

UNIVERZITET U BEOGRADU

MEDICINSKI FAKULTET

SLAVKO D. ĐURAŠKOVIĆ

**UTICAJ REZULTATA HIRURŠKOG LEČENJA POVREDA
ŽBIČNOG ŽIVCA NA STEPEN FUNKCIONALNOG
OPORAVKA GORNJEG EKSTREMITETA I KVALITET
ŽIVOTA**

doktorska disertacija

Beograd, 2022

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF MEDICINE

SLAVKO D. ĐURAŠKOVIĆ

**EFFECT OF RADIAL NERVE INJURY SURGERY ON
LEVEL OF FUNCTIONAL RECOVERY AND QUALITY OF
LIFE**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2022

Mentor:

Prof. dr Lukas Rasulić, redovni profesor, Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Komisija:

Prof. dr Miodrag Rakić, redovni profesor, Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Prof. dr Danilo Radulović, redovni profesor, Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Prof. dr Petar Vuleković, redovni profesor, Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Datum odbrane:

ZAHVALNOST

*Na prvom mestu dugujem mentoru, **Prof. dr Lukasu Rasuliću** na slobodi u radu, izboru teme i izradi doktorske disertacije, ali i na bezrezervnoj pomoći, savetima i iskrenom prijateljstvu.*

*Komisiji, **Prof. dr Miodragu Rakiću**, **Prof. dr Danilu Raduloviću**, i **Prof. dr Petru Vulekoviću** na nesebičnoj podršci tokom oblikovanja doktorske disertacije.*

*Posebnu zahvalnost dugujem **Prof. dr Miroslavu Samardžiću** i **Doc. dr Novaku Lakićeviću**, na višegodišnjoj podršci u svom neurohirurškom radu, a posebno na izradi ove doktorske disertacije i iskrenom prijateljstvu.*

*Zahvalnost dugujem kolegama **Odjeljenja za bolesti i povrede perifernih nerava, funkcionalnu neurohirurgiju i hirurgiju bola, Klinike za neurohirurgiju, Kliničkog centra Srbije**, koji su učestvovali u ovom projektu, kao i kolegama sa ostalih neurohirurških klinika na dobronamernim savetima. Posebnu zahvalnost dugujem **Aleksi Mičiću** i **Stefanu Radojeviću**, koji su pomogli u izradi ove doktorske disertacije.*

*Zahvaljujem se **dr sc. med. Dragani Latić** na kontinuiranoj podršci i korisnim savetima.*

*Izražavam veliku zahvalnost supruzi **Danijeli**, sestri **Marijani**, bratu **Mirku** i roditeljima **Dragomiru** i **Milanki**, na beskrajnom strpljenju, bezrezervnom razumevanju i podsticaju.*

*Doktorsku disertaciju posvećujem ćerki **Anđeli** i sinovima **Danilu**, **Aleksi** i **Andriji**, bez kojih čitav moj rad ne bi imao smisla.*

UTICAJ REZULTATA HIRURŠKOG LEČENJA POVREDA ŽBIČNOG ŽIVCA NA STEPEN FUNKCIONALNOG OPORAVKA GORNJEG EKSTREMITETA I KVALITET ŽIVOTA

Sažetak

Žbični živac je glavni opružać gornjeg ekstremiteta i njegova povreda dovodi do višeće šake, čime je onemogućena funkcija hvata i fine motorike, što dovodi do značajne nesposobnosti u obavljanju svakodnevnih i radnih aktivnosti i velikih socioekonomskih problema. Oporavak motorne funkcije perifernih nerava nakon hirurškog lečenja zavisi od uzroka i mehanizama povređivanja, vrste i nivoa nervne lezije, vremena i vrste preduzete hirurške intervencije, kao i prisustva udruženih povreda. Motorni oporavak pojedinih mišića ne mora značiti da će doći do adekvatnog funkcionalnog oporavka bolesnika i regresije simptoma, tako da je veoma bitno uključivanje ispitivanja funkcionalnog oporavka i kvaliteta života. Cilj ove studije jeste ispitivanje stepena funkcionalnog oporavka, kvaliteta života i prognostičkih faktora kod bolesnika koji su operisani zbog povrede žbičnog živca. Posebno su ispitani slučajevi kod kojih nije došlo do adekvatnog funkcionalnog oporavka, radi evaluacije i poboljšanja dijagnostičkih i terapijskih procedura.

Uključeni su ispitanici koji su operisani zbog povrede žbičnog živca u Klinici za neurohirurgiju, Kliničkog centra Srbije u periodu od 2001.g. do 2020.g., a čiji je ishod lečenja ispitivan nakon isteka 12 meseci od operacije. U studiju motornog oporavka je uključeno ukupno 140 ispitanika, dok su isključeni ispitanici koji su lečeni konzervativno, oni sa povredom površne (senzitivne) grane i oni koji su operisani artefijelnim graftom i tetivnim transferom. U studiju ispitivanja funkcionalnog oporavka i kvaliteta života je uključeno 129 ispitanika, koji su prihvatili da učestvuju u anketi. Snaga mišića je ispitivana na osnovu „British Medical Research Council“ skale (MRC skala), dok je stepen motornog oporavka klasifikovan na osnovu modifikovane skale po Highet i Holmesu. Ispitivani su ekstenzija šake, ekstenzija prstiju uključujući i palac, kao i abdukcija palca. Funkcionalni oporavak i kvalitet života je ispitivan anketiranjem na osnovu DASH („The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand“) i PNSQoL upitnika („Peripheral Nerve Surgery Quality of Life“).

