

Lékařská fakulta University Palackého v Olomouci
Traumatologické oddělení Fakultní nemocnice Olomouc
Primář: doc. MUDr. Igor Čižmář, Ph.D.

Disertační práce

Obnova aktivní extenze nohy při paréze nervus peroneus

MUDr. Petr Špiroch

Školitel: doc. MUDr. Igor Čižmář, Ph.D.

Olomouc, 2012

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému školiteli doc. MUDr. Igoru Čižmářovi, Ph.D. za pomoc při zpracování tématu a odborné vedení. Jeho obětavá spolupráce a podnětné připomínky pro mě byly velmi cenným přínosem.

Velký dík patří MUDr. Ivaně Hradilové Svíženské, CSc. z Anatomického ústavu Masarykovy University v Brně za spolupráci na experimentální části práce.

Děkuji své manželce Veronice za podporu a trpělivost, bez níž by tato práce nevznikla.

Poděkování patří také celému kolektivu Traumatologického oddělení Fakultní nemocnice Olomouc, neboť jen díky jejich pochopení, spolupráci a podpoře jsem mohl celou práci zrealizovat.

Petr Špiroch

Obsah

CÍLE PRÁCE:	5
1. TEORETICKÁ ČÁST, EXPERIMENT.....	6
1.1 Úvod:	6
1.2 Anatomie:.....	6
1.2.1. Anatomie svalů bérce, vlastní pozorování:.....	6
1.3 Základní architektonické pojmy:	14
1.4 Materiál a metoda:.....	16
1.5 Výsledky experimentu:.....	18
1.6 Klinická aplikace výsledků experimentu:.....	29
1.6.1 Rozbor výpadku funkce musculus tibialis anterior:.....	29
1.6.2 Rozbor výpadku funkce n. peroneus spfc.:.....	31
1.6.3 Rozbor výpadku funkce n. peroneus profundus:.....	33
1.6.4 Rozbor výpadku funkce n. peroneus communis:.....	34
1.7 Diskuze:	35
1.8 Závěr:.....	38
2. KLINICKÁ ČÁST, SOUBOR PACIENTŮ	39
Šlachový transfer při nemožnosti nebo omezení dorzální flexe nohy při paréze peroneálních nervů.	39
2.1 Úvod do problematiky:	39
2.1.1 Anatomie:.....	39
2.1.2 Etiologie:	40
2.1.3 Klinický obraz:.....	40
2.1.4 Historie:.....	41
2.2 Materiál a metoda:.....	41
2.2.1 Operační technika:.....	44
2.2.2 Pooperační péče:	47
2.2.3 Skórovací systém:	50
2.3 Výsledky:	50
2.4 Diskuze:	55
2.5 Závěr:.....	59
3. SOUHRN:.....	60
3.1. Souhrn experimentální část:	60
3.2. Souhrn klinická část:.....	61
4. SUMMARY:	62
4.1. Summary experimental part:	62
4.2. Summary clinical part:	63

5.	LITERATURA:	64
5.1.	<i>Literatura experimentální část:</i>	64
5.2	<i>Literatura klinická část:</i>	69
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:	75
7.	SEZNAM OBRÁZKŮ:	76
8.	SEZNAM GRAFŮ:	78
9.	SEZNAM TABULEK:	79
10.	VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ A PŘEDNÁŠKOVÁ ČINNOST:.....	80
10.1.	<i>Publikační činnost:</i>	80
10.2.	<i>Vystoupení na vědeckých konferencích:</i>	80

CÍLE PRÁCE:

1. Cílem experimentální části práce je studium parametrů svalové architektury bérceových svalů a rozbor výpadku funkce svalů při paréze nervus peroneus. Porovnáním parametrů svalové architektury svalů a svalových skupin určit optimální typ šlachového transferu k obnově ztracené funkce.
2. Cílem klinické části práce je hodnocení souboru pacientů s nemožností, nebo omezením extenze nohy léčených šlachovým transferem a srovnání výsledků s teoretickým předpokladem vycházejícím z experimentu.

1. TEORETICKÁ ČÁST, EXPERIMENT

Anatomické a funkční vlastnosti extenzorů a hlubokých flexorů bérce, možnost jejich využití při šlachovém transferu.

1.1 Úvod:

Svalová soustava vytváří nervově řízený aktivní pohybový aparát. Základem je smrštěná schopná příčně pruhovaná svalová tkáň, která je funkčně spjata s pohyblivě spojeným skeletem [9]. Základní stavební jednotkou svalu je svalové vlákno. Makroskopické uspořádání svalových vláken je nazýváno jako architektura kosterních svalů [22]. Protože architektura svalů je základním faktorem, určujícím funkci svalu, pochopení vztahu mezi strukturou a funkcí má velký praktický význam. Porozumění tomuto vztahu objasní nejen fyziologický základ svalové síly a pohybu, ale poskytne také vědecké odůvodnění operací-šlachových transferů.

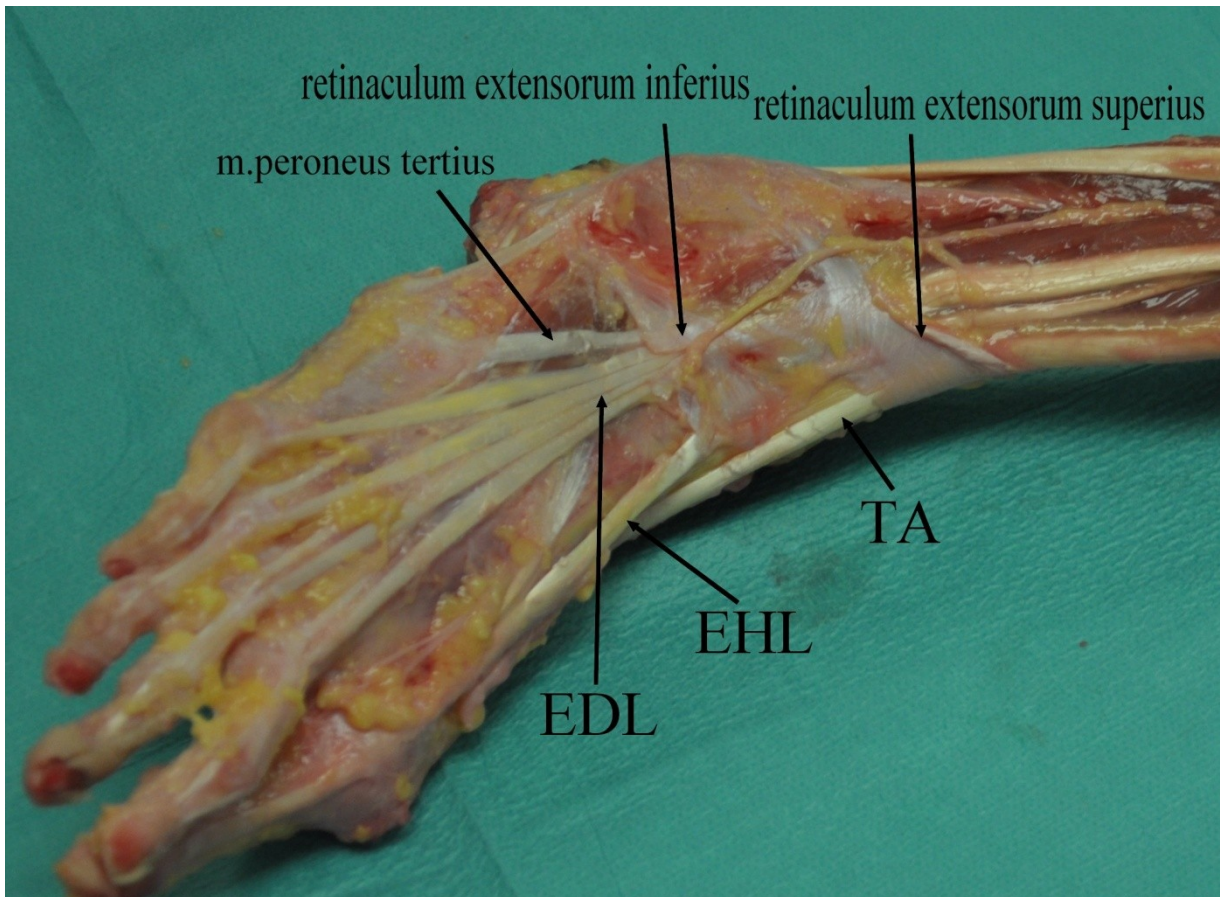
1.2 Anatomie:

Svaly bérce dělíme do tří skupin, oddělených kostmi a vazivovými septy. Do přední skupiny patří extensory prstů a nohy, supinátory nohy- musculus tibialis anterior (TA), musculus extensor digitorum longus (EDL), musculus extensor hallucis longus (EHL). Inervovány jsou n. peroneus profundus. Do laterální skupiny patří flexory a pronátory nohy- musculus peroneus longus (PL) a musculus peroneus brevis (PB). Inervovány jsou n. peroneus superficialis. Zadní skupinu dělíme na povrchovou a hlubokou. Do povrchové vrstvy patří musculus triceps surae, m. plantaris, do hluboké vrstvy řadíme m. popliteus, m. tibialis posterior (TP), m. flexor digitorum longus (FDL) a m. flexor hallucis longus (FHL). Funkcí těchto svalů je flexe nohy a prstů a supinace nohy. Inervovány jsou n. tibialis [3,9].

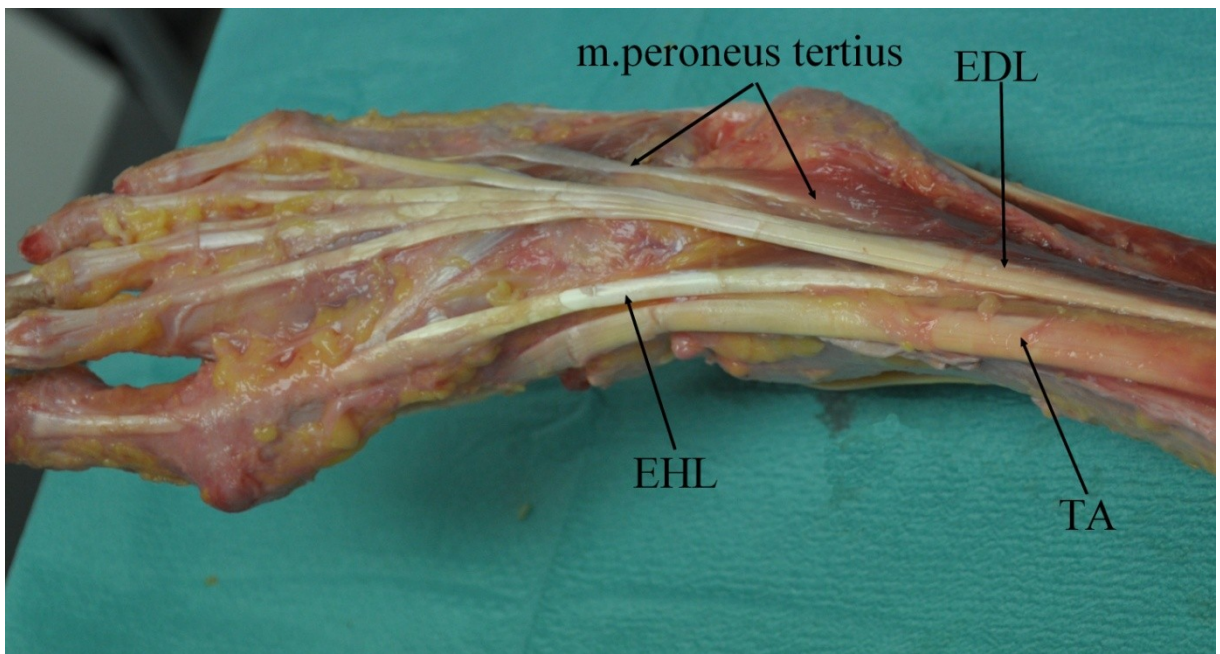
1.2.1. Anatomie svalů bérce, vlastní pozorování:

Přední svalová skupina je uložena na anterolaterální straně bérce v prostoru laterální plochy tibie, přední strany membrana interossea cruris a přední plochy fibuly mezi margo interosseus a margo anterior. TA začíná nejproximálněji a nejmediálněji z laterální strany

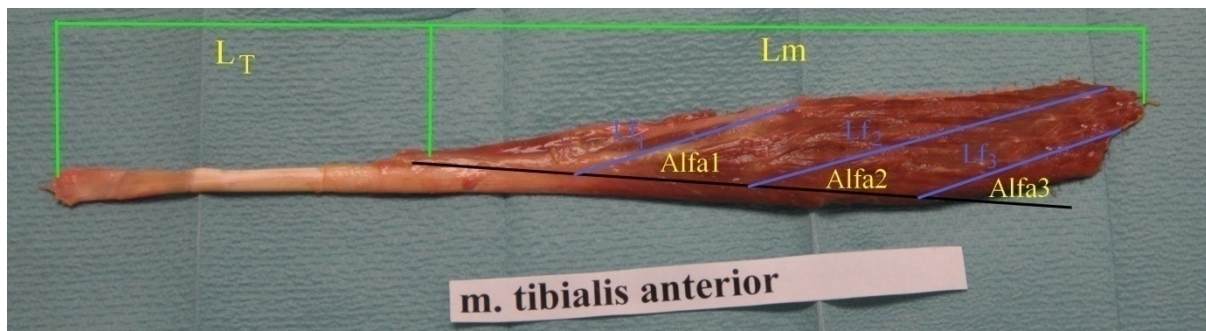
hlavice tibie a malé části membrana interossea cruris. EDL začíná laterálně, větší částí na fibule a membrana interossea a jen v nejproximálnější části na hlavici tibie. Začátek EHL je uložen pod oběma předchozími svaly, začíná od membrana interossea a částečně od fibuly. V distální třetině bérce přechází svaly ve šlachy. Nad úrovní TC kloubu prochází pod horním extenzorovým retinakulem, které je rozepjato mezi přední hranou tibie a přední hranou fibuly, kdy přechází do periostu obou kostí. Pod úrovní TC kloubu šlachy procházejí pod dolním extenzorovým retinakulem, které probíhá mezi zevním a vnitřím kotníkem a přilehlými částmi kalkanea a talu (Obrázek 1). Po odklopení retinakul jsou šlachy v průběhu pod retinakuly obaleny šlachovými pochvami (Obrázek 2). Šlacha TA se upíná na mediální stranu os cuneiforme mediale a bazi I. metatarzu. Šlacha EDL se na dorzu nohy dělí na 4 šlachy jdoucí na dorzum prstů, kde se rozšiřují v dorzální aponeurozy a upínají se na distální články prstů. Ve čtyřech případech z preparovaných pěti preparátů se oddělovala z laterální strany svalu EDL šlacha, která měla ve dvou případech malé svalové břívsko, šlacha běžela v pochvě se šlachou EDL a na dorzu nohy probíhala laterálně k diafýze 5. MTT. Nazývá se m. peroneus tertius. Sval byl vzhledem k nekonstantnosti a malé velikosti od EDL odpreparován a dále v experimentu neanalyzován. Šlacha EHL probíhá pod retinakuly a na dorzu nohy mezi TA a EDL a upíná se na dorzum distálního článku palce. Největší délku svalu má EDL (Obrázek 5), následuje TA (Obrázek 3) a nejkratší sval má EHL (Obrázek 4). Nejdélší celý průběh svalu a šlachy má EDL, následuje EHL, nejkratší je TA.



Obrázek 1: Anatomie distálního průběhu extenzorové skupiny. Na dorzu nohy je nejmediálněji uložena šlacha m. tibialis anterior (TA), uprostřed dlouhý extenzor palce (EHL) a nejlaterálněji dlouhý extenzor prstů (EDL)



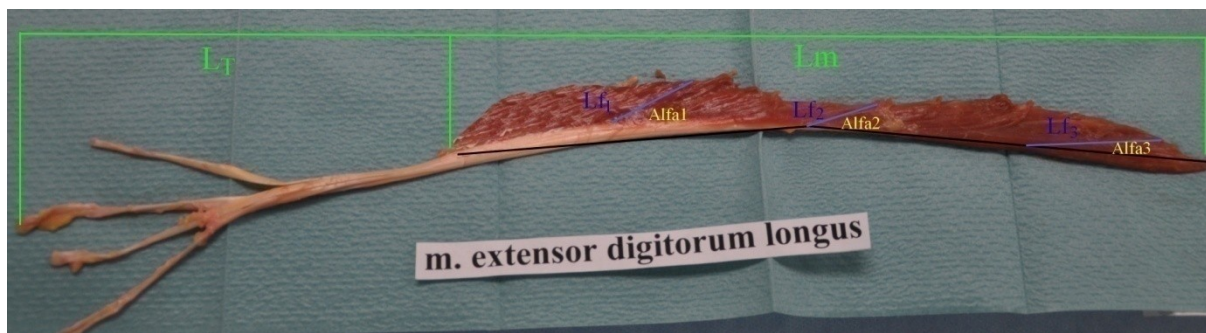
Obrázek 2: Průběh šlach extenzorů po odstranění retinakul, TA nejmediálněji, EHL uprostřed a EDL laterálně. Na zevní straně viditelné svalové břicho a průběh šlachy m. peroneus tertius.



Obrázek 3: Preparát m. tibialis anterior, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, Lf_1 - Lf_3 - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel



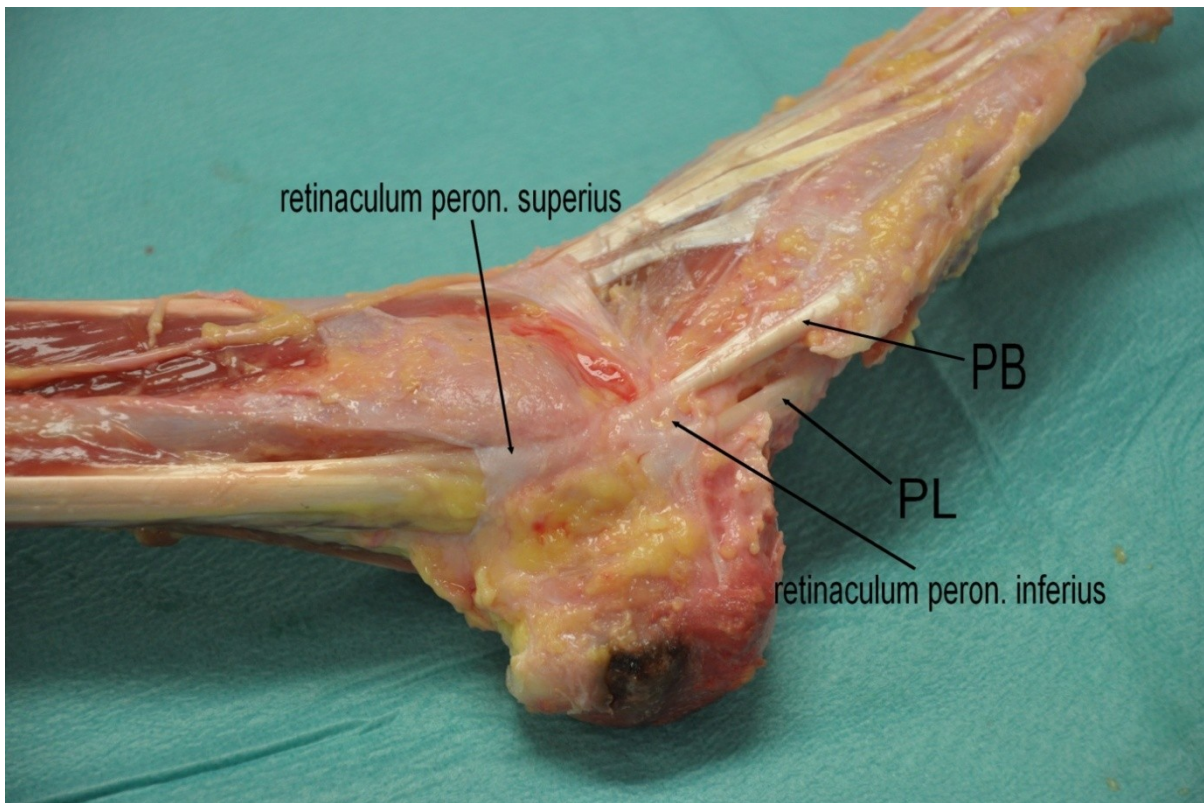
Obrázek 4: Preparát m. extensor hallucis longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, Lf_1 - Lf_3 - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel



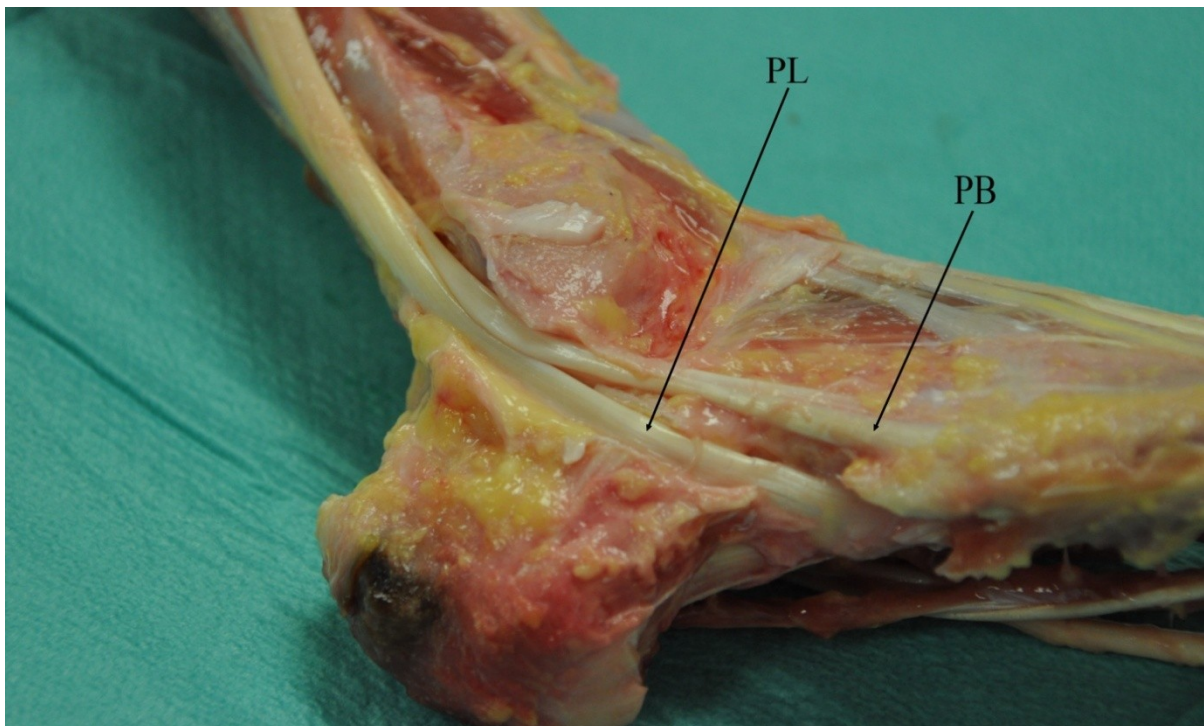
Obrázek 5: Preparát m. extensor digitorum longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, Lf_1 - Lf_3 - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel

Laterální svalová skupina je uložena na zevní straně bérce. Oba svaly začínají od laterální strany fibuly, PL začíná proximálněji. PB je uloženo pod PL a začíná distálněji. V distální části bérce přechází svaly ve šlachy, které probíhají za zevní kotník, kde probíhají pod horním peroneálním retinakulem, které je rozepjato mezi zevním kotníkem a patní kostí. Dále pokračují pod dolní peroneální retinakulum, které na mediální straně navazuje na dolní extenzorové retinakulum, přichyceno na trochlea peronealis tali a probíhá k zevní ploše kalkanea (Obrázek 6). Po odklopení retinakul zjistíme, že pod retinakuly probíhají šlachy ve společné šlachové pochvě. Šlacha PB probíhá po zevní straně nohy a upíná se na bazi 5. metatarzu (Obrázek 7). Šlacha PL dále probíhá na zevní stranu nohy, kde se obtáčí kolem zevní strany os cuboideum a probíhá hloubkou planty, pod krátkými i dlouhými flexory na

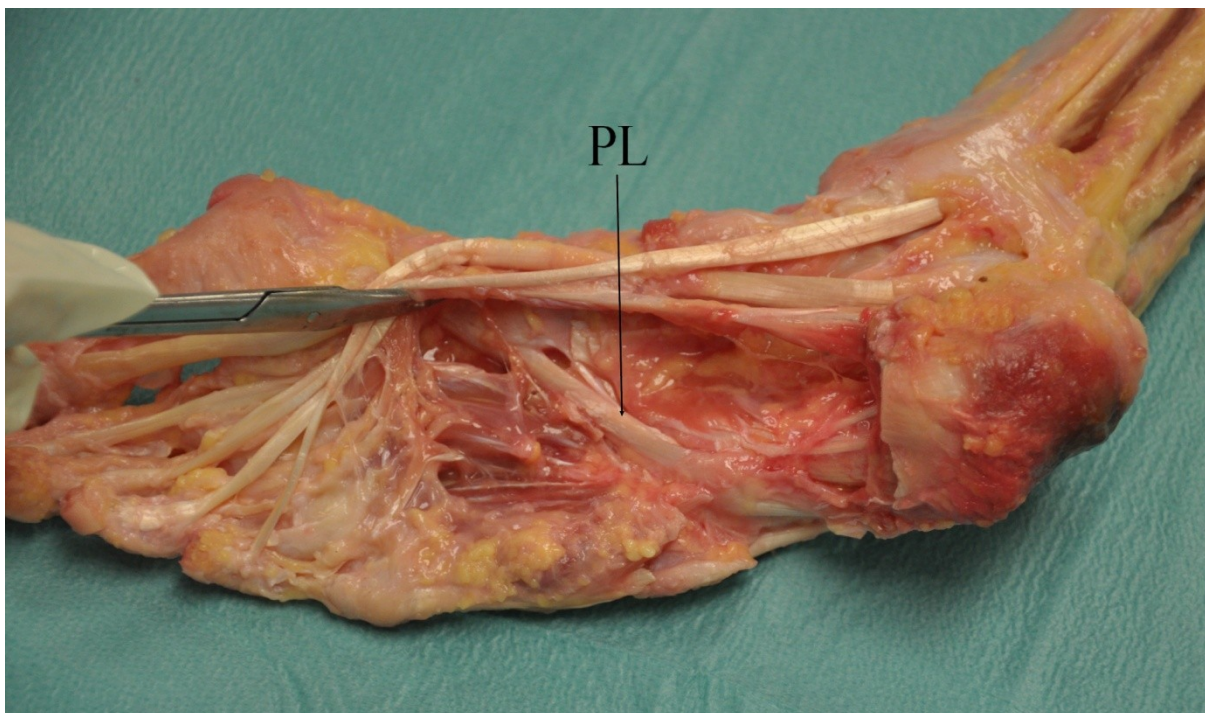
vnitřní stranu, kde se upíná na plantární stranu os cuneiforme mediale a bazi I. metatarzu (Obrázek 8). PL má delší svalovou část než PB a také delší celkový průběh vzhledem k průběhu celou plantou až na mediální stranu nohy.



