

Spojení šlach m. flexor hallucis longus a m. flexor digitorum longus na plantě: anatomická studie na kadaverech

Relationship of the Flexor Hallucis Longus and Flexor Digitorum Longus Tendons in the Plantar Midfoot. An Anatomical Cadaver Study

P. FILAN¹, R. HART^{2,3}

¹ II. ortopedicko-traumatologická klinika, Univerzitná nemocnica Bratislava, Slovenská republika

² Ortopedicko-traumatologické oddělení Nemocnice Znojmo

³ Klinika traumatologie v Úrazové nemocnici v Brně, LF MU, Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

To verify, in cadaver specimens, the precise anatomic structure of cross-connection between the flexor hallucis longus (FHL) and flexor digitorum longus (FDL) tendons and to identify its position in relation to orientation points in the foot in view of the surgical technique for tendon transfer, including the necessity of subsequent tendon suture.

MATERIAL AND METHODS

A hundred cadaver legs (50 cadavers of 29 men and 21 women, all Caucasians) were dissected by an extensive medio-plantar approach. The anatomical relationship of the FHL and FDL tendons was studied. The distances measured were as follows: between the first metatarsophalangeal joint line and the FHL origin of a tendinous slip; between the slip and the calcaneal tubercle; and the total distance between the first metatarsophalangeal joint line and the calcaneal tubercle.

RESULTS

In all cadaver legs, a cross-connection between the FHL and FDL tendons was present in the plantar midfoot. There was always a tendinous slip branching from the FHL tendon and running lateral and distal to the FDL tendon. The slip was attached to the FDL tendon distal to its branching for the toes; it either attached to only the FDL tendon for the second toe or it split to attach to the FDL tendon branches for the second and the third toe. The two configurations were referred to as type II and type II,III, respectively. Type II was found in both legs of 31 cadavers (62 %), and type II,III in 14 cadavers (28 %). In five cadavers (10 %) attachment was different in the right and the left foot. Expressed in absolute numbers, there were 67 type II attachments (two-thirds of the findings) and 33 type II,III attachments (one-third of the findings). The average distance between the first metatarsophalangeal joint line and the origin of an FHL tendinous slip was $7.3 (\pm 0.9)$ cm, the average distance between the origin of an FHL tendinous slip and the calcaneal tubercle was $9.2 (\pm 1.1)$ cm and the average distance between the first metatarsophalangeal joint line and the calcaneal tubercle was $16.5 (\pm 1.6)$ cm.

DISCUSSION

Various presentations of the anatomical relationship between the FHL and FDL tendons in the midfoot are found in the literature. Some describe it as a mere cross-connection between the tendons; others report certain forms of attachment. Only two papers on this issue have recently been available in the international literature and their findings markedly differ from our observations made on a significantly higher number of specimens.

CONCLUSIONS

The FHL and FDL tendons in the midfoot are cross-connected with a tendinous slip branching proximal to the FHL tendon to be attached to the FDL tendon distal to its branching for the second or the third toe. Transfer of the FHL and FDL tendons is often used in the treatment of tibialis posterior muscle dysfunction, extensive inveterated ruptures of the Achilles tendon and, less frequently, posterior foot balancing in neuromuscular foot deformities. The anatomic pattern of a tendon cross-connection in relation to orientation points in the foot varies to such an extent that, during surgery, it is impossible to keep strictly to the recommended halves of the distances between the calcaneal tubercle and the first metatarsophalangeal joint. The length of a FDL graft is limited by the level of tendon branching for the toes; it is not necessary to cut through the slip. Because of the anatomical structure of tendon cross-connection, we consider it necessary to suture the distal stump of one tendon to the other tendon to retain their correct function.

Key words: flexor hallucis longus, flexor digitorum longus, tendon, the knot of Henry, cadaver.

ÚVOD

Operační výkony na zadní noze provádíme stále častěji (8, 9). Šlachy musculus flexor hallucis longus (FHL) a musculus flexor digitorum longus (FDL) jsou při rekonstrukčních operacích v oblasti nohy využívány k transferům, případně k „vybalancování“ zadní nohy při nejednotnějších neuromuskulárních postiženích, i jako doplnění konzervativních metod (13).

