

## ARTICLE — CLINICAL STUDY

## Results of surgical treatment of peripheral nerve injuries in upper extremities

Matejcik V

*Neurosurgical Department, Faculty of Medicine, Comenius University, Bratislava, Slovakia. [bl@fmed.uniba.sk](mailto:bl@fmed.uniba.sk)***Abstract**

**Outline:** This study presents the results of surgical treatment of nerves in upper extremities performed in our clinic over 15 years, from 1985 to 1999. Basic lines of surgical treatment of various injuries of nerves in upper extremities are presented and evaluated in the study.

**Synopsis and methods:** 140 nerves in 123 patients were treated within this period. 95 reconstruction operations were performed by a microtechnique in 95 patients. All reconstruction surgeries were performed in cases characterized by complete and persisting neurological deficit and by the absence of action potentials in relevant nerves. In 42 patients, 45 nerves were reconstructed by an autotransplant. In 53 patients, reconstruction surgery was performed by suture of peripheral nerve that included treatment of 65 nerves. In this group, 10 patients were treated by suturation of 2 nerves and 3 nerves were suturated in one patient. In 28 patients, external neurolysis was the final surgical therapeutic treatment. In this group, neurolysis of 2 nerves was performed in 2 patients. The presence of action potential was always an important criterion in the determination of the type of surgical intervention. The analysis of the effectiveness of surgical intervention was performed with respect to: the period elapsed between injury and operation, age of the patient, character of injury, location of injury, category of injured nerve, type of surgical intervention.

**Results:** The best results were observed for external neurolysis and for n. medianus. Evaluation of the effectiveness of neural suture did not reveal any significant differences between neural grafts and classical suture. Similar results were obtained for surgical treatment of isolated nerve injuries and for cases involving the reconstruction of more than one nerve. Good or excellent results were typical for early treatment, for distal injuries and for clean incised wounds, especially in young patients.

**Conclusion:** Early surgical revision combined with neurolysis and reconstruction surgery (if necessary) are crucial factors determining the outcome of operation in indicated cases. With respect to reconstruction operations we did not observe any significant difference between classical suture and suture using nerve graft. (Tab. 7, Ref. 13.)

**Key words:** traumatic lesion of peripheral nerve, nerve graft, suture, neurolysis, reconstruction operations of peripheral nerve.

Every loss of motor or sensory functions of arms has severe consequences for the professional and recreational activities of the patient. In a relatively large collection of available literature dealing with the problem of nerve injuries in upper extremities (2, 4, 7, 8, 9, 11) we were not able to find any report that would be aimed specifically at comparison of various types of surgical treatment and evaluation of their outcomes. In this retrospective study we present our experience with surgical treatment of nerve injuries in upper extremities. We inform about basic clinical characteristics of treatment. The aim of this work is to provide elementary recommendation for surgical treatment of patients with injuries of nerves in upper extremities.

Každý výpadok motorickej, alebo senzitivnej funkcie ruky je pre pracovnú aj súkromnú aktivitu pacienta závažný. V pomerne rozsiahlej literatúre (2, 4, 7, 8, 9, 11) z problematiky poranení nervov horných končatín sme za posledné roky nenašli prácu, v ktorej by sa porovnávali rôzne typy ich chirurgických liečebných metód a ich výsledky. V tejto retrospektívnej štúdií prezentujeme naše skúsenosti s chirurgickým liečením poranení nervov horných končatín. Informujeme o klinických charakteristikách liečenia chorých.

**Address for correspondence:** V. Matejcik, MD, PhD, Neurosurgical Dpt LFUK, Limbova 5, SK-833 05 Bratislava 37, Slovakia.  
Phone: +421.7.5954 2219

## Patients and methods

685 patients with injuries of peripheral nerves of upper extremity were treated in the Neurosurgical Clinic of Faculty of Medicine, Comenius University in Bratislava, within the period from 1985 to 1999. Surgical intervention of peripheral nerves was executed in 123 patients (17.9 %).

Total sample of 123 surgically treated patients included 80 males and 43 females with the average age of 36 years. The average period between the primary treatment and operation in the Neurosurgical clinic was 8.4 months. In 24 patients, this period was extremely long (extending 12 months). The primary treatment was provided in our clinic only in 9 cases.

Iatrogenic injuries were present in 13 cases (10.5 %). They included in most cases attachment of the nerve to the tendon, binding of a nerve into a suture and only occasionally attachment of a nerve to another nerve. Nerve injuries were almost always accompanied by tendon lesions. An isolated injury of peripheral nerve was present only in three cases.

Secondary surgeries were performed in 4 cases: re-suturation was necessary in 1 case, post-operational hematoma was the reason for secondary operation in one case, outer neurolysis was necessary in 2 cases.

Surgical treatments were performed by a microtechnique. Since the degree of neuronal damage can be estimated best by neurolysis, treatments were always initiated by this procedure.

Exact and timely treatment of nerve injury performed usually by external neurolysis constitutes fundamental condition for reduction of the period necessary for functional reconstitution of the nerve after post-traumatic axonotmesis. When the treatment was performed after a longer time period, fibrotic tissue proliferated in the vicinity of the nerve. This tissue was sometimes of cartilaginous consistency and impeded the identification of the nerve. A thickening in the form of neuroma was frequently present after the release of nerve. The presence of a firm — “stony” — neuroma is always the indication for resection followed by reconstitution surgery.

From the clinical viewpoint, indication for the neurolysis was based on the cessation of mobility, strength and sensitivity recovery. In cases of nerve injuries by elongation, we observed various functional changes but often no apparent macroscopic changes.