Obrázek 6: Anatomie peroneálních šlach s retinakuly



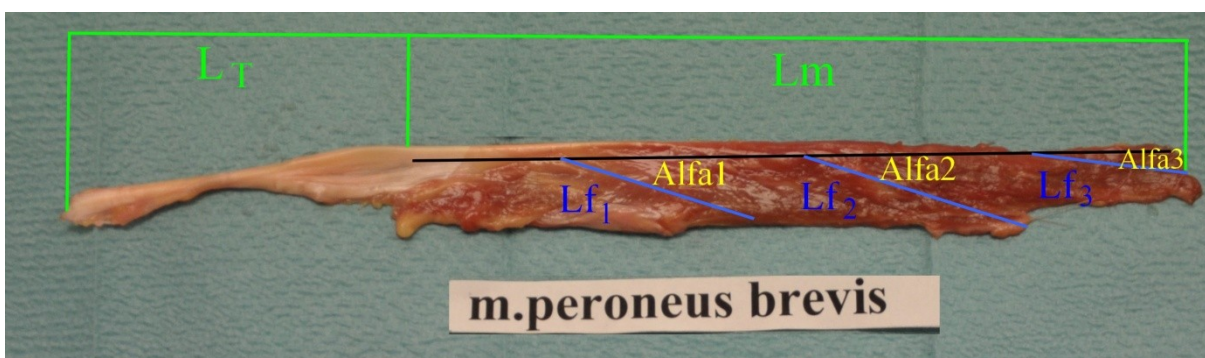
Obrázek 7: Anatomie za zevním kotníkem po odpreparování peroneálních retinakul. Peroneus brevis (PB) probíhá po zevní straně nohy ke svému úponu na bazi 5. metatarzu. Peroneus longus (PL) se obtáčí kolem os cuneiforme laterale na plantu.



Obrázek 8: Průběh PL plantou k úponu na os cuneiforme mediale a bazi I. metatarzu.



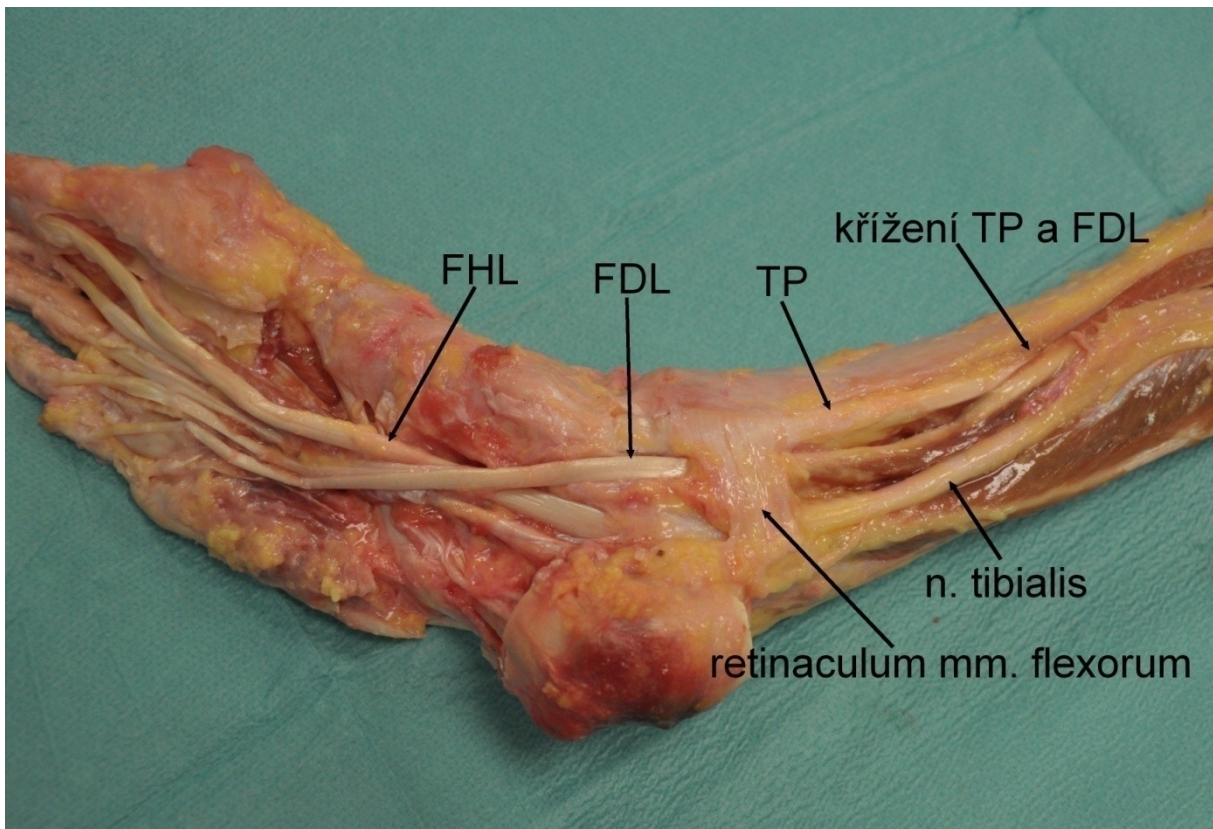
Obrázek 9: Preparát m. peroneus longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, Lf_1 - Lf_3 - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel



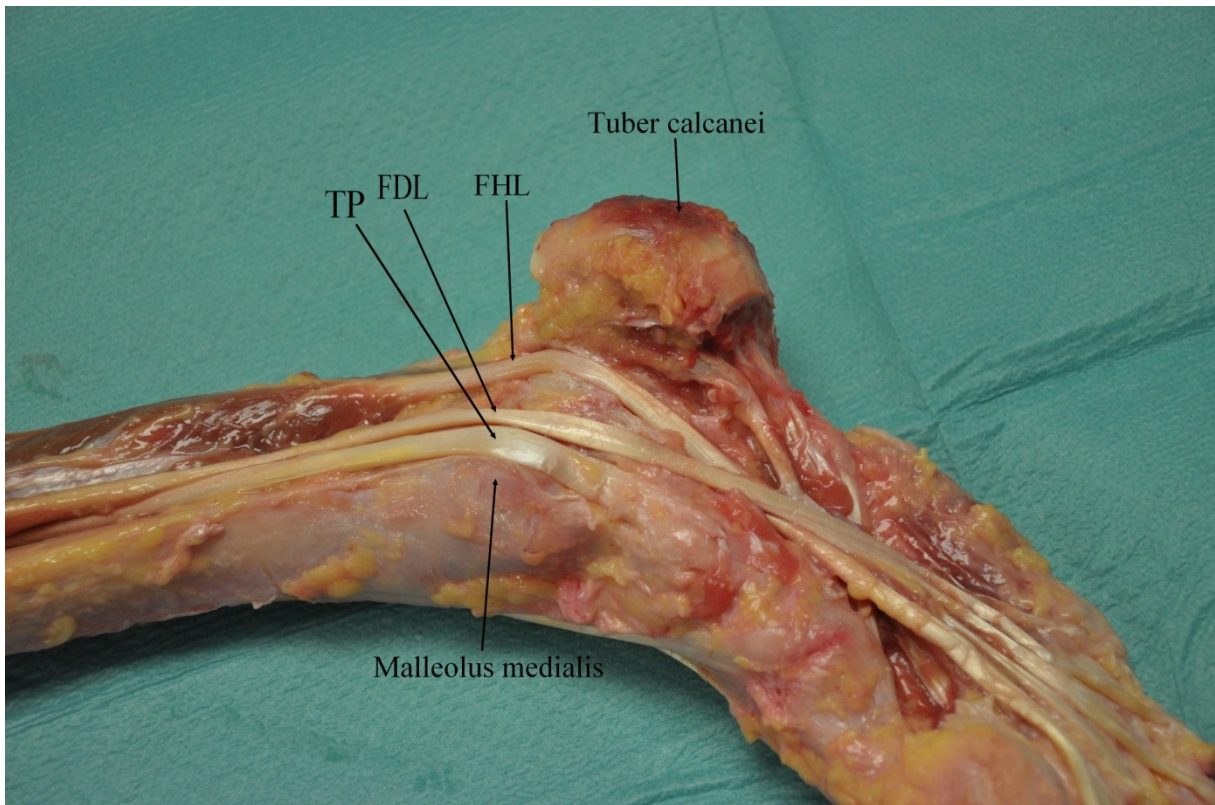
Obrázek 10: Preparát m. peroneus brevis, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, Lf_1 - Lf_3 - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel

Zadní hluboká svalová skupina leží na dorzální straně bérce, pod m. triceps surae od něž je oddělena fascií, která je napjata mezi mediální hranou tibie a zadní hranou fibuly. Nejmediálněji a nejproximálněji, jen ze zadní plochy tibie začíná FDL. Uprostřed, ze zadní strany tibie, membrana interossea a ze zadní strany fibuly začíná TP. Začátek FHL je uložen nejlaterálněji a nejdálěji, je na zadní straně fibuly a membrana interossea cruris. V distální

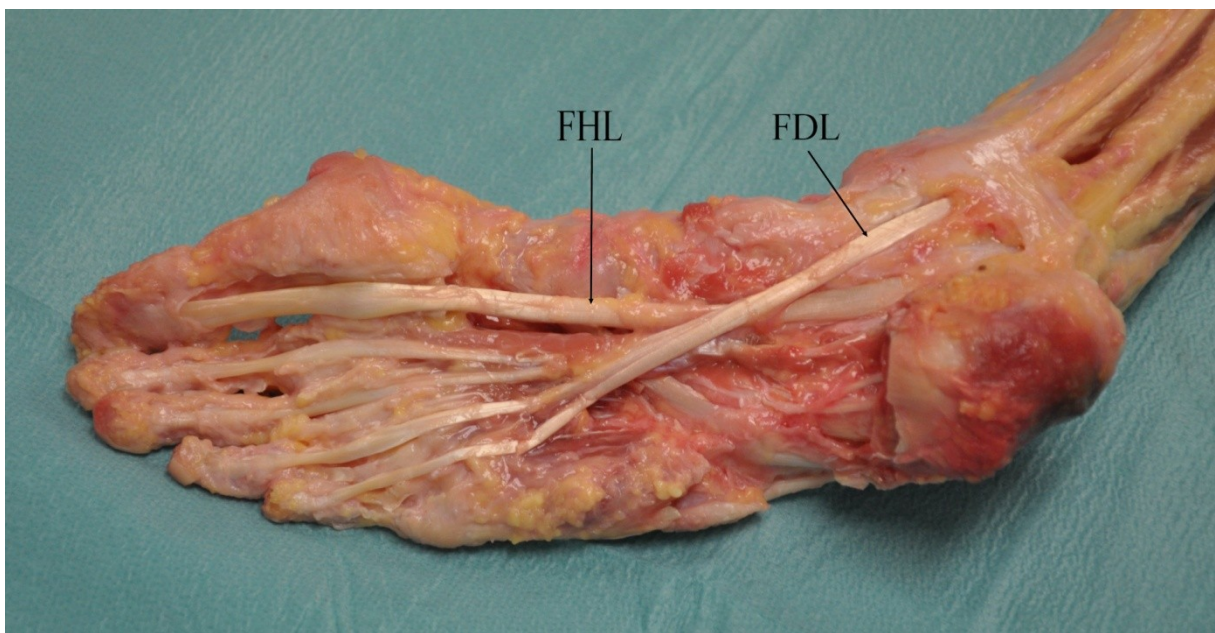
třetině bérce podbíhá TP EDL, a tak se TP dostává nejmediálněji (Obrázek 11). Takto šlachy vstupují za vnitřní kotník, nejmediálněji TP, pak FDL a nejlaterálněji FHL (Obrázek 12). Mezi vnitřním kotníkem a mediální stranou patní kosti je rozepjato retinaculum flexorum, které šlachy podbíhají. Každá šlacha má v průběhu pod retinakulem vlastní šlachovou pochvu. Šlacha TP jde na mediální stranu nohy, kde se upíná na tuberositas ossis navicularis a ossa cuneiformia pedis. Šlacha FDL se po průchodu na plantu vějířovitě dělí na 4 šlachy, které se upínají na distální články 2.- 5. prstu. Šlacha FHL se po průchodu na plantu kříží, podbíhá FDL a probíhá k palci, kde se upíná na jeho distální článek (Obrázek 13). Nejdelší svalovou část má TP (Obrázek 14), nejkratší FDL (Obrázek 15). Největší celkovou délku svalu a šlachy má FHL (Obrázek 16), a to i když má nejdistaněji uložený začátek svalu, a to proto, že probíhá nejlaterálněji na bérce a na plantě přechází mediálně k nejdelšímu paprsku nohy. Mimosvalová část šlachy TP je nejkratší ze všech zkoumaných svalů.



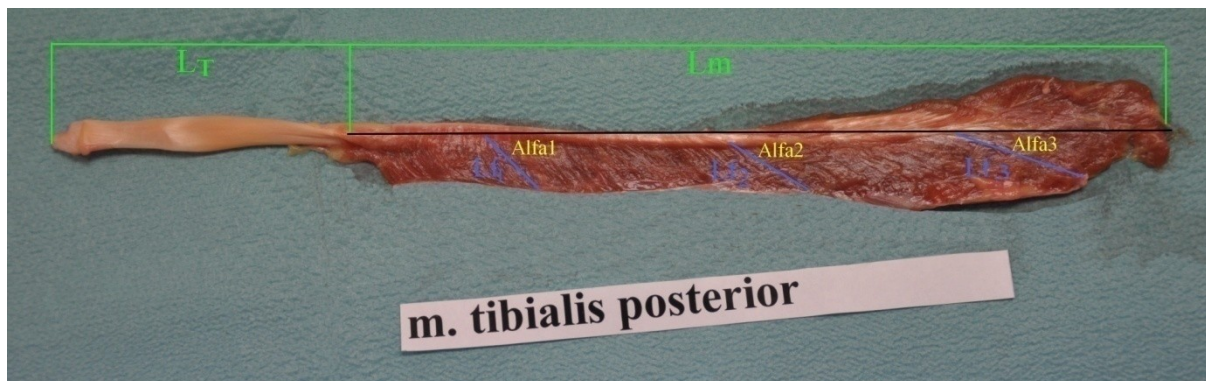
Obrázek 11: Anatomie průběhu hlubokých flexorů, ponechána flexorová retinakula. V distální třetině bérce dochází ke křížení šlachy m. tibialis posterior (TP), která podbíhá šlachu m. flexor digitorum longus (FDL) a dostává se tak nejmediálněji.



Obrázek 12: Průběh šlach za vnitřním kotníkem. Nejmediálněji probíhá m.tibialis posterior (TP), uprostřed m. flexor digitorum longus (FDL) a nejlaterálněji m. flexor hallucis longus (FHL).



Obrázek 13: Křížení šlachy m.flexor hallucis longus (FHL) a m. flexor digitorum longus (FDL) na plantě a průběh šlach k úponům na distální články prstů.



Obrázek 14: Preparát m. tibialis posterior, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel



Obrázek 15: Preparát m. flexor digitorum longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel



Obrázek 16: Preparát m. flexor hallucis longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel

1.3 Základní pojmy svalové architektury:

V literatuře je množství článků a publikací, popisujících sval na mikroskopické úrovni s mikrofotografiemi a schémata svalových sarkomer [7,8,10,32]. O uspořádání svalových vláken uvnitř a mezi svaly je publikováno mnohem méně. Svalová vlákna jsou často popisována jako svazky (fascikly) jdoucí od proximálního úponu distálně ke šlaše. Tento popis není úplně přesný, vzhledem k velkému počtu typů a „vzorů“, které jsou u člověka a v celé živočišné říši. Bylo zjištěno, že architektura daného svalu je stejná u jedinců stejného druhu, z čehož plyne, že existují faktory určující architektonické vlastnosti svalů, kterými jsou lokalizace svalu, velikost rozsahu pohybu, který je potřebný k plnému pohybu ovládaného

kloubu a potřebná síla k vykonání pohybu. Tím je také vysvětlena podobnost architektury svalů v jedné svalové skupině [5,26,31,33,34,39,40,41,44].

Architektura svalových vláken může být definována jako uspořádání svalových vláken uvnitř svalu vzhledem k ose sil [29]. Počet architektonických uspořádání svalů je stejný jako počet svalů samotných. Z praktického hlediska se svaly dělí do 3 až 4 obecných typů architektury svalových vláken.

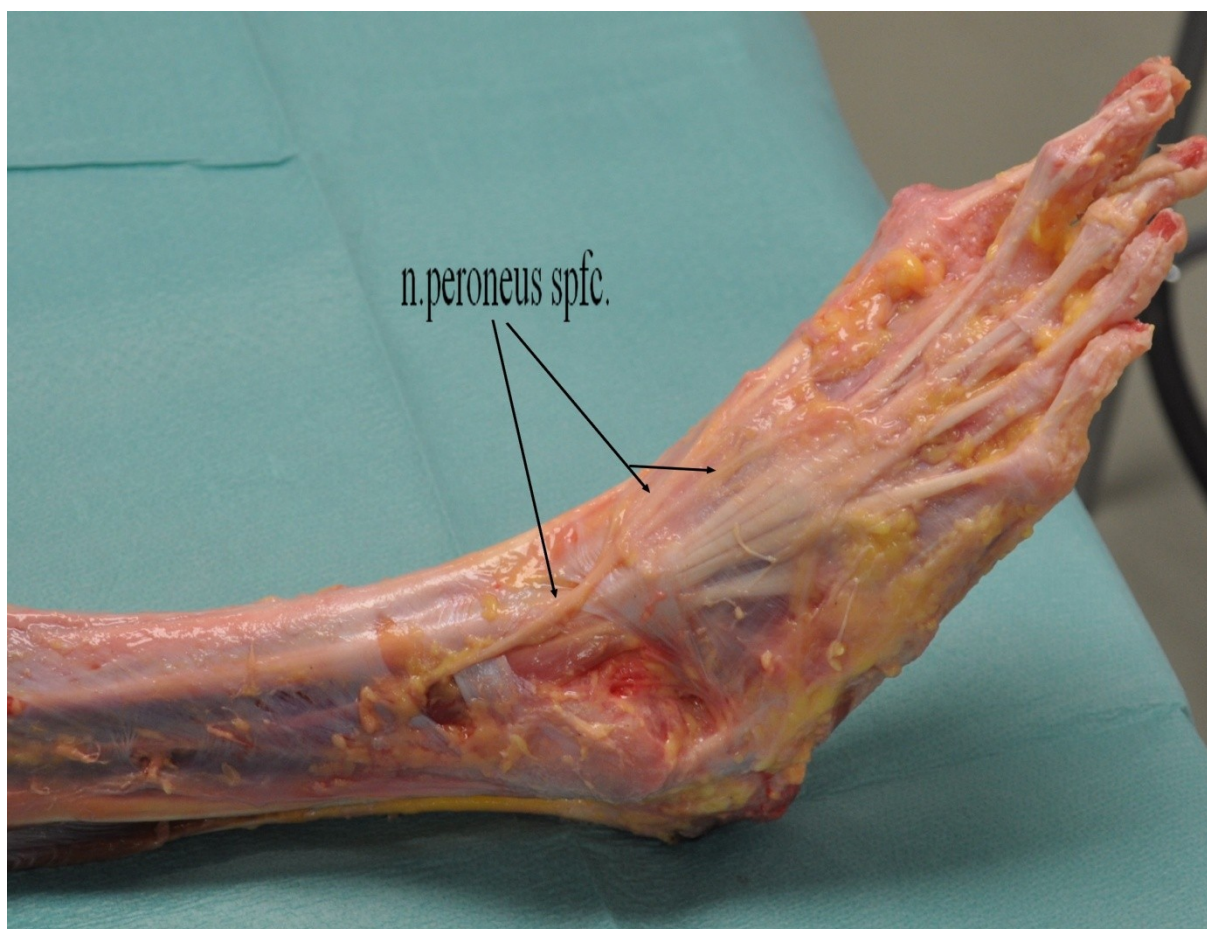
Prvním typem jsou svaly, složené z vláken, která jsou uspořádána rovnoběžně s osou sil, tato architektura je nazývána jako souběžná, nebo podélná. Příkladem tohoto typu je m. biceps brachii. Experimentální studie prokazují, že u savčího svalu svalová vlákna neprobíhají celou délkou svalu a detailní studie délky svalových vláken ukazují, že svalová vlákna nejsou stejně rozšířena ani v celé délce fasciklu [34,36]. Ostatní svaly jsou označovány jako svaly pennatní. Tento pojem vychází z latinského Pinnatus- pernatý, opeřený, okřídlený, nebo vějířovitý. Ty se dělí na svaly, jejichž vlákna jsou orientována v jednom úhlu vzhledem k ose síly, tyto svaly jsou nazývány jako svaly unipennatní. Příkladem je m. vastus medialis a lateralis. Úhel vláken je měřen v klidovém stavu svalu. Z disekcí svalů je zřejmé, že většina svalů spadá do nejobecnější kategorie, multipennatních svalů, které jsou tvořeny vlákny svírajícími různé úhly k ose síly. Příkladem je např. m. gluteus maximus. Některá literatura [1] uvádí ještě typ bipennatní, u nějž jdou svalová vlákna ze dvou stran k ose pohybu. Nejpresnějším příkladem tohoto typu je sval adduktoru klepete humra, u člověka se mu nejvíce podobá m. rectus femoris.