Přestože je propojení FDL a FHL ve střední části nohy dlouho známé a je zmiňováno ve všech základních anatomických publikacích, jeho podrobná struktura je stále sporná. Zatímco některé učebnice ho popisují jako částečný srůst šlach (2, 3, 6), jiné ho uvádějí jako pouhé křížení (1, 17, 21, 22). Jako stěžejní zdroj bývá obvykle citována práce Arnolda K. Henryho, který popsal a pojmenoval místo propojení těchto šlach jako „Master knot“ (10). (Název 1. vydání Henryho monografie zněl „Extensile Exposure Applied to Limb Surgery“.) V písemnictví se proto setkáme nejčastěji s názvem „Master knot of Henry“ nebo „Henry’s knot“.

V naší studii jsme se proto rozhodli ověřit přesnou anatomickou strukturu tohoto spojení a jeho polohu vzhledem k orientačním bodům na noze, a to s ohledem na operační techniku při odběru šlach a na nutnost jejich následné sutury.

MATERIÁL A METODA

Preparovali jsme obě nohy u 50 kadaverů, z toho 29 mužů, 21 žen, všechny bílé rasy, při úmrtí ve věku 69–93 let (průměrně 80 let), bez předchozího operačního výkonu na noze a bez zjevné anatomické deformity dolních končetin. Preparáty nebyly chemicky upravovány, všechny kadavery byly 24–72 hodin po smrti.

Za preparační přístup jsme ve všech případech zvolili řez od báze distálního článku palce po medioplantárním okraji nohy, v úrovni mediálního malleolu zahnutý obloukem na dorzomediální stranu lýtku. Pečlivě jsme nejdříve na bérce postupně uvolnili svalová břicha FHL a FDL. Po protěti okraje plantární aponeurózy a oddažení musculus abductor hallucis a musculus flexor digitorum brevis jsme na plantě vizualizovali šlachy FHL a FDL bez uvolnění v canalis malleolaris a bez porušení Henryho uzlu. Po přesné identifikaci jednotlivých struktur jsme změřili vzájemné vzdálenosti kolmic spuštěných na podložku v úrovni linie I. metatarzofalangeálního kloubu, tuber calcanei a odstupu spojky ze šlachy FHL k FDL. Vzdálenost mezi linií I. metatarzofalangeálního kloubu a odstupem spojky jsme označili A, mezi spojkou a hrbolem patní kosti B a celkovou vzdálenost od I. metatarzofalangeálního kloubu k hrbole patní kosti C (schéma 1).

Po změření zmíněných distancí jsme provedli tenotomii šlach FDL a FHL v úrovni metatarzofalangeálních kloubů všech prstů a v místě přechodu svalových břich ve šlachy na bérce. Extrakorporálně jsme pak pokračovali preparací větvení šlach FHL a FDL pro jednotlivé prstce. Následně jsme pečlivě izolovali strukturu vzájemného propojení šlach FDL a FHL. Pro určení mís-

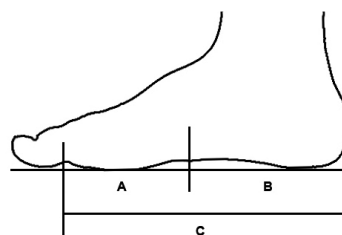


Schéma 1. Schéma měření vzdáleností anatomických struktur.

ta odstupu spojky FDL a FHL ze šlachy FHL vzhledem k zevním anatomickým bodům na noze jsme hodnotili poměr B : C. (Ukazuje poměrnou vzdálenost odstup spojky z FHL od tuber calcanei ve vztahu k distanci tuber calcanei – linie I. metatarzofalangeálního kloubu.) Dále jsme zjišťovali, jestli lze tuto hodnotu využít pro orientaci při miniinvazivním odběru jedné ze šlach.

VÝSLEDKY

U všech preparovaných kadaverů existovalo propojení šlach FDL a FHL v oblasti střední části nohy. Jednalo se vždy o spojku vycházející proximálně ze šlachy FHL a jdoucí laterálně a distálně ke šlaše FDL. Spojka srůstala s FDL distálně (!) od větvení FDL pro jednotlivé prstce, a to buď jen se šlachou FDL vedoucí ke druhému prstci (obr. 1) nebo se štěpila ke druhému i ke třetímu prstci (obr. 2). Podle toho jsme typ propojení označili „II“ (schéma 2) nebo „II, III“ (schéma 3). U 31 kadaverů (62 %) jsme oboustranně vypreparovali propojení typu II a u 14 kadaverů propojení typu II, III (28 %). U 5 kadaverů bylo propojení různé na levé a pravé straně (10 %). Uvedeno v absolutních číslech, shledali jsme 67 spojení typu II (2/3 nálezů) a 33 spojení typu II, III (1/3 nálezů).