Povrede žbičnog živca su se javljale kod mlađih ljudi i većina njih su bili muškarci, dok je najčešći mehanizam povređivanja živca bila kontuzija usled preloma kosti. Prekid kontinuiteta živca je bio značajno češći kod traume visokog intenziteta. Kod većine ispitanika je urađena neuroliza (68%) i transplantacija graftom (26%), dok su direktna sutura i nervni transfer bili značajno ređi. Korisni motorni oporavak dobijen kod 91.4% ispitanika i to u 96% slučajeva neurolize, 78% transplantacije graftom i kod 100% u slučaju direktne suture i nervnog transfera. Operacija u prvih 6 meseci od povrede, trauma niske energije, lezija nerva u kontinuitetu i transplantacija kraćim graftovima su bili povezani sa boljim motornim oporavkom, dok pol, starost, pušenje, udružene bolesti i stepen nervnog deficita nisu bili prognostički faktori. Prosečna vrednost DASH i PNSQoL skora je iznosila 18.2 i 66.2, što ukazuje na dobar funkcionalni oporavak i nizak stepen nesposobnosti operisanih bolesnika. Bolesnici sa prekidom kontinuiteta nerva su češće izjavljivali poteškoće u izvođenju pojedinih aktivnosti i imali manji stepen zadovoljstva ishodom operacije. Postojala je značajna negativna korelacija između vrednosti DASH skora i stepena motornog oporavka i značajna pozitivna korelacija u slučaju PNSQoL skora.

Stepen funkcionalnog oporavka i kvaliteta života nakon hirurškog lečenja žbičnog živca je odličan, sa minimalnim stepenom nesposobnosti i visokim zadovoljstvom bolesnika. Kasno javljanje bolesnika, povrede silom visokog intenziteta, prekid kontinuiteta nerva i potreba za dugim graftovima

imaju slabiji oporavak i zahtevaju strožiju evaluaciju, raniju hirurgiju i korišćenje nervnih i tetivnih transfera, kako bi se poboljšao ishod operativnog lečenja.

Ključne reči: povrede perifernih živaca, žbični živac, hirurško lečenje, funkcionalni oporavak, kvalitet života

Naučna oblast: medicina

Uža naučna oblast: rekonstruktivna hirurgija

UDK broj: _____

EFFECT OF RADIAL NERVE INJURY SURGERY ON LEVEL OF FUNCTIONAL RECOVERY AND QUALITY OF LIFE

Abstract

Radial nerve is the main extensor of the upper extremity and its injury leads to wrist fall, characterized by dysfunction of grasp and fine motor movement, which further leads to disability in every day and work activities, as well as to socioeconomic problems. Recovery of motor function following peripheral nerve surgery may depend on the cause and mechanism of injury, type and location of nerve lesion, the timing of the treatment, type of surgical procedure, as well as presence of associated injuries. Motor recovery of some muscles do not guarantee the adequate functional recovery of the patient's symptoms regression, therefore, it is very important to include an assessment of the functional recovery and quality of life. The aim of this study was to examine functional recovery, quality of life, and prognostic factors in patients surgically treated due to radial nerve injury. The patients without adequate functional recovery were further analyzed, in order to evaluate and improve diagnostic and therapeutic procedures.

The study included patients surgically treated due to radial nerve injury at the Clinic for Neurosurgery, University Clinical Center of Serbia, in the period from 2001-2020, with minimal follow up of 12 months. 140 patients were included for motor recovery examination, while few were excluded (conservative treatment; isolated superficial sensory radial nerve (SSRN) lesion; treatment with artificial nerve graft or tendon transfer). 129 patients, who accepted to fill the questionnaires, were included for functional recovery and quality of life assessment. Muscle strength was evaluated by using the „British Medical Research Council“ scale (MRC scale), while the level of motor recovery was classified using a modified scale of Hightet and Holmes. Extension of the wrist, extension of the fingers and thumb, and thumb abduction were evaluated. Functional recovery and quality of life were evaluated by filling the questionnaires: DASH („The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand“) and PNSQoL („Peripheral Nerve Surgery Quality of Life“).

Radial nerve injuries occurred more commonly in younger individuals, and the majority of them were male, while the most common mechanism of nerve injury was fracture-related contusion. Disruption of nerve continuity was significantly more common in high-energy traumas. The majority of the patients were treated by neurolysis (68%) and sural nerve grafting (26%), while only a few were treated by direct suture or nerve transfer. Useful functional recovery was achieved in 91.4% of the analyzed patients, as well as in 96% of the cases with neurolysis, 78% of the cases with sural nerve grafting, and all cases with direct suture. Surgical treatment in the first 6 months since the injury, low-energy trauma, lesions with preserved continuity and lower graft length were associated with better motor recovery, while gender, age, smoking habits, presence of associated diseases, and level of nerve failure were not significant prognostic factors. Mean DASH and PNSQoL scores were 18.2 and 66.2, respectively, which indicates good functional recovery and a low rate of postoperative disability. The patients with the nerve disrupted in continuity more commonly reported difficulties in performing some activities and were less satisfied with the result of surgery. There was a significant negative correlation between the DASH score and quality of motor recovery, as well as a significant positive correlation with the PNSQoL score.