External neurolysis was indicated because of development of post-traumatic fibrosis that caused nerve damage by persisting compression. In such cases, neurolysis is the procedure resulting in nerve reconstitution. This procedure is frequently used as the major surgical treatment in cases where the nerve continuity is preserved.

Neurolysis was performed in 28 patients: in 11 cases neurolysis of n. medianus (39.2 %), in 9 cases neurolysis of n. ulnaris (32.1 %), in 6 cases neurolysis of n. radialis (21.4 %), 2 cases were neurolysis of more than one nerve (n. medianus and n. ulnaris)

Reconstruction surgery was performed in cases of a complete and persisting neurological deficit and in the absence of nerve action potentials. Reconstruction surgery was often difficult as nerve endings were hard to identify in cicatrized tissue.

Reconstruction surgery was performed in 95 patients and a total number of 110 nerves were reconstructed by this treatment.

45 peripheral nerves were reconstructed by nerve graft in 42 patients. This number included: 12 reconstruction operations of

Cieľom tejto práce je podať základné odporúčenia pre chirurgické liečenia pacientov s poraneniami nervov horných končatín.

## Pacienti a metodika

Na Neurochirurgickej klinike LFUK v Bratislave sme v období r. 1985—1999 ošetrili 685 pacientov s poraneniami periférnych nervov ruky. 123 pacientom (17,9 %) sme urobili operácie na periférnych nervoch.

Z celkového počtu 123 pacientov bolo 80 mužov a 43 žien. Ich priemerný vek bol 36 rokov. Priemerná doba medzi prvým ošetrením a operáciou na našej klinike bola 8,4 mesiaca. Extrémne dlhá (vyše 12 mesiacov) bola u 24 pacientov. Len v 9 prípadoch boli pacienti prvotne ošetrení na našej klinike.

Iatrogénne poškodenia sa vyskytli v 13 prípadoch (10,5 %). Najčastejšie išlo o našitie nervu na šľachu, vzatie nervu do stehu, zriedkavejšie bolo našitie na iný nerv. Poranenie periférnych nervov bolo takmer vždy sprevádzané léziami šliach. Len v 3 prípadoch išlo o izolované poranenie periférneho nervu. Reoperácie boli v 4 prípadoch (v 1 prípade bola potrebná resutúra, v 1 prípade bol príčinou reoperácie pooperačný hematóm, v 2 prípadoch bola potrebná vonkajšia neurolyza).

Operácie boli vykonané mikrotechnikou a vždy sa začínali neurolyzou, lebo ňou môže byť najlepšie určený stupeň poškodenia nervu.

Presné a včasné ošetrenie poškodenia nervu, ktoré sa najčastejšie vykonáva vonkajšou neurolyzou, vytvára základné podmienky na skrátenie doby potrebnej k funkčnej úprave nervu po pourazovej axonotméze. Pri operáciách s väčším časovým odstupom sa namnožilo fibrotické tkanivo okolo nervu, ktoré malo niekedy až chrupavkovitú konzistenciu, čím zhoršovalo identifikáciu vlastného nervu. Po uvoľnení nervu sa často vyskytoval zhrubnutý neuróm. Indikáciou vnútornej neurolyzy, bola prítomnosť mäkkého neurómu. Prítomnosť tvrdého „kamenistého“ neurómu je vždy dôvodom pre jeho resekciu a následnú rekonštrukčnú operáciu.

Z klinického pohľadu bolo indikáciou na neurolyzu zastavenie úpravy hybnosti, sily a citlivosti. Pri poškodení nervu elongáciou sme pozorovali rôzne funkčné zmeny, ale často žiadne zjavné makroskopické zmeny.

Vonkajšia neurolyza bola ordinovaná kvôli rozvoju pourazovej fibrózy, ktorá pokračujúcou kompresiou spôsobovala poškodenie nervu. Neurolyza je v týchto prípadoch procedúrou vedúcou k reštaurovaniu nervu. V prípadoch, keď je zachovaná kontinuita nervu, je neurolyza veľmi často hlavným chirurgickým výkonom.

Neurolyza bola vykonaná 28 pacientom, z toho 11 pacientom neurolyza n. medianus (39,2 %), 9 pacientom neurolyza n. ulnaris (32,1 %), 6 pacientom neurolyza n. radialis (21,4 %), v 2 prípadoch išlo o neurolyzu viac ako 1 nervu (n. medianus a n. ulnaris).

Rekonštrukčné operácie boli vykonané v prípadoch kompletného a perzistujúceho nerologického deficitu a absencií nervových akčných potenciálov. Rekonštrukčné operácie boli často problematické, lebo nervové konce bývajú ťažko identifikovateľné v jazvovom tkanive.

Rekonštrukčné operácie sme vykonali 95 pacientom, ktorým sme rekonštruovali 110 nervov. 42 pacientom sme rekonštruovali 45 periférnych nervov, pomocou nervového transplantátu. Z toho bolo 12 rekonštrukčných operácií n. medianus (26,7 %), 22 rekonštrukčných operácií n. ulnaris (48,9 %), 8 rekonštrukčných

nervus medianus (26.7 %), 22 reconstruction operations of nervus ulnaris (48.9 %), 8 reconstruction operations of nervus radialis (17.8 %), in 3 cases, two nerves (n. ulnaris and n. medianus) were reconstructed simultaneously (6.7 %).

In all cases, n. suralis was used as autotransplant.

