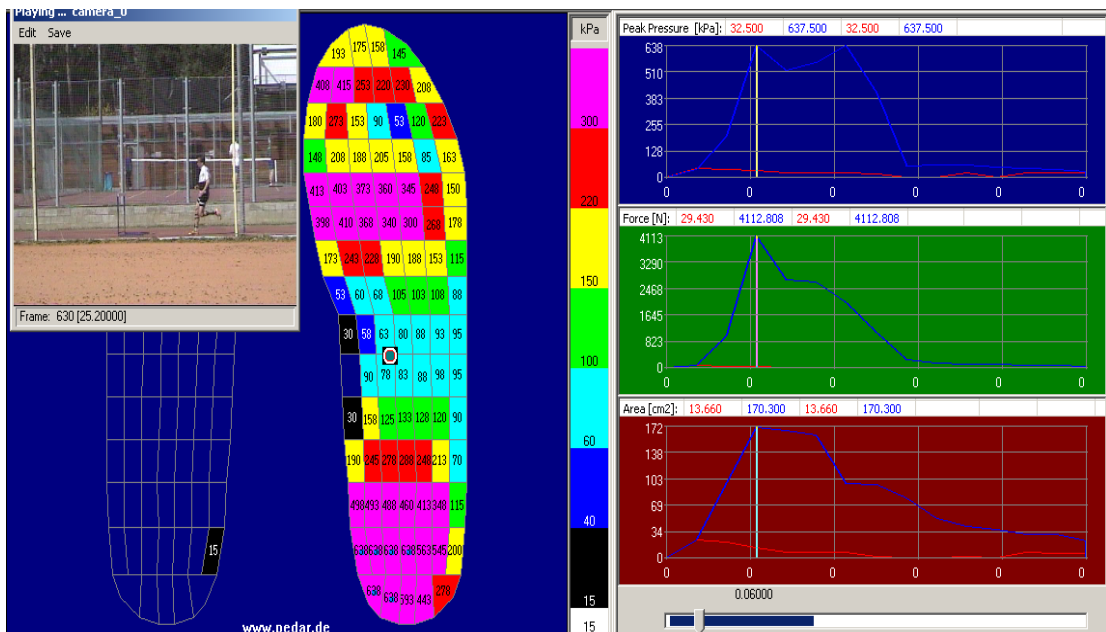
Časový průběh zatížení plochy (svislá černá čára = rozdělení propulzní a brzdné fáze)



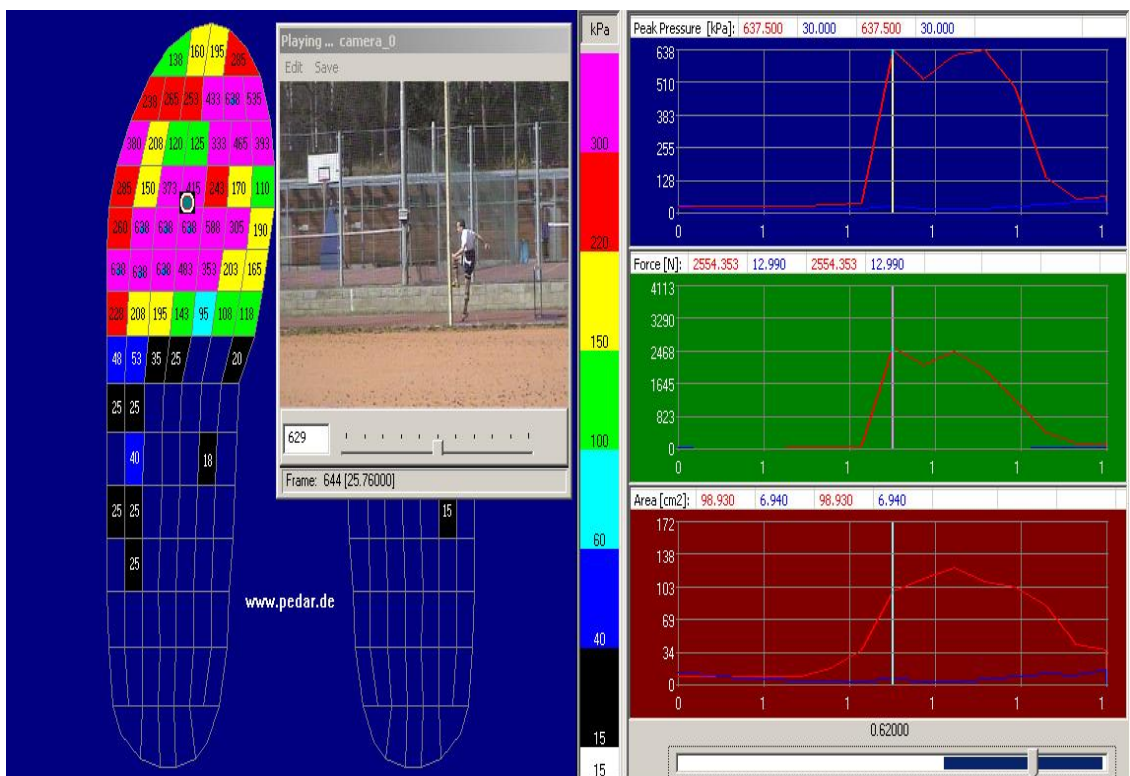
Příloha 11 – tabulka vybraných hodnot z reportu ze systému Pedar-x (proband 2, 110 m v anglickém jazyce)

Parameters \ masks (statistics)						
Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	2215,1±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	197,4±0,0	1004,3±0,0	798,0±0,0
Contact time (ms)	180,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	180,0±0,0	180,0±0,0	180,0±0,0
Contact area (cm ₂)	105,92±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	28,76±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	2712,3±0,0	455,2±0,0	458,1±0,0	480,6±0,0	983,2±0,0	781,3±0,0
Contact time (ms)	160,0±0,0	100,0±0,0	160,0±0,0	160,0±0,0	160,0±0,0	160,0±0,0
Contact area (cm ₂)	166,83±0,00	21,86±0,00	23,30±0,00	44,51±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00

