

SOUČASNÉ MOŽNOSTI CHIRURGICKÉ LÉČBY PORANĚNÍ PERIFERNÍCH NERVŮ

MUDr. Martin Kanta, Ph.D.¹, doc. MUDr. Edvard Ehler, CSc.², doc. MUDr. Svatopluk Řehák, CSc.¹,
MUDr. David Laštovička¹, MUDr. Jaroslav Adamkov¹

¹Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice, Hradec Králové

²Neurologické oddělení Krajská nemocnice, Pardubice

Autoři v článku rozebírají základní typy poranění periferních nervů, vysvětlují zásady vyšetřování a následně diskutují o možnostech chirurgického postupu nejenom u přerušení periferních nervů, ale také poranění nervů v kontinuitě. Zmiňují též významnost předoperační a pooperační cílené rehabilitační péče. Zvláště se pak věnují metodám, které slibují zlepšení výsledků v budoucnosti. Jedná se o nové chirurgické techniky, pokroky ve vývoji náhrad štěpů a využití neurotrofních faktorů.

Klíčová slova: poranění periferních nervů, EMG, sutury, štěpy, neurotrofní faktory.

Neurol. pro praxi, 2008; 9(1): 25–28

Seznam zkratk

BDNF – brain-derived neurotrophic factor

CNS – centrální nervový systém

CNTF – ciliary neurotrophic factor

EMG – elektromyografie

MR – magnetická rezonance

NFG – nerve growth factor

NT 3 – neurotrophin-3

UZ – ultrazvuk

Úvod

Poranění periferních nervů je závažným postižením, které pacienta omezuje v normální činnosti, způsobuje poruchu funkce v dané inervační oblasti postiženého nervu. Ovlivňuje významně i pracovní zařazení, bývá příčinou pracovní invalidity. Bohužel častou příčinou poranění jsou zranění iatrogenní. K chirurgické intervenci indikujeme poranění periferních nervů, která způsobují poruchy motorické a senzitivní v dané inervační oblasti. Často též indikujeme k revizi pacienty s bolestivými syndromy po poranění periferního nervu se vznikem dysestezií či kausalgii. Nejproblematictější kapitolou poranění periferních nervů je léčba lézí brachiální pleteně (3, 4). Stále se objevují nové diagnostické a léčebné možnosti, které slibují další zlepšování výsledků naší léčby.

Vyšetřovací metody

Při vyšetření se zaměřujeme především na zjištění mechanismu úrazu, určujeme jaký nerv byl poraněn a v jaké úrovni. Rozhodující je kvalitní odebrání anamnézy a fyzikální vyšetření. Elektrofyziologická vyšetření jsou hlavní pomocnou diagnostickou metodou, využíváme je i v pooperačním sledování pacienta. Z grafických vyšetření využíváme především MR (13) a UZ vyšetření. MR vyšetření je možno využít i při grafickém sledování reinnervace nervu po operacích. Signál nervu normálního a denervovaného se liší (1) obdobně jako signál svalu normálního a denervovaného.

Rozsah poranění periferního nervu

Při léčbě poraněných periferních nervů má podstatnou roli mechanismus úrazu, který výrazně ovlivňuje rozsah poranění nervu. Rozhoduje do značné míry o načasování operace nebo o konzervativním postupu. Poškození kožního krytu určuje, zda jde o poranění otevřené či zavřené. Otevřená poranění většinou postihují nerv v krátkém úseku na rozdíl od poranění zavřených, kde častěji vznikají poranění delších úseků v kontinuitě. Existují i vícečetná poranění v průběhu jednoho nervu. Poranění dlouhých úseků či vícečetná poranění mají významně horší prognózu než poranění úseku kratšího (12, 18).

Dělení poranění periferních nervů podle mechanismu

Toto rozdělení má velký význam, určuje strategii při léčbě poranění. V tabulce 1 uvádíme základní typy poranění podle mechanismu a doporučenou dobu ošetření. Dále pak podáváme detailnější rozbor.