Průměrná vzdálenost od linie I. metatarzofalangeálního kloubu k odstup spojky z FHL (vzdálenost A) byla 7,3 (± 0,9) cm, průměrná vzdálenost od odstup spojky



Obr. 1. Levostranný preparát Henryho uzlu se spojkou jen ke šlaše pro druhý prstec.



Obr. 2. Pravostranný preparát spojení FHL a FDL se spojkou jdoucí z FHL ke šlaše FDL pro druhý i třetí prstec.

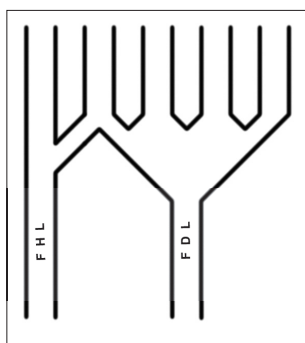


Schéma 2. Schéma typu II spojení šlach FHL a FDL.

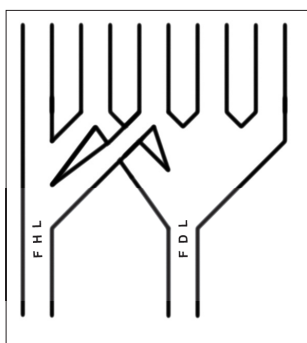


Schéma 3. Schéma typu II, III spojení šlach FHL a FDL.

Tab. 1. Deskriptivní statistika poměrné vzdálenosti odstupu spojky z FHL od tuber calcanei ve vztahu k distanci tuber calcanei – linie I. metatarzofalangeálního kloubu.

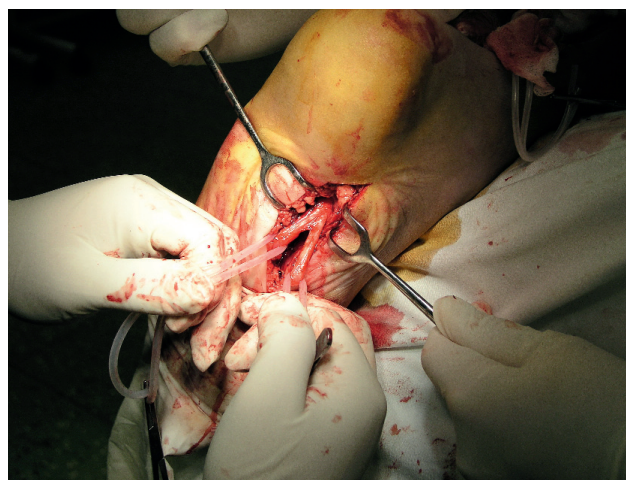
| | modus | medián | průměr | směrodatná odchylka |
|-------|-------|--------|--------|---------------------|
| B : C | 0,52 | 0,54 | 0,56 | 0,067 |

z FHL k tuber calcanei (vzdálenost B) byla $9,2 (\pm 1,1)$ cm a průměrná vzdálenost od linie I. metatarzofalangeálního kloubu k tuber calcanei (vzdálenost C) byla $16,5 (\pm 1,6)$ cm. Deskriptivní statistiku poměru B : C ukazuje tabulka 1.

DISKUSE

Noha je „syndesmotický orgán“ sestávající z 28 kostí, silných ligament a „intrinsicých“ svalů. FHL a FDL patří do hluboké vrstvy svalů zadní strany bérce, tedy do skupiny pro nohu „extrinsicých svalů“. Po přechodu svalových bříšek ve šlachy tyto společně sbíhají za mediální malleolus skrz canalis malleolaris do planty. V regio retromalleolaris medialis probíhá zepředu dozadu tendo m. tibialis posterioris – tendo m. FDL (ventromediálně) – vasa tibialia posteriora – n. tibialis – tendo m. FHL (dorzolaterálně, při Achillově šlaše); znalost těchto poměrů je nutná např. i při provádění svodné anestezie (11). Po průchodu FHL skrz sulcus tendinis m. flexoris hallucis longi na talu se obě šlachy kříží pod os naviculare a FDL jde dál k laterálním čtyřem prstům, zatímco původně zevně uložený FHL probíhá k mediálnímu prstku.