Příloha 12 – maximální vertikální síla působící probandem 2 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.
odraz do překážky

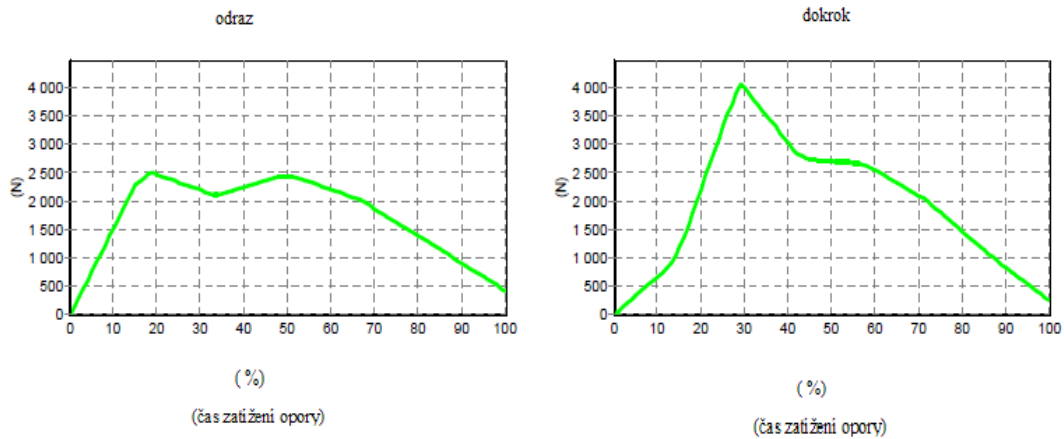


dokrok za překážkou

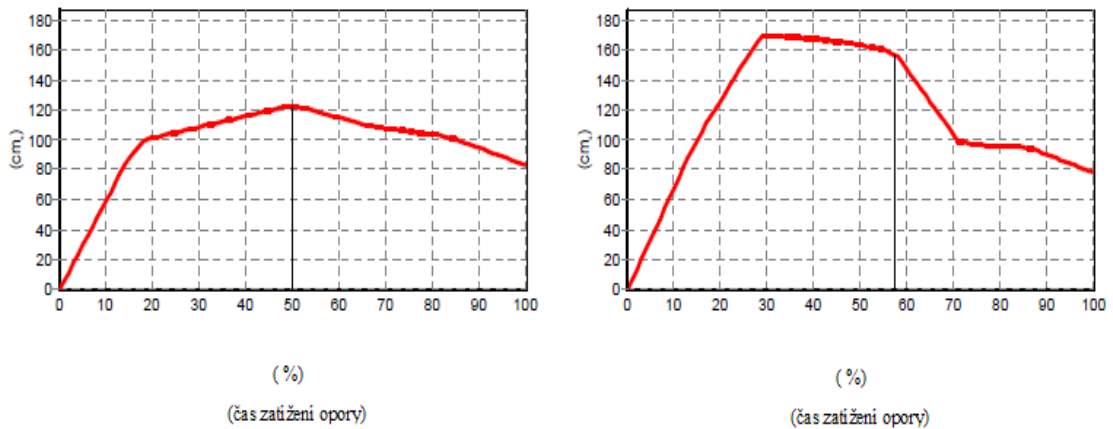


Příloha 13 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 2 při přeběhu překážky na 400 m trati

Časový průběh vertikální síly



Časový průběh zatížení plochy
(svislá černá čára = rozdělení propulzní a brzdné fáze)

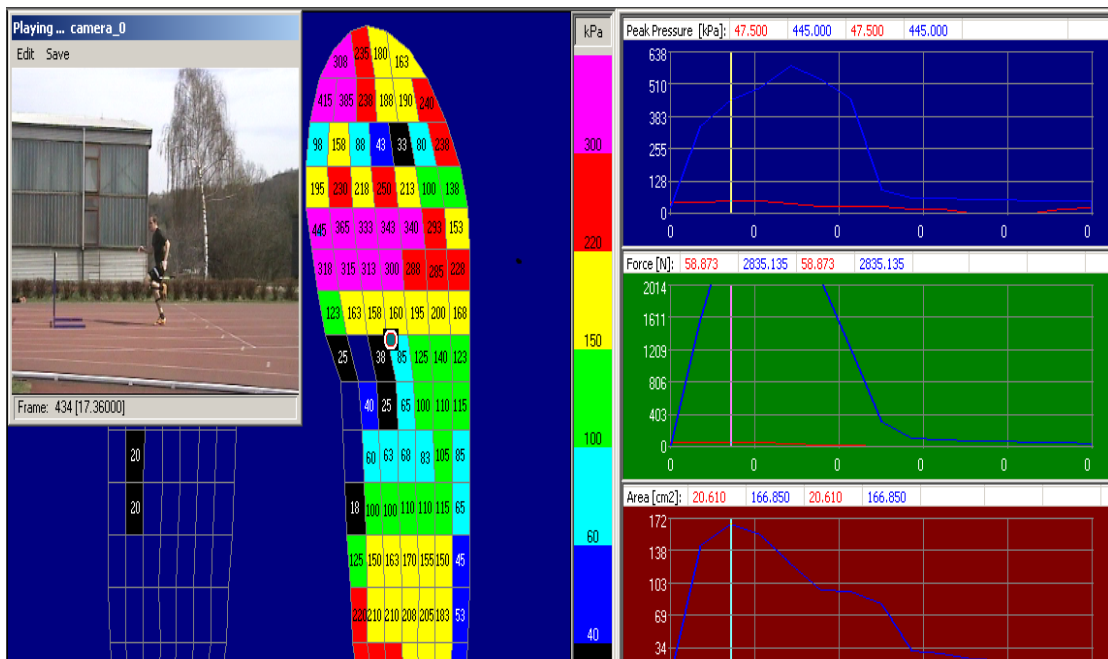


Příloha 14 – tabulka vybraných hodnot z reportu ze systému Pedar-x (proband 2, 400 m, v anglickém jazyce)