Poranění řezná a bodná

Při revizi je nutno zrevidovat ránu kompletně, kanál totiž směřuje často i daleko mimo hranice povrchové rány (bodné rány), často je nutné ránu rozšířit, a to i vzhledem k retrakci pahýlů. Může jít i o sdružená poranění – kromě zranění nervu nacházíme i poraněné šlachy či cévy. U ostrého řezného poranění nervu, pokud není rána infikována či výrazně znečištěna, se doporučuje ošetřit nerv primární suturou ihned. Při nerozpoznání poranění nervu dochází k retrakcím pahýlů a při chirurgickém ošetření jsme pak nuceni mezeru mezi pahýly překlenout štěpy.

Poranění tržně zhmžděná

Poranění ošetřujeme definitivně po 3 týdnech, kdy jsou již poškozené tkáně jasně demarkované a můžeme je salámovou technikou resekovat. Následně provádíme suturu, často používáme štěpy.

Střelná poranění

Rány revidujeme a pahýly nervu označujeme. Definitivní ošetření provádíme nejdříve za 3 týdny. Pokud nebyly nervy přerušeny a jsou jasné příznaky jejich poškození, čeká se s revizí alespoň 3 měsíce, protože u velkého procenta případů pozorujeme spontánní reinnervaci.

Trakční poranění

Vznikají tahem za končetinu. Postihují především úseky nervu, které jsou více fixované (např. n. peroneus communis ve svém průběhu kolem hlavičky fibuly při luxacích kolenního kloubu). Tato poranění se většinou revidují po 3–4 měsících, pokud nejsou jasné známky reinnervace na opakovaných EMG. Někdy vzniká kontinuální neurom v dlouhých úsecích (i 15 cm a více). Při resekcích nevzniká mezera mezi pahýly, jako je tomu u prosté retrakce pahýlů, ale defekt (ztráta části nervu). U defektu tedy plochy pahýlů sobě vzájemně neodpovídají.