Henryho uzel leží plantárně od os naviculare. Při přístupu k němu je třeba šetrně proniknout kolem cévních struktur a vyvarovat se poranění n. plantaris medialis (silnější konečná větev n. tibialis pro krátké svaly nohy). Medioplantární kožní řez (obr. 3) se doporučuje vést proximodistálně v polovině vzdálenosti mezi patou a I. metatarzofalangeálním skloubením a mediolaterálně ve 2/3 od laterálního okraje nohy (20). Tímto přístupem je možno získat delší šlachový štěp než klasickým extenzivním přístupem mediálním, jak prokázal Oddy (18) preparací 10 kadaverózních nohou. V odborném



Obr. 3. Vypreparování šlach FHL a FDL a jejich zavěšení před odběrem.

písemnictví však nepanuje shoda ohledně ošetření (sutyry) šlach distálně po odběru jedné z nich.

Anatomický vztah mezi šlachami FHL a FDL v oblasti střední nohy je v literatuře popisován i zobrazován různě. Některé práce mluví o pouhém křížení těchto šlach (1, 17, 21, 22), jiné hovoří o jisté formě srůstů (2, 3, 6). I když bývá toto spojení nazýváno podle Arnolda K. Henryho – „Knot of Henry“, jeho původní práce (10) popisuje „Master knot“ jen jako strukturu fixující šlachy FHL a FDL ke stropu kostěné klenby nohy v místě tuberositas ossis navicularis. Vzájemný vztah těchto šlach pak označuje jako křížení – s FHL nad FDL (obr. 4). Recentně se zabývají touto problematikou jen dvě práce ve světovém písemnictví.

LaRue a Antil (15) ve své práci poukazují na existenci propojení těchto šlach. Popisují několik anatomických variací – spojku vedoucí ze šlachy FHL k FDL, ovšem s inzercí před jeho větvením pro jednotlivé prstce, případně současně i spojku v opačném směru vedoucí z FDL k FHL (křížení spojek) nebo taky případy, kdy



Obr. 4. Přehledný snímek preparátu s jasně patrným vztahem obou šlach.

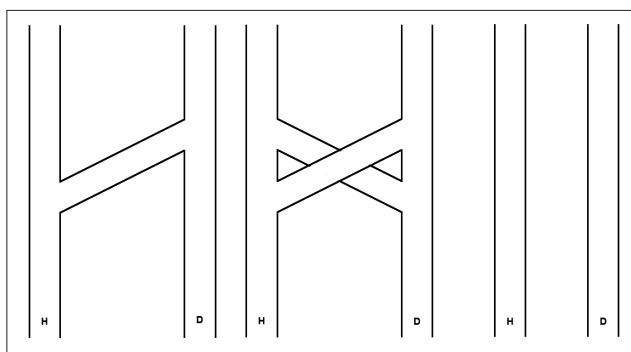


Schéma 4. Varianty spojení FHL a FDL popsané LaRuem a Antilem v r. 2006.

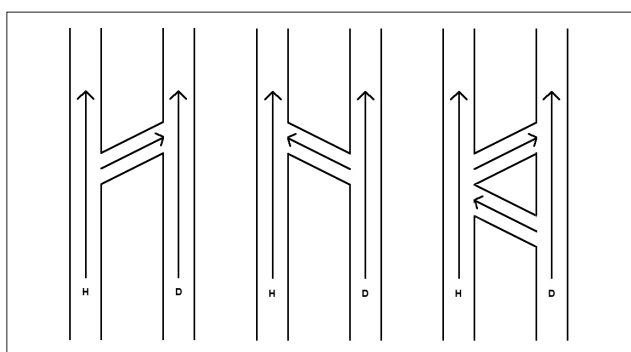


Schéma 5. Varianty Henryho uzlu popsané O Sullivanem v roce 2005.