The level of the functional recovery, as well as the quality of life following surgical treatment of radial nerve injuries were excellent, with a minimal rate of disability and a high level of patient's satisfaction. Late referral of the patients, injuries due to high-energy trauma, disruption in nerve continuity and need for long grafts were associated with the poorer recovery and require stricter evaluation, earlier surgery and use of the nerve and tendon transfers, in order to improve final outcome.

Key words: peripheral nerve injuries, radial nerve, surgical treatment, functional recovery, quality of life

Scientific field: medicine

Scientific subfield: reconstructive surgery

UDK number: _____

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Istorija hirurgije povreda perifernih živaca.....	1
1.2. Histologija, anatomija i organizacija perifernog nervnog sistema.....	5
1.2.1. Kičmeni živci (spinalni nervi).....	6
1.2.2. Periferni nervi- anatomija i funkcionalna organizacija.....	8
1.2.2.1. Vezivni omotači perifernog nerva.....	9
1.2.2.2. Vaskularizacija nerva.....	10
1.2.2.3. Fascikularna organizacija nerva.....	10
1.3. Patofiziologija povrede nerva	11
1.3.1. Klasifikacija nervne lezije.....	12
1.4. Epidemiologija i mehanizmi i povreda perifernih nerava.....	15
1.4.1. Epidemiologija.....	15
1.4.2. Mehanizmi povređivanja perifernih nerava	16
1.4.2.1. Laceracije	16
1.4.2.2. Lezije u kontinuitetu	17
1.4.2.3. Istezanja i kontuzije	17
1.4.2.4. Povrede iz vatrenog oružja.....	18
1.4.2.5. Ishemija.....	18
1.4.2.6. Kompresija.....	18
1.4.2.7. Povrede električnom strujom	19
1.4.2.8. Termičke povrede	19
1.4.2.9. Injekcione povrede.....	19
1.5. Klinička slika i dijagnostika povreda perifernih nerava	20
1.5.1. Klinička slika povrede perifernog nerva.....	20
1.5.2. Dijagnostika povrede perifernih nerava	20
1.5.2.1. Kliničko ispitivanje povreda perifernih nerava.....	21
1.5.2.2. Elektrofiziološka ispitivanja kod povreda perifernih nerava	22
1.5.2.3. Radiološka evaluacija povreda perifernih nerava	24

1.6.	Ispitivanje funkcionalnog oporavka i kvaliteta života nakon hirurškog lečenja povreda perifernih nerava	26
1.6.1.	Ispitivanje motornog oporavka nakon hirurškog lečenja.....	26
1.6.2.	Ispitivanje kvaliteta života nakon hirurškog lečenja povreda perifernih nerava	27
1.7.	Indikacije i vreme operativnog lečenja	30
1.8.	Metode i opšti principi hirurškog lečenja povreda perifernih nerava	31
1.8.1.	Neuroliza.....	31
1.8.2.	Direktna sutura nerva.....	31
1.8.3.	Termino-lateralna anastomoza.....	33
1.8.4.	Nervna transplantacija.....	34
1.8.4.1.	Tipovi nervnih transplantata	34
1.8.4.2.	Autograft	34
1.8.4.3.	Alograftovi.....	36
1.8.4.4.	Neneuralni tubusi	37
1.8.4.5.	Arteficialni tubusi	37
1.8.4.6.	Autologni tubusi.....	38
1.8.5.	Nervni transferi kod povreda žbičnog živca	38
1.8.6.	Tetivni transferi kod povreda žbičnog živca.....	39
1.9.	Žbični živac.....	40
1.9.1.	Anatomija žbičnog živca.....	40
1.9.2.	Hirurški pristupi žbičnom živcu.....	46
1.9.2.1.	Hirurški pristupi žbičnom živcu u predelu pazušne jame	46
1.9.2.2.	Hirurški pristupi žbičnom živcu u nadlaktici	47
1.9.2.3.	Hirurški pristupi žbičnom živcu u predelu lakta.....	49
1.9.2.4.	Hirurški pristup zadnjem međukoštanom živcu.....	50
1.9.2.5.	Hirurški pristup površnoj grani žbičnog živca	50
1.9.3.	Klinička dijagnostika povreda žbičnog živca	51
1.9.3.1.	Kliničko ispitivanje povreda žbičnog živca u gornjoj nadlaktici.....	52
1.9.3.2.	Kliničko ispitivanje povreda zbičnog živca u srednjoj trećini nadlaktice:	53
1.9.3.3.	Klinička dijagnostika poverda žbičnog živca u predelu lakta:	53