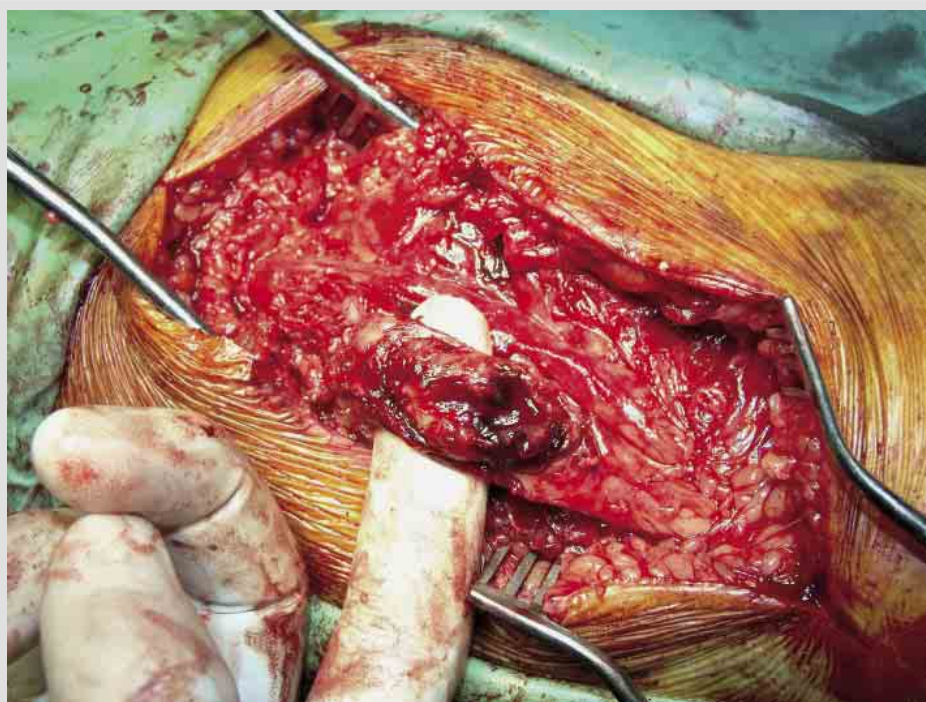
Poranění při zlomeninách

Nervy jsou u zlomenin zraňovány ostrými kostními okraji, kdy může dojít k přerušení či zhmoždění nervu. U dislokovaných zlomenin vznikají též trakční zranění. Nerv může být mezi kostní úlomky zavzatý a je pak zraňován i při hojení kosti svalem. Zavřená poranění revidujeme při nelepšení nálezu až po

Tabulka 1. Základní typy poranění

Typ poranění	Doporučená doba ošetření
Poranění řezná	Nejlépe ihned po poranění
Poranění tržně zhmžděná	Za cca 3 týdny
Střelná poranění	3 týdny až 3 měsíce
Trakční poranění	Za 3–4 měsíce
Poranění při zlomeninách	Za 3–4 měsíce
Poranění elektrickým proudem	Za 3–4 měsíce
Poranění iatrogenní	Závisí na typu poranění

Obrázek 1. Iatrogenní poranění n. peroneus communis v popliteální jamce, kde byla chirurgem vytnuta část tumoru nervu (neurinom) s resultující peroneální plegií. Řešeno exstirpací zbytkového tumoru a přemostěním štěpy z n. suralis



3 měsících, protože je známo vysoké procento kvalitních spontánních reinervací (75–85%). Při event. revizi je vhodná spolupráce s traumatologem, který v jedné době ošetří např. paklob kosti nebo vymění špatně naloženou dlahu.

Poranění elektrickým proudem

Většinou začínáme s konzervativním postupem. Pokud se nález nezlepšuje, pak přichází na řadu chirurgická revize a event. rozsáhlé resekce a náhrady štěpy. Nervy bývají většinou postiženy v dlouhém úseku nebo i vícečetně.

Poranění iatrogenní

Na poranění se podílejí lékaři všech oborů, nejvíc přirozeně poškozuji periferní nervy chirurgové. Při jasné lézi periferního nervu, zjištěné po operaci, se doporučuje časná revize a ošetření poranění. Se zaváděním nových chirurgických technik se objevují i poranění, která jsme dříve nepozorovali (např. při endoskopických operacích varixů poranění n. tibialis i peroneus). V našem souboru z posledních let tvořila iatrogenní poranění 33% všech námi ošetřovaných poraněných periferních nervů (6). Na obrázku 1 ukazujeme iatrogenní poranění po vytěžení části tumoru n. peroneus v popliteální jamce s resultující peroneální plegií.

Chirurgické techniky

při ošetření přerušového nervu

Existují 3 možné techniky spojení pahýlů: **sutura nervu šicím materiálem**, **lepení plazmou**

nebo pomocí tkáňového lepidla, spojení nervu laserem. Předpokladem úspěšné regenerace je provedení sutury bez tahu. Dřívější postup sutury ve flexi v přilehlém kloubu, která umožňuje přiblížení pahýlů, se dnes neuznává. Dochází k výraznému poškození normálního klouzání nervu, při rozcvičování dochází navíc k přílišnému tahu za suturu. Sutura tedy provádíme v základním postavení v kloubu. Pokud nejsme schopni provést suturu bez tahu, pak volíme překlenutí mezery či defektu štěpy. Nejčastěji odebíráme štěpy z n. suralis na bérce.