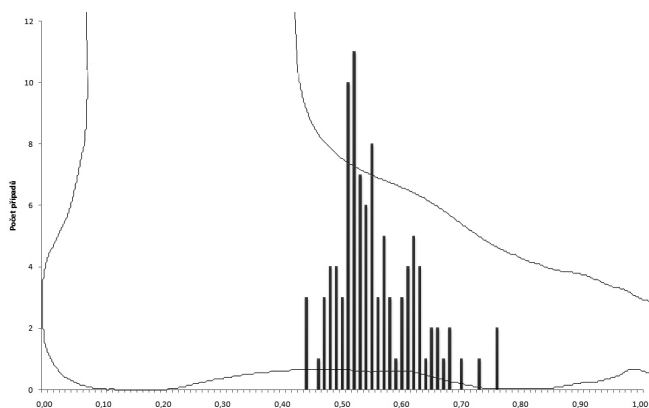


Schéma 6. Schéma názorně ukazuje četnost výskytu místa odstupů spojky z FHL vzhledem k distanci C.

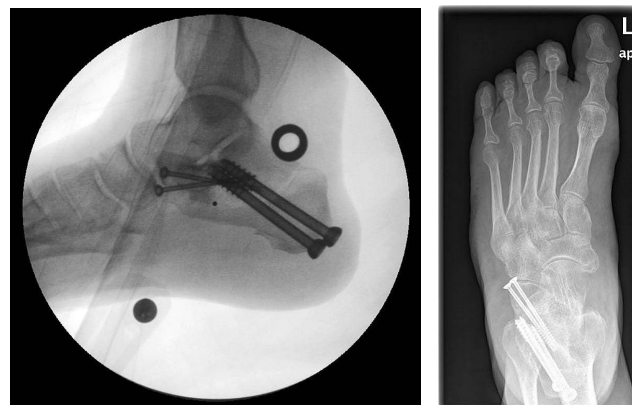
žádné spojení není (schéma 4). Své závěry stavějí na preparacích 24 kadaverózních nohou; u 100 námi vyšetřených preparátů nohou jsme nenalezli žádnou z těchto variant spojení FHL a FDL ani v jednom případě.

Podobné výsledky se objevují i v práci O'Sullivanova (19). Ten na rozdíl od předchozích autorů popisuje navíc i stav, kdy vede spojka pouze ve směru z FDL k FHL. V případě existence obou spojek tyto zobrazuje ve tvaru trojúhelníku, bez křížení (schéma 5). Případ, kdy spojení zcela chybí, nezaznamenal. My jsme opět nepo-

zorovali žádné zpětné propojení těchto šlach, ani stav, kdy by propojení zcela chybělo. Navíc spojky vždy vedly až k částím šlachy FDL distálně od jejího větvení pro jednotlivé prstce.

Na podkladě námi zjištěných obou variant spojení šlach FHL a FDL je zřejmé, že po tenotomii FHL v kterémkoli místě bez následné sutury distálního pahýlu šlachy s FDL nelze očekávat zachování funkce FHL na palci. Při opačné situaci, tj. při tenotomii šlachy FDL proximálně od větvení pro jednotlivé prstce, je bez sutury distálního pahýlu FDL k FHL funkce FDL nahrazena FHL jen částečně, a to v závislosti na typu spojky ke druhému, resp. i třetímu prstku. Při typu II dojde k výpadku funkce FDL u tří zevních prstců, u typu II, III jen u čtvrtého a pátého prstce.

Panchbhavi a kol. (20) se ve své studii jako první zabýval možností miniinvazivního získání šlachy FDL vzhledem k anatomickým bodům na noze. Nejvhodnější přístup se podle něj nachází přibližně v polovině vzdálenosti mezi patou a I. metatarzofalangeálním skloubením a mediolaterálně zhruba ve 2/3 od laterálního okraje nohy. Nezohlednil ovšem vlastní anatomickou strukturu spojení FHL a FDL. My jsme se proto pokusili najít zevní anatomické orientační body k určení přesné pozice odstupů spojky ze šlachy FHL pro odběr jedné ze šlach z co nejmenšího operačního přístupu. Ukázalo se, že místo odstupů spojky z FHL pod os naviculare u jednotlivých kadaverózních preparátů poměrně varírovalo. Místem jejího nejčastějšího odstupů byla přibližně polovina vzdálenosti mezi linií I. metatarzofalangeálního kloubu a tuber calcanei, s tendencí spíše k distálnější lokalizaci (schéma 6). Uvědomění si těchto vztahů může vést k šetrnějšímu operování, avšak příliš krátký řez nemusí umožnit pečlivou preparaci šlach a přesnou identifikaci místa jejich propojení. Nedostatečný přehled v malé operační ráně navíc může vést k poranění okolních struktur, zejména mediální, příp. i laterální větve n. tibialis, a to dle Muliera (16) až ve 33 % případů; ne vždy je ovšem poranění těchto nervů klinicky významné. Riziko jejich poranění stoupá při nutnosti preparace distálně od Henryho uzlu.