První práce zabývající se studiem a popisem architektury svalů byla publikována v roce 1965 Gansem a Bockem [22] kde byla precizně popsána metodika studia svalové architektury. Tato metodika byla upravena v roce 1987 Gansem a De Vriesem [23]. V těchto pracích byly definovány parametry, sloužící k analýze svalové architektury.

Prvním parametrem je délka svalu L_m a je definována jako vzdálenost od úponu nejproximálnějšího svalového vlákna k úponu nejdistanějšího vlákna na šlachu. Délka svalového vlákna, nebo fasciklu L_f je měřena po mikrodisekci svalu od proximálního konce fasciklu k jeho úponu na šlachu. Dalším parametrem je hmotnost svalu M , jde o čistou hmotnost svalu bez šlachy.

1.4 Materiál a metoda:

K výzkumu byly použity preparáty pěti dolních končetin. Při měření a analýze preparátů bylo postupováno dle metodiky popsané Gansem a De Vriesem [23]. Jednalo se o čerstvé nefixované preparáty dolních končetiny od poloviny stehna distálně včetně prstů. Tři končetiny byly pravé a dvě levé, dle označení se jednalo o končetiny od různých jedinců. Odstranili jsme kůži včetně podkoží až k fascii. Dorzálně jsme odpreparovali m. triceps surae, m. plantaris, k hluboké fascii bérce. Odetnuli jsme distální úpony adduktorů a flexorů stehna. Na dorzu nohy jsme vypreparovali distální průběh n. peroneus spfc. (Obrázek 17)



Obrázek 17: Průběh distální, již jen senzitivní části n.peroneus spfc., nerv prochází fascií nad proximální částí horního extenzorového retinakula, nad retinakulem jde na dorzum nohy, kde se dělí na konečné větve.

Následně jsme odstranili fascii svalů jak na bérce, tak na noze s ponecháním retinakul. Provedli jsme maximální flexi a pronaci nohy a prstů, označili jsme na šlachách TA, EHL a EDL místo v úrovni horního okraje retinaculum mm. extensorum superior, převedli jsme nohu do maximální supinace a extenze včetně prstů a udělali jsme na šlachách značku v tomto postavení nohy. Změřili jsme vzdálenost na šlachách, která určuje možnost maximálního

pohybu daného svalu a šlachy. Hodnota je označena jako R_m , měřena s přesností 0,1cm. Obdobně jsme označili v extenzi a supinaci nohy šlachy *m.peroneus longus* a *brevis* při horním okraji horního peroneálního retinakula, převedli jsme nohu do flexe a pronace a změřili jsme rozsah pohybu peroneálních svalů a šlach. Poté jsme v extenzi a pronaci nohy označili šlachy TP, FDL a FHL v úrovni retinaculum *m. flexorum*, převedli nohu do flexe a supinace a změřili rozsah pohybu těchto svalů a šlach.

Následně jsme protнули retinakula. Odetnuli jsme distální úpony šlach, svaly jsme ostře odpreparovali od periostu a od *membrana interossea cruris*. Jednotlivé svaly jsme rozprostřeli, na povrchu osušili, změřili jsme délku svalu- L_m , s přesností na 0,1cm od úponu nejproximálnějších vláken k úponu nejdistančnějších vláken ke šlaše. Dalším měřeným parametrem je délka mimosvalové šlachy L_T , kterou jsme měřili od úponu nejdistančnějšího svalového vlákna ke šlaše ke konci šlachy s přesností na 0,1cm. Svalovou část jsme rozměřili do tří třetin, a uprostřed každé třetiny jsme vypreparovali svalový fascikl a změřili jsme délku svalového vlákna, fasciklu, L_{f1-3} , digitálním laserovým měřidlem s přesností na 0,02cm. Z těchto tři naměřených hodnot byl vypočítán aritmetický průměr. Ve stejných místech jsme změřili standardním úhloměrem úhel, který svírají svalová vlákna k ose pohybu, distální šlaše- pennation úhel s přesností na $0,5^\circ$, který je nazván Alfa1-3. Z naměřených hodnot byl vypočítán aritmetický průměr. Jelikož jednotlivá vlákna svírají úhel ve 3 rovinách k ose pohybu, rozprostřeli jsme sval do plochy a změřili takzvaný 2D pennation úhel.

Dále jsme změřili délku tibie, vzdálenost mezi interkondylickou eminencí a hrotem vnitřního kotníku a šířku hlavice tibie, jakožto ukazatele charakterizující postavu.

Z těchto naměřených hodnot jsme vypočítali poměr mezi délkou svalových vláken k délce svalu (poměr L_f/L_m), dle popsané metodiky [23]. Tento poměr ukazuje možný rozsah pohybu svalu. Například, jestliže sval obsahuje vlákna, která probíhají celou délkou svalu (poměr $L_f/L_m=1$) je uzpůsoben k většímu rozsahu pohybu než sval, jehož vlákna mají jen poloviční délku k délce svalu ($L_f/L_m=0,5$). Tento poměr je dobře použitelný k porovnání rozsahu pohybu svalů, protože je nezávislý na absolutní délce svalových vláken a umožňuje porovnání rozsahu pohybů mezi svaly.

Druhý vypočítávaný parametr určuje maximální možnou sílu svalu [37]. Je nazýván PCSA (Physiological cross-sectional area). Vypočítává se podle vzorce:

$$PCSA(\text{cm}^2) = M(\text{g}) \times \cos \text{Alfa} / \rho(\text{g}/\text{cm}^3) \times L_f(\text{cm}) \quad [2]$$

kde M je hmotnost svalu bez šlachy, α je povrchový pennation úhel, p je hustota svalu (u savčího svalu je tato hodnota $1,056\text{g/cm}^3$ [43]). Teoreticky PCSA představuje součet průřezů všech svalových vláken ve svalu. Tato rovnice vypočítává objem svalu (hmotnost/hustota) rozdělenou do svalových vláken a je udáván v plošných jednotkách (v tomto případě cm^2). Protože jsou svalová vlákna orientována v určitém úhlu k ose pohybu, je do rovnice začleněn cosinus tohoto úhlu, kdy je zohledněno to, že ne všechna síla svalových vláken je převáděna na šlachu. Tato myšlenka vychází z modelu svalového vlákna, kdy je určitou silou taženo za šlachu, v různých úhlech k ose pohybu. Výsledná síla tahu za šlachu je vždy rovna síle \times cosinus úhlu tahu. To znamená, že čím větší je úhel, tím menší je převáděná síla a pokud dosáhne úhel 90° , je výsledná síla 0.

1.5 Výsledky experimentu:

Analyzovali jsme 5 preparátů dolních končetin- bérce a nohy, na každém z nich 3 skupiny svalů bérce podílejících se na pohybech hlezna, nohy a prstů, které mají význam při případném šlachovém transferu. Jednalo se o přední skupinu svalů bérce- TA, EDL a EHL, které vykonávají extenzi nohy a prstů, zadní hlubokou skupinu- TP, FDL a FHL, vykonávající flexi nohy a prstů. TA a TP jsou funkčně také supinátory nohy. Třetí skupinou je laterální skupina svalů- PL a PB, které jsou flexory a pronátory nohy. Celkem tedy bylo analyzováno 40 svalů, u nichž byly měřeny a vypočítány parametry svalové architektury popsané v metodice (Tabulka 1, Tabulka 2, Tabulka 3, Tabulka 4, Tabulka 5, Tabulka 6).

Preparát č.1

Sval	Hmonost M (g)	Délka svalu Lm (cm)	Délka vláknna Lf (cm)	Délka šlachy LT (cm)	Pennation úhel Alfa (o)	PCSA (cm ²)	Poměr Lf/Lm	Rozsah pohybu Rm (cm) měřený
Tibialis anterior (TA)	80,3	26,1	6,91±1,65	11,2	9,5±2,86	10,85	0,26	4,2
Ext.dig.longus (EDL)	41,9	29,3	6,98±1,19	15,5	10,83±0,85	5,58	0,24	3,8
Ext.hall.longus (EHL)	21,3	24,7	7,50±1,13	16,8	9,5±1,22	2,65	0,3	4,6
Tibialis posterior (TP)	59,2	32	3,80±0,67	7,6	13,67±0,62	14,33	0,12	1,9
Flex.dig.longus (FDL)	20,6	27,9	4,47±0,33	20,3	13,33±1,03	4,25	0,16	2,5
Flex.hall.longus(FHL)	39,5	27,3	5,28±0,19	21,2	16,83±0,94	6,78	0,19	3,2
Peroneus longus (PL)	58,6	27,5	5,12±0,14	18,2	14,33±5,57	10,5	0,19	3,1
Peroneus brevis (PB)	24,7	24,1	4,55±0,33	7,3	11,5±1,47	5,03	0,19	3,1

Délka tible (cm) 37,5

Šířka hlavičky tible(cm) 8,1

	Lf1(cm)	Lf2(cm)	Lf3(cm)	Alfa1(o)	Alfa2(o)	Alfa3(o)
Tibialis anterior (TA)	6,62	9,06	5,04	7	8	13,5
Ext.dig.longus (EDL)	8,56	5,7	6,68	10	10,5	12
Ext.hall.longus (EHL)	8,78	7,68	6,04	8	9,5	11
Tibialis posterior (TP)	4,68	3,04	3,68	13,5	13	14,5
Flex.dig.longus (FDL)	4,18	4,94	4,3	12	13,5	14,5
Flex.hall.longus(FHL)	5,44	5,38	5,02	15,5	17,5	17,5
Peroneus longus (PL)	5,04	5,32	5	7	15,5	20,5
Peroneus brevis (PB)	4,28	4,36	5,02	9,5	12	13

Tabulka 1: Preparát č. 1, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 1

Preparát č.2

Sval	Hmonost M (g)	Délka svalu Lm (cm)	Délka vláknna Lf (cm)	Délka šlachy LT (cm)	Pennation úhel Alfa (o)	PCSA (cm ²)	Poměr Lf/Lm	Rozsah pohybu Rm (cm) měřený
Tibialis anterior (TA)	102,4	29,2	7,26±1,19	15,4	9,83±2,95	13,16	0,25	4,8
Ext.dig.longus (EDL)	56,8	32,1	6,99±1,23	19,6	9,33±1,25	7,59	0,21	4,2
Ext.hall.longus (EHL)	28,2	27,6	7,41±1,16	21,2	9,17±1,03	3,56	0,27	5,6
Tibialis posterior (TP)	80,3	34,5	3,9±0,67	8,2	14,67±1,25	18,86	0,11	2
Flex.dig.longus (FDL)	21,2	23,1	4,74±0,42	24,7	10,83±1,84	4,16	0,2	3,8
Flex.hall.longus(FHL)	54,3	31,5	6,25±0,3	26,1	13,5±1,08	8	0,2	4
Peroneus longus (PL)	82,4	31,5	5,69±0,02	21,3	17,17±4,59	13,1	0,18	2,9
Peroneus brevis (PB)	26,6	28,2	5,12±0,43	10,8	12,5±0,41	4,8	0,18	2,9

Délka tible (cm) 41,3

Šířka hlavice tible(cm) 8,8

	Lf1(cm)	Lf2(cm)	Lf3(cm)	Alfa1(o)	Alfa2(o)	Alfa3(o)
Tibialis anterior (TA)	6,76	8,9	6,12	7,5	8	14
Ext.dig.longus (EDL)	8,6	5,62	6,76	8	9	11
Ext.hall.longus (EHL)	8,82	7,44	5,98	8	9	10,5
Tibialis posterior (TP)	4,78	3,16	3,76	15	13	16
Flex.dig.longus (FDL)	5,18	4,86	4,18	8,5	11	13
Flex.hall.longus(FHL)	6,66	5,94	6,14	12	14	14,5
Peroneus longus (PL)	5,66	5,72	5,68	11	18,5	22
Peroneus brevis (PB)	4,78	4,86	5,72	12	12,5	13

Tabulka 2: :Preparát č. 2, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 2

Preparát č.3

Sval	Hmotnost	Délka svalu	Délka vlákná	Délka šlachy	Pennation úhel	PCSA	Poměr Lf/Lm	Rozsah pohybu
	M (g)	Lm (cm)	Lf (cm)	LT (cm)	Alfa (o)	(cm ²)		Rm (cm) měřený
Tibialis anterior (TA)	93,4	28,2	7,24±1,09	13,6	9,5±1,78	12,05	0,26	4,5
Ext.dig.longus (EDL)	49,3	31,3	7±1,07	18,8	10,17±0,85	6,56	0,22	4,1
Ext.hall.longus (EHL)	26,2	26,4	7,47±1,17	19,3	9,5±1,08	3,28	0,28	5
Tibialis posterior (TP)	70,8	33,6	3,91±0,64	8	14±0,41	16,64	0,12	2,1
Flex.dig.longus (FDL)	21,1	26,8	4,73±0,32	23,2	12,17±0,85	4,13	0,18	3,2
Flex.hall.longus(FHL)	48,5	29,6	5,75±0,44	24,3	15,83±1,31	7,68	0,19	3,5
Peroneus longus (PL)	72,6	29,4	5,42±0,14	20,1	15,17±5,54	12,24	0,18	3
Peroneus brevis (PB)	25,3	26,8	4,83±0,4	9,2	11,5±1,08	4,86	0,18	3

Délka tible (cm) 40,5

Šířka hlaviče tible(cm) 8,4

	Lf1(cm)	Lf2(cm)	Lf3(cm)	Alfa1(o)	Alfa2(o)	Alfa3(o)
Tibialis anterior (TA)	6,82	8,74	6,16	8	8,5	12
Ext.dig.longus (EDL)	8,42	5,84	6,74	9	10,5	11
Ext.hall.longus (EHL)	8,63	7,92	5,86	8	10	10,5
Tibialis posterior (TP)	4,74	3,2	3,78	14	13,5	14,5
Flex.dig.longus (FDL)	4,88	5,02	4,28	11	12,5	13
Flex.hall.longus(FHL)	6,3	5,72	5,22	14	16,5	17
Peroneus longus (PL)	5,24	5,42	5,58	8	16	21,5
Peroneus brevis (PB)	4,72	4,4	5,36	10	12	12,5

Tabulka 3: Preparát č. 3, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 3

Preparát č.4

Sval	Hmotnost M (g)	Délka svalu Lm (cm)	Délka vláknna Lf (cm)	Délka šlachy LT (cm)	Pennation úhel Alfa (o)	PCSA (cm ²)	Poměr Lf/Lm	Rozsah pohybu Rm (cm) měřený
Tibialis anterior (TA)	74,3	24,5	6,64±1,41	10,7	9,2±2,12	10,46	0,27	4
Ext.dig.longus (EDL)	35,3	27,8	6,67±1,39	14,9	10,67±1,03	4,93	0,24	3,5
Ext.hall.longus (EHL)	19,1	23,2	7,23±1,33	16,1	9,33±1,03	2,47	0,31	4,6
Tibialis posterior (TP)	51,6	30,6	3,68±0,78	7,5	13,83±0,85	12,9	0,12	1,7
Flex.dig.longus (FDL)	19,5	25,4	4,29±0,3	19,6	13,5±1,08	4,19	0,17	2,4
Flex.hall.longus(FHL)	34,2	26,1	5,13±0,27	20,1	17,17±0,85	6,03	0,2	2,9
Peroneus longus (PL)	52,1	25,8	4,9±0,38	17,9	15,33±4,92	9,71	0,19	2,7
Peroneus brevis (PB)	23,9	23	4,42±0,31	6,6	11,83±1,31	5,01	0,19	2,8

Délka tible (cm) 36,8

Šířka hlavice tible(cm) 7,8

	Lf1(cm)	Lf2(cm)	Lf3(cm)	Alfa1(o)	Alfa2(o)	Alfa3(o)
Tibialis anterior (TA)	6,64	8,42	4,96	8	8	12,5
Ext.dig.longus (EDL)	8,52	5,16	6,34	9,5	10,5	12
Ext.hall.longus (EHL)	8,52	7,78	5,4	8	9,5	10,5
Tibialis posterior (TP)	4,72	2,86	3,46	13	13,5	15
Flex.dig.longus (FDL)	3,96	4,68	4,22	12,5	13	15
Flex.hall.longus(FHL)	5,02	5,5	4,88	16	18	17,5
Peroneus longus (PL)	4,92	5,36	4,42	9	16	21
Peroneus brevis (PB)	4,18	4,22	4,86	10,5	12,5	13

Tabulka 4: Preparát č. 4, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 4

Preparát č.5

Sval	Hmonost M (g)	Délka svalu Lm (cm)	Délka vláčna Lf (cm)	Délka šlachy LT (cm)	Pennation úhel Alfa (o)	PCSA (cm ²)	Poměr Lf/Lm	Rozsah pohybu Rm (cm) měřený
Tibialis anterior (TA)	67,8	24,3	6,67±1,49	10,3	9,5±1,78	9,49	0,27	3,9
Ext.dig.longus (EDL)	34,6	27,2	6,51±1,59	14,6	12,17±1,03	4,92	0,24	3,2
Ext.hall.longus (EHL)	17,9	22,5	7,11±1,31	16	10,17±0,62	2,35	0,32	4,3
Tibialis posterior (TP)	46,5	28,9	3,64±0,73	6,8	15,5±1,47	11,66	0,13	2
Flex.dig.longus (FDL)	18,9	25	4,28±0,17	18,4	16,67±1,25	4	0,17	2,6
Flex.hall.longus(FHL)	30,6	25,4	5,09±0,2	19	18,5±1,08	5,4	0,2	2,9
Peroneus longus (PL)	45,8	24,9	4,85±0,33	17,1	15,33±4,29	8,62	0,19	2,7
Peroneus brevis (PB)	19,2	22,6	4,05±0,2	6,5	12,5±1,08	4,38	0,18	2,6

Délka tibiae (cm) 35,2

Šířka hlavice tibiae(cm) 7,7

	Lf1(cm)	Lf2(cm)	Lf3(cm)	Alfa1(o)	Alfa2(o)	Alfa3(o)
Tibialis anterior (TA)	6,85	8,4	4,76	9	9,5	13
Ext.dig.longus (EDL)	8,62	4,78	6,12	11	12	13,5
Ext.hall.longus (EHL)	8,22	7,84	5,28	9,5	10	11
Tibialis posterior (TP)	4,62	2,86	3,44	14	15	17,5
Flex.dig.longus (FDL)	4,12	4,52	4,2	15	18	17
Flex.hall.longus(FHL)	5,1	5,32	4,84	17	19	19,5
Peroneus longus (PL)	4,86	5,24	4,44	10	15,5	20,5
Peroneus brevis (PB)	4,26	4,12	3,78	11	13	13,5

Tabulka 5: Preparát č. 5, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 5

Souhrnné výsledky preparátů 1-5

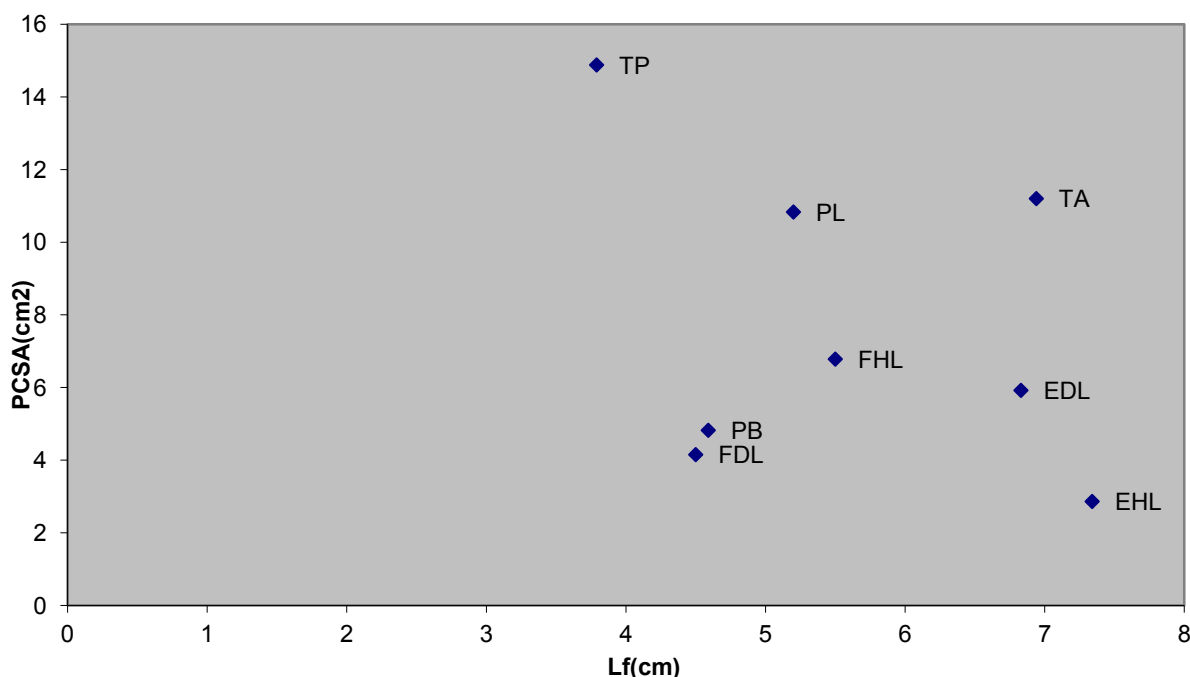
Sval	Hmotnost M (g)	Délka svalu Lm (cm)	Délka vlákná Lf (cm)	Délka šlachy LT (cm)	Pemnation úhel Alfa (o)	PCSA (cm ²)	Poměr Lf/lm	Rozsah pohybu Rm (cm) měřený	Rm vypočítaný (cm)	Délka šlachy+ sval (cm)
Tibialis anterior (TA)	83,64±12,62	26,46±1,96	6,94±0,27	12,24±1,95	9,51±0,2	11,2±1,28	0,26±0,01	4,28±0,33	4,28	38,7
Ext.dig.longus (EDL)	43,58±8,48	29,54±1,91	6,83±0,2	16,68±2,09	10,74±1,11	5,92±1,03	0,23±0,01	3,76±0,37	3,79	46,22
Ext.hall.longus (EHL)	22,54±4,01	24,88±1,91	7,34±0,15	17,88±2,04	9,53±0,34	2,86±0,47	0,3±0,02	4,82±0,45	4,94	42,76
Tibialis posterior (TP)	61,68±12,39	31,92±2,02	3,79±0,11	7,62±0,48	14,33±0,68	14,88±2,59	0,12±0,01	1,94±0,14	1,98	39,54
Flex.dig.longus (FDL)	20,26±0,91	25,64±1,64	4,5±0,2	21,24±2,34	13,3±1,94	4,15±0,08	0,18±0,01	2,9±0,53	2,96	46,88
Flex.hall.longus(FHL)	41,42±8,82	27,98±2,27	5,5±0,44	22,14±2,66	16,37±1,67	6,78±0,98	0,2±0,0	3,3±0,41	3,29	50,12
Peroneus longus (PL)	62,3±13,42	27,82±2,4	5,2±0,32	18,92±1,54	15,47±0,93	10,83±1,64	0,19±0,0	2,88±0,16	3,13	46,74
Peroneus brevis (PB)	23,94±2,53	24,94±2,19	4,59±0,36	8,08±1,67	11,97±0,45	4,82±0,23	0,18±0,0	2,88±0,17	2,96	33,02

Délka tible (cm) 38,26±2,29

Šířka hlavičky tible(cm) 8,16±0,4

Tabulka 6: Souhrnné výsledky preparátů 1-5, zpracované hodnoty svalové architektury všech pěti analyzovaných preparátů

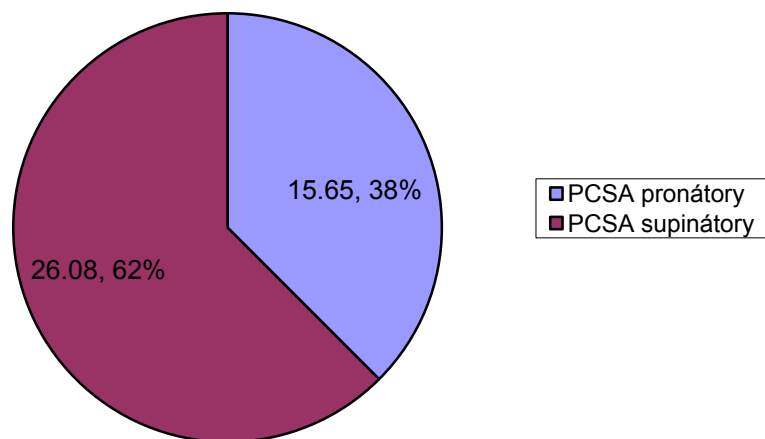
Dvěmi nejdůležitějšími parametry svalové architektury jsou PCSA, jakožto ukazatel svalové síly a délka svalových vláken, respektive poměr délky svalových vláken k délce svalu, jakožto ukazatel rozsahu pohybu šlachy a svalu. Když zaneseme zjištěné hodnoty pro jednotlivé svaly do bodového grafu, kdy délka svalových vláken je na ose X a PCSA na ose Y, získáme přehled o podobnosti, nebo rozdílnosti síly a pohybu jednotlivých svalů a tím i vhodnosti ke šlachovým transferům (Graf 1).