Reconstruction surgery was performed by suture in cases where suturation was possible after mobilisation of the nerve or extremity without creating substantial tension. Separation and “end-to-end” suture was used in 53 patients which was more frequent than suture using nerve graft (42 patients).

65 nerves in 53 patients were treated by means of suture. This number included: 10 operations of n. medianus (15.4 %), 22 operations of n. ulnaris (33.8 %), 10 operations of n. radialis (15.4 %).

More than 1 nerve was reconstructed in 11 cases. This included 10 cases involving 2 nerves (n. ulnaris and n. medianus, 30.8 %) and 1 case involving 3 nerves (4.6 %).

All operations were performed by a microsurgery technique. Nerve grafts were deposited loosely between two nerve endings in such a way that an overlap of 5 to 10 mm (depending on the length of graft) with nerve endings was achieved. Number of grafts varied between 2 and 4. The number of fascicles was from 2 to 4. Fascicles or fascicle groups were connected by sewing material of the value “8.0” and usually 3—4 stitches were used per one fascicle.

All patients were subjected to several post-operational tests with the aim to determine degree of recovery of sensory and motor activities. The evaluation was carried out according to the classification of Seldon (1975). Motor improvement was evaluated by a 5-point scale and the degree of sensitivity recovery by a 4-point scale. As “excellent” and “very good” were considered the improvements classified as M4 and S3 or higher. M3 and S2 improvements were classified as “good”. Results classified as M0-M2 and S0-S1 were considered to be insufficient.

#### *Classification of motor functions:*

M 0 — no contractions, M 1 — recovery of perceptible contraction in proximal muscles, M 2 — recovery of perceptible contraction in proximal and distal muscles, M 3 — recovery of function in both proximal and distal muscles to such an extent that all important muscles are capable of sufficient response against resistance, M 4 — the same as M3 with addition that all synergy and independent exercises/movements are possible, M 5 — full improvement.

#### *Classification of sensitive functions:*

S 0 — absence of sensitivity in nerve area, S 1 — recovery of deep cutaneous sensitivity to pain within nerve area, S 1+ — recovery of superficial cutaneous sensitivity, S 2 — recovery of superficial cutaneous sensitivity to pain and partial tactile sensitivity, S 2+ — the same as S 2 with slight additional response, S 3 — recovery of both superficial sensitivity to pain and tactile sensitivity in nerve area and disappearance of paraesthesia, S 3+ — the same as S 3 plus a partial improvement in two-point discrimination sensitivity, S 4 — full improvement.

EMG examination before the operation revealed denervation in all patients that were treated by reconstruction surgery and in 15 patients (53.6 %) that were subjected to external neurolysis as the final and definite surgical treatment. Follow-up EMG examination was performed in all patients. All patients were monitored

operácií n. radialis (17,8 %), v 3 prípadoch sme rekonštruovali 2 nervy (n. ulnaris a n. medianus) (6,7 %).

Vo všetkých prípadoch sme ako autotransplantát použili n. suralis.

Rekonštrukčné operácie boli uskutočnené sutúrou v prípadoch, keď po mobilizácii nervu alebo končatiny bolo možné nerv sutúrovať bez napätia. Separácia a sutúra „koniec ku koncu“ (53 pacientov) bola častejšia ako sutúra pomocou nervového transplantátu (42 pacientov). 53 pacientom sme ošetrili 65 nervov za pomoci sutúry. Z toho bolo 10 operácií n. medianus (15,4 %), 22 operácií n. ulnaris (33,8 %), 10 operácií n. radialis (15,4 %).

V 11 prípadoch sme rekonštruovali viac ako 1 nerv. Z toho v 10 prípadoch 2 nervy (n. ulnaris a n. medianus) 30,8 %. V 1 prípade sme rekonštruovali 3 nervy (4,6 %).

Všetky operácie boli vykonané mikrotechnikou. Nervové transplantáty boli voľne uložené medzi oba konce nervu tak, aby ich prešahovali v závislosti od dĺžky transplantátu o 5—10 mm. Počet transplantátov bol 2—4. Fascikuly, alebo skupiny fascikulov, sme spájali šicím materiálom hodnoty 8.0 a spravidla sme dávali 2—3 stehy.

Všetkým pacientom sme vykonali viacero pooperačných testov, ktorými sme určili stupeň návratu citlivosti a motorickej úpravy. Pri vlastnom hodnotení sme postupovali podľa Sedonovej klasifikácie (1975). Motorickú úpravu sme hodnotili podľa 5-bodovej škály a stupeň úpravy citlivosti podľa 4-bodovej škály. Za výborné a veľmi dobré výsledky sme považovali úpravu M4, resp. S3 a vyššie, za dobré M3 a S2. Výsledky M0—M2 a S0—S1 sme považovali za nedostatočné.

#### *Klasifikácia motorických funkcií:*

M 0 — žiadne kontrakcie, M 1 — návrat hmatnej kontrakcie v proximálnych svaloch, M 2 — návrat hmatnej kontrakcie v proximálnych a distálnych svaloch, M 3 — návrat funkcií v proximálnych a distálnych svaloch takého stupňa, že všetky dôležité svaly sú schopné dostatočnej akcie voči odporu, M 4 — návrat funkcie do M 3 s doplnením, že sú možné všetky synergické a samostatné pohyby, M 5 — kompletná náprava.