Obr. 5a, b. Ošetření těžké formy flexibilního pes planovalgus kombinací Evansovy prolongační osteotomie s transferem FDL do os naviculare a Myersonovou osteotomií (a, b).



Obr. 6a–c. Dvouetážová „zlomenina“ degenerované a zkošťatělé Achillovy šlachy (a, b) ošetřená transferem FHL (c).

ZÁVĚR

Ve střední části nohy existuje propojení šlach FHL a FDL ve formě spojky od šlachy FHL proximálně k distální části větvení šlachy FDL pro druhý nebo i třetí prstec. Nejedná se tedy o pouhé křížení těchto šlach.

Přesná anatomická poloha jejich propojení varíruje vzhledem k orientačním bodům na noze do té míry, že není možné se při operaci striktně držet doporučené poloviny vzdálenosti mezi hrbolem patní kosti a I. metatarzofalangeálním kloubem.

Při potřebě delšího šlachového štěpu je v případě FHL (odběr distálněji) nutno tenotomovat též spojku s FDL. Limitace délky štěpu FDL je dána výší větvení šlachy pro jednotlivé prstce; spojku není potřeba protínat.

Vzhledem k anatomické struktuře propojení šlach FHL a FDL považujeme při odběru jedné z nich za nezbytné provádět tenodézu (suturu) distálního pahýlu ke druhé šlaše tak, aby byla zachována jejich správná funkce, a to zejména při odběru štěpu z FHL.

Transfer šlach FHL a FDL hojně používáme při dysfunkci musculus tibialis posterior (flexibilní pes planovalgus) přenos FDL v kombinaci s osteotomií kalkanea (12, 14, 23, 24) (obr. 5). Při rozsáhlých a zastaralých rupturách Achillovy šlachy je pro nás transfer FHL metodou volby (5, 7, 25) (obr. 6); lze jej ovšem užít např. i při její rozsáhlé úponové tendinopatii, kdy nezbyvá než degenerovanou inzerci Achillovy šlachy kompletně resekovat a augmentovat (4) (při parciální resekci úponu užíváme k augmentaci štěp šlachy – kost z m. quadriceps femoris – pozn. autora).

Vzácněji se šlachy obou svalů využívají při „vybalancování“ zadní nohy při nejrozličnějších neuromuskulárních postiženích; přitom je třeba mít na paměti, že flexory nohy jsou 4krát silnější než extenzory a supinátory jsou 2krát silnější než pronátory (FHL a FDL představují flexory a supinátory). K posílení pronace lze přenést šlachu FHL do šlachy m. peroneus brevis, k posílení supinace šlachy FDL do os cuneiforme mediale.