1.9.3.4.	Klinička dijagnostika povreda zadnjeg međukoštanog živca (IP):.....	54
1.9.4.	Zamenski pokreti od značaja za ispitivanje žbičnog živca	56
1.9.5.	Elektromiografija kod povreda žbičnog živca	57
2.	CILJEVI ISTRAŽIVANJA	59
3.	MATERIJAL I METODE	61
3.1.	Tip studije	61
3.2.	Mesto i period istraživanja.....	61
3.3.	Selekcija ispitanika	61
3.4.	Instrumenti merenja	62
3.5.	Protokol lečenja.....	62
3.6.	Statistička analiza.....	63
4.	REZULTATI.....	64
5.	DISKUSIJA	83
6.	ZAKLJUČCI.....	91
7.	LITERATURA.....	93

1. UVOD

Periferni živci predstavljaju vezu između centralnog nervnog sistema (mozak i kičmena modina) i perifernih organa i kod lečenja oboljenja perifernih živaca, oni se ne mogu posmatrati kao poseban organ, već uvek kao jedinstvena celina sa centralnim nervnim sistemom.

1.1. Istorija hirurgije povreda perifernih živaca

Prvi znanja o perifernim nervima datiraju još od Hipokrata (460 godina pre nove ere), pa se njemu pripisuje i prva nervna sutura koja je izvršena nitima ženske kose (1).

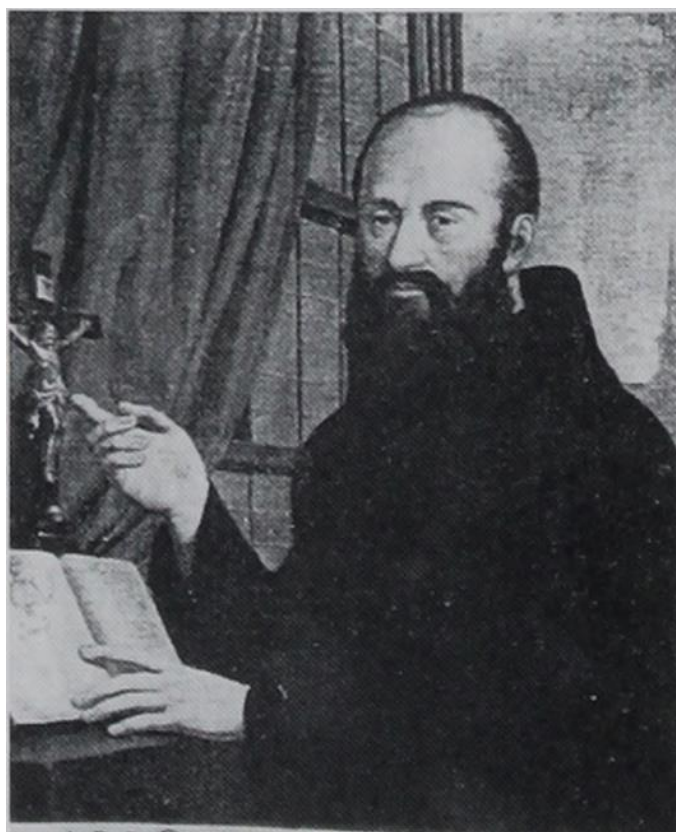
Prva značajna saznanja o nervima i njihovoj funkciji se vezuju za Grčkog lekara, Galena od Pergamona (**Slika 1.1**), koji se bavio anatomijom i fiziologijom i pokazao da presecanje pojedinih nerava može dovesti do gubitka funkcije pojedinih organa. Međutim, u tom periodu, a i duže vekova nakon toga kompletne lezije nerava su smatrane neoperabilnim, tako da se operacija presečenog nerva nije preporučivala, zbog opasnosti od razvoja epilepsije i bolnog sindroma (1,2).



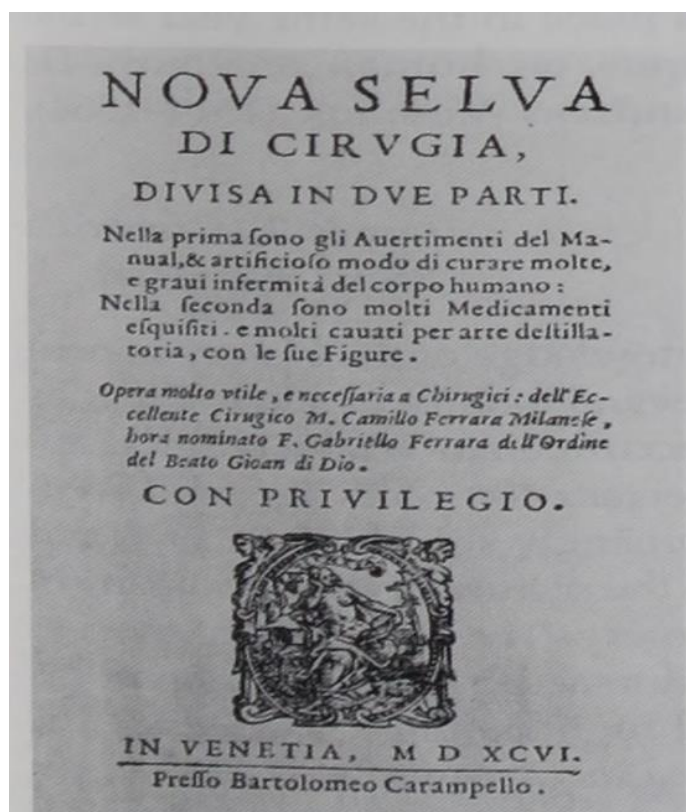
Slika 1.1. Galen od Pergamona (drugi vek nove ere)