#### *Klasifikácia senzitivných funkcií:*

S 0 — absencia citlivosti v zóne nervu, S 1 — návrat hlbokéj kožnej bolestivej citlivosti v zóne nervu, S 1+ — návrat povrchovej kožnej citlivosti, S 2 — návrat povrchovej kožnej bolestivej citlivosti a čiastočnej taktilnej citlivosti, S 2+ — ako S 2 ale mierne odpoveď navyše, S 3 — návrat povrchovej bolestivej a taktilnej citlivosti v zóne nervu a vymiznutie parestézií, S 3+ — ako S 3 a čiastočná úprava dvojbodovej diskriminačnej citlivosti, S 4 — kompletná náprava.

Výšetrenie EMG pred operáciou ukazovalo denerváciu u všetkých pacientov, ktorým bola následne vykonaná rekonštrukčná operácia a u 15 pacientov (53,6 %), ktorým bola vykonaná vonkajšia neurolyza ako rozhodujúci a konečný chirurgický výkon. Opakované EMG vyšetrenie sa robilo všetkým pacientom. Doba sledovania bola minimálne 1 rok. Väčšinu pacientov sme sledovali 3 a viac rokov.

Úplný alebo ťažký motorický deficit pri absencii spontánnej úpravy v priebehu niekoľkých mesiacov (2—3) bol jednoznačnou indikáciou k operácii.

Iatrogénne, rezné alebo bodné poranenia boli ošetrené spravidla v priebehu prvých dní po úraze.

**Tab. 1. Dependence of the outcome of surgical treatment of peripheral nerves in upper extremities on the period between injury and operation.**  
**Tab. 1. Závislosť výsledkov chirurgickej liečby periférnych nervov horných končatín od doby operácie po úraze.**

Time (months) Čas (mesiace)	Number of pts Počet pacientov	Number s of nerves Počet nervov	Neurolysis Neurolyza	Suture Sutúra	Nerve graft Nervový transplantát
0-3	43	48	8/8	23/21	17/15
4 and more	80	92	22/18	42/37	28/24
Total	123	140	30/26	65/58	45/39

Values are expressed as number of treated cases/number of cases with recovery classified as M3 and better.  
 Hodnoty sú vyjadrené ako počet liečených prípadov/prípady s užitočnou úpravou M3 a viac.

**Tab. 2. Dependence of the outcome of surgical treatment of peripheral nerves in upper extremities on patient age.**  
**Tab. 2. Závislosť výsledkov chirurgickej liečby periférnych nervov horných končatín od veku pacienta.**

Age (years) Vek (v rokoch)	Number of patients Počet pacientov	Number of nerves Počet nervov	Neurolysis Neurolyza	Suture Sutúra	Nerve graft Nervový transplantát
up to 20	20	22	5/5	11/11	6/6
over 20	103	118	25/21	54/47	39/33
Total	123	140	30/26	65/58	45/39

**Tab. 3. Dependence of the outcome of surgical treatment of peripheral nerves in upper extremities on the length of autotransplant.**  
**Tab. 3. Závislosť výsledkov chirurgickej liečby periférnych nervov horných končatín od dĺžky autotransplantátu.**

Lenght Dĺžka (cm)	Number of pts Počet pacientov	Number of nerves Počet nervov	Results Výsledky								
			M0-M1	M2	M3	M4	M5	S0-S1	S2	S3	S4
<5	31	31	1	1	4	10	15	1	8	10	12
6-10	6	8			4	2	2		4	2	2
>10	5	6	4		1	1		4	1	1	
Total	42	45	5	1	9	13	17	5	13	13	14

for at least one year, monitoring period was extended for three and more years for majority of them.

Complete or severe motor deficit with the absence of spontaneous recovery in the period of 2—3 months was the definite indication for the operation.

Iatrogenic damage, incisions or penetrating wounds were treated usually within first few days after the injury.

The presence of nerve action potentials played a significant role in determination of the type of surgical intervention. Absence of nerve action potentials for 2—3 months after the injury indicated a neurotmesia with a minimal chance of spontaneous recovery without an operation.

The analysis of the results of post-operational examinations of patients was performed in confrontation with general factors affecting the result of operation with respect to: time period between injury and operation (Tab. 1), patient age (Tab. 2), length of the autotransplant (Tab. 3), character of the injury (Tab. 4), location of the injury (Tab. 5 and 6), type of injured nerve (Tab. 7).

Prítomnosť nervových akčných potenciálov mala dôležitú úlohu pri určovaní typu operačného výkonu. Absencia nervových akčných potenciálov 2—3 mesiace po úraze poukazovala na neurotmézu s minimálnou šancou na úpravu bez operácie.

Výsledky pooperačných vyšetrení pacientov sme analyzovali v konfrontácii so všeobecnými faktormi ovplyvňujúcimi výsledok operácie v závislosti od doby operácie od úrazu (tab. 1), veku pacienta (tab. 2), dĺžky autotransplantátu (tab. 3), charakteru poranenia (tab. 4), výšky poranenia (tab. 5, 6), druhu poraneného nervu (tab. 7).