Graf 1: Bodový graf délky svalového vlákna a PCSA svalů bérce. Délka svalového vlákna je přímo úměrná rozsahu pohybu svalu a PCSA je přímo úměrné svalové síle.

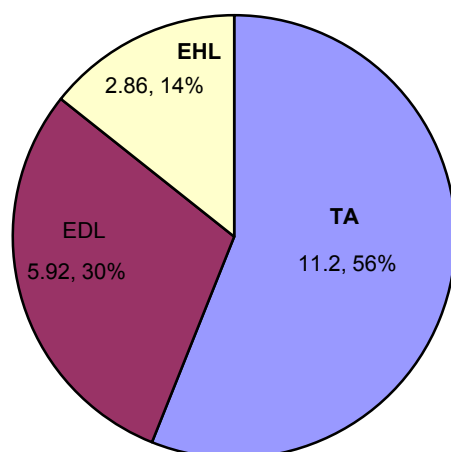
Z výsledků vyplývá, že nejsilnějším zkoumaným svalem (na základě PCSA) je TP. Druhým nejsilnějším svalem je TA. Ze součtu PCSA jednotlivých svalových skupin vyplývá, že flexory nohy a prstů jsou silnější než extenzory. Supinátory nohy (TP+TA) jsou silnější, mají 62 % svalové síly, než její pronátory (PL+PB), 38 % svalové síly (Graf 2). Z extenzorů připadá 56 % svalové síly extenze na TA, 30 % na EDL a 14 % na EHL (Graf 3), z čehož plyne, že při výpadku funkce TA je extenze nohy významně oslabena a EHL a EDL ji mohou nahradit jen částečně a to za cenu hyperextenze prstů. Celkovou sílu flexorů nelze takto analyzovat, protože na flexi nohy se podílí další svaly- m. triceps surae a m. plantaris, jejichž analýza nebyla součástí experimentu a jde o svaly, které se podílejí i na flexi kolene, nicméně 58 % svalové síly hlubokých flexorů připadá na TP, 26 % na FHL a 16 % na FDL (Graf 4). Při supinaci nohy 57 % svalové síly nohy připadá na TP a 43 % na TA (Graf 5). Pronaci nohy provádí z 69 % PL a z 31 % PB (Graf 6).

Pronátory/ supinátory



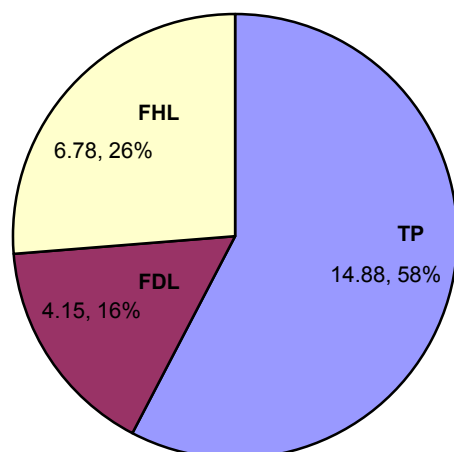
Graf 2: Podíl svalové síly pronace a supinace nohy na základě PCSA

Přední skupina PCSA (cm²)



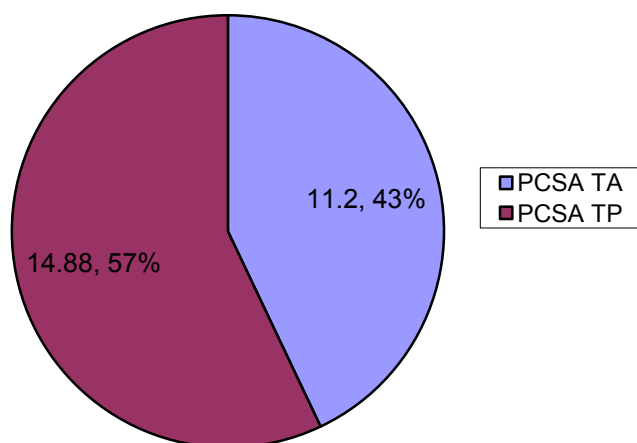
Graf 3: Podíl jednotlivých svalů přední skupiny svalů bérce na svalové síle extenze nohy na základě PCSA

Zadní skupina, PCSA(cm2)



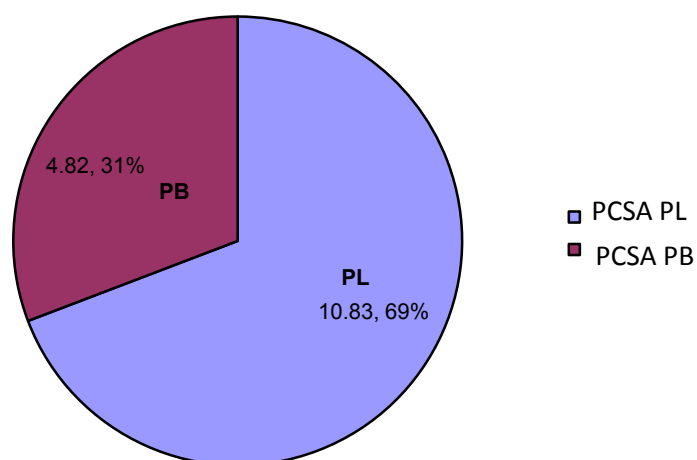
Graf 4: Podíl jednotlivých svalů, hlubokých flexorů bérce, na flexi nohy na základě PCSA

Supinátory nohy



Graf 5: Podíl svalové síly TA a TP při supinaci nohy na základě PCSA

Laterální skupina, PCSA(cm2)

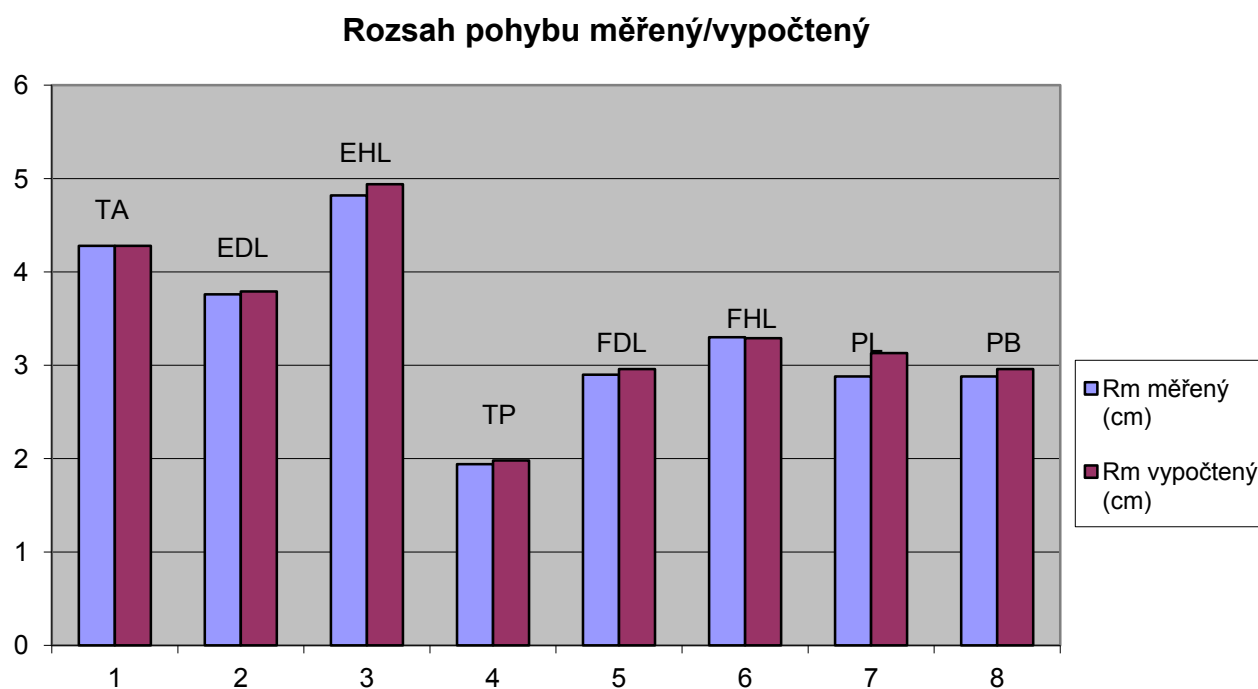


Graf 6: Podíl svalové síly PL a PB při pronaci nohy na základě PCSA

Největší změřený rozsah pohybu má EHL. Tomu odpovídá i to, že EHL má nejdelší svalová vlákna, jakožto ukazatel rozsahu pohybu, respektive největší hodnotu poměru délky svalových vláken k délce svalu. Pokud vezmeme jako základní délku pohybu měřený Rm TA a přepočteme ji podle poměru Lf/Lm na ostatní svaly dle vzorce

$$Rm \text{ vypočtený} = (Rm \text{ TA} / 0,26) \times (Lf / Lm \text{ svalu})$$

získáme vypočtený, teoretický rozsah pohybu pro každý sval. Tento model výpočtu nebyl dle dostupné literatury aplikován, jde o vlastní invenci, umožňující srovnání měřených a předpokládaných hodnot při dané metodice. Při srovnání Rm měřeného a vypočteného není rozdíl statisticky významný (Graf 7), z čehož plyne, že rozsah pohybu je závislý na délce svalového vlákna, respektive na poměru délky svalového vlákna k délce svalu. Při porovnání rozsahu pohybu svalových skupin, mají extenzory větší rozsah pohybu než flexory, nepohyblivější šlachy jsou flexor a extenzor palce. Obě peroneální šlachy mají prakticky stejný rozsah pohybu, což odpovídá jejich stejnému průběhu a stejné funkci.



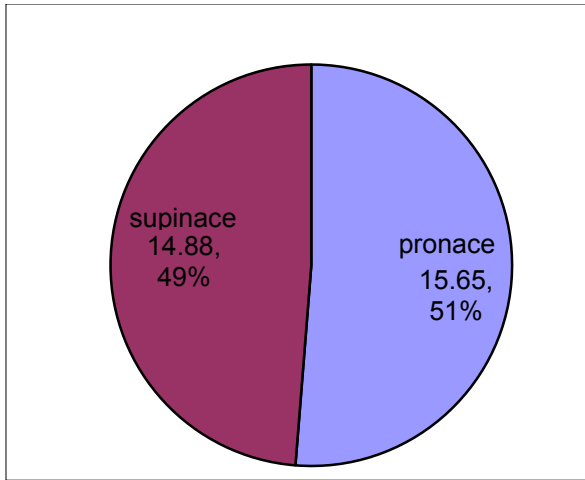
Graf 7: Srovnání rozsahu pohybu svalů měřeného a vypočteného, kdy základní délkou pro výpočet je změřený rozsah pohybu TA.

1.6 Klinická aplikace výsledků experimentu:

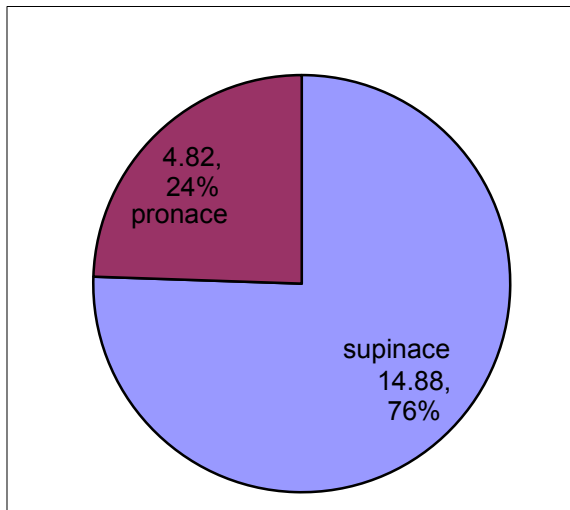
Při výpadku funkce n. peroneus profundus jsou postiženy všechny svaly přední svalové skupiny, při výpadku funkce n. peroneus spfc. svaly laterální svalové skupiny. Při postižení n. peroneus communis, případně peroneální části n. ischiadicus je výpadek funkce obou těchto svalových skupin. V klinické praxi je také významné postižení samotného TA a to z inervačních poruch, nebo při lézích samotného svalu. Pro potřeby biomechanických studií hlezna a nohy a šlachových transferů byl definován tzv. neutrální bod nohy, kterým je na dorzu nohy os cuneiforme laterale a baze III. metatarzu, kdy při tahu za toto místo do extenze nedochází ani k pronaci, ani supinaci nohy. Při přenosu na mediální stranu nohy se transferovaná šlacha přenáší na os cuneiforme mediale, nebo bazi I. metatarzu. Při přenosu na zevní stranu nohy se transferovaná šlacha přenáší na bazi 5. metatarzu. Ztráta síly flexe při transferu jednotlivých svalů je nevýznamná, proto není analyzována. Tato analýza je matematická, na základě parametrů svalové architektury a nebere v úvahu další faktory, které se mohou podílet na výsledné svalové síle a rozsahu pohybu.

1.6.1 Rozbor výpadku funkce musculus tibialis anterior:

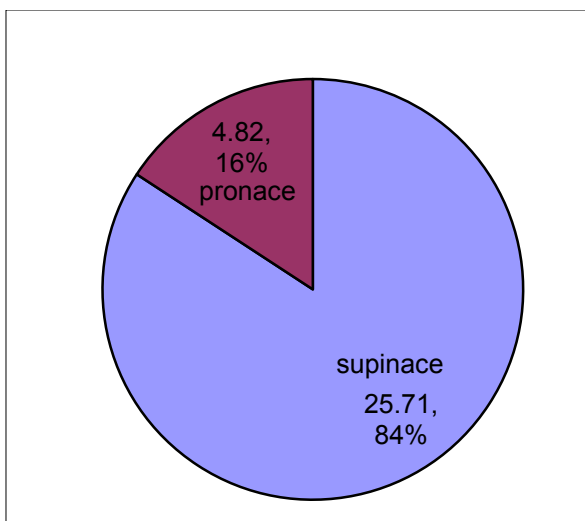
Při výpadku funkce samotného TA, přichází noha o 56 % svalové síly extenze a o 43 % supinace. Tím dojde k vyrovnání až k lehké převaze pronačních sil na nohu (51 % pronace, 49 % supinace) (Graf 8). Svaly s dostatečnou silou, na základě PCSA, které mohou funkci TA (PCSA 11,2 cm²) nahradit, jsou PL (PCSA 10,83 cm²) a TP (PCSA 14,88 cm²). Při transferu PL do neutrálního bodu nohy dochází k převaze supinačních sil a to 76 % supinace, která je zajišťována TP a 24 % pronace, kterou zajišťuje PB (Graf 9). Při transferu PL na přední stranu bérce a mediální stranu nohy je převaha supinačních sil již významná (84 %) (Graf 10). Při transferu TP na přední stranu bérce a mediální stranu nohy zůstává poměr sil pronace a supinace vyrovnaný (51 % pronace, 49 % supinace). Při transferu TP do neutrálního bodu nohy by byla supinační síla nulová a pronační 100 %. Celková délka svalu a šlachy TP je srovnatelná s délkou TA, PL má díky průběhu plantou delší šlachovou část. TA má velikost pohybové exkurze 4,28 cm, TP 1,94 cm a PL 2,88 cm.



Graf 8: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu při výpadku funkce m. tibialis anterior na základě PCSA.



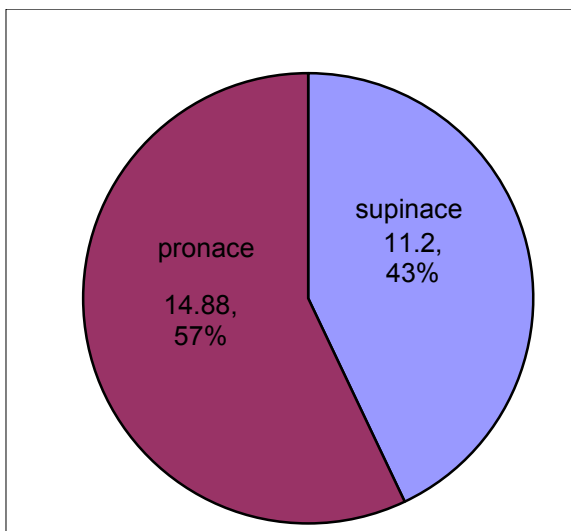
Graf 9: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce TA přenosem šlachy PL do neutrálního bodu nohy.



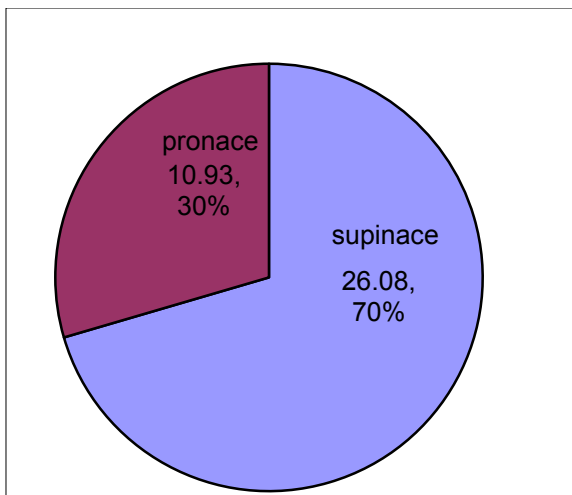
Graf 10: : Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce TA přenosem šlachy PL na mediální stranu nohy.

1.6.2 Rozbor výpadku funkce n. peroneus spfc.:

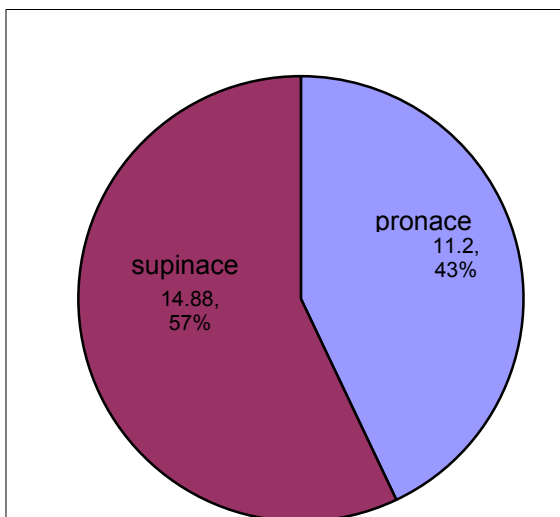
Při poškození n. peroneus spfc. dochází k výpadku funkce PL a PB, tedy obou pronátorů nohy. K náhradě pronace nohy mohou sloužit prakticky všechny ostatní funkční svaly, které byly popsány. Transfer flexorů je technicky složitější pro jejich uložení v hloubce. Při tomto transferu zůstanou peroneální šlachy ve svém původním uložení za zevním kotníkem. Transfer TP na peroneální šlachy způsobí převahu pronáčnicích sil (57 %), proti supinačním silám (43 %) (Graf 11). Aby měly flexory palce a prstů dostatečnou sílu, je potřeba je přenést společně. V tomto případě jsou supinační síly převažující (70 %), pronace (30 %) (Graf 12). Při transferu šlach přední skupiny svalů bérce, musí šlachy probíhat na dorzu hlezna a nohy, před fibulou, aby neztratily svou extenční funkci. Při transferu TA jsou supinační síly 57 % a pronáčnicí 43 % (Graf 13). Extenzory prstů a palce musí být také přenášeny společně, aby měly dostatečnou sílu. Pak je pronace 25 % a supinace 75 %. Při použití šlach palce a prstů, k zajištění pohybu prstů mohou být distální části šlach našity na šlachy krátkých flexorů a extenzorů. Flexory a extenzory palce a prstů jsou výhodnější pro delší šlachové části proti TA a TP. Transfer extenzorů je technicky jednodušší. Flexory prstů a palce mají nejpodobnější rozsah pohybu (2,9 cm FDL a 3,3 cm FHL) jako peroneální šlachy (2,88 cm). TP má malý rozsah pohybu (1,94 cm), extenzory výrazně větší (TA 4,28 cm, EDL 3,76 cm, EHL 4,82 cm).



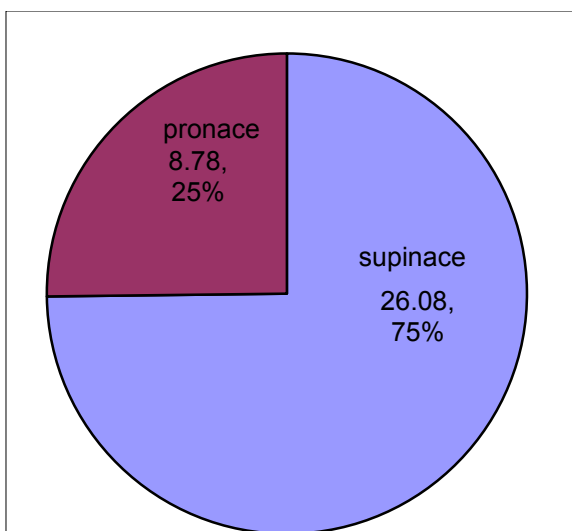
Graf 11: : Poměr pronáčnicích a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlachy TP na zevní stranu nohy.



Graf 12: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlach FDL a FHL na zevní stranu nohy.



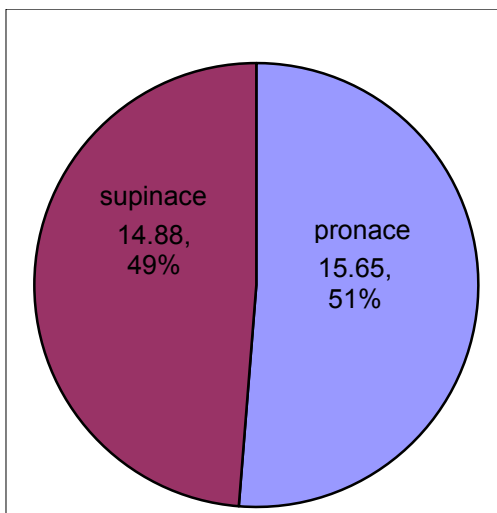
Graf 13: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlachy TA na zevní stranu nohy.