Prve opipljive pisane tragove suture nerva nalazimo u 14-tom veku kod Francuskog hirurga Guy de Chauliac, ali još dugo vremena nakon toga ne postoje tragovi o opservaciji uspešne nervne reparacije, koji su čak i u 19-tom veku budili sumnju hirurga u mogućnost nervne regeneracije (2).

Ipak, mnogi smatraju Gabrielea Ferrarau (**Slika 1.2**) za rodonačelnika direktne suture presečenog nerva, koji u svom fundamentalnom delu „Nova Selva di Cirugia Divisa in Due Parti“ do detalja opisuje hiruršku tehniku direktne nervne suture, navodeći identifikaciju nervnih okrajaka, pažljivu trakciju retrakovanih segmenata, suturiranje posebnom iglom nakon predhodne alkoholne dezinfekcije, oblaganje i izolaciju suturiranog segmenta uljanom miksturom i imobilizaciju ekstremiteta (3).



Slika 1.2. Gabriele Ferrara (1543- 1627)

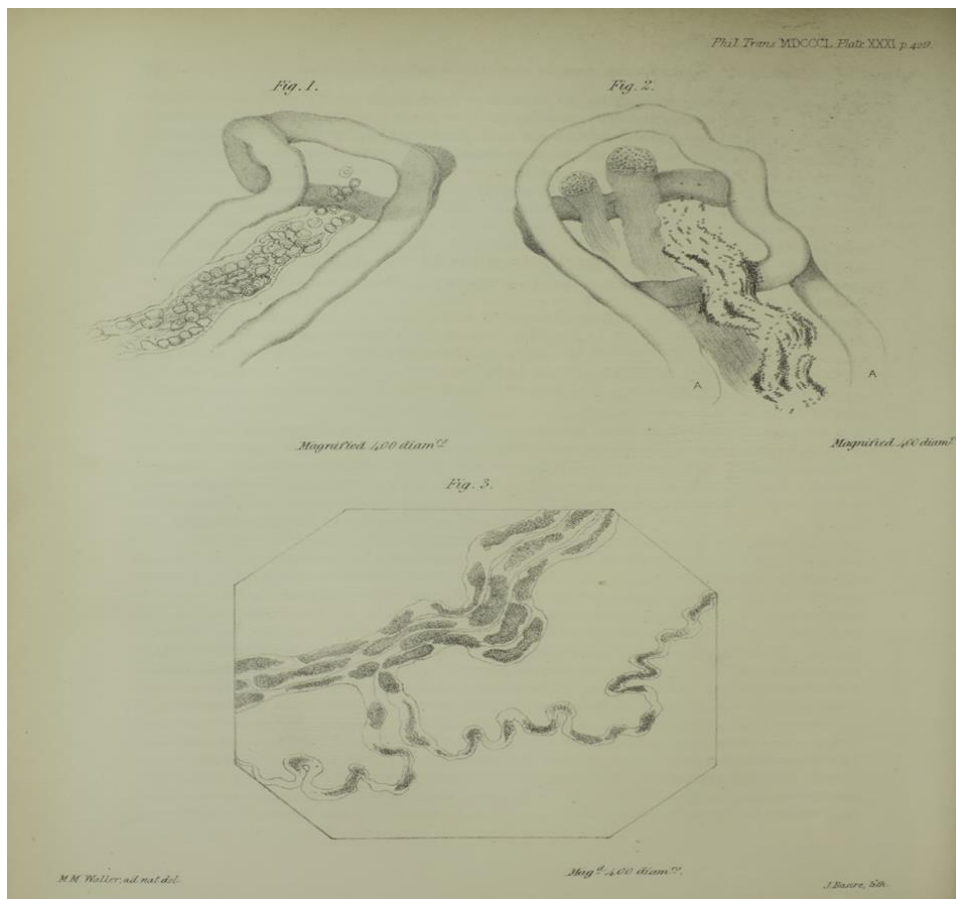


Slika 1.3. Knjiga Gabrielea Ferrare „*Nova Selva di Cirugia Divisa in Due Parti*“ publikovana u dva toma 1595.g. (Artico M et al: *Birthday of peripheral nervous system surgery: the contribution of Gabriele Ferrara (1543-1627).* *Neurosurgery*; 1996)

U 17-tom i 18-tom veku brojni naučnici u Engleskoj, Nemačkoj, Italiji i Americi (Cruikshank, Fontana, Arnemann) sprovode eksperimente na životinjama i dokazuju da u slučaju presecanja nerva dolazi do njegovog povezivanja tkivom koje je slično normalnom nervu. Međutim, zbog nedovoljno dugog praćenja, funkcionalni oporavak nije opserviran, što i dalje navodi većinu naučnika na zaključak da funkcionalna nervna regeneracija nije moguća. Ipak, Haighton (1795) radi eksperimente na psima presecanjem vagusa i dokazuje da su psi nakon 19 meseci povratili lavež koji su izgubili nakon eksperimenta. Švajcarac Pervost je uočio da je proces regeneracije moguć, ali spor i da je slučaju sekcije vagusa kod psa potrebno 4 meseca za reinervaciju.