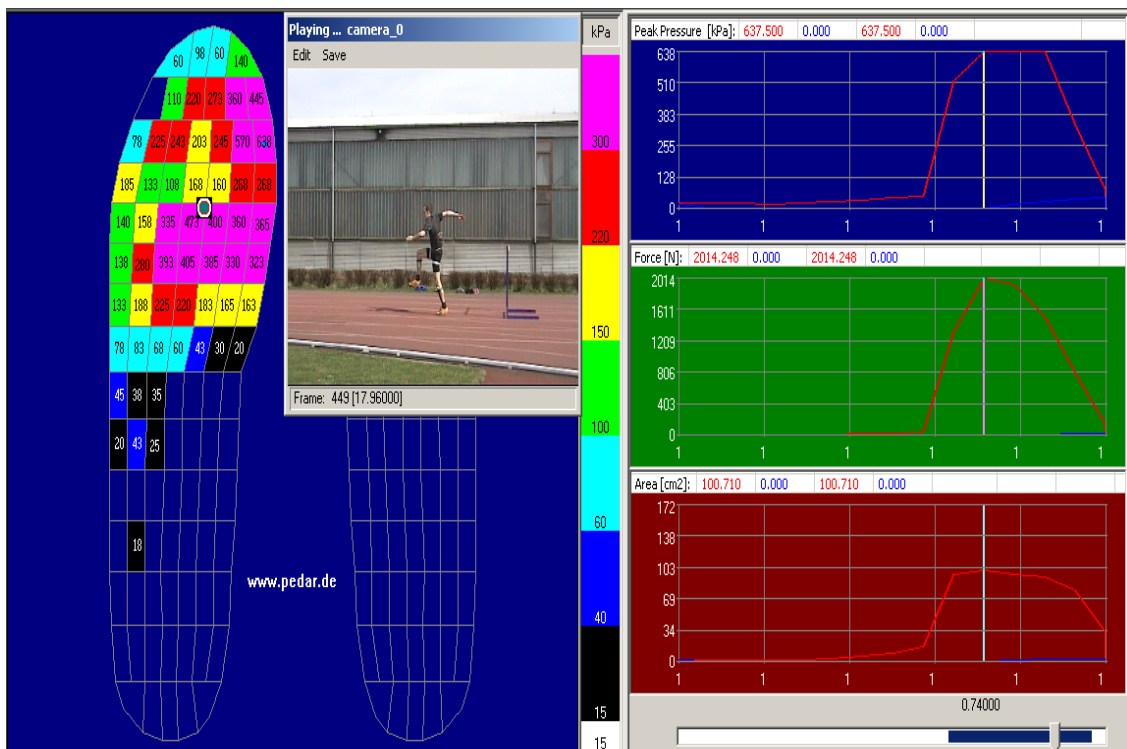
Parameters \ masks (statistics)

Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	2554,4±0,0	4,1±0,0	14,0±0,0	308,7±0,0	1071,4±0,0	1129,5±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	20,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm.)	125,02±0,00	2,48±0,00	4,40±0,00	40,98±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	4112,8±0,0	1068,1±0,0	806,4±0,0	435,4±0,0	1046,2±0,0	836,3±0,0
Contact time (ms)	140,0±0,0	80,0±0,0	120,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0
Contact area (cm.)	170,30±0,00	21,86±0,00	23,30±0,00	47,98±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00

Příloha 15 – maximální vertikální síla působící probandem 3 na podložku při přeběhu překážky na 110 m trati.
odraz do překážky

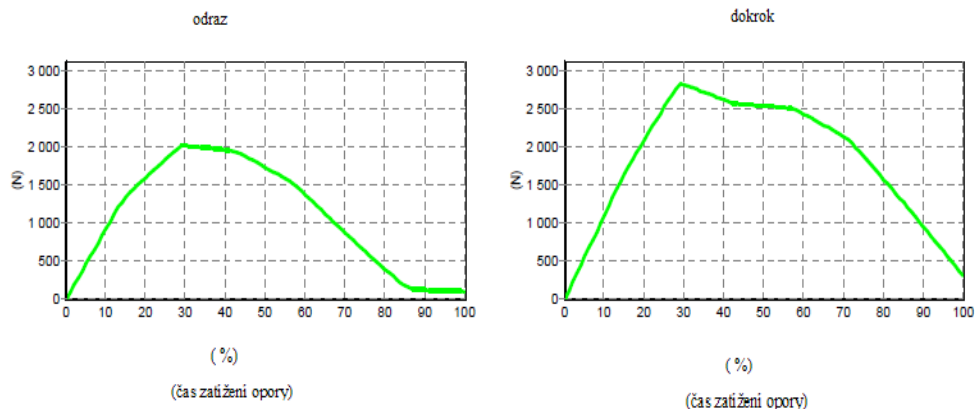


dokrok za překážkou

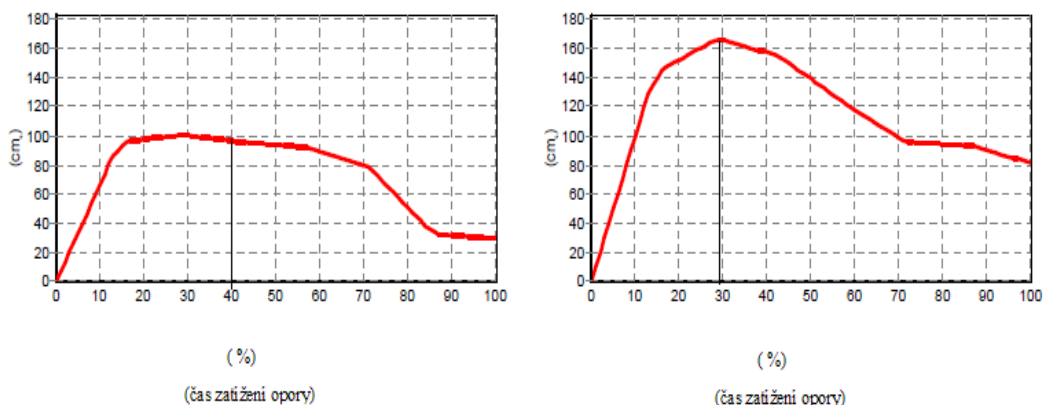


Příloha 16 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 3 při přeběhu překážky na 110 m trati