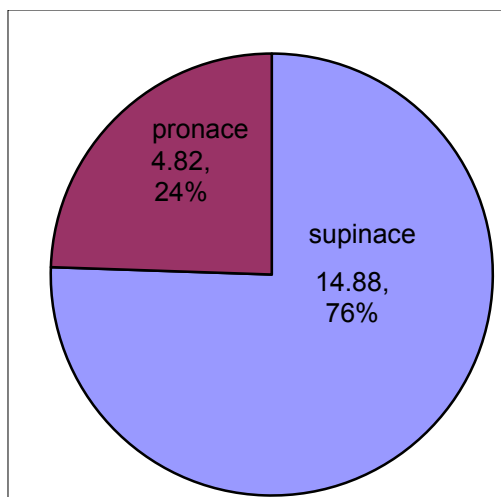
Graf 14: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlach EHL a EDL na zevní stranu nohy.

1.6.3 Rozbor výpadku funkce n. peroneus profundus:

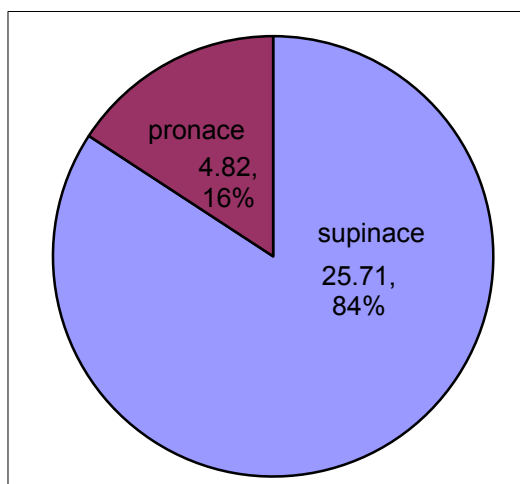
Při poškození n. peroneus profundus dochází k výpadku funkce TA, EHL a EDL a také krátkých extenzorů prstů. Není tedy možná aktivní extenze prstů a nohy a je mírná převaha pronačních sil (51 %). K náhradě extenční funkce je potřeba se co nejvíce přiblížit PCSA přední svalové skupiny, které je 19,98 cm². Tomu se z jednotlivých svalů nejvíce přibližuje TP (14,88 cm²). Ten je potřeba přenést na přední stranu bérce a mediální stranu dorza nohy, k udržení supinační funkce svalu (49 %) (Graf 15). Při jeho přenosu do neutrálního bodu nohy, by byly supinační síly nulové. Nevýhodou TP je krátký rozsah pohybu (1,94 cm oproti TA 4,28 cm), který vede k omezení plantární flexe nohy (tzv. tenodezní efekt) a hraniční délka svalu a šlachy (TA 38,7 cm, TP 39,54 cm) k transferu. K posílení extenze nohy a obnově aktivní extenze prstů je možné přenést spolu s TP také šlachy FDL (PCSA TP+FDL 19,03 cm²), nebo FHL (PCSA TP+FHL 21,66 cm²) na šlachy EHL a EDL. Další možností je přenos PL (PCSA 10,83 cm²) na přední stranu bérce do neutrálního bodu nohy (supinační síly 76 %, pronační 24 %) (Graf 16), nebo na mediální stranu nohy (supinace 84 %, pronace 16 %) (Graf 17), spolu s FDL (PCSA PL+FDL 14,98 cm²), nebo FHL (PCSA PL+FHL 17,61 cm²), nebo s oběma flexory prstů (PCSA PL+FDL+FHL 21,76 cm²) na extenzory palce a prstů. PL má podobnější rozsah pohybu (2,88 cm) jako TA a delší celkovou délku (46,74 cm).



Graf 15: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce extenzorů při paréze n. peroneus spfc. přenosem šlachy TP na mediální stranu nohy.



Graf 16: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce extenzorů při paréze n. peroneus spfc. přenosem šlachy PL do neutrálního bodu nohy.



Graf 17: pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce extenzorů při paréze n. peroneus spfc. přenosem šlachy PL na mediální stranu nohy.

1.6.4 Rozbor výpadku funkce n. peroneus communis:

Při poškození n. peroneus communis dochází k výpadku funkce TA, EHL, EDL, PL a PB. Funkční zůstávají jen TP, FHL a FDL. Noha je v supinačním postavení tahem TP. Svalem s dostatečnou silou k obnově aktivní extenze je TP, který je potřeba přenést na přední stranu bérce do neutrálního bodu nohy k vyřazení jeho supinační aktivity, která by při přenosu na mediální stranu nohy zůstala. V tomto případě na nohu nepůsobí ani pronační ani supinační síly. Spolu s TP je možné přenést FDL na extenzory palce a prstů (PCSA TP+FDP 19,03 cm²) nebo FHL na extenzory prstů a palce (PCSA TP+FHL 21,66 cm²), čímž je obnovena extenze prstů a palce a zůstává zachována flexe prstů a palce. Malým rozsahem pohybu TP (1,94 cm) oproti TA (4,28 cm) dochází k omezení flexe hlezna.

1.7 Diskuze:

Hodnoty svalové architektury jsou nejlepším ukazatelem funkce svalů [30]. Muskuloskeletální modely vycházejí z těchto parametrů. Chirurgické postupy při šlachových transferech, jejichž počátky jsou ve 20. a 30. letech 20. století, původně vycházely z anatomických modelů a empirie, snahou nahradit funkci poškozeného svalu, bez bližších znalostí svalové architektury. Později, od 70. let 20. století, ve kterých jsou publikovány první práce zabývající se svalovou architekturou, jsou tyto postupy buď obhájeny [28,44], když přenášený sval je nevýhodnější i z hlediska architektonických parametrů svalů, nebo jsou postupy měněny zjištěním, že je možné použít rozsahem pohybu nebo svalovou silou výhodnější sval [4,31,37]. Týká se to především horní končetiny, předloktí, kde je více svalů a tím více možností šlachových transferů a to hlavně zásluhou Jana Fridéna, který v posledních dvou dekadách publikoval nejvíce prací týkajících se svalových studií a šlachových transferů [13-20]. V tomto experimentu bylo cílem se věnovat svalům bérce, vhodným ke šlachovým transferům, při výpadku funkce svalů inervovaných n. peroneus, popis anatomických vlastností, průběhu svalů a šlach, určení parametrů svalové architektury, svalové síly, pohybových exkurzí, popisu rozdílů mezi jednotlivými svalovými skupinami, určení podílu svalové síly jednotlivých svalů při extenzi, pronaci a supinaci nohy a z těchto parametrů určit nejvýhodnější svaly k transferu a místa, na která mají být přeneseny.

Jsou ovšem také určité faktory, které limitují přesnost a možnost interpretace zjištěných dat. Jedním z nich je pravděpodobně vyšší věk zemřelých jedinců, ze kterých pochází svalové preparáty, což vede vzhledem k atrofii svalů a nižší svalové síle k nižšímu zjištěnému PCSA jakožto determinantu svalové síly, než by bylo zjištěno u mladších jedinců [42]. To je problém absolutních hodnot PCSA. Při srovnávání svalových skupin jsou poměrné výsledky správné pro předpoklad symetrické atrofie všech svalů a svalových skupin. Dalším faktorem, který může ovlivnit délku svalu a délku svalového vlákna je poloha kloubu v okamžiku jeho fixace [24]. Předpokládá se fixace v neutrálním postavení v kloubu. I když je to opět problém jen interpretace absolutních hodnot, při použití poměrných hodnot, délky svalového vlákna k délce svalu, jsou výsledky srovnatelné.

Přesnost této metody analýzy svalové síly byla ověřena na základě porovnání vypočítaného maxima svalové síly (založeného na PCSA) a měřeného maxima svalové síly (při použití tradičních fyziologických technik testování svalové síly) na svalech morčete [37]. Bylo

zjištěno, že odhady a předpovědi svalové síly souhlasily s experimentálně naměřenými hodnotami, s výjimkou m. soleus. Pro všechny tzv. „rychlé“ svaly byla změřena svalová síla na jednotku průřezu $22,5 \text{ N/cm}^2$, která slouží jako jmenovitá jednotka napětí savčích svalů.

Metoda výpočtu svalové síly předpokládá, že je pennation úhel v průběhu kontrakce svalu konstantní. Experimentálním měřením pennation úhlu na svalových vláknech m. gastrocnemius u krysy, který je unipennátní, bylo zjištěno, že tomu tak není [47]. Zuurbier a Huijing [46] umístili malou drátěnou značku přes povrch m. gastrocnemius a natáčeli pohyb značky během svalové kontrakce. Za použití těchto dat změřili pennation úhel vláken a ukázali, že se úhel vláken značně liší se změnou délky svalu během jeho fyziologického pohybu. Když byl klidový úhel vlákna asi 30° , během izotonické kontrakce se úhel zvýšil na téměř 60° . A svalová aponeuroza se k ose svalu otáčí o $10\text{-}15^\circ$. Tato skutečnost, že se svalová vlákna mohou volně otáčet během kontrakce má své důsledky. Prvním je, že vypočítané PCSA předpovídá sílu jen pro jednu polohu svalu a má omezenou výpovědní hodnostu pro předpověď síly v průběhu celé kontrakce. Druhým je, že rotace svalových vláken má významný dopad na odhad rychlosti svalových vláken, na základě měření rychlosti celých svalů. Když vezmeme m. gastrocnemius laboratorního potkana, a změříme rychlost kontrakce svalového vlákna při udržení konstantního pennation úhlu, bude se jednat také o rychlost kontrakce celého svalu. Pokud ovšem budeme počítat s rotací vláken, tak je rychlost kontrakce jednotlivých vláken ve skutečnosti značně nižší, než rychlost kontrakce celých svalů. Takto rotace svalových vláken během kontrakce svalu zajistí svalovým vláknům možnost větší produkce síly, než kdyby zůstávala v konstantním pennation úhlu. Neil [38] ve své ultrazvukové studii in vivo, popisuje svalovou architekturu m. tibialis anterior, během pohybu. Ve své práci popisuje stav svalu při izometrické kontrakci, kdy zjistil, že během izometrické kontrakce bylo svalové vlákno kratší (53,8 mm) a pennation úhel větší ($13,9^\circ$) v porovnání s klidovými hodnotami (71,9 mm, $9,6^\circ$). Dále měřil pennation úhel při pohybu v hleznu při různé rychlosti pohybu. Během izotonické koncentrické kontrakce od 0 do $4,36 \text{ rad/s}$ stoupá délka vláken, měřená v konstantním úhlu hlezna z 49,5 mm na 69,7 mm a pennation úhel klesá z $14,8^\circ$ na $9,8^\circ$. Během excentrické kontrakce se fascikly stahují jakoby izometricky, nezávisle na úhlové rychlosti. Toto chování svalu během kontrakce je v důsledku působení napětí na elastické komponenty svalu, které klesá se stoupající rychlostí kontrakce. Pseudoizometrické chování fascikulů během excentrického pohybu svalu je tedy způsobeno řadami elastických komponent ve svalu, které vyrovnávají excentrické pohyby.

Dalšími autory, kteří se zabývali změnou pennation úhlu v průběhu kontrakce svalu jsou Fukunaga [21] and Kawakami [27], kteří zjistili, že u m. vastus lateralis se zvětší pennation

úhel ze 14° v extenzi kolene na 21° ve flexi kolene a délka svalového vlákna se sníží ze 126 mm na 67 mm. Podobné je to u m. gastrocnemius, kde pennation úhel stoupá z 20° na 45°

Maganaris [35] ve své práci popisuje změnu pennation úhlu a délky vláken m. tibialis anterior z klidového stavu do maximální izometrické extenze. Jestliže pasivně pohybujeme hlezem z 15° extenze do 30° flexe klesá pennation úhel z $13,2^\circ$ v povrchové části svalu a $13,0^\circ$ v hluboké části svalu na $9,5^\circ$ resp. na $9,2^\circ$, tj. o 29 % a délka svalových vláken se zvětšuje z 6,6 cm v povrchové části a 6,8 cm v hluboké části svalu na 8,9 cm v obou částech svalu, tj. o 33 %. Tloušťka zůstává konstantní, 1,5 cm, v obou částech. Během maximální izometrické extenze, když úhel hlezna jde z 15° extenze do 30° flexe, pennation úhel klesá z $22,1^\circ$ v povrchové resp. $22,0^\circ$ v hluboké části na $15,4^\circ$ resp. $15,9^\circ$, tj. o 30 %, svalová vlákna se prodlužují ze 4,0 cm resp. 4,1 cm na 5,5 cm resp. 5,7 cm tj. o 38 %, tloušťka zůstává opět konstantní 1,5 cm, z čehož plyne, že při kontrakci svalu ve kterékoliv poloze hlezna je pennation úhel o 62-71 % větší a svalová vlákna jsou o 37-40 % kratší než při relaxovaném svalu.

I když je často uváděno, že délka svalového vlákna je přímo úměrná pohybovému rozsahu vlákna (nebo jeho rychlosti), nebyla publikována žádná ucelená studie savčích svalů, analogická studiím PCSA (vypočteného a zjištěného měření). Nicméně v literatuře je k dispozici hodně experimentálních důkazů, že tento vztah je platný. Například Brand [5] a Woittiez [45] dokazují v mechanické studii na izolovaných žábích svalových vláknech, změřením délky vlákna, počtu sarkomer v řadě ve vláknu, a změřením rychlosti a rozsahu pohybu, že maximální rychlost kontrakce je přímo úměrná délce vláken a podobný je i vztah při izometrické kontrakci mezi délkou a napětím vlákna. Toto je vlastně důvod, proč bývá rychlost kontrakce označována jednotkou délky vlákna/s, nebo délky sarkomery/s. Jiným důkazem jsou anatomicko-mechanické studie m. semitendinosus u kočky, kozy a morčete [2,12,24,25,37]. Musculus semitendinosus poskytuje unikátní model svalu, který je složen ze samostatné proximální a distální hlavy, které jsou odděleny šlachou a každá z nich má samostatnou inervaci. Bylo zjištěno, že při stimulaci obou hlav současně je maximální rychlost stahu stejná jako součet maximálních rychlostí při stimulaci hlav samostatně. V souhlasu s těmito pracemi je i zjištění v této studii, při srovnání rozsahu pohybu změřeného (R_m měřený) a vypočteného na základě změření svalových vláken (fascikulů), vypočtení poměru k délce svalu a výpočtu teoretického rozsahu pohybu (R_m vypočtený), není rozdíl statisticky významný. Vztah mezi délkou svalového vlákna a délkou svalu může být komplikován zjištěním, že některé svaly s makroskopicky dlouhými svalovými vlákny (fascikly), jsou složeny z mnohem kratších svalových vláken, která jsou uložena v řadě a

navazují na sebe [34,36]. Tato skutečnost, spolu s elektromyografickými údaji, kdy za sebou seřazená svalová vlákna jsou inervována větvemi axonů, také uspořádanými v řadě, dává předpoklad, že všechna tato svalová vlákna budou aktivována současně a tím se budou funkčně působit jako jedno celé, dlouhé vlákno. Pokud by k současné aktivaci celé řady svalových vláken nedocházelo, mohla by nastat mechanicky značně nevýhodná situace, kdy při stahu periferní části svalu by proximální byla již relaxována.

1.8 Závěr:

Z analýzy architektury svalů a rozsahu pohybu vyplývá, že při izolované lézi TA je nejvýhodnější transfer PL do neutrálního bodu nohy, čímž se zajistí dostatečná svalová síla a vyvážené pronosupinační síly působící na nohu.

Při lézi n. peroneus spfc. je z pohledu svalové architektury nejvýhodnější transfer FHL a FDL na šlachy peroneálních svalů, kdy je příznivý poměr pronačních a supinačních sil, podobný pohybový rozsah, dostatečná délka šlachových částí a šlachy mohou probíhat za zevním kotníkem, v původním uložení, a tím mají nejfyziologičtější pohyb. Z hlediska poměru pronačních a supinačních sil, je možný transfer TA, který má kratší šlachu, větší rozsah pohybu a nefyziologický průběh před fibulou, ale je technicky jednodušší jeho provedení, a odpadá problém se ztrátou funkce FHL při odrazové fázi kroku.

Při lézi n. peroneus prof. je nejvýhodnější transfer TP na přední stranu bérce a mediální stranu dorza nohy spolu s FDL na extenzory prstů a palce. Tím je zajištěna dostatečná síla extenze nohy a prstů, vyrovnaný poměr pronačních a supinačních sil, a zůstává také zajištěna flexe palce (FHL). Krátkým rozsahem pohybu TP dojde k omezení flexe nohy. Druhou možností je přenos PL do neutrálního bodu nohy spolu s přenosem FDL na přední stranu bérce a extenzory prstů a palce, kdy je sice nižší svalová síla, ale PL umožní větší rozsah pohybu hlezna. Flexe prstů a palce v tomto případě je zajištěna FHL.

Při lézi n. peroneus communis je jediným možným transfer TP na přední stranu bérce do neutrálního bodu nohy. Spolu s TP je výhodné přenesení také FDL nebo FHL na extenzory palce a prstů k obnově extenze prstů, při zachování flexe druhým ze svalů.

2. KLINICKÁ ČÁST, SOUBOR PACIENTŮ

Šlachový transfer při nemožnosti nebo omezení extenze nohy při paréze peroneálních nervů.

2.1 Úvod do problematiky:

Paréza n. peroneus communis je nejčastější monoparézou na dolní končetině [27,31]. Spontánní návrat funkce při peroneální paréze je možný, ale není příliš častý [2,14] a prakticky nikdy není úplný [19]. Při revizi a sutuře nervu při jeho otevřeném poranění lze návrat funkce očekávat jen asi v 36 % případů [7,16,40]. Pokud nedojde k obnově funkce postižených svalů, je jediným řešením obnovy aktivního pohybu šlachový transfer. Při šlachovém transferu se používá funkční, dobře inervovaný sval k náhradě funkce nefunkčního, většinou antagonistického svalu, kdy člověk má schopnost naučit se používat přenášený sval k opačnému pohybu, než ke kterému byl původně určen (flexor jako extenzor, abduktor jako adduktor, atp.). V této práci hodnotíme funkční výsledek rekonstrukce extenze nohy náhradou funkčními flexory.

2.1.1 Anatomie:

Nervus peroneus communis (NPC) je smíšený nerv, který vzniká oddělením z nervus ischiadicus, který pak dále pokračuje jako n. tibialis. Nejčastěji se odděluje v popliteální oblasti, ale může odstupovat kdekoliv ve femorálním průběhu n. ischiadicus, popsáno bylo i vysoké větvení v pánevní oblasti. V popliteální jámě NPC jde laterodistálně mezi m. biceps femoris a caput laterale m. gastrocnemii, k hlavičce fibuly, kolem které se obtáčí, a rozděluje se na n. peroneus superficialis (NPS) a n. peroneus profundus (NPP). NPS pokračuje distálně mezi fibulou a m. peroneus longus, motoricky inervuje m. peroneus longus (PL) a m. peroneus brevis (PB), v distální třetině bérce proráží fascii a pokračuje nad retinakuly, kde se dělí na konečné kožní větve, senzorycky inervující dorzum nohy. NPP po oddělení z NPC prochází přes PL, do septa mezi přední a laterální svalovou skupinu, prostupuje mezi svaly přední svalové skupiny, které inervuje a dále sestupuje po přední straně membrana interossea cruris spolu s a. a v. tibialis anterior, pod extenzorovými retinakuly na dorzum nohy, kde inervuje krátké extenzory palce a prstů. Fascii proráží proximálně od I. meziprstí, které senzitivně inervuje [4,6]. Zajímavostí je inervace m. tibialis anterior (TA), kdy tento sval má dva vstupy nervových větví z NPP do svalu, jeden v proximální a jeden v distální části svalu.

Při experimentálním přerušení jednoho ze vstupů nervových větví do svalu byl tento sval schopen plné funkce inervací v druhé části [3,46].

2.1.2 Etiologie:

Celosvětově nejčastější příčinou peroneální parézy je lepra, leprózní neuritida (malomocenství, Hansenova choroba) [41,42,43], kdy leprózní mykobakterie napadají nervy a nervová zakončení akrálních částí těla, nebo nervové kmeny, které probíhají pod povrchem kůže, protože optimální teplota pro vývoj této bakterie je 33° C. N. peroneus je postižen v průběhu kolem hlavičky fibuly, proto vzniká paréza n. peroneus communis. Leprózní postižení je prakticky vždy oboustranné [28]. Z dalších neúrazových příčin může být paréza peroneálních nervů již od dětského věku jako vrozená, při mozkových obrnách, při peroneálních svalových dystrofiích a atrofiích, spastických paraparézách, spina bifida a atypické svalové dystrofii, Friedreichově ataxii [49] a při chorobě Charcot-Marie-Toothové [47]. Při úrazech dochází k poranění n. peroneus communis nejčastěji v průběhu kolem hlavičky fibuly, kdy může být přerušen při otevřených ranách, rozdrcení, nebo při dlouhodobém tlaku u snížené mobilních pacientů. Jeho poškození vzniká při zlomeninách proximální tibie a fibuly, při luxacích kolenního kloubu přímým tlakem kostních fragmentů, nebo trakcí. Často je NPC poškozen ischemií při compartment syndromu bérce, nebo při cévních uzávěrech a následné revaskularizaci. Peroneální paréza vzniká také při luxacích kyčle a zlomeninách pánve, kdy peroneální část n. ischiadicus je vulnerabilnější než tibiální. Iatrogeně se paréza n. peroneus communis popisuje jako komplikace trakce za tuberositas tibiae, exstirpací ganglií, nebo jiných tumorů v oblasti kolene a při operačních výkonech jako jsou artroskopie kolene či operace varixů. Klinicky jako paréza n. peroneus communis se může projevit radikulopatie L5 při výhřezu meziobratlové ploténky L4/L5 a L5/S1 [13,15,16,18,30].

2.1.3 Klinický obraz:

Klinicky se paréza NPC projevuje flexí a supinací nohy (equinovarovním postavením), flekčním postavením pstů, které vzniká výpadkem extenze a tahem m. tibialis posterior (TP) s nemožností aktivní extenze a pronace nohy v hleznu [5,48]. Při poranění NPP je jen flekční postavení nohy, s nemožností aktivní extenze nohy a prstů, výpadkem funkce přední svalové skupiny svalů bérce. Pronace je zajišťována PL a PB. Při poškození NPS je noha ve varozní deformitě výpadkem funkce obou pronátorů nohy (PL a PB), extenze je zajišťována funkční

přední svalovou skupinou. Přepadávání nohy a prstů způsobuje poruchu chůze, tzv. čapí chůzi, kdy je pacient nucen vysoko zvedat kolena, aby nezakopával o flektovanou nohu a prsty. Ke kompenzaci lze použít ortézu, peroneální pásku, která udržuje hlezno v 90°. Ta ale bývá špatně tolerována, zvláště u pacientů s fixovanou equinovarovní kontrakturou, nebo u mladých pacientů, kteří by tuto kompenzační pomůcku byli nuceni nosit po celý život [51].

2.1.4 Historie:

První práce zabývající se šlachovými transfery na dolní končetině je z roku 1933 [32], kdy Ober popisuje povrchový, cirkumtibiální transfer TP. Další práce, Mayera [24], vychází v roce 1937, a je v ní popsán transfer TP přes interoseální membránu na dorzum nohy k obnově aktivní extenze nohy. Prvenství v tomto typu šlachového transferu je v Mayerově článku připisováno Puttimu, z roku 1914. Watkins [47] dokonce připisuje prvenství v interoseálním transferu TP Codivillovy v roce 1899. Technika popsána Mayerem a Watkinsem začala být široce používána [21,29,39], a začala být nejvíce přijímána, jako biomechanicky nejvýhodnější, k obnově extenze nohy při paréze n. peroneus [12]. V dalším vývoji transferů byly vytvářeny alternativy k Mayerově transferu. Sešití šlachy ke šlaše je alternativou ke kotvení šlachy do kosti, kdy se eliminuje potřeba šroubů, dlah, kotev [5,14,29,39,43]. Samotná sutura šlachy TP na šlachy TA nevyrovnávala varózní deformitu nohy, proto bylo nutno přenášet část TP na TA, nebo EHL a část na PL, nebo šlachy m. peroneus tertius, k vyvážení pronosupinací nohy [5,14,29,31,38,39,43,47,48,51]. Carayon (5) v roce 1967 popsal transfer, kdy se provrtá otvor od úponu TA na os cuneiforme mediale, laterodorzálně na dorzum os cuneiforme laterale, kudy se šlacha TA provleče a provádí se sutura šlachy TA a TP na bérci side to side. Carayon při této operaci ještě připojil transfer FDL na extenzory prstů a palce k obnově jejich aktivní extenze.