U čerstvých řezných poranění můžeme využít techniku **epineurální sutury end to end**. Oba konce nejprve jemně ostrým skalpelem či žiletkou okrajově zarovnáme. Periferní i centrální pahýly k sobě přibližujeme tak, abychom je nerotovali a nezměnili tak postavení k sobě náležících fascikulárních skupin. U čerstvých poranění pomáhá orientace pahýlů podle probíhajících nutričních cév. Při vlastní sutuře nejprve zakládáme 2 kotvící stehy v pólech pahýlů, poté zakládáme jednotlivé stehy na přední ploše sutury. Používáme šicí materiál 8/0–10/0. Na kotvících stezích následně nerv rotujeme a dokončujeme suturu zadní stěny. Stehy nedotahujeme na těsno, mezi příslušnými plochami pahýlů může zůstat drobná mezera tak, aby se mezi sebe příslušné fascikly bajonetovitě nezasouvaly, ale naopak se jen jejich plošky vzájemně dotýkaly. Mezera mezi pahýly také umožní využití neurotropizmu.

Druhou možností je **interfascikulární sutura nervu za perineurium**. Na obou koncích vypreparujeme příslušné fascikly nebo jejich skupiny, odstra-

ňujeme epineurium. Jednotlivé skupiny fascikulů pak sešíváme za perineurium, nejlépe materiálem 10/0. Periferní motorické fascikly můžeme u čerstvých poranění (do 3 dnů od úrazu) identifikovat pomocí elektro-stimulace. Centrální senzitivní dráhy pak podle bolestivé odezvy, pokud operujeme v lokální anestézii. Jak je patrné, je tato technika složitější a časově náročnější. Často je tato technika popisována jako jediná správná. Při revizi výsledků obou technik ale nebyl zjištěn výraznější rozdíl. U techniky interfascikulární sutury je totiž nutné proniknout do hlubších struktur nervu s možností dalšího iatrogenního poškození mikrostruktury zmožděním či poškozením mikrovaskularizace. Epineurální technika je vhodná zvláště u vysoko uložených lézí, kde je uspořádání plexiformní. U distálněji uložených lézí bývá již fascikulární uspořádání s převahou motorických či senzitivních vláken, zde je možné využít perineurální suturu.

Operace provádíme zásadně při mikroskopickém zvětšení. U čerstvých poranění bez defektu lze s úspěchem ke zvětšení použít lupu. U poranění s velkou mezerou či defektem jsme nuceni odebrat nervové štěpy, většinou využíváme n. suralis. Po odběru štěpy žádoucí délky nerv dělíme na menší úseky, kterými překlenujeme defekt či mezeru. Můžeme použít **kabeliformní techniku**, kdy nedbáme na fascikulární uspořádání, ale štěpy se snažíme vystlat plochu pahýlů co nejhustěji, štěpy přisíváme k obvodu pahýlů. Tato technika počítá s možností neurotropizmu. Opět můžeme použít **interfascikulární techniku**, kdy skupiny k sobě náležejících fascikulů propojujeme štěpy. Mezi technikami nebyl zjištěn významnější rozdíl. Kabeliformní technika je opět preferována spíše u vysoko uložených lézí s plexiformním uspořádáním nervu či u rozsáhlých defektů nervu.

Další technikou spojení nervu je **lepení plazmou** či nověji tkáňovým lepidlem. I u těchto technik se může použít 2 stehů k přiblížení pahýlů. Poté je využito plazmy či tkáňového lepidla ke spojení. Místo spojení je méně pevné než u klasické sutury, není ale tak výrazná fibrózní reakce v okolí – je méně cizorodého materiálu. Při srovnání nebyl zjištěn výraznější rozdíl této techniky a mikrosutury (10).

Nejnoveji bylo popsáno spojení pahýlů **laserem**. Použití laseru či tkáňového lepidla má svůj význam v místech hluboko uložených, kde je chirurgické ošetření suturou limitované nebo i nemožné.