### Výsledky

Z celkového počtu 123 pacientov sme u 58 (47,1 %) pozorovali úplnú úpravu hybnosti, sily a EMG nálezu — klasifikačný stupeň M5. Pooperačnú úplnú úpravu hybnosti, sily, ale neúplnú úpravu EMG nálezu sme zaznamenali v 17 prípadoch (56,7 %), vonkajšej neurolyzy, v 34 prípadoch (52,3 %) rekonštrukčných

**Tab. 4. Dependence of the outcome of surgical treatment of peripheral nerves in upper extremities on the character of injury.****Tab. 4. Závislosť výsledkov chirurgickej liečby periférnych nervov horných končatín od charakteru poranenia.**

Type of injury Druh poranenia	Number of patients Počet pacientov	Number of nerves Počet nervov	Neurolysis Neurolyza	Suture Sutúra	Nerve graft Nervový transplantát
incisions rezné	92	106	14/12	59/55	33/32
others iné	31	34	16/14	6/3	12/7
Total	123	140	30/26	65/58	45/39

**Tab. 5. Dependence of the outcome of surgical treatment of peripheral nerves in upper extremities on the localisation of injury.****Tab. 5. Závislosť výsledkov chirurgickej liečby periférnych nervov horných končatín od výšky poranenia.**

Location of injury Výška poranenia	Nerve Nerv	Number of nerves Počet nervov	Neurolysis					Suture					Nerve graft Nervový transplantát				
			M0-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M0-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M0-1	M-2	M-3	M-4	M-5
Arm	Median.	5					1					1	1		2		
Rameno	Ulnaris	7	1		1	1	1			1		1		1			
	Radialis	14	1			3		1			2	2	1	1			
Fore.arm predlaktie	Median.	11		1			2				1	1				3	3
	Ulnaris	39			1		3		5	4	1	7	1		4	7	6
Wrest Zápästie	Radialis	13					3	1		1		4	1			1	2
	Median.	32			2	1	5			4	2	12			1	2	3
Zápästie	Ulnaris	19	1				2			4	4	6					2
	Radialis																
Total		140	3	1	4	5	17	2	5	14	10	34	5	1	9	13	17

## Results

Out of 123 treated individuals, 58 patients (47.1 %) experienced full recovery of motor activity, strength and EMG recording and were classified as M5. Full recovery of post-treatment motor activity and strength but only partial recovery of EMG was registered in 17 cases (56.7 %) of external neurolysis, in 34 cases (52.3 %) of reconstruction surgery by suture and in 17 cases (37.8 %) of reconstruction surgery by nerve graft. Recovery of sensitivity (classification S4) was registered in 16 cases (53.3 %) of external neurolysis, in 31 cases (47.7 %) of suturation of peripheral nerves and in 14 cases (31.1 %) of reconstruction surgery by nerve graft.

Results of surgical treatment were evaluated as good and excellent when the treatment was performed within the period of first three months after injury (classification M3 and higher in 44 cases, i.e. 91.7 %). Extending the period between injury and treatment generally reduced the outcome of surgical treatment (Tab. 1).

With respect to the age, best results were observed for young patients aged below 20 years. We can state that recovery was excellent in all cases in this age category (Tab. 2).

There was a negative correlation between autotransplant length and outcome of the transplantation. For nerve grafts up to 5 cm

operácií pomocou sutúry a v 17 prípadoch (37,8 %) rekonštrukčných operácií pomocou nervového transplantátu. Úpravu citlivosti (S4) sme pozorovali v 16 prípadoch (53,3 %), vonkajšej neurolyzy v 31 prípadoch (47,7%) ošetrení periférnych nervov pomocou sutúry a v 14 prípadoch (31,1 %) rekonštrukciou nervovým transplantátom.

Pri operáciách do 3 mesiacov boli dobré a výborné výsledky, klasifikačný stupeň M3 a viac v 44 prípadoch (91,7 %). S narastajúcim časom od úrazu boli výsledky horšie (tab. 1).

Z hľadiska veku sme najlepšie výsledky pozorovali u mladých pacientov vo veku do 20 rokov. Možno konštatovať, že všetky výsledky v tejto vekovej skupine boli výborné (tab. 2).

Dĺžka autotransplantátu má negatívny vplyv na úspešnosť transplantácie. Pri nervových transplantátoch do 5 cm dĺžky boli výsledky výborné (80,6 %), ale pri dĺžke nad 10 cm bola úspešnosť len 16,7 % (tab. 3).

Druh poranenia má svojím charakterom veľký vplyv na výsledok reštaurovania nervovej činnosti v poranenej končatine. Čisté, napríklad rezné poranenie vytvára oveľa priaznivejšie podmienky pre úpravu (99 zo 106 prípadov — 93,4 %) ako iné, oveľa komplikovanejšie poranenie (napr. tržné, pomliaždeniny a pod.) (tab. 4).

Ďalšími faktormi majúcimi vplyv na výsledok operácie sú:



**Tab. 6. Dependence of the recovery of sensitivity on the location of injury.**  
**Tab. 6. Závislosť výsledkov úpravy citlivosti od výšky poranenia.**

Location of injury Výška poranenia	Nerve Nerv	Number of nerves Počet nervov	Neurolysis				Suture				Nerve graft Nervový transplantát			
			S0-1	S-2	S-3	S-4	S0-1	S-2	S-3	S-4	S0-1	S-2	S-3	S-4
			Arm	Median.	5				1				1	2
Rameno	Ulnaris	7	1	1	1	1			1	1	1			
	Radialis	14	2	1	1		1	2		2	2		1	
Fore-arm	Median.	12	1		1	1		1		2		3	3	
Predlaktie	Ulnaris	39	1			3	6	1	3	7		8	7	3
	Radialis	12				3	1	1		3	1		1	2
Wrest	Median.	32	1	1	1	5	1	2	6	9	1		2	3
Zápästie	Ulnaris	19	1			2			6	2	6			2
	Radialis													
Spolu		140	7	3	4	16	9	14	11	31	5	13	13	14

**Tab. 7. Dependence of the outcome of surgical treatment of peripheral nerves in upper extremities on the type of injured nerve.**  
**Tab. 7. Závislosť výsledkov chirurgickej liečby periférnych nervov horných končatín od druhu poraného nervu.**

Nerve Nerv	Number of nerves Počet nervov	Neurolysis			Suture			Nerve graft Nervový transplantát		
		M0-2	M-3	M4-5	M0-2	M-3	M4-5	M0-2	M-3	M4-5
		Medianus	48	1	2	9		4	17	1
Ulnaris	65	2	2	7	5	9	19	1	5	15
Radialis	27	1		6	2	1	8	4	1	4
Total	140	4	4	22	7	14	44	6	9	30

long, results were excellent in 80.6 % of treatments, however, the success rate for graft length over 10 cm was only 16.7 % (Tab. 3).