Za dalji razvoj hirurgije perifernih nerava, od značaja je uvođenje gasnih opijata u anesteziji i napredak u razvoju histologije nervnog tkiva i patofiziologije nervne degeneracije i regeneracije, što je omogućeno mikroskopskim proučavanjem nervnog tkiva.

Kao rezultat tih istraživanja Waller 1850-te godine (**Slika 1.4**) opisuje proces degenerativnih promena u distalnom okrajku presečenog nerva, dobro poznat kao Wallerova degeneracija (4). Međutim, zasluge za razumevanje procesa degeneracije i regeneracije u distalnom okrajku ne pripadaju samo Walleru, nego su tome predhodila istraživanja brojnih naučnika, kao što su Schwann, Virchow, Gerlach, Lister, Nasse, Shoen i drugi (2).



Slika 1.4. Wallerova istraživanja nervne regeneracije i degeneracije iz 1850.g.; Papilarni nerv žabe, šest dana nakon ligature (Fig.1), Papilarni nerv tri sedmice nakon sekcije (Fig.2); Dezorganizovani mišićni nerv, sa donje strane jezika žabe, pet dana nakon sekcije (Fig.3)

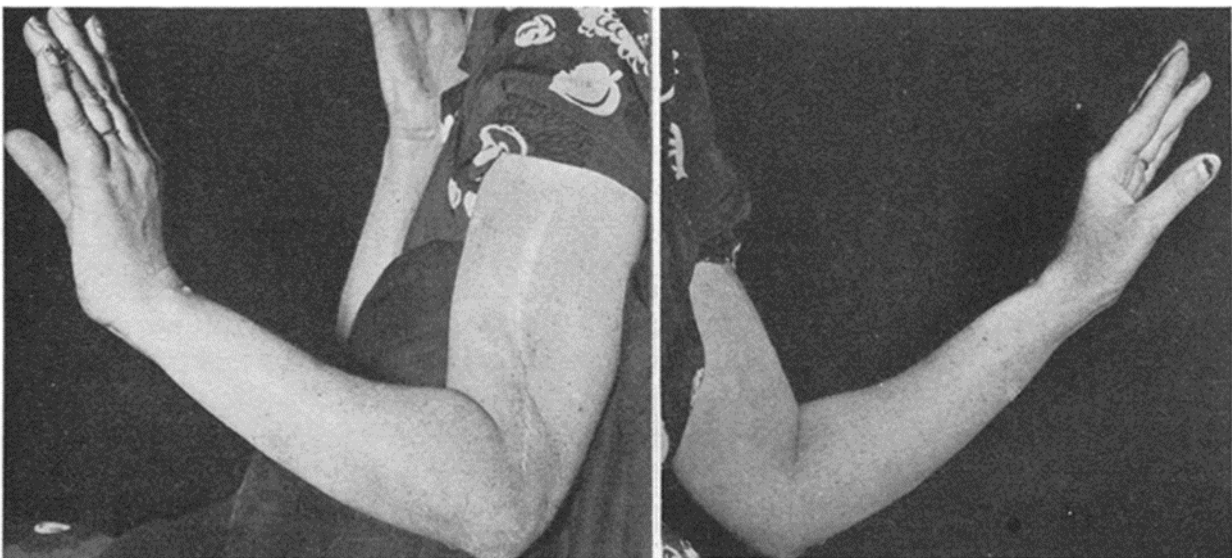
U tom periodu pojedini naučnici (*Philippeaux i Vulpian, 1859*) primećuju znake reinervacije distalnog okrajka i u slučajevima kada nervna sutura nije uradjena i postavljaju perifernu teoriju regeneracije, smatrajući da reinervacija ne potiče iz proksimalnog okrajka, već iz distalnog. Bungner 1891. godine

opisuje da tokom degeneracije distalnog okrajka Švanove ćelije formiraju kontinuirane niti- dobro poznate Bungnerove trake, ali i dalje veruje u perifernu teoriju regeneracije nerva iz distalnog okrajka.

Mogućnost funkcionalne reinervacije nakon povrede nerva je bila obeshrabrena naročito tokom američkog civilnog rata, gde većina ratnih povreda nije dala rezultate oporavka nakon suture nerva. Dvadesetih i tridesetih godina 19-tog veka brojni autori objavljuju reparacije nerava nakon povrede, ali ishod reinervacije nije bio povoljan, osim u slučajevima facijalnog nerva (5).