Novou revoluční a přínosnou technikou je tzv. **„pure end to side“ anastomóza**. Uvažuje se o ni u rozsáhlých defektů nervu, kde je nepravděpodobné, že by přemostění defektu štěpem přineslo zlepšení. V experimentu na zvířeti bylo prokázáno, že pokud se našije periferní pahýl nervu na perineurium či dokonce na epineurium intaktního nervu, dojde k prorůstání (sproutingu) fibril z nepoškozeného

nervu do periferního pahýlu nervu poškozeného. Při této technice se tedy zdravý nerv nepoškozuje na rozdíl od makroskopicky podobného výkonu, kdy je dárcovský nerv částečně prořatý a k centrálnímu drobnému pahýlu se našívá příjmový pahýl či štěp. „Pure“ technika byla využita u rozsáhlého defektu n. medianus či n. ulnaris na předloktí. Využívá se u lézí brachiální pleteně, kdy dárcovským nervem bývá n. ulnaris (4), ale také u anastomózy N. VII–N. XII, při periferních lézích n. facialis (8).

Techniky při ošetřování poranění nervu v kontinuitě

Léze v kontinuitě mohou vznikat celou řadou mechanismů. Při časné chirurgické revizi nejsme vždy schopni přesně určit stupeň poranění, doporučuje se čekat na příznaky reinervace po dobu 3 měsíců. Při nelepšení ránu opět revidujeme. Všimáme si konzistence nervů. Tvrdá konzistence nervu při palpaci nemusí nutně znamenat poškození všech fascikulů, ale naznačuje významnou intraneurální fibrózu. Nervy, které se jeví těžce poškozené, mohou mít přesto funkční fascikuly, které prochází lézí v kontinuitě. Při použití mikroskopu a jemné mikrochirurgické techniky lze provést epineurotomii a poté i interfascikulární neurolyzu. Sledujeme přítomnost tzv. Fontanových pruhů (střídání světlejších a tmavších příčných pruhů na nervu, značících jeho vlnovitý průběh). Jsou-li přítomny, je fascikulus s vysokou pravděpodobností bez výraznější patologie a lze předpokládat kvalitní reinervaci. Při rozhodování o rozsahu výkonu je velkým pomocníkem peroperační elektrostimulace. Pokud nepozorujeme motorickou odpověď v příslušných svalových skupinách po stimulaci nervu, přichází na řadu elektrofyzilogické peroperační vyšetření (peroperační neurografie), které by mělo jednoznačně zodpovědět, zda nerv či fascikl regeneruje. Peroperační neurografie tedy pomáhá v rozhodování, který fascikulus (event. i celý nerv) a v jakém rozsahu resekovat.

Defekty překlenujeme štěpy.

Po chirurgických zákrocích je důležitá **pooperační rehabilitace**, která trvá i několik let a je zaměřena na: udržení zpočátku plně pasivní, později i aktivní hybnosti v kloubech, udržení svalové hmoty do doby, než dojde k reinervaci svalu, zlepšení senzitivních funkcí. Kromě rozcvičování se doporučují elektrostimulace postižených svalových skupin. K urychlení regenerace je vhodné udržovat nerv v teple, zkouší se vliv elektrického pole apod.

Metody slibující zlepšení výsledků v budoucnosti

I přes správnou léčbu tak, jak byla popsána výše, nelze říci, že jsou výsledky léčby poraněného nervu vždy dobré či uspokojivé. Hledají se nové možnosti zlepšení a to v několika úrovních:

1. na úrovni plasticity CNS
2. urychlení regenerace
3. náhrada štěpů
4. vhodné prostředí pro regenerující nerv
5. nové chirurgické techniky.

Výsledek reinervace je závislý na regeneračních schopnostech celého nervového systému, také CNS vykazuje určitou míru plasticity. **Plasticita** je více vyjádřena u dětí do 10 let, při kvalitním ošetření poraněného nervu můžeme očekávat i prakticky normální úpravu funkcí, ve vyšším věku se pak plasticita CNS omezuje. Výzkum se zabývá zajištěním přežívání nervové buňky, která často po poranění axonu degeneruje nebo odumírá.