2.2 Materiál a metoda:

Do studie byli zahrnuti pacienti s nemožností nebo omezením extenze nohy při paréze NPC, NPP a při izolované dysfunkci TA (Obrázek 18). Pro toto postižení bylo na Traumatologickém oddělení FN Olomouc operováno od září 2006 do prosince 2010 celkem 14 pacientů (Tabulka 7). Jednalo se o 4 ženy a 10 mužů. Ve 12 případech byl postižen NPC, v jednom případě NPP a v jednom případě byla izolovaná léze TA. Věkový průměr při transferu byl 36,9 (15-62) roku. Minimální doba sledování byla 6 měsíců, průměrná 11,6 (6-18) měsíce. U dvou pacientů, kteří utrpěli otevřené poranění, byla provedena revize a sutura

nervu. Průměrná doba mezi poškozením nervu a transferem byla 30,9 (14-53) měsíce. Nejkratší doba 14 měsíců byla u pacientky s jistým ztrátovým poraněním nervu, kdy návrat funkce nebylo možno očekávat. U všech ostatních byla dodržena minimální doba 1,5 roku od poranění. Opakovaně bylo prováděno EMG vyšetření, kdy podmínkou k provedení transferu byl stacionární stav, bez reinervačních změn v průběhu posledních 6 měsíců. Při EMG vyšetření bylo také zjišťováno vedení ostatními nervy na bérce a volní aktivita ostatních svalů k naplánování optimálního šlachového transferu, funkce svalů byla také popsána při klinickém vyšetření. Pacient č. 9 měl jako jediný zachovanou aktivní extenční aktivitu, měl ale oslabenou svalovou sílu, snadnou unavitelnost, musel využívat peroneální pásku. Pacient č. 8 nebyl schopen aktivní extenze, noha byla ve flekčním postavení, vzhledem k funkčnosti peroneálních svalů nebyla přítomna varózní deformita. U ostatních pacientů bylo equinovarózní postavení nohy, bez aktivní extenze a pronace. Všichni pacienti prodělali předoperačně rehabilitaci s cílem plného pasivního pohybu v hleznu. U 10 pacientů byla pasivní extenze větší než 10° z neutrální pozice v hlezenním kloubu, u 4 byla nižší. U všech pacientů byl změřen rozsah aktivní a pasivní hybnosti hlezna postižené i zdravé končetiny (Tabulka 9). S pacientem byl vyplněn Stanmorův skórovací systém (Tabulka 10).



Obrázek 18: Předoperační stav, nemožnost aktivní extenze hlezna a prstů na pravé končetině

			Věk při transferu	Mechanismus postižení	Poraněná struktura (NPC, NPP, TA)	Doba mezi vznikem postižení a transferem (měsíce)	Způsob transferu	Doba sledování (měsíce)
Číslo pacienta	Iniciály	Pohlaví	(roky)					
1.	TV	M	62	ot.poranění,transcize nervu	NPC	26	TP na CL	18
2.	JL	M	27	lux.genus,revaskularizace,CS	NPC	22	TP na CL	10
3.	HA	M	48	Fr. pelvis C typ	NPC	44	TP na CL	14
4.	RK	M	46	Fr. curis, CS	NPC	32	TP na CL	12
5.	LMI	Ž	36	Fr. cruris, CS	NPC	46	TP na CL	12
6.	ZT	Ž	41	iatrogenní, po op.varixů	NPC	14	TP na CL	11
7.	RD	M	38	revaskularizace, CS	NPC	29	TP na CL	12
8.	PL	M	52	Fr.fibulae prox.	NPP	26	TP na TA	14
9.	TD	M	22	idiopaticky, nezjištěno	TA	36	PL na CL	12
10.	PŠ	Ž	33	revaskularizace, CS	NPC	18	TP na CL	9
11.	BF	Ž	24	ot.poranění,transcize nervu	NPC	20	TP na CL	12
12.	MMD	M	35	lux.cap.fem.,fr.acetabulii	NPC	40	TP na CL	12
13.	DF	M	37	Fr. cruris prox., CS	NPC	53	TP na CL	8
14.	JD	M	15	Fr. Pelvis C typ	NPC	27	TP na CL	6

Tabulka 7: Data pacientů

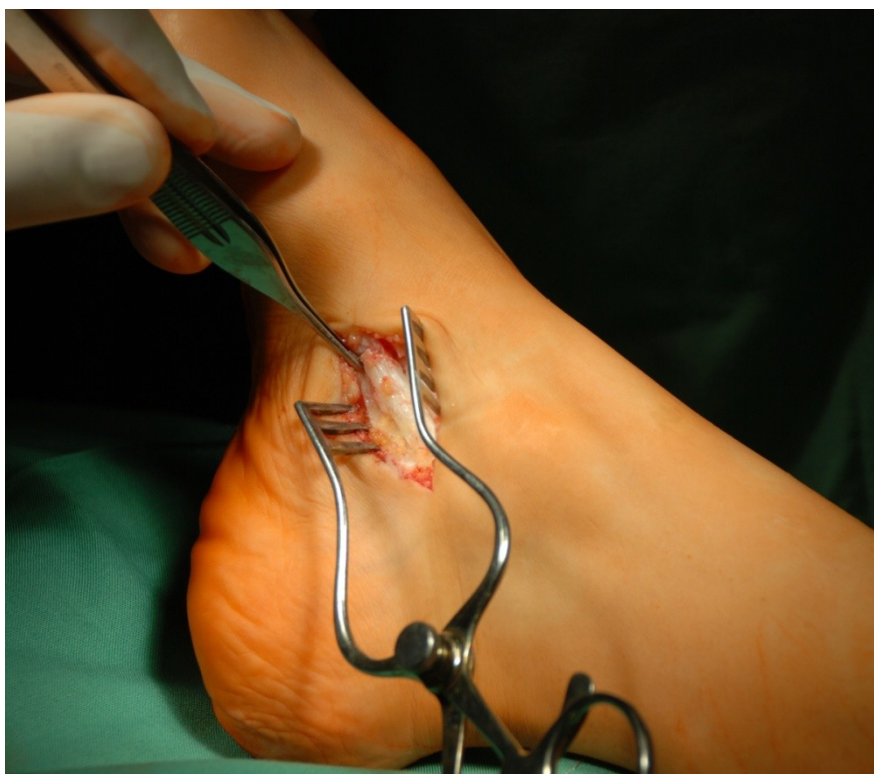
2.2.1 Operační technika:

Operační výkon byl prováděn v poloze na zádech, v celkové nebo spinální anestezii, v bezkrevnosti, s pneumatickým turniketem umístěným na stehně. Profylakticky byl podán intravenózně 1g Cefazolinu. U pacientů s lézí NPC byla použita technika popsaná Mayerem [24] a Watkinsem [47], u pacienta č. 8 s lézí NPP byla modifikována v poslední fázi, místě úponu. U pacienta č. 9 byl k transferu použit PL.

U pacientů s parézou NPC a NPP byla nejprve provedena asi 4 cm incize od tuberositas ossis navicularis k vnitřnímu kotníku, byla vypreparována šlacha TP na mediální straně nohy (Obrázek 19) a ostře odetnuta od úponu na os naviculare a ossa cuneiformia pedis. Druhá incize byla vedena na mediální straně distální třetiny bérce asi 1cm dorzálně od mediální hrany tibie délky 5 cm, byla vypreparována šlacha TP a protažen do této incize její distální úpon (Obrázek 20). Třetí incize byla vedena na přední straně distální třetiny bérce podél přední hrany tibie v rozsahu asi 6 cm, preparace podél laterální strany tibie, hákem byla odkloněna vasa tibialis anterior běžící po interoseální membráně. Tato membrána byla perforována v rozsahu 3-4 cm a tímto otvorem byla protažena šlacha TP na přední stranu bérce (Obrázek 21). U pacientů s parézou NPC byla 4. incize vedena v rozsahu 3-4 cm na dorzu nohy na úrovni os cuneiforme laterale a proximálně od ní. Os cuneiforme laterale byla zaměřena pod rtg zesilovačem (Obrázek 22). Pod extenzorovými retinakuly byla na dorzum nohy protažena šlacha TP, zkontrolovali jsme, aby šlacha nebyla ve svém průběhu rotována a aby při průběhu interoseální membránou neprocházela v ostrém úhlu. Do os cuneiforme laterale byl vyfrézován otvor v její dorzální kortice o průměru odpovídajícímu průměru šlachy TP. Do otvoru byla implatnována kotva Mitek mini s dvojím návlekm. Distální konec šlachy TP byl prošit, vlákno provlečeno očkem drátu a drát provrtán přes os cuneiforme laterale na plantu nohy. Za toto vlákno byla šlacha vtažena do otvoru v os cuneiforme laterale a prošita návleky kotvy a tím v otvoru fixována za držení hlezna ve 20° extenze (Obrázek 23). U pacientů 1,3,12, kteří měli předoperačně pasivní extenzi 10° a nižší, z neutrální pozice v hlezenním kloubu, bylo současně provedeno prodloužení Achilovy šlachy Z- plastikou k umožnění pasivního pohybu alespoň 20° extenze.

U pacienta č. 8 byla poslední incize vedena podél distálního průběhu šlachy TA k jejímu úponu. Šlacha TP byla protažena pod extenzorovými retinakuly k úponu TA a šlachy byly k sobě side to side sešity v délce 5 cm ve 20° extenzi hlezna. Současně pro omezení pasivní extenze byla prodloužena Achilova šlacha.

U pacienta č. 9 bylo potřeba jen posílit extenzi nohy, ze svalové studie vyplynul jako nejvýhodnější sval PL. V tomto případě byla první incize vedena na medioplantární straně nohy v úrovni os cuneiforme mediale a baze I. metatarzu, preparace k úponu PL na plantární straně těchto kostí. Šlacha byla odetnuta od svého úponu. Druhá incize byla vedena na zevní straně nohy na úrovni os cuboideum a šlacha sem byla vytažena ze svého průběhu plantou. Třetí incize byla před distální třetinou fibuly, distální konec šlachy vytažen do této úrovně, dále byl protažen kolem fibuly, podkožně, na přední stranu bérce, odkud byl protažen pod extenzorovými retinakuly do čtvrté incize na dorzu nohy v úrovni os cuneiforme laterale. Kotvení šlachy PL do kosti bylo stejné, jak je popsáno výše u kotvení TP při paréze NPC.



Obrázek 19: Incize na mediální straně nohy vedená od tuberositas ossis navicularis k vnitřnímu kotníku, vypreparována šlacha m. tibialis posterior k úponu



Obrázek 20: Protažení šlachy m. tibialis posterior na mediální stranu bérce po odetnutí od úponu



Obrázek 21: Protažení šlachy m. tibialis posterior na přední stranu bérce přes interoseální membránu



Obrázek 22: Zaměření os cuneiforme laterale pod rtg zesilovačem



Obrázek 23: Šlacha m. tibialis posterior fixována na dorzu nohy do os cuneiforme laterale

2.2.2 Pooperační péče:

Po sutuře incízi byla přiložena sádrová dlaha ve 20° extenzi a everzi nohy. Převaz byl proveden 3. den a 10. -13. den po operaci, kdy byly odstraněny stehy. Následně byla přiložena plná sádrová, nebo plastová fixace ve 20° extenzi a v everzi nohy, celkem na 6 týdnů od operace. Po 4 týdnech byl povolen ve fixaci plný nášlap. Po celou dobu imobilizace končetiny byla podávána profylaktická dávka nízkomolekulárního heparinu.

Fyzioterapii provádíme za hospitalizace, začínáme zhruba v období od 7. pooperačního týdne, kdy je sundána fixace v podobě sádry. Toto období zahrnuje ošetření jizev a přilehlých měkkých tkání, mobilizaci klíčových segmentů – Chopartův a Lisfrankův kloub, metatarzální kosti a periferní klouby nohy. Z hlediska svalového aparátu je nezbytné ošetřit krátké flexory chodidla a zajistit stretch Achillovy šlachy, jejíž fyziologické parametry zajišťují adekvátní rozsah pohybu v hlezenním kloubu. Zmiňovaný aspekt je klíčový k dostatečné schopnosti transferovaného svalu aktivně provést znovuoobnovenu extenzi chodidla. V případě výraznějších otoků volíme lymfodrenáž, popř. vyvazování bérce samofixačním obinadlem Peha-haft.

Vzhledem k absenci několika svalů bérce v rámci primárního traumatu musíme v rehabilitaci zohlednit limitovanou stabilitu dolní končetiny jako celku. Z tohoto důvodu volíme terapii k zajištění dynamické stabilizace kolenního kloubu a dostatečnou sílu a koordinaci svalů kyčelního kloubu, pánve a ventrální muskulatury. Volba fyzioterapeutických technik je značně variabilní. Jde především o techniky na neurofyziologickém podkladě – PNF (proprioceptivní neuromuskulární facilitace) (Obrázek 24), prvky Bobath konceptu, posturální terapii, sensomotoriku, balanční cvičení (Obrázek 25) a terapii chůze.

Od 8. pooperačního týdne, kdy je povolena 100% zátěž je pozornost fyzioterapie zaměřena na střídání schopnosti koncentrické a excentrické kontrakce v náročnějších posturálních pozicích jakými jsou chůze do schodů, ze schodů, terén a solobalance.

Při ambulantních kontrolách byl měřen rozsah aktivní a pasivní hybnosti hlezna a zjišťována svalová síla (Obrázek 26). Po stabilizaci stavu, nepostupující rehabilitaci, nezvyšování svalové síly, kdy bylo ukončeno sledování pacienta, byl změřen výstupní rozsah aktivní a pasivní hybnosti hlezna a doplněn do tabulky s předoperačním stavem (Tabulka 9), a byl s pacientem vyplněn Stanmorův skórovací systém (Tabulka 11)



Obrázek 24: Facilitace extenzorů v hlezenním kloubu a současně ventrální muskulatury



Obrázek 25: Balanční cvičení



Obrázek 26: Pooperační výsledek- 7. týden

2.2.3 Skórovací systém:

K analýze předoperačních a pooperační dat byl použit Stanmorův skórovací systém [52], který je určen speciálně pro analýzu výsledků šlachových transferů při postižení svalů bérce [17] (Tabulka 8). Tento skórovací systém hodnotí bolest a to jak klidovou tak pozátěžovou, potřebu ortézy, peroneální pásky k chůzi, obuv, kterou je pacient schopen na končetině nosit a to jednak preference stejného nebo jiného typu obuvi než na nepostižené končetině a případný rozdíl velikostí obuvi. Dalším kritériem je funkční stav, kdy pacient hodnotí omezení při běžných denních, pracovních a rekreačních sportovních aktivitách. Svalová síla extenze se hodnotí podle stupnice vydané Medical Research Council [7]. Standardním goniometrem měříme stupně aktivní a pasivní extenze, přičemž Stanmorův skórovací systém hodnotí jen aktivní pohyb. Posledním hodnoceným kritériem je postavení nohy při došlapu, a deformita nohy. Maximální hodnota výsledku tohoto skórovacího systému je 100 bodů, přičemž výsledek 85-100 bodů je hodnocen jako vynikající, 70-84 bodů jako dobrý, 55-69 bodů jako uspokojivý a nižší než 55 bodů jako špatný.

2.3 Výsledky:

Ve všech třinácti případech transferu šlachy TP byla použita transmembranózní interoseální cesta a šlacha byla podvlečena pod extenzorovými retinakuly. Ve všech případech byla využita celá délka šlachy TP. Délka šlachy byla vždy dostatečná. Distální konec šlachy TP

byl fixován k os cuneiforme laterale, kromě pacienta č. 8, kde byla fixace šlachy TP ke šlaše TA side to side, což zajistilo dostatečnou sílu extenze s vyváženými účinky pronosupinačními. U pacienta č. 9, kde byla transferována šlacha PL, byla šlacha delší než bylo třeba, a proto po ukotvení ve 20° extenze hlezna byla zkrácena.

Po operačním výkonu se nevyskytly žádné časné pooperační komplikace, všechny rány se zhojily per primam.

U všech pacientů byla možná aktivní extenze hlezna, průměrně 12,3° (4-20), kdy předoperačně měl možnost aktivní extenze jen pacient č. 9 a to do -3°. U třinácti pacientů, kterým byl transferován TP došlo k omezení jak aktivní, tak pasivní flexe, kdy omezení aktivní flexe bylo o průměrně 48 % (27-71) oproti předoperační aktivní flexi. U pacienta č. 9, kterému byl transferován PL bylo omezení flexe jen o 11%. Tento rozsah pohybu odpovídá teoretickému předpokladu, který vychází z experimentu, kdy TP má méně než poloviční rozsah pohybu než TA a z toho plyne omezení celkové hybnosti hlezna po transferu TP, takže při zajištění dostatečné extenze v hleznu dojde k výraznému omezení flexe. PL má větší rozsah pohybu než TP, proto omezení flexe není tak výrazné.

U devíti pacientů, kteří udávali předoperačně mírnou nebo střední bolest došlo pooperačně k jejímu vymizení nebo zmírnění. U 5 pacientů, kteří byli již předoperačně bez bolesti, se bolest pooperačně neobjevila. Po šlachovém transferu žádný z pacientů nepotřebuje kompenzační pomůcku, peroneální pásku. U 13 pacientů (93 %) došlo ke zlepšení v parametru preferovaného typu obuvi, jen u jednoho pacienta (7 %) se tento parametr nezměnil. Osm pacientů (57 %) udávalo možnost vykonávat normální denní aktivity, zaměstnání i trávení volného času, 5 pacientů (36 %) udávalo omezení v rekreačních sportovních aktivitách a 1 pacient (7 %) udával omezení i při běžných denních činnostech. Při měření svalové síly mělo 6 pacientů (43 %) dostatečnou svalovou sílu extenze nohy proti silnému odporu, a 8 pacientů (57 %) mělo dostatečnou svalovou sílu proti mírnému odporu. V posledním hodnoceném kritériu, postavení a držení nohy bylo u 7 pacientů (50 %) správné, noha byla bez deformity, a pacienti došlapovali celou nohou. U druhé poloviny pacientů se hodnocený parametr nezměnil, došlapovali celým chodidlem, ale byla patrna mírná deformita nohy.

Výsledný součet bodů byl mezi 87 a 100 body, takže u všech pacientů bylo hodnocení v pásmu vynikajícího výsledku. Tři pacienti (21 %) dosáhli maximálního počtu 100 bodů. Při statistickém zhodnocení předoperačního a pooperačního stavu Studentovým T-testem je rozdíl ve všech hodnocených kritériích, včetně konečného součtu, statisticky významný. Na závěr

byl pacientům položen dotaz, zda jsou s výsledkem operace spokojeni a zdali by ho při stejném postižení podstoupili znovu, všichni odpověděli kladně.

Kritérium	Popis stavu	Počet bodů	
Bolest	bez bolesti	15	
	mírná bolest	10	
	střední bolest	5	
	silná bolest	0	
Potřeba kompenzační pomůcky	nikdy	15	
	občas (1x týdně)	10	
	často (2-3x týdně)	5	
	pravidelně (více než 3x týdně)	0	
Typ obuvi	stejná	5	
	stejná, jen u některých typů	3	
	jiná, větší	0	
Funkční stav	norm.denní aktivity, norm rekreace	10	
	norm.denní aktivity,omezení rekr.	6	
	omezení denní aktivity a rekreace	3	
	výrazné omezení aktivit a rekreace	0	
Svalová síla	5. stupeň	25	
	4. stupeň	20	
	3. stupeň	10	
	2. a nižší stupeň	0	
Stupně aktivní dorziflexe	více než 6st	25	
	od 0 do 5st.	20	
	od -5 do -1st.	10	
	méně než -6st.	0	
Postavení a držení nohy	došlapuje celým chodidlem, vyvážená bez deformity	5	
	došlapuje celým chodidlem, mírná deformita	3	
	zjevná deformita, chybné postavení nohy	0	

Tabulka 8: Stanmorův skórovací systém šlachových transferů na bérce

Číslo pacienta	Pasivní rozsah pohybu		Aktivní rozsah pohybu		Pasivní rozsah pohybu		Aktivní rozsah pohybu		Pasivní rozsah pohybu		Aktivní rozsah pohybu	
	Předoperační dorzi flexe	plantiflexe	Předoperační dorzi flexe	plantiflexe	Pooperační dorzi flexe	plantiflexe	Pooperační dorzi flexe	plantiflexe	Zdravá končetina dorzi flexe	plantiflexe	Zdravá končetina dorzi flexe	plantiflexe
1.	-5	33	-32	33	18	15	14	13	20	30	16	29
2.	22	41	-40	40	22	20	15	20	24	38	19	38
3.	0	39	-39	39	10	24	6	18	23	36	14	36
4.	26	40	-40	40	22	35	18	25	28	40	23	39
5.	26	41	-39	40	20	30	11	26	26	42	22	42
6.	27	42	-42	42	15	31	13	28	30	46	23	44
7.	24	4	-40	40	19	26	10	22	28	38	21	38
8.	5	36	-35	35	10	20	4	16	18	33	13	33
9.	10	36	-3	36	18	34	16	32	19	35	15	34
10.	21	39	-38	39	15	22	6	20	27	39	20	39
11.	28	42	-41	41	26	20	19	20	30	43	22	43
12.	5	38	-38	38	20	23	14	14	23	36	18	35
13.	20	36	-35	35	14	18	7	10	25	36	20	33
14.	29	41	-40	40	26	26	20	25	28	41	25	41

Tabulka 9: Aktivní a pasivní rozsah hybnost hlezna předoperačního a pooperačního stavu postižené končetiny a zdravé končetiny.

Číslo pacienta	Bolest	Kompenzační pomůcka	Typ obuvi	Funkční stav	Svalová síla	Aktivní dorziflexe	Postavení nohy	Celkový součet bodů
1.	10	0	5	0	0	0	3	18
2.	5	0	0	3	0	0	3	11
3.	5	0	3	0	0	0	3	11
4.	10	0	0	3	0	0	3	16
5.	15	0	0	0	0	0	3	18
6.	10	0	3	0	0	0	3	16
7.	10	0	0	0	0	0	3	13
8.	5	0	5	3	0	0	3	16
9.	15	5	5	3	10	10	5	53
10.	10	0	3	0	0	0	3	16
11.	15	0	5	0	0	0	3	23
12.	5	0	5	3	0	0	3	16
13.	15	0	3	0	0	0	3	21
14.	15	0	5	3	0	0	3	26

Tabulka 10: Předoperační stav zhodnocený Stanmorovým skórovacím systémem

Číslo pacienta	Bolest	Kompenzační pomůcka	Typ obuvi	Funkční stav	Svalová síla	Aktivní dorziflexe	Postavení nohy	Celkový součet bodů
1.	15	15	5	10	25	25	5	100
2.	15	15	5	3	20	25	5	88
3.	10	15	5	6	25	25	3	89
4.	15	15	3	6	20	25	3	87
5.	15	15	3	10	20	25	5	93
6.	15	15	5	10	20	25	3	93
7.	15	15	3	6	20	25	3	87
8.	10	15	5	10	25	20	5	90
9.	15	15	5	10	25	25	5	100
10.	15	15	5	10	20	25	3	93
11.	15	15	5	10	25	25	3	98
12.	15	15	5	6	20	25	5	91
13.	15	15	3	6	20	25	3	87
14.	15	15	5	10	25	25	5	100

Tabulka 11: Pooperační stav zhodnocený Stanmorovým skórovacím systémem

2.4 Diskuze:

Při výpadku funkce svalu, nebo určité skupiny svalů, nejčastěji při postižení periferních nervů, a dobré funkci jiných svalů příslušné oblasti končetiny, má šlachový transfer tři cíle. Prvním je obnovení nebo zvýšení síly postiženého pohybu, druhým je zmenšení nebo odstranění deformujících sil, působících na končetinu a třetím je zvýšení stability postiženého kloubu při zátěži a odstranění nutnosti používat kompenzační pomůcky [29,50]. Kromě transferů, které jsou svou podstatou dynamické chirurgické výkony, umožňující pohyb, mohou být prováděny i tzv. statické chirurgické výkony, které upraví postavení postižené části končetiny do lepší funkční pozice, čímž sice zlepší celkovou funkci končetiny, ale neobnoví ztracený pohyb, případně zmenší, nebo úplně zruší pohyb stávající. Statickými výkony jsou artrodézy, osteotomie a tenodézy. Nevýhodou statických výkonů je jejich nevratnost. Proto by měly být používány statické výkony buď jako podpora dynamických výkonů při fixovaných deformitách končetin, nebo po selhání transferu, nebo v případech, kdy není transfer indikován, například při významném degenerativním postižení kloubu, při difusních periferních neuropatiích, při mozkových a neuromuskulárních chorobách, nebo při poranění vícečetných nervů na končetině s nepřítomností funkční donorské šlachy k transferu. Dynamické výkony, transfery, při kterých se změni průběh svalu přemístěním jeho distálního úponu, se zlepší funkce končetiny a především dojde k obnově aktivního pohybu. Jejich indikací je v současné době především léčba poúrazových nervových paréz [20,39].