Časový průběh vertikální síly



Časový průběh zatížení plochy
(svislá černá čára = rozdělení propulzní a brzdné fáze)



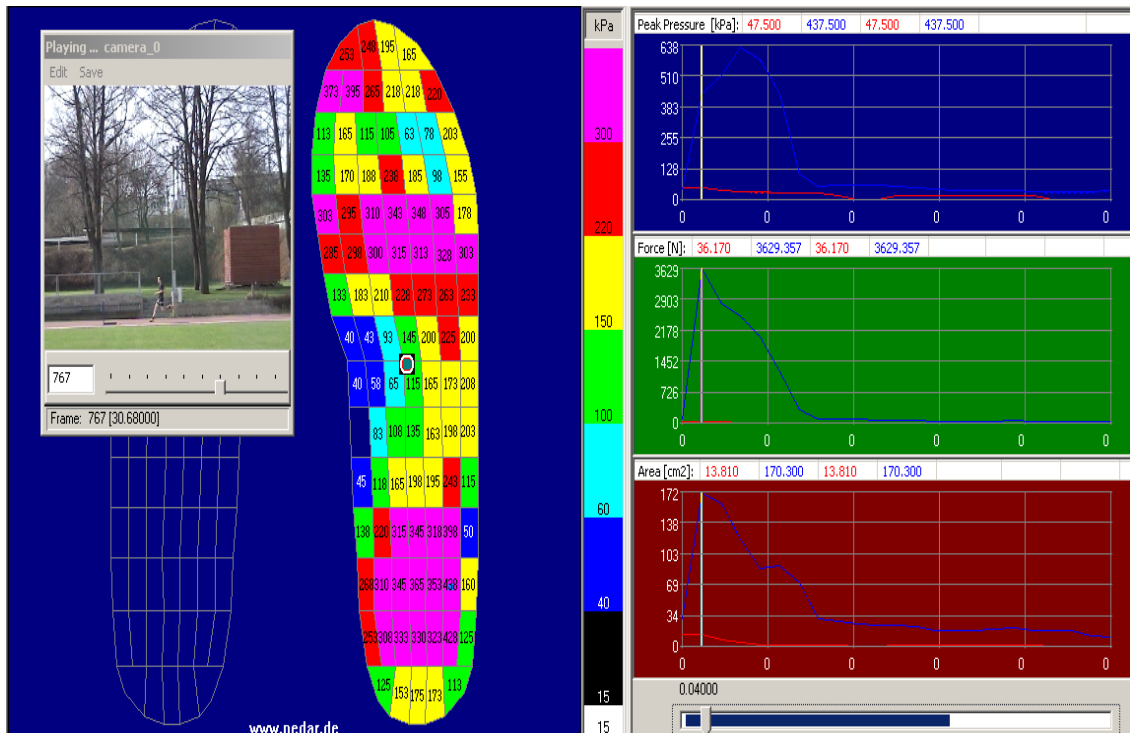
Příloha 17 – tabulka vybraných hodnot z reportu ze systému Pedar-x (proband 3, 110 m, v anglickém jazyce)

Parameters \ masks (statistics)

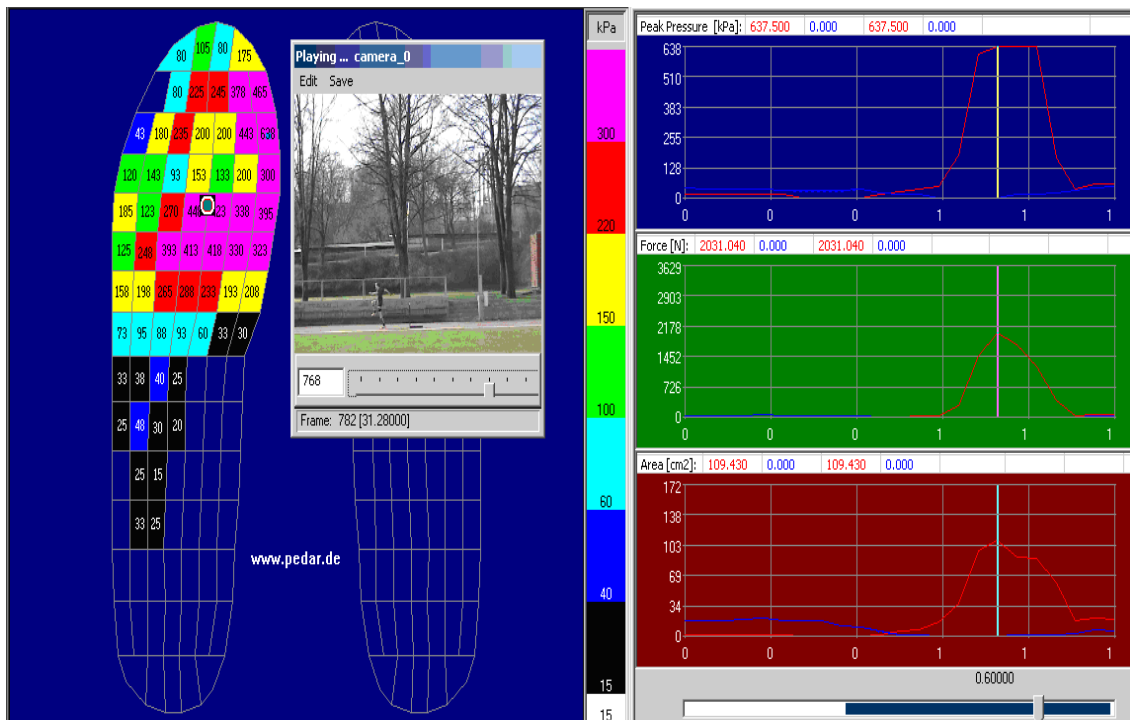
Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	2014,2±0,0	3,8±0,0	9,2±0,0	117,9±0,0	988,1±0,0	643,4±0,0
Contact time (ms)	140,0±0,0	20,0±0,0	40,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0
Contact area (cm ²)	107,66±0,00	2,52±0,00	4,40±0,00	25,26±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	2835,1±0,0	423,2±0,0	297,1±0,0	376,1±0,0	924,4±0,0	799,6±0,0
Contact time (ms)	140,0±0,0	80,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0	140,0±0,0
Contact area (cm ²)	168,58±0,00	21,86±0,00	23,30±0,00	46,26±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00