Významnou roli při urychlení regenerace sehrávají **neurotrofní faktory** (NGF + NGF family, BDNF, NT 3, CNTF a další), některé byly již vyzkoušeny v laboratorní experimentální praxi (2, 11, 14). Kromě celkového podávání faktorů lze růstové faktory dodat i lokálně (např. tkáňová lepidla s obsahem růstového faktoru).

Zajímavou oblastí je výzkum v oblasti **náhrady autoštěpů**, kterých bývá zvláště u dlouhých poranění či poranění více nervů nedostatek a navíc každý odběr je svým způsobem iatrogenním poraněním. Především v experimentu na zvířeti, ale již i v humaní medicíně byly vyzkoušeny upravené muskulární autoštěpy, silikonové tubuly, biodegradabilní kolagenní tubuly, acelulární nervové homoštěpy. Zkouší se štěpy bez buněk a s aplikací vlastních Schwannových buněk. Tyto buňky mají podstatnou roli v regulaci regenerace periferního nervu. Problémem je zatím získání dostatečného množství vlastních buněk, kterými by se dlouhé náhradní štěpy sytily. Dosud nebyly pozorovány dobré výsledky u alternativních štěpů větší délky než 2 cm. Po nasycení štěpů Schwannovými buňkami bude zřejmě možné překlenout s úspěchem i delší úseky. Stále též probíhají nejrůznější pokusy využívající speciálně upravených gelů, které mají poskytovat regenerujícím axonům adekvátní prostředí (14, 17).

Různé inovace se objevují i u vlastních chirurgických metod. Při **klasické „salámovité“ resekci** centrálních neuromů i periferních pahýlů vzniká nové mechanické i chemické poškození, při němž

se uplatňuje negativní vliv volných Ca iontů. K překlenutí tohoto problému byla vypracována metoda tzv. **buněčné chirurgie**. Pahýly jsou při této metodě zpevněny zmrazením a omývány speciálním roztokem. Při resekci pak nedochází ke zhmoždění tkáně a k novému „chemickému“ poškození pahýlů.

Další limitující oblastí je **lůžko**, ve kterém jsou štěpy umístěny. U devastujících poranění dochází k výraznému zajištění okolních tkání. Uložení nervu či nervových štěpů do nového lůžka z okolní svalové, či tukové tkáně může zajistit včasnou revaskularizaci štěpů, a také zajistit jejich normální klouzání (gliding) (5, 16).

V experimentech na zvířeti se zkoušejí různé nové techniky, které často „nabourávají“ naše zažitá představy (15). Z nedávné doby pocházejí i články srovnávající sutury nervu, pokud byl nerv **zarovněn do pravého úhlu či šikmo**. V experimentu na potkanecích byly prokázány lepší výsledky šikmé sutury (7, 9). Efekt je vysvětlován zvětšením dotýkajících se ploch obou pahýlů.

I přes probíhající regeneraci nervu dochází zejména u proximálních poranění u některých pacientů k atrofii distálních svalů. U těchto pacientů je možné zlepšení funkce pomocí šlachových přesunů (například zlepšení dorzální flexe v zápěstí při zranění n. radialis). Další léčebnou možností jsou při neúspěšné reinervaci přesuny funkčních svalů z okolí nebo i volné svalové přenosy. Příkladem může být při parciální lézi plexus brachialis přesun m. triceps brachii k náhradě flexe v lokti nebo ke stejnému účelu využití přesun m. latissimus dorsi. Techniky volného svalového přenosu byly využity ke zlepšení flexe v lokti ale také např. ke zlepšení funkce lícního svalstva u zastaralých lézí n. facialis.

Závěr

Nelze než zdůraznit, že léčba poraněných periferních nervů či celých pletení je nesnadná a vyžaduje dobrou součinnost více odborností (neurolog-elektrofyzilog, obvodní lékař, neurochirurg, traumatolog, rehabilitační lékař a fyzioterapeut). Musíme připomenout, že bez kvalitní pooperační rehabilitační dlouhodobé péče se výsledky i sebelépe provedené chirurgické léčby nedostaví.