Ipak, Foester 1929. godine opisuje 5 uspešnih slučajeva nakon reparacije nerava autologim graftovima, u seriji od 21 bolesnika. Seddon, Young i Holms 1942. g. objavljuju uspešan slučaj regeneracije kabl autograftom dužine 7,5cm (6). Prvi uspešan oporavak nakon suture središnjeg živca (lat. *n. medianus*) je opisao Paget 1947.g. (1).

Što se tiče žbičnog živca, jedan od prvih uspešnih autograftova nakon povrede je opisao i objavio Leonard A. Titrud, 1946.g. (**Slika 1.5**) (5).

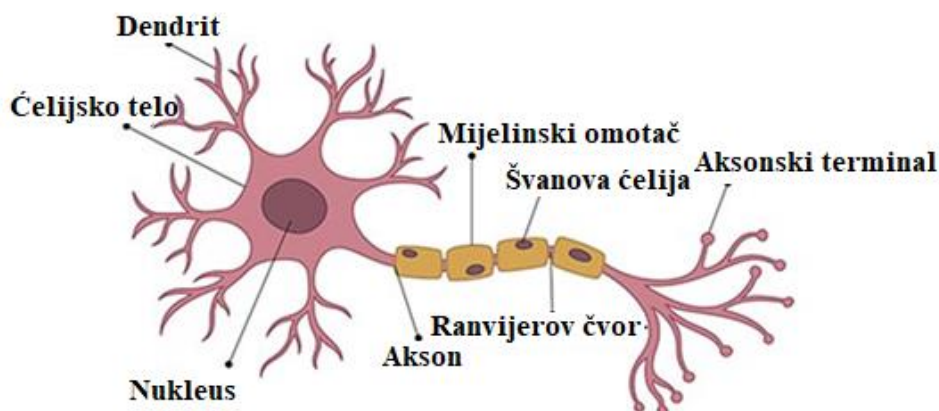


Slika 1.5. Fotografija iz 1946.g. na kojoj se vidi pacijentkinja nakon reparacije žbičnog živca graftom, sa zadovoljavajućom ekstenzijom šake i prstiju. (*Titrud L: A successful autogenous graft for radial nerve paralysis. Case report. Journal of neurosurgery, 1946*)

Moderna era hirurgije perifernog nervnog sistema započinje šezdesetih godina prošlog veka, uvođenjem operativnog mikroskopa od strane Smitha i Kurzea. Prva mikroneurohirurška operacija se vezuje za Theodore Kurzea (1957), koji je 1964. godine publikovao seriju neurohirurških operacija pod mikroskopom (7). Nervne transfere prvi uvodi Tuttle 1913.g. dok Narakas usavršava ovu tehniku osamdesetih godina prošlog veka.

1.2. Histologija, anatomija i organizacija perifernog nervnog sistema

Nervno tkivo je parenhimatozno, celularno tkivo neuroepitelnog porekla koje čine nervne i glijalne ćelije. Nervne ćelije (**Slika 1.6**) služe za obradu različitih podataka, dok glijalne ćelije predstavljaju potporno tkivo nervnim ćelijama.

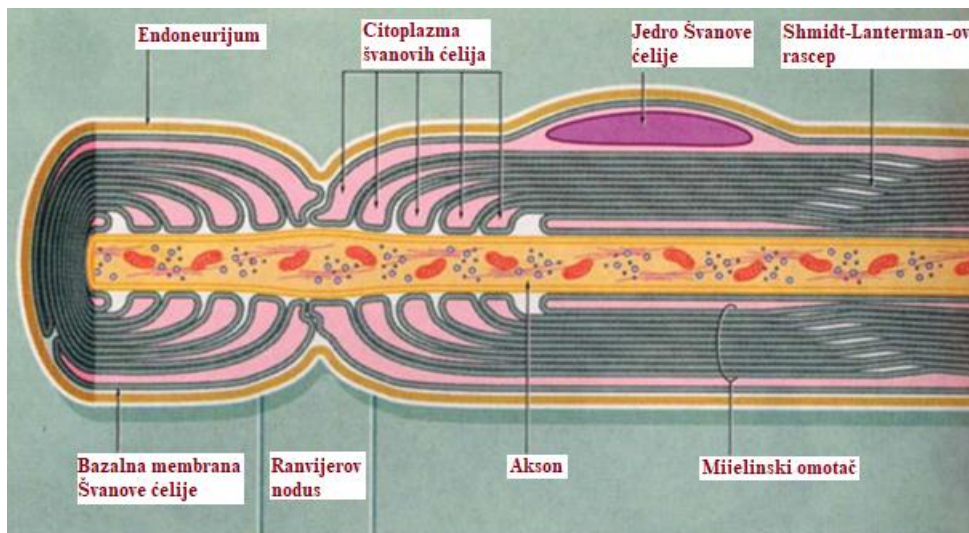


Slika 1.6. Šematski prikaz nervne ćelije

Nervni sistem se sastoji od centralnog nervnog sistema (CNS) i perifernog nervnog sistema (PNS), dok se poslednji sastoji od dva podsistema - somatski nervni sistem (SNS) i autonomni nervni sistem (ANS) (8,9).