Příloha 18 – maximální vertikální síla působící probandem 3 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.

odraz do překážky

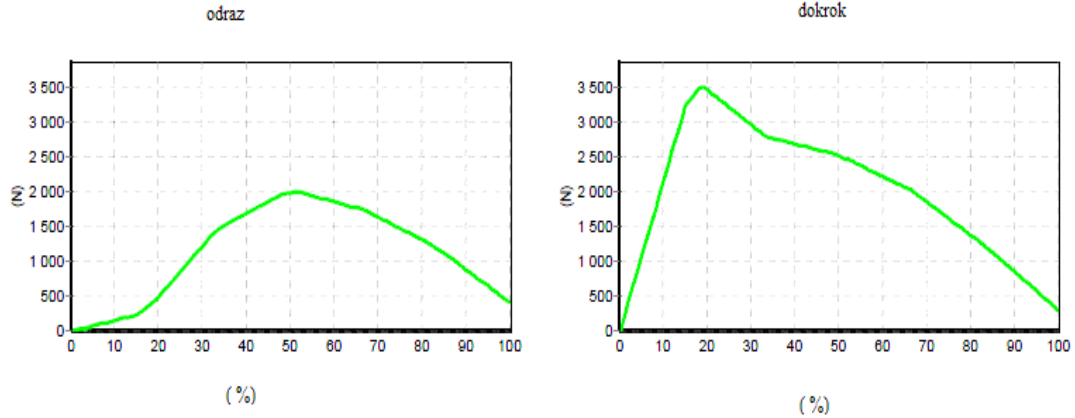


dokrok za překážkou

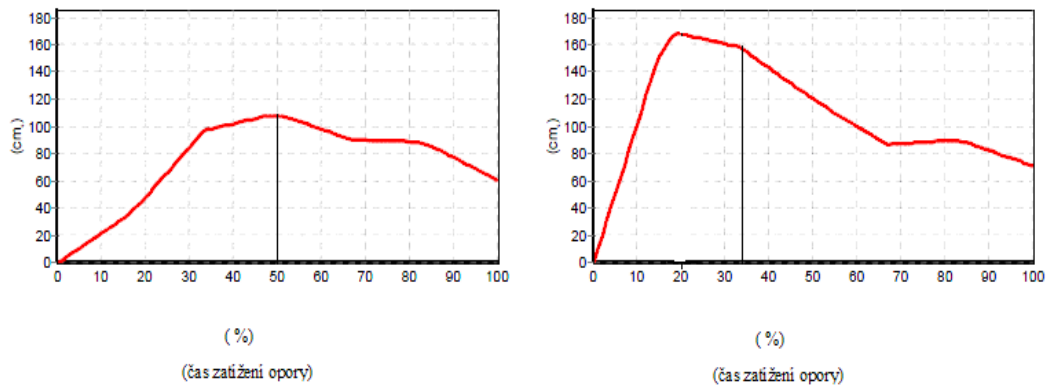


Příloha 19 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 3 při přeběhu překážky na 400 m trati

Časový průběh vertikální síly



Časový průběh zatížení plochy (svislá černá čára = rozdělení propulzní a brzdné fáze)

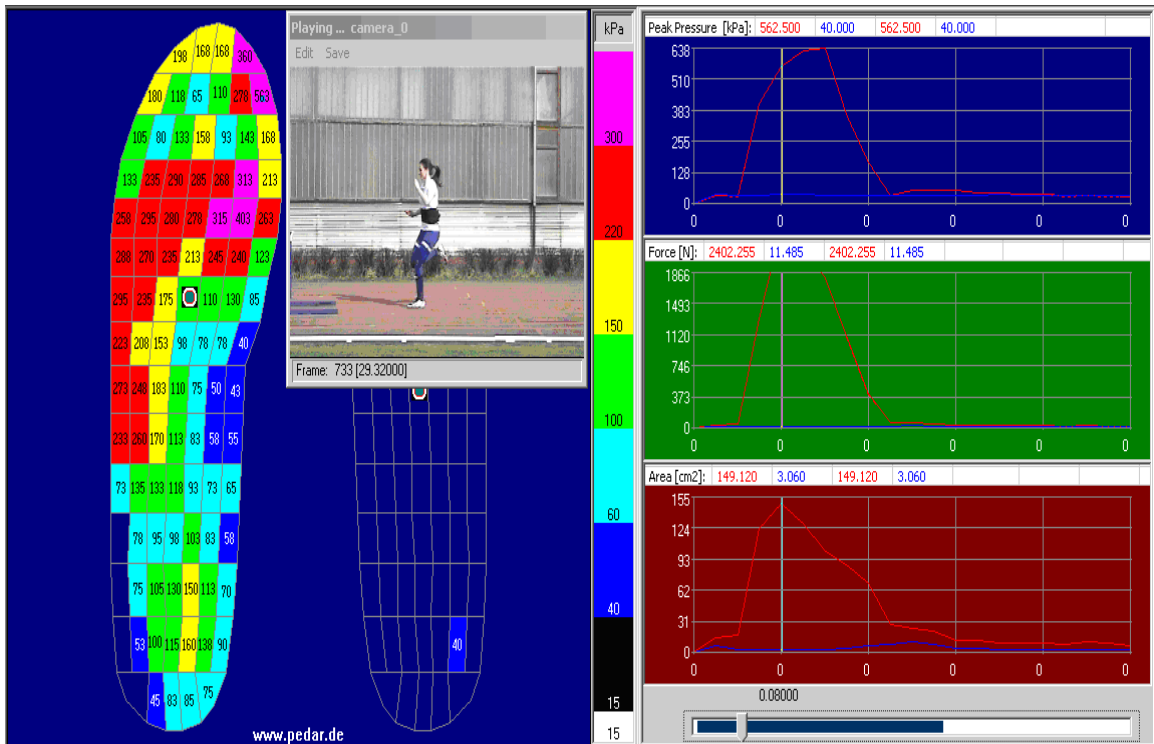


Příloha 20 – tabulka vybraných hodnot z reportu ze systému Pedar-x (proband 3,400 m, v anglickém jazyce)