The character of injury exerted a major effect on the outcome of reconstruction of neural activity in injured extremities. Clean wounds, e.g. incisions, set more favorable conditions for the recovery (99 from 106 cases — 93.4 %) when compared to more complicated injuries (e.g. contusions) — (Tab. 4).

Other factors affecting the outcome of operation included:

- location of injury (upper part of arm, arm — proximal injury forearm, wrist — distal injury),
- type of injured nerve (n. medianus, ulnaris, radialis)

Our results show that proximal injuries have significantly inferior recoveries (Tables 5 and 6)

Comparing the results of motor and sensory recoveries we have found no significant differences between reconstruction treatment by means of suture and nerve grafts. The best results were obtained with external neurolysis which might reflect preferential use of this technique for less severe nerve injuries. Similarly no significant differences were observed when motor and sensory recoveries were compared for individual injured nerves (Tab. 7). Probably the poorest results were seen for injuries of nervus ulnaris with respect to both motor and sensory components. Better results were observed for more distal injuries. For injuries of nervus medianus and nervus ulnaris in the wrist area, recoveries in 50 cases (98 %) were classified as M3 and better. Tables 5 and

- výška poranenia (horná časť ramena, rameno — vyššie poranenie, predlaktie, zápästie — nižšie poranenie),
- nerv, ktorý je poškodený (medianus, ulnaris, radialis).

Podľa našich zistení dávali vyššie situované poranenia zreteľne horšie výsledky (tab. 5, 6)

Pri porovnávaní výsledkov motorickej a senzitivnej úpravy sme nezaznamenali výraznejší rozdiel medzi rekonštrukčnými operáciami pomocou sutúry alebo nervového transplantátu. Najlepšie výsledky boli pri vonkajších neurolyzách, čo je zrejme dané závažnosťou poškodenia nervu. Pri porovnávaní výsledkov motorickej a senzitivnej úpravy sme nezaznamenali podstatný rozdiel medzi jednotlivými nervami (tab. 7). Azda najhoršie výsledky boli pri nervus ulnaris, a to v motorickej, ako aj v senzitivnej zložke. Lepšie výsledky sme pozorovali pri distálnejších poraneniach. Pri poraneniach nervus medianus a nervus ulnaris bola v oblasti zápästia úspešnosť M3 a viac v 50 prípadoch (98 %). V tabuľkách 5 a 6 sú výsledky operácií horných končatín z tohto pohľadu.

#### Diskusia

Operácie nervov horných končatín sú priamou, ale často časovo náročnou procedúrou vedúcou k riešeniu porúch hybnosti spôsobených poškodením periférneho nervu.

6 show the evaluation of results of upper extremity surgeries from this aspect.

## Discussion

Surgery of nerves in upper extremities are a straightforward, but often time-consuming procedure aimed at resolving of defective motility caused by injury of peripheral nerves.

Deliberation and reconstruction operations provide good conditions for restoration of motor and sensory functions.

Altogether 95 reconstruction operations were performed in the group of 123 patients treated in our clinic. Out of this 45 nerves in 42 patients were reconstructed by autotransplant. Nervus suralis was used as autograft in all cases.

Reconstruction by classical suture was performed in 53 patients. In 10 of them, reconstruction involved 2 nerves and in 1 patient even 3 nerves.

External neurolysis was performed in 28 patients, in 2 of them neurolysis was carried out for more than 1 nerve.

All patients passed a thorough clinical examination before the operation. Indication for the treatment included a complete or severe neurological deficiency and the absence of spontaneous recovery over the period of 2—3 months. Pre-treatment EMG examination revealed a denervation in all cases selected for reconstruction surgery and in 15 cases (50 %) selected for deliberation surgery.

Results of completed examinations were processed by commonly used standard procedures (Sedon classification). In 96 cases (68.6 %) a significant improvement of the condition could be demonstrated both by objective and subjective evaluation (classification grade M4, M5). In 17 cases (12.1 %) none or just minimal improvement was observed (classification grade M0, M2).

Best results (grade M4/M5 in 73.3 % of cases) were obtained in cases where external neurolysis was the definite surgical treatment.

Good results were observed in reconstruction operations involving suture of peripheral nerve — 44 cases (67.7 % success rate).

The least favourable results were obtained in reconstruction operations by nerve grafts — 30 cases (66.7 % success rate).

With respect to reconstruction operations, we did not observe any significant difference between the classical suture and suture performed by means of nerve graft. Post-operational EMG examination was performed in all patients. In several cases objective examination as well as subjective feeling of the patient indicated improvement of the condition, however, EMG examination did not reveal any change compared to previous condition.

Restoration of sensory and motor functions depends much on the time period between the injury and operation. Outcome of the treatment declined with increasing length of this period. Early operations up to 3 months after the injury brought good and very good results (classification grade M3 and more) in 44 cases (91.7 %).