Při paréze NPC je noha v equinovarózním postavení. Největší obtíží pacientů je přepadávání špičky nohy, kdy o ni při chůzi zakopávají a jsou nuceni při chůzi vysoko zvedat koleno (tzv. čapí chůze), běh není možný vůbec. Závažný problém pro pacienta představuje nestabilita hlezenního kloubu, projevující se opakovanými podvrtnutími a pády, především při chůzi v nerovném terénu. Je tedy potřeba obnovit extenzi nohy, a zabránit varózní deformitě nohy, způsobované tahem TP a zvýšit stabilitu hlezna. Toho dosáhneme transferem TP na dorzum nohy, do neutrálního bodu nohy, na os cuneiforme laterale. Při paréze NPP jsou pronosupinační síly v rovnováze a je tedy potřeba obnovit jen extenzi hlezna. Toho je možno dosáhnout i artrodézou hlezna, nebo tenodézou TA, ovšem funkčně výhodnější je dynamický proces, kdy je zachován volný pohyb, šlachový transfer [9,51]. K zachování rovnováhy pronosupinačních sil působících na nohu, je v tomto případě šlacha TP přemístěna na mediální stranu dorza nohy.

Vzhledem k tomu, že je jen asi třetinová pravděpodobnost návratu funkce n. peroneus po revizi a ošetření jeho přímého poranění, je na některých pracovištích k rychlejšímu návratu funkce prováděn šlachový transfer v jedné době s ošetřením nervu [11], jako prevence možných kontraktur a deformit nohy tahem zadní svalové skupiny. V našich případech jsme dodrželi minimální dobu 1,5 roku od vzniku parézy a EMG v rozmezí 6 měsíců stacionární, bez reinervačních změn. Jen u pacientky s jistou ztrátou nervu byl transfer proveden dříve. Proti vzniku kontraktur a deformit probíhala řízená rehabilitace hlezna a nohy s udržením maximální možné pasivní hybnosti hlezna. Výše zmíněná práce Ferraresiho neřeší tu třetinu případů, u níž dojde k návratu funkce NPC a tím ke vzniku svalové dysbalance nohy. Námi prezentovaný postup dává možnost k reinervaci, návratu pohybu, zabrání vzniku deformity a při přetrvávající plegii obnoví aktivní pohyb šlachovým transferem.

K co nejlepšímu funkčnímu výsledku šlachového transferu je důležité správné předpětí transferované šlachy [5,14,37]. Při technikách, při kterých je šlacha TP našívána na šlachu TA je možné nastavení předpětí. Některými autory je preferováno mírné, nebo střední napětí suturovaných šlach, kdy hlezno je maximálně v 90°. Jinými autory [1] je preferováno vysoké napětí šlachy, kdy je hlezno v okamžiku sutury v 10-20° extenzi. Při reinzerci šlachy TP do kosti, do os cuneiforme laterale, je vzhledem k tomu, že šlacha TP má hraniční délku, situace ohledně předpětí jednodušší, hlezno musí být v okamžiku inserce šlachy v 10-20° extenzi. Pokud je předpětí větší, dochází, vzhledem k malé pohybové exkurzi TP k tzv. tenodeznímu účinku, je omezena flexe hlezna. Jak vyplývá z našeho experimentu, po transferu TP musí dojít k omezení celkové hybnosti hlezna o více než polovinu, při transferu PL je toto omezení menší. Je otázkou, co pacienti vnímají jako větší problém, jestli omezení extenze, nebo flexe. Pro chůzi i běh je důležitá možnost dostatečné extenze a to alespoň 10°. V našich případech jsme proto prováděli větší předpětí šlachy, hlezno bylo v 10-20° extenze a u všech pacientů došlo k omezení flexe. Všichni pacienti byli s výsledkem spokojeni, byli schopni rychlé chůze a běhu a nikdo z nich nepozoroval jako problém omezení flexe. A při srovnání výsledků Stanmorova skórovacího systému jsou naše výsledky lepší, než při našití šlachy s nižším předpětím [45]. Pilný a kol. [33] prezentuje stejný operační postup, avšak s menším předpětím transferované šlachy, v hodnocení nepoužívá komplexní Stanmorův systém, ale hodnotí jen možnost extenze a výborné výsledky udává jen u 64 % pacientů. Z toho vyplývá, že provádět transfer s větším předpětím je úspěšnější.

Při transferu TP je možné použití dvou cest, kudy je šlacha vedena. Jednak je to tzv. cirkumtibiální cesta, kdy je šlacha provlékána podkožím podél mediální strany tibie na přední stranu bérce. Druhou je tzv. interoseální cesta, použitá v našich případech, kdy je šlacha

provlékama na přední stranu bérce přes otvor v interoseální membráně. V biomechanické studii [12] vychází transmembranózní interoseální, námi použitá technika, jako výhodnější, cesta je kratší a zajistí větší svalovou sílu. Otvor v membráně musí být dostatečně velký, šlacha jím musí procházet v tupém úhlu a před inzercí nebo suturou musí být zkontrolováno, zda není ve svém průběhu přetočena. Na přední straně bérce je možné šlachu k místu úponu vést buď v hloubce, pod extenzorovými retinakuly, anebo povrchově nad nimi. Tímto se zabývala biomechanická studie [8], se závěrem, že při provlečení šlachy povrchově, nad retinakuly je výrazně účinnější pohyb, než při transferu pod retinakuly. Tato změna v námi použité technice by mohla zlepšit celkový rozsah hybnosti hlezna, v našem případě do flexe.

V Srinivasanově práci z roku 1968 [43] je poprvé popsána technika transferu, kdy je našívána šlacha ke šlaše. V tomto případě je šlacha TP rozdělena, po přesunutí na přední stranu bérce, na dvě části, jedna část je našita na šlachu EHL a druhá na šlachu EDL a m. peroneus tertius, k vyvážení pronosupinace nohy. Současně popisuje nevýhody a technické obtíže při fixaci šlachy TP do kosti a hraniční délku šlachy TP. Další práce [39,48,51], ve kterých jsou použity modifikace Srinivasanovy techniky, uvádí dobré výsledky. Carayon (5) v roce 1967 a Vigasio [45] v roce 2008, popisují techniku, kdy je přemístěno místo úponu TA provrtáním kuneiformních kostí z mediální strany na dorzum os cuneiforme laterale a šlacha TA po přerušení na muskulotendinózním přechodu je tímto otvorem provlečena a na přední straně bérce sešita se šlachou TP. Problematické u této techniky může být poškození kloubů mezi kuneiformními kostmi, které může působit bolesti. Výhodou technik TtT (tendon to tendon) je možnost nastavení předpětí, které u fixace šlachy TP do kosti není. Proto je tato technika variantou při problémech s délkou šlachy TP, kdy by byla nutnost nadměrného předpětí ve více než 20° extenzi hlezna a případů, kdy je indikován transfer na původní TA. Kotvení šlachy do kosti, námi použitou technikou implantací Mitek kotev do os cuneiforme laterale, je dostatečně spolehlivé, pevné, v udržení šlachy vnořené do kosti až do doby jejího vhojení. Slibná se v posledních letech jeví technika kotvení šlachy do kosti, používaná dříve hojně při plastice LCA, použitím endobuttonu. Zatím byly publikovány práce, které popisují použití endobuttonu při refixaci ruptury distálního úponu m. biceps. brachii [34], kdy je tento způsob fixace šlachy do kosti v biomechanické studii vyhodnocen jako nejpevnější [25]. Použití při šlachových transferech TP nebylo prozatím publikováno.

Možností, jak posílit extenzi nohy a obnovit extenzi prstů a palce je přenést spolu s TP ještě jednu šlachu. Nejvhodnější je transfer FDL na extenzory prstů a palce. Je důležité ponechání FHL, protože jeho síla je důležitá v odrazové fázi kroku. Ve studiích [45], které popisovaly tento transfer, ztráta funkce TP a FDL nepřinesla žádnou ztrátu, pokud jde o sílu a rozsah

pohybu prstů nohy. V našich případech nebylo vnímáno přetrvávající flekční postavení prstů jako negativum, i když k dalšímu posílení extenze nohy by tento transfer byl přínosný.

V pooperační péči není shoda v literatuře, co se týče imobilizace končetiny. Rozmezí je 5 dní až 8 týdnů. Časnou rehabilitaci, již 5 dní po operačním zákroku, popisují autoři z Indie a Nepálu [35,36], kdy je transfer prováděn pro leprózní postižení různými technikami TtT. Popisované výsledky jsou lepší než při imobilizaci 40 dní. Druhým extrémem je 8 týdnů, popsanych již Oberem v roce 1933 [32]. Naše doba imobilizace, 6 týdnů, je kompromisem a nejčastěji udávanou dobou imobilizace. Nezaznamenali jsme ani jedno vytržení šlachy z kosti při námi prováděné imobilizaci po dobu 6 týdnů.

Musculus tibialis posterior je hlavním dynamickým stabilizátorem mediální nožní klenby a hlavním supinátorem zadní části nohy [10,22]. Z tohoto důvodu by se dal očekávat zvýšený výskyt sekundárního plochonoží u pacientů, kteří podstoupili transfer TP, ztrátou jeho funkce. Tím dochází ke zvýšení tlaku na statické stabilizátory podélné nožní klenby, z nichž hlavním je plantární kalkaneonavikulární vaz. Ovšem není tomu tak, popsane případy získaného plochonoží po transferu TP jsou raritní. Při normálním kroku je potřeba inverzí, tahem TP, zablokovat příčné tarzální klouby, a přeměnit tak původně pružnou nohu v pevnou, rigidní, která umožní odraz. Normálním antagonistou m. tibialis posterior je m. peroneus brevis, který provádí pronaci zadní části nohy [23,26,44]. Jako nejpravděpodobnější důvod, proč nedochází ke vzniku plochonoží je současná ztráta funkce TP (transferem) i peroneus brevis (poraněním NPC), čímž vznikne nová dynamická rovnováha [26]. Yeap [53] s tím nesouhlasí a prokazuje, že plochonoží nevzniká ani u pacientů po šlachovém transferu TP při zachovalé funkci peroneálních svalů. Raritní vznik plochonoží po transferu vysvětluje predispozičními faktory a předoperačně nedagnostikovanou dysfunkcí m. tibialis posterior a počínajícím plochonožím. V našem souboru se po dobu sledování podélné plochonoží neobjevilo, nicméně pacient by měl být předoperačně na toto riziko, i když malé, upozorněn.

2.5 Závěr:

Nemožnost nebo oslabení extenze hlezna je invalidizující stav, který neumožní rychlejší chůzi nebo běh a způsobuje nestabilitu hlezenního kloubu. Obnova aktivní extenze transferem TP nebo PL je metodou volby, kdy dostatečná extenze umožní normální chůzi, běh, návrat k pracovním i sportovním aktivitám. Transferem dojde také ke zvýšení stability hlezna. Klinická část potvrzuje výsledek experimentu, že po transferech flexorů, které mají menší rozsah pohybu než extenzory, dojde vždy k celkovému omezení hybnosti hlezna. Je funkčně výhodnější provádět transfer s větším předpětím k umožnění dostatečné extenze hlezna. Omezení flexe není vnímáno negativně. Námí použitá technika je jednoduchá a má velmi dobré funkční výsledky.

3. SOUHRN:

3.1. Souhrn experimentální část:

Úvod: Práce popisuje makroskopické uspořádání svalových vláken svalů přední, laterální a zadní hluboké skupiny svalů bérce, architekturu kosterních svalů. Ta je základním faktorem, určujícím funkci svalu. Nejdůležitějšími parametry svalové architektury jsou PCSA (Physiological cross-sectional area), ukazatel svalové síly a Lf (délka svalových vláken), ukazatel rozsahu pohybu svalu a šlachy. Porozumění tomuto vztahu objasní fyziologický základ svalové síly a pohybu a poskytne vědecké odůvodnění operací- šlachových transferů.

Materiál a metodika: V experimentu bylo analyzováno 5 preparátů dolních končetin, na každém preparátu bylo analyzováno 8 svalů- přední, laterální a zadní hluboké skupiny svalů bérce. Na svalech byly změřeny a vypočteny parametry svalové architektury. Byly porovnány hodnoty svalové architektury jednotlivých svalů a svalových skupin a na základě těchto hodnot byly rozebrány možnosti transferu při výpadku různých částí nervus peroneus.

Výsledky: Nejsilnější ze zkoumaných svalů je musculus tibialis posterior. Flexory nohy mají větší svalovou sílu než extenzory. Supinační síly působící na nohu jsou větší než síly pronační. Největší rozsah pohybu má musculus extensor hallucis longus. Extenzory mají větší rozsah pohybu než flexory.

Závěr: Při izolované lézi musculus tibialis anterior je nejvýhodnější transfer dlouhého peroneálního svalu do neutrálního bodu nohy. Při lézi nervus peroneus superficialis je z pohledu svalové architektury nejvýhodnější transfer dlouhých flexorů palce a prstů na šlachy peroneálních svalů. Druhou možností, je transfer předního tibiálního svalu. Při lézi nervus peroneus profundus je nejvýhodnější transfer zadního tibiálního svalu na přední stranu bérce a mediální stranu dorza nohy. Při lézi nervus peroneus communis je jediným možným transfer zadního tibiálního svalu na přední stranu bérce do neutrálního bodu nohy.

3.2. Souhrn klinická část:

Úvod: Paréza nervus peroneus communis je nejčastější periferní obrnou postihující dolní končetinu. Jde o invalidizující postižení, kdy noha je ve flekčním a supinačním postavení a pacient není schopen aktivní extenze a pronace nohy, ani extenze prstů. Šlachový transfer, který obnovuje aktivní extenzi hlezna, je považován za metodu volby při paréze peroneálních nervů, pokud nedojde ke klinicky uspokojivé reinervaci.

Materiál a metodika: Do souboru bylo zařazeno 14 pacientů léčených na Traumatologickém oddělení FN Olomouc buď pro parézu společného či hlubokého peroneálního nervu, nebo pro izolovanou lézi předního tibiálního svalu. K obnovení pohybu byly využity aktivní svaly a to v 13 případech zadní tibiální sval a v jednom případě dlouhý peroneální sval. Šlachy těchto svalů byly zakotveny na dorzum nohy.

Výsledky: U všech pacientů došlo k obnově aktivní extenze nohy, v průměru na 12,3° (4-20), s dostatečnou svalovou silou. Při hodnocení Stanmorovým skórovacím systémem bylo hodnocení vynikající, mezi 87-100 body.

Závěr: Při šlachovém transferu musculus tibialis posterior nebo musculus peroneus longus dochází k obnově aktivní extenze nohy. Důsledkem tohoto rekonstrukčního výkonu je, v souhlasu s experimentem, omezení celkové hybnosti hlezna. Funkčně výhodnější pro pacienta je provádět transfer s lehce větším předpětím, tak aby bylo dosaženo po operaci dostatečné extenze hlezna.

4. SUMMARY:

4.1. Summary experimental part:

Introduction: This work describes the macroscopic fiber alignment of the anterior, lateral and deep posterior muscle groups of the calf, and skeletal muscle architecture. Latter is a basic factor, that determines muscle function. The most important parameters of muscle architecture are PCSA (Physiological cross-sectional area), correlating with muscle strength, and Lf (muscle fiber length), which corresponds to the motion range of the muscles and tendons. Understanding these parameters and their relationship explains the physiologic basics of muscle strength and motion, and provides scientific evidence for muscle transfers.

Materials and methods: In our study we analyzed 5 lower extremity preparates. On each, 8 muscles - the anterior, lateral and deep posterior muscle groups of the calf - were investigated. We measured and calculated the parameters of muscle architecture. We compared the characteristics of the individual muscles and muscle groups, and based on these results analyzed the possibilities of muscle transfer in the case of peroneal nerve injuries on various levels.

Results: The strongest of the investigated muscles is the posterior tibial muscle. The foot flexors have bigger muscle strength than the extensors. Supination forces acting on the foot are stronger than pronator forces. Musculus extensor hallucis longus has the biggest motion range. Extensors have bigger motion ranges than flexors.

Conclusion: In case of isolated anterior tibial muscle lesions, transferring the long peroneal muscle to a neutral spot of the foot is the most favourable solution. In case of superficial peroneal nerve lesions, transfer of the long flexors of the toes to the tendons of the peroneal muscles is the best solution from muscle architectural point of view. The second option is transfer of the anterior tibial muscle. In case of profund peroneal nerve lesions, transfer of the posterior tibial muscle to the front side of the lower leg and medial side of the dorsum of the foot is the most advantageous. Regarding common peroneal nerve lesions, the only possibility is transferring the posterior tibial muscle on the front side of the lower leg to a neutral spot of the foot.

4.2. Summary clinical part:

Introduction: Common peroneal nerve palsy is one of the most common peripheral paresis affecting the lower leg. The foot drop and inability or difficulty in moving the ankle and toes dorsally and inability in foot pronation leads to debilitating condition for the patient. Tendon transfer is a treatment option often used to restore function in the peroneal palsy in cases of clinically unsatisfactory reinnervation.

Material and methods: The study group included 14 patients treated in the Trauma department of FNO either for common or deep peroneal nerve paresis, or for isolated lesion anterior tibial muscle. The tendon of posterior tibial muscle (13 patients) or long peroneal muscle (1 patient) anchored to the cuneiform bone were used for the procedure.

Results: All patients restored active foot extension with average 12.3° (4-20) and sufficient muscle strength. They reached 87-100 points when rated by Stanmor scoring system.

Conclusion: The tendon transfer of posterior tibial muscle, or peroneus longus muscle, leads to restoration of active extension of the foot. As a result of this reconstruction only slight reduction in the total arc of movement in the ankle can be expected. It is advantageous for the patient to perform transfer with a mild tendon pretensioning in order to achieve adequate postoperative ankle extension.

5. LITERATURA:

5.1. Literatura experimentální část:

1. Azizi E., Brainerd EL., Roberts TJ.: Variable gearing in pennate muscles. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008;105: 1745-1750.
2. Bodine SC., Roy RR., Meadows DA., Zernicke RF., Sacks RD., Fournier M., Edgerton VR.: Architectural, histochemical, and contractile characteristics of a unique biarticular muscle: the cat semitendinosus. *J Neurophysiol.*, 1982;48: 192–201.
3. Borovanský a kolektiv.: *Soustavná anatomie člověka, díl I.* SZN Praha, 1955: 265-277.
4. Brand PW.: Tendon transfers for median and ulnar nerve paralysis. *Orthop Clin North Am.*, 1970;1: 447–454.
5. Brand PW., Beach RB., Thompson DE.: Relative tension and potential excursion of muscles in the forearm and hand. *J Hand Surg Am.*, 1981;3A: 209–219.
6. Burkholder TJ., Fingado B., Baron S., Lieber RL.: Relationship between muscle fiber types and sizes and muscle architectural properties in the mouse hindlimb. *J Morphol.*, 1994;221: 177–190.
7. Burkholder TJ., Lieber RL.: Sarcomere length operating range of vertebrate muscles during movement. *J Exp Biol.*, 2001;204: 1529-1536.
8. Burkholder TJ., Lieber RL.: Sarcomere number adaptation after retinaculum release in adult mice. *J Exp Biol.*, 1998;201: 309–316.
9. Čihák R.: *Anatomie 1.* Praha, Grada. 2001. p 313, 418-423

10. Crawford GNC.: An experimental study of muscle growth in the rabbit. *J Bone Joint Surg Am.*, 1954;36A: 294–303.
11. Delp SL., Loan JP., Hoy MG., Zajac FE., Topp EL., Rosen JM.: An interactive graphics-based model of the lower extremity to study orthopaedic surgical procedures. *IEEE Trans Biomed Eng.*, 1990;37: 757–767.
12. English AWM., Weeks OI.: An anatomical and functional analysis of cat biceps femoris and semitendinosus muscles. *Journal of Morphology*, 1987;191: 161–175.
13. Fridén J., Lieber RL.: Evidence for muscle attachment at relatively long lengths in tendon transfer surgery. *J Hand Surg Am.*, 1998;23: 105-110.
14. Fridén J., Lieber RL.: Mechanical considerations in the design of surgical reconstructive procedures. *J Biomech.*, 2002;35: 1039– 1045.
15. Fridén J., Lieber RL.: Quantitative evaluation of the posterior deltoid-to-triceps tendon transfer based on muscle architectural properties. *J Hand Surg Am.*, 2001;26: 147–155.
16. Fridén J., Lieber RL.: Tendon transfer surgery: clinical implications of experimental studies. *Clin Orthop Relat Res.*, 2002;403: 163-170.
17. Fridén J., Lovering RM., Lieber RL.: Fiber length variability within the flexor carpi ulnaris and flexor carpi radialis muscles: implications for surgical tendon transfer. *J Hand Surg Am.*, 2004;29: 909-914.
18. Fridén J., Pontén E., Lieber RL.: Effect of muscle tension during tendon transfer on sarcomerogenesis in a rabbit model. *J Hand Surg Am.*, 2000;25: 138-143.
19. Fridén J., Reinholdt C.: Current concepts in reconstruction of hand function in tetraplegia. *Scand J Surg.*, 2008;97: 341-346.

20. Fridén J., Shillito MC., Chehab EF., Finneran JJ., Ward SROV., Lieber RL.: Mechanical feasibility of immediate mobilization of the brachioradialis muscle after tendon transfer. *J Hand Surg Am.*, 2010;35: 1473-1478.
21. Fukunaga T., Ichinose Y., Ito M., Kawakami Y., Fukashiro S.: Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. *J Appl Physiol.*, 1997;82: 354–358.
22. Gans C., Bock WJ.: The functional significance of muscle architecture: a theoretical analysis. *Adv Anat Embryol Cell Biol.*, 1965;38: 115–142.
23. Gans C., De Vries F.: Functional bases of fiber length and angulation in muscle. *J Morphol.*, 1987;192:63–85.
24. Gans C., Loeb GE., de Vree F.: Architecture and consequent physiological properties of the semitendinosus muscle in domestic goats. *Journal of Morphology*, 1989;199: 287–297.
25. Hutchison DL., Roy RR., Bodine-Fowler S., Hodgson JA., Edgerton VR.: Electromyographic (EMG) amplitude patterns in the proximal and distal compartments of the cat semitendinosus during various motor tasks. *Brain Res.*, 1989;479: 56-64.
26. Jacobson MD., Raab R., Fazeli BM., Abrams RA., Botte MJ., Lieber RL.: Architectural design of the human intrinsic hand muscles. *J Hand Surg. (Am)*, 1992;17A: 804–809.
27. Kawakami Y., Ichinose Y., Fukunaga T.: Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. *J Appl Physiol.*, 1998;85: 398–404.
28. Lieber RL.: Skeletal muscle architecture: implications for muscle function and surgical tendon transfer. *J Hand Ther.*, 1993;6: 105–113.