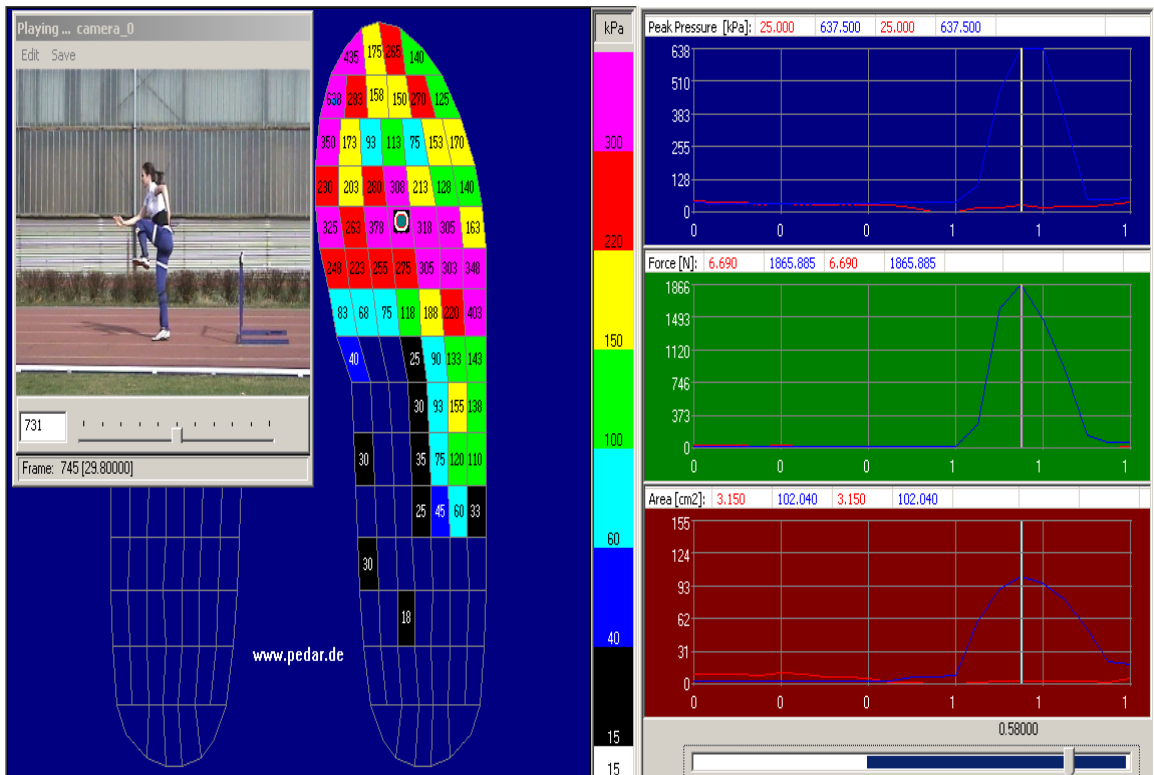
Parameters \ masks (statistics)

Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	2031,0±0,0	0,0±0,0	9,9±0,0	153,1±0,0	940,1±0,0	617,7±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	0,0±0,0	40,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm ₂)	109,43±0,00	0,00±0,00	3,44±0,00	30,51±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	3629,4±0,0	565,0±0,0	625,4±0,0	671,0±0,0	897,4±0,0	844,6±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	60,0±0,0	80,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm ₂)	170,30±0,00	21,86±0,00	23,30±0,00	47,98±0,00	30,10±0,00	30,04±0,00

Příloha 21 – maximální vertikální síla působící probandem 4 na podložku při přeběhu překážky na 100 m trati.
odraz do překážky