The best results were obtained in young patients up to 20 years old (20 of 20 cases — 100 % success rate) and for injuries by clean incisions (93.4 % success rate).

Particularly good results were obtained for operations involving short grafts up to 5 cm where successful treatment (classification grade M4, M5) represented 25 out of 31 cases (80.6 %).

Some of deliberation operations showed first recovery symptoms already after several days. Recovery symptoms for recon-

Deliberačné a rekonštrukčné operácie poskytujú dobré podmienky pre úpravu motorických a senzitívnych funkcií.

123 pacientom bolo vykonaných 95 rekonštrukčných operácií. 42 pacientom bolo rekonštruovaných 45 periférnych nervov s použitím autotransplantátu. Vo všetkých prípadoch sme ako autotransplantát použili nervus suralis. 53 pacientom boli vykonané rekonštrukčné operácie pomocou klasickej súťury. Z toho 10 pacientom boli rekonštruované 2 a 1 pacientovi 3 nervy. Vonkajšia neurolyza bola vykonaná 28 pacientom, z toho v 2 prípadoch išlo o neurolyzu viac ako 1 nervu.

Pri vonkajšej neurolyze bývajú liečené najmenej závažné traumatické zmeny, ale naopak rekonštrukčné operácie nervovými transplantátmi najzávažnejšie poranenia nervov so stratou nervových tkanív.

Všetci pacienti boli pred operáciou detailne klinicky vyšetrení. Indikáciou pre operáciu bol úplný, alebo ťažký neurologický deficit, pri absencii spontánnej úpravy v priebehu 2—3 mesiacov. Predoperačné EMG vyšetrenie ukazovalo denerváciu vo všetkých prípadoch rekonštrukčných operácií a v 15 prípadoch (50 %) deliberačných operácií.

Výsledky vykonaných vyšetrení sme objektivizovali štandardnými postupmi, bežne používanými vo svete (Sedonova klasifikácia). V 96 prípadoch (68,6 %) sme zaznamenali objektivne, aj subjektívne výrazné zlepšenie stavu (klasifikačný stupeň M4, M5). V 17 prípadoch (12,1 %) sme nezaznamenali žiadnu, alebo len minimálnu úpravu (klasifikačný stupeň M0, M2).

Najlepšie výsledky — (stupeň úpravy M4—5 v 73,3 % prípadoch) sme pozorovali tam, kde vonkajšia neurolyza bola konečným chirurgickým výkonom.

Dobré výsledky boli pri rekonštrukčných operáciách súťurou periférneho nervu — 44 prípadov (67,7 % úspešnosť).

Najmenej priaznivé výsledky boli pri rekonštrukčných operáciách nervovým transplantátom — 30 (66,7 % úspešnosť).

Pri rekonštrukčných operáciách, sme nepozorovali podstatnejší rozdiel medzi klasickej súťurou a súťurou pomocou nervového transplantátu. Pooperačné EMG vyšetrenie sme robili všetkým pacientom. Vyskytli sa prípady, keď objektivným vyšetrením a aj subjektívne pacienti udávali zlepšenie, ale EMG vyšetrenie v porovnaní s predchádzajúcim neukazovalo žiadnu zmenu.

Úprava senzitívnych a motorických funkcií závisí od doby operácie po úraze. S narastajúcim časom boli výsledky horšie. Pri včasných operáciách do 3 mesiacov boli dobré a veľmi dobré výsledky, klasifikačný stupeň M3 a viac v 44 prípadoch (91,7 %).

Najlepšie výsledky sa dosiahli u mladých pacientov vo veku do 20 rokov (20 z 20 — 100 % úspešnosť) a pri čistých rezných poraneniach (93,4 %).

Skutočne dobré výsledky sa dosahujú pri transplantátoch do 5 cm (80,6 %), keď z 31 operácií bolo 25 úspešných (klasifikačný stupeň M4, M5).

Pri deliberačných operáciách sa niekedy prvé príznaky úpravy pozorovali už po niekoľkých dňoch.

Pri rekonštrukčných operáciách v závislosti od rôznych faktorov sa prvé príznaky mohli objavovať 3—12 mesiacov po operácii.

Iatrogénne poškodenia nervu sa vyskytli v 10 prípadoch (10,5 %). Včasné chirurgické ošetrenie v týchto prípadoch malo 70 % úspešnosť. Pri iatrogénnych poškodeniach bolo najčastej-

struction operations might appear 3 to 12 months after the treatment, depending on various factors.

Iatrogenic nerve injuries were present in 10 cases (10.5 %). Early surgical treatment resulted in 70 % success rate here. The most frequent cases in iatrogenic injuries included bandage of the nerve in a suture and attachment of the nerve to the tendon or eventually to another nerve.

It is difficult to compare the results of reconstitution of motility and sensitivity of upper extremities for the whole complex of different operation techniques. In fact, we were not able to find any similar reports to compare with. However, our results in reconstitution surgery are comparable to results reported from other hospitals (3, 7, 10, 11) throughout the world.

### Conclusion

Early surgical revision associated with neurolysis and with reconstruction surgery (if necessary) is a fundamental factor in indicated cases that affects the final outcome of the treatment and the further social performance of patients. With respect to reconstruction operations, we did not observe any major differences between classical suturation and the suturation by nerve grafts. This conclusion was valid also in cases involving a simultaneous reconstruction of several nerves.