29. Lieber RL.: Skeletal muscle structure and function: implications for physical therapy and sports medicine. Baltimore, Williams & Wilkins; 1992. pp.303.
30. Lieber RL., Brown CC.: Quantitative method for comparison of skeletal muscle architectural properties. *J Biomech.*, 1992;25: 557–560.
31. Lieber RL., Fazeli BM., Botte MJ.: Architecture of selected wrist flexor and extensor muscles. *J Hand Surg. (Am)*, 1990;15A: 244–250.
32. Lieber RL., Fridén J.: Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve*, 2000;23: 1647-1666.
33. Lieber RL., Jacobson MD., Fazeli BM., Abrams RA., Botte MJ.: Architecture of selected muscles of the arm and forearm: anatomy and implications for tendon transfer. *J Hand Surg. (Am)*, 1992;17A: 787–798.
34. Loeb GE., Pratt CA., Chanaud CM., Richmond FJR.: Distribution and innervation of short, interdigitated muscle fibers in parallel-fibered muscles of the cat hindlimb. *J Morphol.*, 1987;191: 1–15.
35. Maganaris CN., Baltzopoulos V.: Predictability of in vivo changes in pennation angle of human tibialis anterior muscle from rest to maximum isometric dorsiflexion. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 1999;79: 294-297.
36. Ounjian M., Roy RR., Eldred E., Garfinkel A., Payne JR., Armstrong A., Toga AW., Edgerton VR.: Physiological and developmental implications of motor unit anatomy. *J Neurobiol.*, 1991;22: 547–559.
37. Powell PL., Roy RR., Kanim P., Bello MA., Edgerton VR.: Predictability of skeletal muscle tension from architectural determinations in guinea pig hindlimbs. *J Appl Physiol.*, 1984;57: 1715-1721.

38. Reeves ND., Narici MV.: Behavior of human muscle fascicles during shortening and lengthening contractions in vivo. *J Appl Physiol.*, 2003;95: 1090-1096.
39. Roy RR., Bello MA., Powell PL., Simpson DR.: Architectural design and fiber type distribution of the major elbow flexors and extensors of the monkey (*cynomolgus*). *J Morphol.*, 1984;171: 285–293.
40. Roy RR., Powell PL., Kanim P., Simpson DR.: Architectural and histochemical analysis of the semitendinosus muscle in mice, rats, guinea pigs, and rabbits. *J Morphol.*, 1984;181: 155–160.
41. Sacks RD., Roy RR.: Architecture of the hindlimb muscles of cats: functional significance. *J Morphol.*, 1982;173: 185–195.
42. Ward SR., Eng CM., Smallwood LH., Lieber RL.: Are current measurements of lower extremity muscle architecture accurate? *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467: 1074-1082.
43. Ward SR., Lieber RL.: Density and hydration of fresh and fixed skeletal muscle. *J Biomech.*, 2005;38: 2317–2320.
44. Wickiewicz TL., Roy RR., Powell PL., Edgerton VR.: Muscle architecture of the human lower limb. *Clin Orthop.*, 1983;179: 275–283.
45. Woittiez RD., Baan GC., Huijing PA., Rozendal RH.: Functional characteristics of the calf muscles of the rat. *J Morphol.*, 1985;184: 375–387.
46. Zuurbier CJ., Huijing PA.: Changes in geometry of actively shortening unipennate rat gastrocnemius muscle. *J Morphol.*, 1993;218: 167–180.
47. Zuurbier CJ., Huijing PA.: Influence of muscle geometry on shortening speed of fibre, aponeurosis and muscle. *J Biomech.*, 1992;25: 1017–1026.

5.2 Literatura klinická část:

1. Andersen JG.: Indications and contra-indications in reconstructive surgery in leprosy. *Lepr Rev.*, 1963;34: 127–131.
2. Birch R., Bonney G., Wynn Parry CB.: *Surgical disorders of the peripheral nerves.* London, England. Churchill-Livingstone; 1988: 235–243.
3. Bodine SC., Roy RR., Eldred E., Edgerton VR.: Maximal force as a function of anatomical features of motor units in the cat tibialis anterior. *J Neurophysiol.*, 1987;57: 1730-1745.
4. Borovanský a kolektiv.: *Soustavná anatomie člověka, díl II., SZN Praha, 1972; pp.727-729*
5. Carayon A., Bourrel P., Bourges M., Touze M.: Dual transfer of the posterior tibial and flexor digitorum longus tendons for drop foot: report of thirty-one cases. *J Bone Joint Surg Am.*, 1967;49: 144–148.
6. Čihák R.: *Anatomie 3, Praha, Grada Publishing, 1997; pp. 533-538.*
7. Clawson DK., Seddon HJ.: The results of repair of the sciatic nerve. *J Bone Joint Surg Br.*, 1960;42B: 205-212.
8. D'Astous JL., MacWilliams BA., Kim SJ., Bachus KN.: Superficial versus deep transfer of the posterior tibialis tendon. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2005;25: 245-248.
9. De Marchi F., Malerba F., Montrasio Alfieri U., Ferrarin M., Rabuffetti M.: Tibialis posterior tendon transfer through the interosseal membrane in paralysis of the common peroneal nerve. *Foot Ankle Surg.*, 2000;6: 19–25.

10. Duchenne GB.: Physiology of motion demonstrated by means of electrical stimulation and clinical observation and applied to the study of paralysis and deformities. Cit. in Book Reviews, *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 1949; 31: 454-454.
11. Ferraresi S., Garozzo D., Buffatti P.: Common peroneal nerve injuries: results with one-stage nerve repair and tendon transfer. *Neurosurg Rev.*, 2003;26: 175-179.
12. Goh JC., Lee PY., Lee EH., Bose K.: Biomechanical Study on Tibialis Posterior Tendon Transfers. *Clin Orthop Relat Res.*, 1995;319: 297-302.
13. Herman J., Sekanina Z., Utikal P., Bachleda P., Duda M.: Peroneal nerve injury during varicose veins surgery. *Int Angiol.*, 2009;28: 458-60.
14. Hove LM., Nilsen PT.: Posterior tibial tendon transfer for dropfoot: 20 cases followed for 1–5 years. *Acta Orthop Scand.*, 1998;69: 608–610.
15. Johnson DS., Sharma DP., Bangash IH.: Common peroneal nerve palsy following knee arthroscopy. *Arthroscopy*, 1999;15: 773-4.
16. Kim DH., Murovic JA., Tiel RL., Kline DG.: Management and outcomes in 318 operative common peroneal nerve lesions at the Louisiana State University Health Sciences Center. *Neurosurgery*, 2004;54: 1421-1429.
17. Kitaoka HB., Alexander IJ., Adelaar RS., Nunley JA., Myerson MS., Sanders M.: Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.*, 1994;15: 349–353.
18. Khan R., Birch R.: Iatrogenic injuries of peripheral nerves. *J Bone Joint Surg Br.*, 2001;83: 1145-1148.
19. Kline DG., Hudson AR.: Lower extremity nerves. In: Kline DG., Hudson AR., eds.: *Nerve Injuries*, Philadelphia, PA: WB Saunders; 1995: 316–323.

20. Lipscomb PR., Sanchez JJ.: Anterior transplantation of the posterior tibial tendon for persistent palsy of the common peroneal nerve. *J Bone Joint Surg Am.*, 1961;43: 60–66.
21. Mallet J.: Transplantation du jambier postérieur dans le paralysie du SPE. *Chirurgie*, 1975;101: 909–912.
22. Mann RA.: Flatfoot in adults. In: Mann RA., Coughlin MJ., editors.: *Surgery of the foot and ankle*. 7th ed., St. Louis: Mosby; 1999, p. 733-767.
23. Mann RA., Thompson FM.: Rupture of the posterior tibial tendon causing flat foot: surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am.*, 1985;67: 556–561.
24. Mayer L.: The physiological method of tendon transplantation in the treatment of paralytic drop-foot. *J Bone Joint Surg Am.*, 1937;19: 389–394.
25. Mazzocca AD., Burton KJ., Romeo AA., Santangelo S., Adams DA., Arciero RA.: Biomechanical evaluation of 4 techniques of distal biceps brachii tendon repair. *Am J Sports Med.*, 2007;35: 252-258.
26. Mizel MS., Temple HT., Scranton PE Jr., Gellman RE., Hecht PJ., Horton GA., McCluskey LC., McHale KA.: Role of the peroneal tendons in the production of the deformed foot with posterior tibial tendon deficiency. *Foot Ankle Int.*, 1999;20: 285-289.
27. Mont M., Dellon AL., Chen F., Hungerford MW., Krackow KA., Hungerford DS.: The operative treatment of peroneal nerve palsy. *J Bone Joint Surg Am.*, 1996;78: 863–869.
28. Moonot P., Ashwood N., Lockwood D.: Orthopaedic complications of leprosy. *J Bone Joint Surg Br.*, 2006;87-B: 1328–1332.

29. Mulier T., Moens P., Molonaers G., Spaepen D., Dereymaeker G., Fabry G.: Split posterior tibial tendon transfer through the interosseous membrane in spastic equinovarus deformity. *Foot Ankle Int.*, 1995;16: 754–759.
30. Niall DM., Nutton RW., Keating JF.: Palsy of common peroneal nerve after traumatic dislocation of the knee. *J Bone Joint Surg Br.*, 2005;87-B: 664-667.
31. Ninkovic M., Sucur D., Starovic B., Markovic S.: A new approach to persistent traumatic peroneal nerve palsy. *Br J Plast Surg.*, 1994;47: 185–189.
32. Ober FR.: Tendon transplantation in the lower limbs. *New Engl J. Med* 1933;209: 52–59
33. Pilný J., Čižmář I., Ehler E., Dráč P.: Transpozice šlachy m. tibialis posterior-efektivní řešení parézy peroneálních svalů. *Česk Slov Neurol N*, 2009;72/105: 279-283
34. Ranelle RG.: Use of the Endobutton in repair of the distal biceps brachii tendon. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*, 2007;20: 235–236.
35. Rath S., Schreuders TAR., Selles RW.: Early postoperative active mobilisation versus immobilisation following tibialis posterior tendon transfer for foot-drop correction in patients with Hansen's disease. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.*, 2010;63: 554-560.
36. Rath S., Schreuders TAR., Stam HJ., Hovius SER., Selles RW.: Early Active Motion versus Immobilization after Tendon Transfer for Foot Drop Deformity. *Clin Orthop Relat Res.*, 2010;468: 2477–2484.
37. Reidy JA., Broderick TF., Barr JS.: Tendon transplantations in the lower extremity: a review of end results in poliomyelitis. I. Tendon transplantations about the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Am.*, 1952;34: 900–908.
38. Richard BM.: Interosseous transfer of tibialis posterior for common peroneal nerve palsy. *J Bone Joint Surg Br.*, 1989;71: 834–837.

39. Rodriguez RP.: The Bridle procedure in the treatment of paralysis of the foot. *Foot Ankle*, 1992;13: 63–69.
40. Seddon HJ.: Results of repairs of nerves. In: *Surgical Disorders of the Peripheral Nerves*. 2nd Ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1975: pp.303–307.
41. Shah RK.: Tibialis posterior transfer by interosseous route for the correction of foot drop in leprosy. *Int Orthop.*, 2009;33: 1637-1640.
42. Soares D.: Tibialis posterior transfer for the correction of foot drop in leprosy. *J Bone Joint Surg Br.*, 1996;78-B: 61–62
43. Srinivasan H., Mukherjee SM., Subramaniam RA.: Twotailed transfer of tibialis posterior for correction of drop-foot in leprosy. *J Bone Joint Surg Br.*, 1968;50-B: 623–628.
44. Vertullo CJ., Nunley JA.: Acquired Flatfoot Deformity Transfer for Peroneal Nerve Injury: A Case Report. *J Bone Joint Surg Am.*, 2002;84: 1214-1217.
45. Vigasio A., Marcoccio I., Patelli A., Mattiuzzo V., Prestini G: New Tendon Transfer for Correction of Drop-foot in Common Peroneal Nerve Palsy. *Clin Orthop Relat Res.*, 2008;466: 1454–1466.
46. Walker LB jr.: Multiple motor innervation of individual muscle fibers in the m. tibialis anterior of the dog. *The Anatomical Record*, 1961;139: 1–12.
47. Watkins MB., Jones JB., Ryder CT Jr., Brown TH Jr.: Transplantation of the posterior tibial tendon. *J Bone Joint Surg Am.*, 1954;;36-A: 1181-1189.
48. Wiesseman GJ.: Tendon transfers for peripheral nerve injuries of the lower extremity. *Orthop Clin North Am.*, 1981;12: 459–467.

49. Williams PF.: Restoration of muscle balance of the foot by transfer of the tibialis posterior. *J Bone Joint Surg Br.*, 1976;58-B: 217-219.
50. Wood MB.: Peripheral nerve injuries to the lower extremity. In: Gelberman RH., ed.: *Operative Nerve Repair and Reconstruction*. Philadelphia, PA: JB Lippincott Co; 1991: 489–504.
51. Yeap JS., Birch R., Singh D.: Long-term results of tibialis posterior tendon transfer for drop-foot. *Int Orthop.*, 2001;25: 114–118.
52. Yeap JS., Singh D., Birch R.: A method for evaluating the results of tendon transfers for foot drop. *Clin Orthop Relat Res.*, 2001;383: 208–213.
53. Yeap JS., Singh D., Birch R.: Tibialis posterior tendon dysfunction: a primary or secondary problem? *Foot Ankle Int.*, 2001;22: 51-55.

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

- CL- os cuneiforme laterále
CS- compartment syndrom
EDL- musculus extensor digitorum longus
EHL- musculus extensor hallucis longus
EMG- elektromyografie
FDL- musculus flexor digitorum longus
FHL- musculus flexor hallucis Lotus
Fr.- fractura
LCA- ligamentum cruciatum anterius
Lm- délka svalu od nejproximálnějšího konce svalu k nejdálnejšímu úponu ke šlaše
Lf- délka svalového vlákna
L_T- délka mimosvalové části šlachy
m.- musculus
M- čistá hmotnost svalu, bez šlachy
MTT- metatars
n.- nervus
NPC- nervus peroneus communis
NPP- nervus peroneus profundus
NPS- nervus peroneus superficialis
PB- musculus peroneus brevis
PCSA- Physiological cross-sectional area
PL- musculus peroneus longus
PNF- proprioceptivní neuromuskulární facilitace
prof.- profundus
Rm- rozsah pohybu šlachy
spfc.- superficialis
TA- musculus tibialis anterior
TC- talokrurální
TP- musculus tibialis posterior
TtT- Tendon to Tendon

7. SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Anatomie distálního průběhu extenzorové skupiny. Na dorzu nohy je nejmediálněji uložená šlacha m. tibialis anterior (TA), uprostřed dlouhý extenzor palce (EHL) a nejlaterálněji dlouhý extenzor prstů (EDL).....	8
Obrázek 2: Průběh šlach extenzorů po odstranění retinakul, TA nejmediálněji, EHL uprostřed a EDL laterálně. Na zevní straně viditelné svalové břicho a průběh šlachy m. peroneus tertius.	8
Obrázek 3: Preparát m. tibialis anterior, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel.....	9
Obrázek 4: Preparát m. extensor hallucis longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel	9
Obrázek 5: Preparát m. extensor digitorum longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel	9
Obrázek 6: Anatomie peroneálních šlach s retinakuly	10
Obrázek 7: Anatomie za zevním kotníkem po odpreparování peroneálních retinakul. Peroneus brevis (PB) probíhá po zevní straně nohy ke svému úponu na bazi 5. metatarzu. Peroneus longus (PL) se obtáčí kolem os cuneiforme laterale na plantu.....	10
Obrázek 8: Průběh PL plantou k úponu na os cuneiforme mediale a bazi I. metatarzu.	11
Obrázek 9: Preparát m. peroneus longus, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel.....	11
Obrázek 10: Preparát m. peroneus brevis, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel.....	11
Obrázek 11: Anatomie průběhu hlubokých flexorů, ponechána flexorová retinakula. V distální třetině bérce dochází ke křížení šlachy m. tibialis posterior (TP), která podbíhá šlachu m. flexor digitorum longus (FDL) a dostává se tak nejmediálněji.....	12
Obrázek 12: Průběh šlach za vnitřním kotníkem. Nejmediálněji probíhá m. tibialis posterior (TP), uprostřed m. flexor digitorum longus (FDL) a nejlaterálněji m. flexor hallucis longus (FHL).....	13
Obrázek 13: Křížení šlachy m. flexor hallucis longus (FHL) a m. flexor digitorum longus (FDL) na plantě a průběh šlach k úponům na distální články prstů.....	13
Obrázek 14: Preparát m. tibialis posterior, L_T - délka mimosvalové části šlachy, L_m - délka svalu, L_{f_1} - L_{f_3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel.....	14

Obrázek 15: Preparát m. flexor digitorum longus, L _T - délka mimosvalové části šlachy, L _m - délka svalu, L _{f1} -L _{f3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel	14
Obrázek 16: Preparát m. flexor hallucis longus, L _T - délka mimosvalové části šlachy, L _m - délka svalu, L _{f1} -L _{f3} - délka svalových vláken, Alfa 1 – Alfa 3- pennation úhel	14
Obrázek 17: Průběh distální, již jen senzitivní části n.peroneus spfc., nerv prochází fascií nad proximální částí horního extenzorového retinakula, nad retinakulem jde na dorzum nohy, kde se dělí na konečné větve.	16
Obrázek 18: Předoperační stav, nemožnost aktivní extenze hlezna a prstů na pravé končetině	42
Obrázek 19: Incize na mediální straně nohy vedená od tuberositas ossis navicularis k vnitřnímu kotníku, vypreparována šlachy m. tibialis posterior k úponu.....	45
Obrázek 20: Protážení šlachy m. tibialis posterior na mediální stranu bérce po odetnutí od úponu.....	46
Obrázek 21: Protážení šlachy m. tibialis posterior na přední stranu bérce přes interoseální membránu.....	46
Obrázek 22: Zaměření os cuneiforme laterale pod rtg zesilovačem.....	47
Obrázek 23: Šlacha m. tibialis posterior fixována na dorzu nohy do os cuneiforme laterale	47
Obrázek 24: Facilitace extenzorů v hlezenním kloubu a současně ventrální muskulatury	49
Obrázek 25: Balanční cvičení.....	49
Obrázek 26: Pooperační výsledek- 7. týden	50

8. SEZNAM GRAFŮ:

Graf 1: Bodový graf délky svalového vlákna a PCSA svalů bérce. Délka svalového vlákna je přímo úměrná rozsahu pohybu svalu a PCSA je přímo úměrné svalové síle.....	25
Graf 2: Podíl svalové síly pronace a supinace nohy na základě PCSA.....	26
Graf 3: Podíl jednotlivých svalů přední skupiny svalů bérce na svalové síle extenze nohy na základě PCSA.....	26
Graf 4: Podíl jednotlivých svalů, hlubokých flexorů bérce, na flexi nohy na základě PCSA.....	27
Graf 5: Podíl svalové síly TA a TP při supinaci nohy na základě PCSA.....	27
Graf 6: Podíl svalové síly PL a PB při pronaci nohy na základě PCSA.....	27
Graf 7: Srovnání rozsahu pohybu svalů měřeného a vypočteného, kdy základní délkou pro výpočet je změřený rozsah pohybu TA.	28
Graf 8: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu při výpadku funkce m. tibialis anterior na základě PCSA.....	30
Graf 9: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce TA přenosem šlachy PL do neutrálního bodu nohy.....	30
Graf 10 : Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce TA přenosem šlachy PL na mediální stranu nohy.....	30
Graf 11 : Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlachy TP na zevní stranu nohy.....	31
Graf 12: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlach FDL a FHL na zevní stranu nohy.....	32
Graf 13: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlachy TA na zevní stranu nohy.....	32
Graf 14: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce peroneálních svalů přenosem šlach EHL a EDL na zevní stranu nohy.....	32
Graf 15: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce extenzorů při paréze n. peroneus spfc. přenosem šlachy TP na mediální stranu nohy.....	33
Graf 16: Poměr pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce extenzorů při paréze n. peroneus spfc. přenosem šlachy PL do neutrálního bodu nohy.....	34
Graf 17: pronačních a supinačních sil působících na nohu, na základě PCSA, při náhradě funkce extenzorů při paréze n. peroneus spfc. přenosem šlachy PL na mediální stranu nohy.....	34

9. SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Preparát č. 1, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 1	19
Tabulka 2: Preparát č. 2, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 2	20
Tabulka 3: Preparát č. 3, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 3	21
Tabulka 4: Preparát č. 4, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 4	22
Tabulka 5: Preparát č. 5, naměřené a vypočtené hodnoty svalové architektury preparátu označeného č. 5	23
Tabulka 6: Souhrné výsledky preparátů 1-5, zpracované hodnoty svalové architektury všech pěti analyzovaných preparátů.....	24
Tabulka 7: Data pacientů	43
Tabulka 8: Stanmorův skórovací systém šlachových transferů na bérce	52
Tabulka 9: Aktivní a pasivní rozsah hybnost hlezna předoperačního a pooperačního stavu postižené končetiny a zdravé končetiny.....	53
Tabulka 10: Předoperační stav zhodnocený Stanmorovým skórovacím systémem.....	54
Tabulka 11: Pooperační stav zhodnocený Stanmorovým skórovacím systémem	54

10. VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ A PŘEDNÁŠKOVÁ ČINNOST:

10.1. Publikační činnost:

1. **Špiroch P.**, Freiwald J., Homza M., Skoumal P.: **Třírovinná zlomenina distální tibie u dětí**, Prakt. Lék., 2008, 88, 224-227
2. Freiwald J., **Špiroch P.**, Homza M., Vinter R., Dráč P.: Zlomeniny distálního radia řešené dlahou DVRTM systému HAND INNOVATION – první zkušenosti, Úraz. chir., 2009, 17, 34-38
3. **Špiroch P.**, Čižmář I., Freiwald J., Hrbek J., Dušková M.: Subkutánní traumatická ruptura šlachy m. tibialis anterior, Prakt. Lék. 2010, 90, 248-251
4. **Špiroch P.**, Čižmář I., Freiwald J., Palčák J.: Obnova aktivní extenze nohy při paréze peroneálních nervů, Rozhl Chir, 2012;91:xxx-xxx
5. **Špiroch P.**, Čižmář I., Freiwald J., Palčák J.: Anatomické a funkční vlastnosti extenzorů a hlubokých flexorů bérce, možnost využití při šlachovém transferu, Úraz chir., 2012,

10.2. Vystoupení na vědeckých konferencích:

1. **Špiroch P.:** Léčba zlomeniny proximálního femuru, Spolek lékařů, Teoretické ústavy LFUP, Olomouc, 6.9.2006
2. **Špiroch P.**, Freiwald J.: Použití zevní fixace u fraktur metakarpů a prstů ruky, Motolské dny úrazové chirurgie, Harrachov 10.-11.5.2007, abstrakta
3. **Špiroch P.**, Freiwald J., Homza M.: Triplane fracture, Foot Surgery International Congress, 29.-30.11.2007, Znojmo, abstrakta
4. **Špiroch P.**, Čižmář I., Freiwald J., Hampel J.: Traumatická, subkutánní ruptura šlachy m.tibialis anterior, kazuistika, Moravské ortopedická a traumatologické dny, 19.-20.11.2009, Přerov, abstrakta
5. **Špiroch P.**, Sedlák P.: Poranění hlezna- záludnosti „distorzí“, Spolek lékařů, sál Centaurus Regionálního centra Olomouc, 13.10.2010, Olomouc
6. **Špiroch P.**, Čižmář I., Freiwald J., Palčák J.: Obnova extenze nohy při paréze n. peroneus, XV. Novákovy traumatologické dny, 22.-23-9-2011, Hotel International, Brno, abstrakta
7. **Špiroch P.**, Čižmář I., Freiwald J., Vinter R., Hřebovat zlomeniny diafýzy předloktí?, Moravské ortopedická a traumatologické dny, 1.-2.12.2011, Olomouc, abstrakta