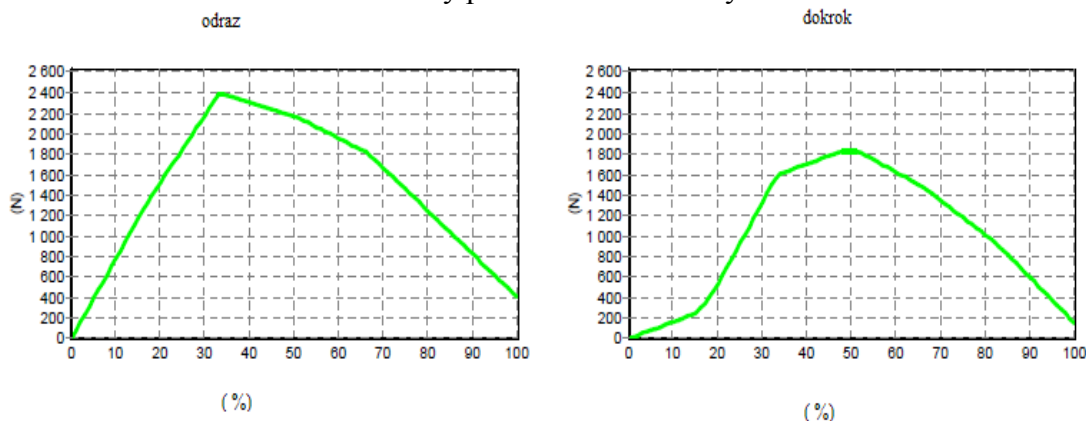


dokrok za překážkou

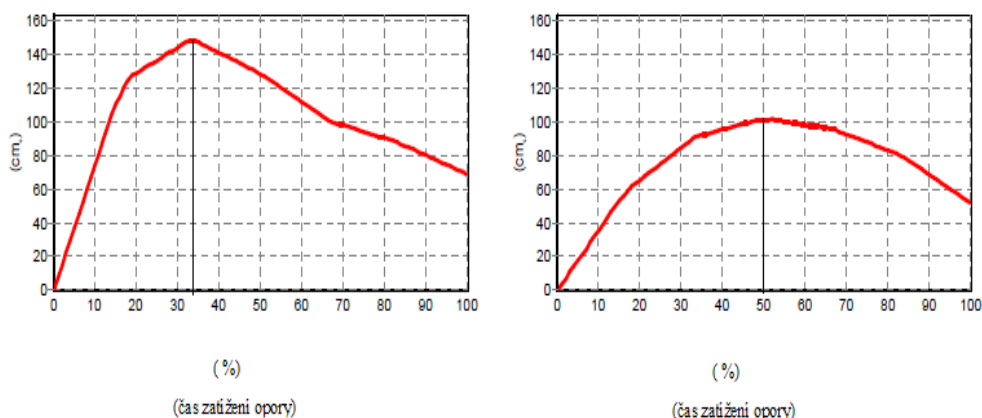


Příloha 22 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 4 při přeběhu překážky na 100 m trati

Časový průběh vertikální síly



Časový průběh zatížení plochy (svislá černá čára = rozdělení propulzní a brzdné fáze)

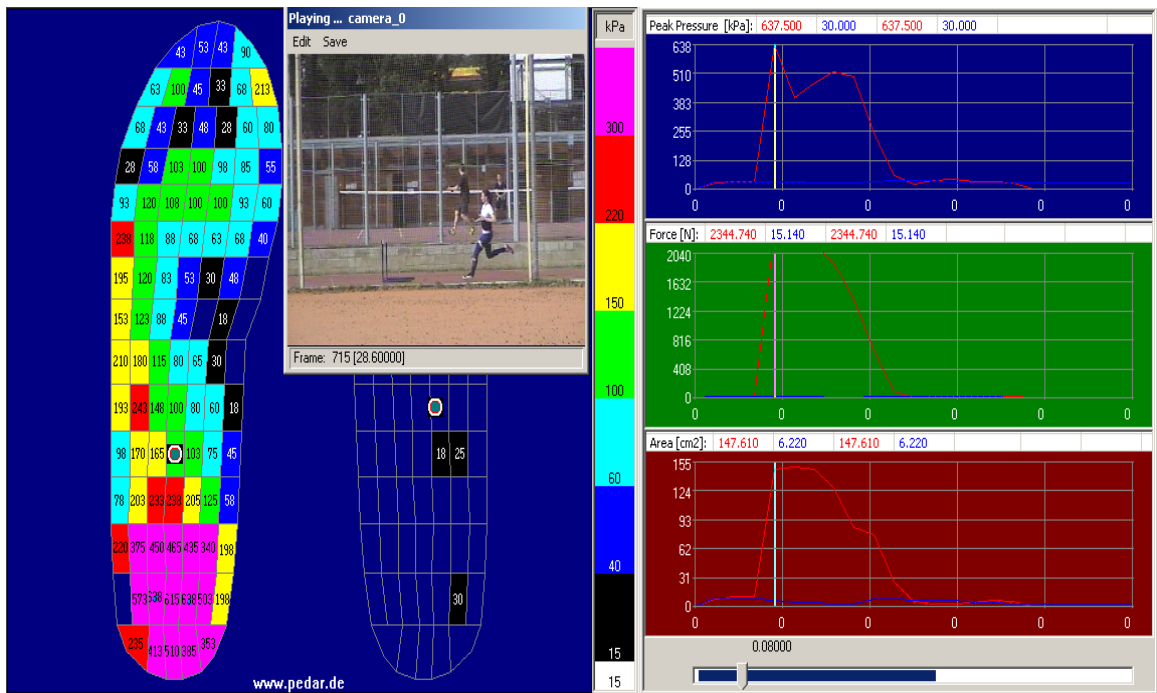


Příloha 23 – tabulka vybraných hodnot z reportu ze systému Pedar-x (proband 4, 100 m, v anglickém jazyce)

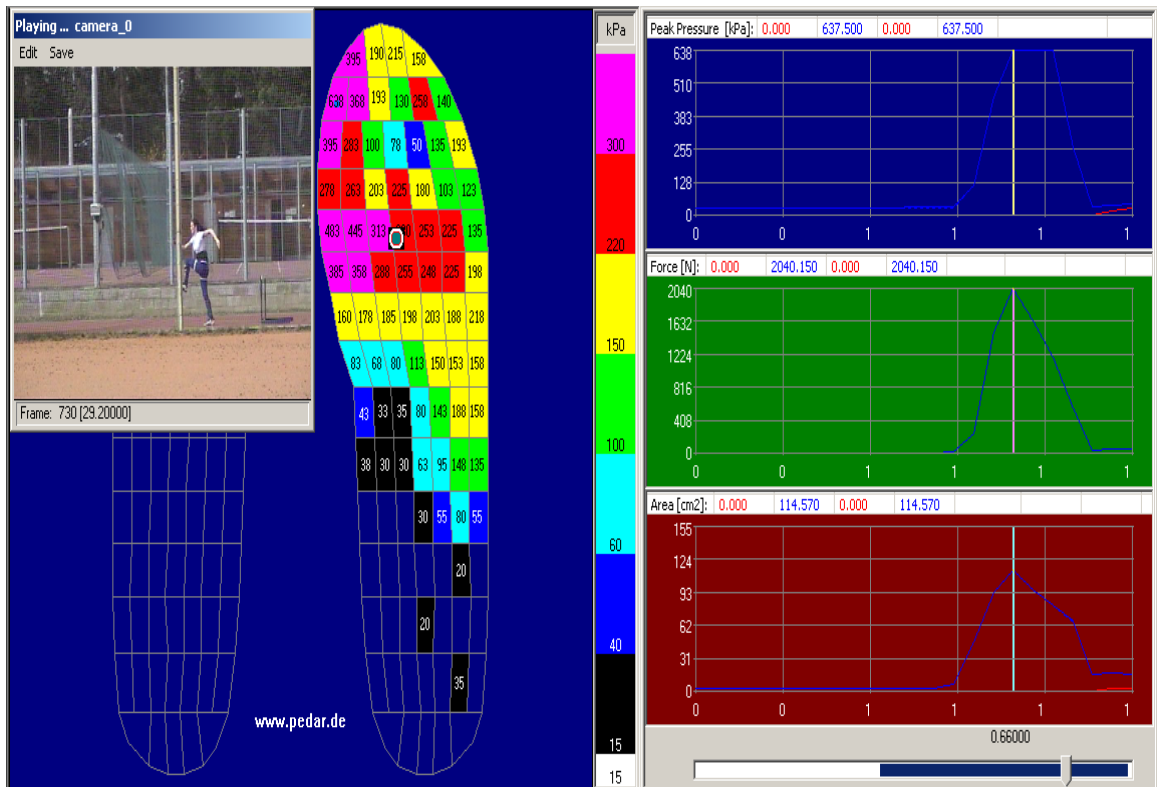
Parameters \ masks (statistics)

Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	2402,3±0,0	205,0±0,0	123,6±0,0	571,5±0,0	671,2±0,0	662,3±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	120,0±0,0	100,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm.)	152,27±0,00	19,97±0,00	17,65±0,00	45,22±0,00	27,35±0,00	26,76±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	1865,9±0,0	14,5±0,0	7,8±0,0	234,6±0,0	606,6±0,0	699,1±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	60,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm.)	109,82±0,00	6,26±0,00	4,65±0,00	29,48±0,00	27,35±0,00	26,76±0,00

Příloha 24 – maximální vertikální síla působící probandem 4 na podložku při přeběhu překážky na 400 m trati.
odraz do překážky

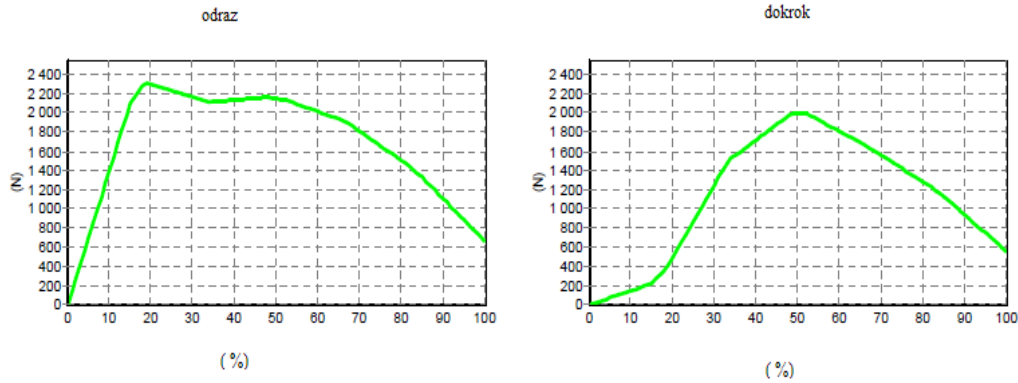


dokrok za překážkou

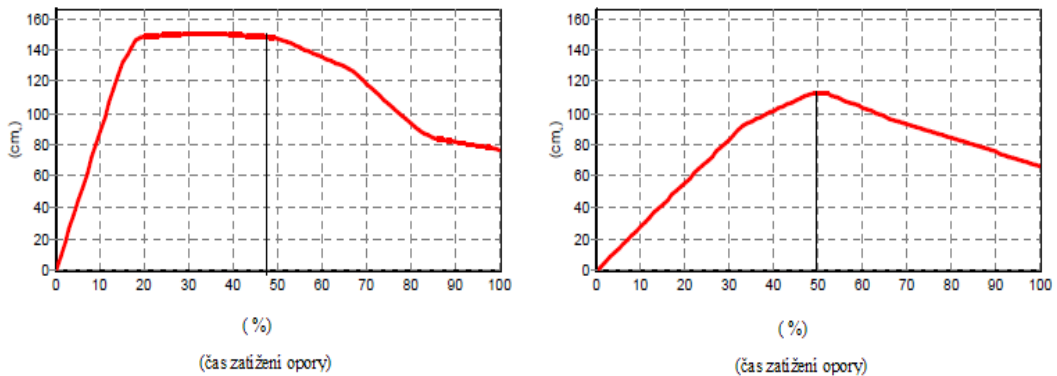


Příloha 25 – časový průběh vertikální síly během celého odrazu do překážky a dokroku za překážkou a časový průběh plochy zatížení během odrazu do překážky a dokroku za překážkou u probanda 4 při přeběhu překážky na 400 m trati

Časový průběh vertikální síly



Časový průběh zatížení plochy
(svislá černá čára = rozdelení propulzní a brzdné fáze)



Příloha 26 – tabulka vybraných hodnot z reportu ze systému Pedar-x (proband 3, 400 m, v anglickém jazyce)

Parameters \ masks (statistics)

Parameters	Total object	Med.heel	Lat.heel	Midfoot	Med.forefoot	Lat.forefoot
Left feet						
Maximum force (N)	2344,7±0,0	660,3±0,0	701,7±0,0	531,5±0,0	647,3±0,0	543,8±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	80,0±0,0	80,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm.)	153,87±0,00	19,97±0,00	19,25±0,00	45,22±0,00	27,35±0,00	26,76±0,00
Right feet						
Maximum force (N)	2040,2±0,0	1,5±0,0	13,3±0,0	372,4±0,0	756,0±0,0	547,3±0,0
Contact time (ms)	120,0±0,0	40,0±0,0	120,0±0,0	100,0±0,0	120,0±0,0	120,0±0,0
Contact area (cm.)	116,13±0,00	0,74±0,00	5,49±0,00	40,47±0,00	27,35±0,00	26,76±0,00