Literatura

1. BOROVANSKÝ, L.: Sústavná anatomia člověka I. Martin, Osve-ta 1979.
2. BRIZON, J., CASTAING, J.: Les feuillets d'anatomie, Paris, Maloine 1953.
3. ČIHÁK, R.: Anatomie I (2. vydání). Praha, Grada Publishing 2008.
4. DEN HARTOG, B. D.: Flexor hallucis longus transfer for chronic Achilles tendonosis. Foot Ankle Int., 24: 233–237, 2003.
5. FILAN, P., HART, R., ŠTIPČÁK, V., SAFI, A.: Rekonstrukce zastaralých a rozsáhlých ruptur Achillovy šlachy transferem šlachy musculus flexor hallucis longus. Úraz. chir., 16: 87–94, 2008.
6. GRAY, H.: Anatomy of the Human Body. Philadelphia, Lea & Febiger 1918 (2000).
7. HART, R., FILAN, P.: FHL transfer in treatment of neglected Achilles tendon rupture. In: Besse, J. L., Baudet, B., Tourne, Y: Le titane dans l'ostéosynthese du pied et de la cheville. Paris, Sau-ramps Médical 2007.
8. HART, R., JANEČEK, M., BUČEK, P., VIŠŇA, P.: Standardní rekonstrukční operace na noze u poúrazových stavů. Slov. chirurg, 2: 18–25, 2002.
9. HART, R., JANEČEK, M., BUČEK, P., ZELNÍČEK, P.: Operační léčba přetržené Achillovy šlachy. Acta Chir. orthop. Traum. čech., 67: 415–418, 2000.
10. HENRY, A. K.: Extensile exposure (3rd Ed). Edinburgh, Churchill Livingstone 1995.
11. HROMÁDKA, R., BARTÁK, V., POPELKA, S., JAHODA, D., POKORNÝ, D., SOSNA, A.: Bloková anestezie nohy provedená ze dvou kožních vpichů (anatomická studie). Acta Chir. orthop. Traum. čech., 76: 104–109, 2009.
12. CHOMIAK, J., DUNGL, P., ADAMEC, O., HART, R.: Prodlužovací osteotomie patní kosti v léčbě ploché nohy v dětském věku – krátkodobé výsledky. Acta Chir. orthop. Traum. čech., 67: 164–174, 2000.
13. CHOMIAK, J., FRYDRYCHOVÁ, M., OŠTÁDAL, M., MATĚ-JÍČEK, M.: Ponsetiho metoda v léčení pes equinovarus congenitus – první zkušenosti. Acta Chir. orthop. Traum. čech., 76: 194–201, 2009.
14. JOHNSON, J. E., COHEN, B. E., DIGIOVANNI, B. F., LAM-DAN, R.: Subtalar arthrodesis with flexor digitorum longus transfer and spring ligament repair for treatment of posterior tibial tendon insufficiency. Foot Ankle Int., 21: 722–729, 2000.
15. LARUE, B. G., ANTIL, E. P.: Distal anatomical relationship of the flexor hallucis longus and flexor digitorum longus tendons. Foot Ankle Int., 27: 528–532, 2006.
16. MULIER, T.: Risk of neurovascular injuries in flexor hallucis longus tendon transfers: an anatomic cadaver study. Foot Ankle Int., 28: 910–915, 2007.

17. NETTER, F. H.: Atlas of Human Anatomy (2nd Ed.). East Hanover, Novartis 1997.
18. ODDY, M. J., FLOWERS, M. J., DAVIES, M. D.: Flexor digitorum longus tendon exposure for flatfoot reconstruction: a comparison of two methods in a cadaveric model. *Foot Ankle Surg.*, 16: 87–90, 2010.
19. O'SULLIVAN, E.: Clinical significance of variations in the interconnections between flexor digitorum longus and flexor hallucis longus in the region of the knot of Henry. *Clin. Anat.*, 18: 121–125, 2005.
20. PANCHBHAVI, V. K., YANG, J., VALLURUPALLI, S.: Surgical anatomy for a new minimally invasive approach to harvest the flexor digitorum longus tendon: a cadaver study. *Foot Ankle Surg.*, 14: 16–20, 2008.
21. PLATZER, W.: Anatomie d'appareil locomoteur. Paris, Flammarion 1994.
22. ROHEN, J. W., YOKOCHI, Ch.: Anatomia člověka. Martin, Osveťa 1994.
23. SAMMARCO, G. J., HOCKENBURY, R. T.: Treatment of stage II posterior tibial tendon dysfunction with flexor hallucis longus transfer and medial displacement calcaneal osteotomy. *Foot Ankle Int.*, 22: 305–312, 2001.
24. TRNKA, H. J.: Dysfunction of the tendon of tibialis posterior. *J. Bone Jt Surg.*, 86-B: 939–946, 2004.
25. WAPNER, K. L., PAVLOCK, G. S., HECHT, P. J., NASELLI, F., WALTHER, R.: Repair of chronic Achilles tendon rupture with flexor hallucis longus tendon transfer. *Foot Ankle*, 14: 443–449, 1993.

MUDr. Peter Filan
II. ortopedicko-traumatologická klinika
Univerzitná nemocnica Bratislava
Antolská 11
85107 Bratislava
Slovenská republika
E-mail: peter.filan@gmail.com