Podpořeno výzkumným záměrem
MZO 00179906.

MUDr. Martin Kanta, Ph.D.
Neurochirurgická klinika FN Hradec Králové
Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové
e-mail: KantaM@lfhk.cuni.cz

Literatura

1. Bendszus M, Koltzenburg M, Wessig C, Solymosi L. Sequential MR imaging of denervated muscle: experimental study. *Am J Neuroradiol* 2002; 23(8): 1427–1431.
2. Boyd JG, Gordon T. Neurotrophic factors and their receptors in axonal regeneration and functional recovery after peripheral nerve injury. *Mol Neurobiol* 2003; 184: 295–303.

3. Haninec P, Houšťava L, Stejskal L et al. Chirurgická léčba poranění pažní pleteně. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* 1998; 2: 61–64.
4. Haninec P, Šámal F, Tomáš R, Houšťava L, Dubový P. Direct repair (nerve grafting), neurotization, and end – to-side neuroorrhaphy in the treatment of brachial plexus injury. *J Neurosurg* 2007; 106: 391–399.

HLAVNÍ TÉMA

5. Jones NF. Treatment of chronic pain by „wrapping“ intact nerves with pedicle and free flaps. *Hand Clin* 1996; 12(4): 765–772.
6. Kanta M, Ehler E, Hlatký R et al. Iatrogenní léze periferních nervů – sedmileté zkušenosti s chirurgickou léčbou. *Neurolog. pro praxi* 2003; 3: 128–132.
7. Kayikçiodlu A, Karamürsel S, Adaodlu G, Sargon MF, Keçik A. A new epineural nerve repair technique: oblique nerve coaptation. *Ann Plast Surg* 1999; 43(5): 506–512.
8. Koh KS, Kim JK, Kim CJ et al. Hypoglossal-facial crossover in facial-nerve palsy: pure end-to-side anastomosis technique. *Br J Plast Surg.* 2002; 55: 25–31.
9. Kotulska K, Marcol W, Larysz-Brysz M et al. Effect of oblique nerve grafting on peripheral nerve regeneration in rats. *Microsurgery* 2006; 26(8): 579–584.
10. Landegren T, Risling M, Brage A, Persson JK. Long-term results of peripheral nerve repair: a comparison of nerve anastomosis with ethyl-cyanoacrylate and epineural sutures. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2006; 40(2): 65–72.
11. Lee AC, Yu VM, Lowe JB et al. Controlled release of nerve growth factor enhances sciatic nerve regeneration. *Exp Neurol* 2003; 184: 295–303.
12. Mackinnon SE, Dellon AL. *Surgery of the Peripheral Nerve.* New York, Thieme 1988: 638 s.
13. Nolte I, Pham M, Bendszus M. Experimental nerve imaging at 1.5-T. *Methods* 2007; 43(1): 21–28.
14. Rochkind S, Astachov aL, El-Ani D et al. Further development of reconstructive and cell tissue-engineering technology for treatment of complete peripheral nerve injury in rats. *Neurol Res* 2004; 26: 161–166.
15. Siemionow M, Zielinski M, Meirer R. The single-fascicle method of nerve grafting. *Ann Plast Surg* 2004; 52(1): 72–79.
16. Vardakas DG, Varitimidis SE, Sotereanos DG. Findings of exploration of a vein-wrapped ulnar nerve: report of a case. *J Hand Surg [Am]* 2001; 26(1): 60–63.
17. Yu X, Dillon GP, Bellamkonda RB. A laminin and nerve growth factor-laden three-dimensional scaffold for enhanced neurite extension. *Tissue Eng* 1999; 5(4): 291–304.
18. Zvěřina E, Stejskal L. *Poranění periferních nervů.* Praha. Avicenum, 1979; 303 s.