### References

1. **Daoutis N.K., Gerostathopoulos N.E., Esfathopoulos D.G., Misitiz D.P., Bouchlis G.N., Anagnostou S.K.:** Microsurgical reconstruction of large nerve defects using autologous nerve grafts. *Microsurgery*, 15, 1994, s. 502–505.
2. **Donzelli R., Benvenuti D., Schonauer C., Mariniello G., De-Divitis E.:** Microsurgical nervour reconstruction using autografts: a two-year follow up. *J. Neurosurg. Sci.*, 42, 1988, s. 79–83.
3. **Kalomiri E., Sorecacos N., Beris E.:** Management of ulnar nerve injuries. *Acta Orthop. Scand.*, 264, 1995, Suppl., s. 41–44.
4. **Mackinnon S.E., Dellon A.L.:** *Surgery of the peripheral nerve.* New York, Thieme 1988, s. 2–35.
5. **Millesi H.:** Progress in peripheral nerve reconstruction. *World J. Surg.*, 14, 1990, s. 733–747.
6. **Millesi H., Berger A., Meissl G.:** The interfascicular nerve grafting of the median and ulnar nerves. *J. Bone Joint Surg. (Amer.)*, 54, 1972, s. 727–750.
7. **Millesi H., Berger A., Meissl G.:** Further experiences with interfascicular grafting of the median, ulnar and radian nerves. *J. Bone Joint Surg. (Amer.)*, 58, 1976, s. 227–230.
8. **Millesi H., Gangberger J., Berger A.:** Erfahrungegn mit der Mikrochirurgie peripherer Nerven. *Chir. Plast.*, 3, 1966, s. 47–55.
9. **Seddon H.J.:** *Peripheral nerve injuries.* Med. Res., Council, Special Report Series No. 282, Her Majesty's Stationery Office, London 1954.
10. **Sunderland S.:** *Nerve and nerve injuries.* Edinburgh, Churchill Livingstone 1972.
11. **Terzis J.K., Smith K.L.:** *The peripheral nerve structure function and reconstruction.* New York, Raven Press 1990, 176 s.
12. **Zachar V., Hulín Jr. I., Fedeleš J.:** Použitie voľného nervového transplantátu pri rekonštrukcii sekundárnych defektov periférnych nervov ruky. *Bratisl. lek. Listy*, 101, 2000, č. 4, s. 226–228.
13. **Zvěřina E., Stejskal L.:** *Poranení periférnych nervu.* Praha, Avicenum 1979.

Received February 17, 2001.  
Accepted March 15, 2001.



## Abstrakt

Matejčík V.:

Chirurgické liečenie poranení periférnych nervov horných končatín

Bratisl. lek. Listy, 102, 2001, č. 4, s. 187–195

*Východisko:* Práca prezentuje výsledky operácií nervov horných končatín urobených na našom pracovisku počas 15 rokov (1985—1999). V práci uvádzame a hodnotíme základné línie chirurgického liečenia rôznych poranení nervov horných končatín.

*Metódy:* 123 pacientom sme ošetrili 140 nervov horných končatín. 95 pacientom sme urobili 95 rekonštrukčných operácií mikrotechnikou. Všetky rekonštrukčné operácie sme urobili v prípadoch kompletného a perzistujúceho neurologického deficitu, pri absencii nervových akčných potenciálov. 42 pacientom sme rekonštruovali 45 nervov autotransplantátom. 53 pacientom sme urobili rekonštrukčné operácie sutúrou periférneho nervu, pri ktorých sme ošetrili 65 nervov. Z toho 10 pacientom sme sutúrovali 2 nervy a 1 pacientovi 3 nervy. 28 pacientom sme urobili vonkajšiu neurolyzu konečným chirurgicko-liečebným výkonom. Z toho 2 pacientom sme urobili neurolyzu 2 nervov. Pri určovaní typu operačného výkonu bola vždy dôležitá prítomnosť nervových akčných potenciálov. Analýzu Efektívnosť operačného výkonu sme analyzovali v závislosti od: doby od úrazu po operáciu, veku pacienta, charakteru poranenia, výšky poranenia, druhu poraného nervu, typu operačného výkonu.

*Výsledky:* Najlepšie výsledky sme pozorovali pri vonkajších neurolyzách a pri n. medianus. Pri hodnotení efektívnosti neurosutúry, sme nepozorovali výraznejší rozdiel medzi nervovými transplantátmi a klasickou sutúrou. Rovnaké výsledky sme pozorovali pri hodnotení operácií izolovaného poškodenia nervu a prípadov, keď bolo rekonštruovaných viac ako 1 nerv. Dobré a výborné výsledky boli typické pri včasných operáciách, pri distálne lokalizovaných poraneniach a čistých rezných poraneniach, najmä však u mladých pacientov.

*Záver:* Včasná chirurgická revízia spojená s neurolyzou a v prípade potreby rekonštrukčná operácia je v indikovaných prípadoch rozhodujúcim faktorom ovplyvňujúcim výsledok operácie. Pri rekonštrukčných operáciách sme nepozorovali podstatnejší rozdiel medzi klasickou sutúrou a sutúrou pomocou nervového transplantátu. (*Tab. 7, lit. 13.*)

*Kľúčové slová:* traumatická lézia periférneho nervu, nervový transplantát, sutúra, neurolyza, rekonštrukčné operácie periférneho nervu.

---

Neurochirurgická klinika Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave

Adresa: MUDr. V. Matejčík, CSc., Neurochirurgická klinika LFUK, Limbová 5, 833 05 Bratislava 37.