Periferni nervni sistem (lat. *systema nervorum periphericum*) čine kranijalni i spinalni živci i pridružene spinalne ganglije. Periferni nervni sistem održava vezu između centralnog nervnog sistema i ostatka tela preko 12 pari kranijalnih živaca i 31-dnog para spinalnih živaca.

Nervno tkivo perifernog nervnog sistema čine nervna vlakna (aksoni) i Švanove ćelije. Aksoni potiču iz tela nervne ćelije koje se nalaze u centralnom nervnom sistemu, spinalnim i autonomnim ganglionima. Postoje dve vrste nervnih vlakana i to mijelinizovana i nemijelinizovana. Debla mijelinizovana nervna vlakna su obavijena mijelinizirajućim Švanovim ćelijama koje formiraju mijelinski omotač. Između dve Švanove ćelije se nalaze zone bez mijelina, koje se nazivaju Ranvijerovi čvorići (**Slika 1.7**). Ranvijerovi čvorići omogućavaju skokoviti prenos nervnih akcionih potencijala. Mala nemijelinizovana nervna vlakna sporije sprovode akcione potencijale, jer nemaju mogućnost za skokovitim prenošenjem akcionih potencijala. Smatra se da Švanove ćelije poseduju faktore rasta, koji su bitni za usmeravanje i rast aksona (10,11).

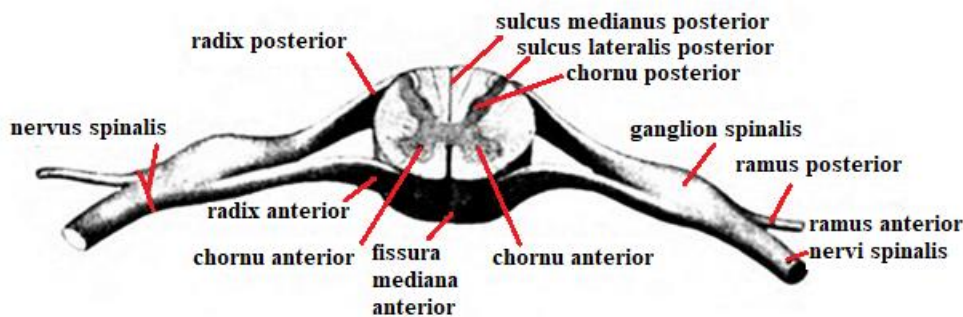


Slika 1.7. Mijelinizovano nervno vlakno (Young B and Heath J.W.: *Functional Histology*, fourth edition, 2000)

Prema funkciji nervna vlakna mogu biti aferentna, dovodna ili senzitivna koja prenose osećaje sa kože i visceralnih organa (bol, temperatura, dodir, propiocepcija) i odvodna, eferentna ili motorna koja su odgovorna za prenos motornih impulsa do odgovarajuće poprečnoprugaste ili glatke muskulature.

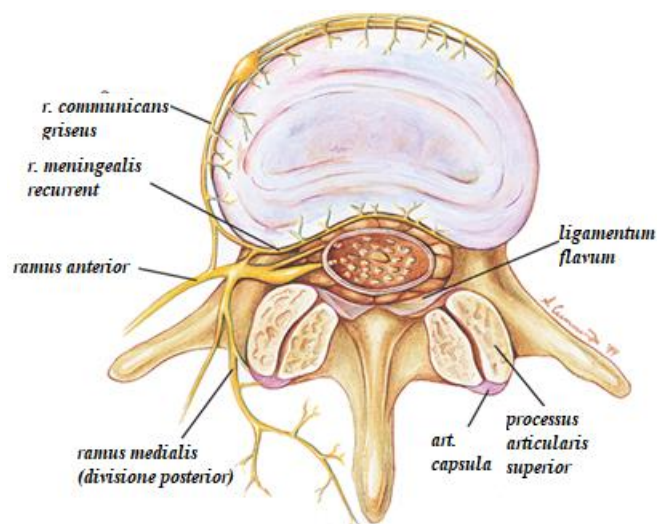
1.2.1. Kičmeni živci (spinalni nervi)

Kičmeni živci (lat. *nervi spinales*) su uglavnom mešoviti i sadrže motorna, senzitivna i autonomna nervna vlakna. Kičmeni živci nastaju spajanjem prednjeg i zadnjeg korena, koji izlaze iz prednjih i zadnjih rogova kičmene moždine (**Slika 1.8**). Prednji korenovi sadrže motorna vlakna koja inervišu mišiće udova i trupa, dok zadnji korenovi sadrže senzitivna vlakna koja prenose senzacije sa periferije i njima je pridodat spinalni ganglion.



Slika 1.8. Spinalni nervi (Sobota J.: *Sobotta's Anatomy Atlas*. 1908)

Spinalni nervi izlaze iz kičmenog kanala kroz međupršljenski otvor (lat. *foramen intervertebrale*) i potom daju svoje grane i to: prednju, zadnju, meningelanu i komunikacijsku. Zadnje grane inervišu mišiće i kožu leđa, komunikacijske grane povezuju kičmene živce sa simpatičkim ganglijama, dok se meningealne grane vraćaju u kičmeni kanal i inervišu duru mater, intervertebralne diskuse i fasetne zglobove (**Slika 1.9**).



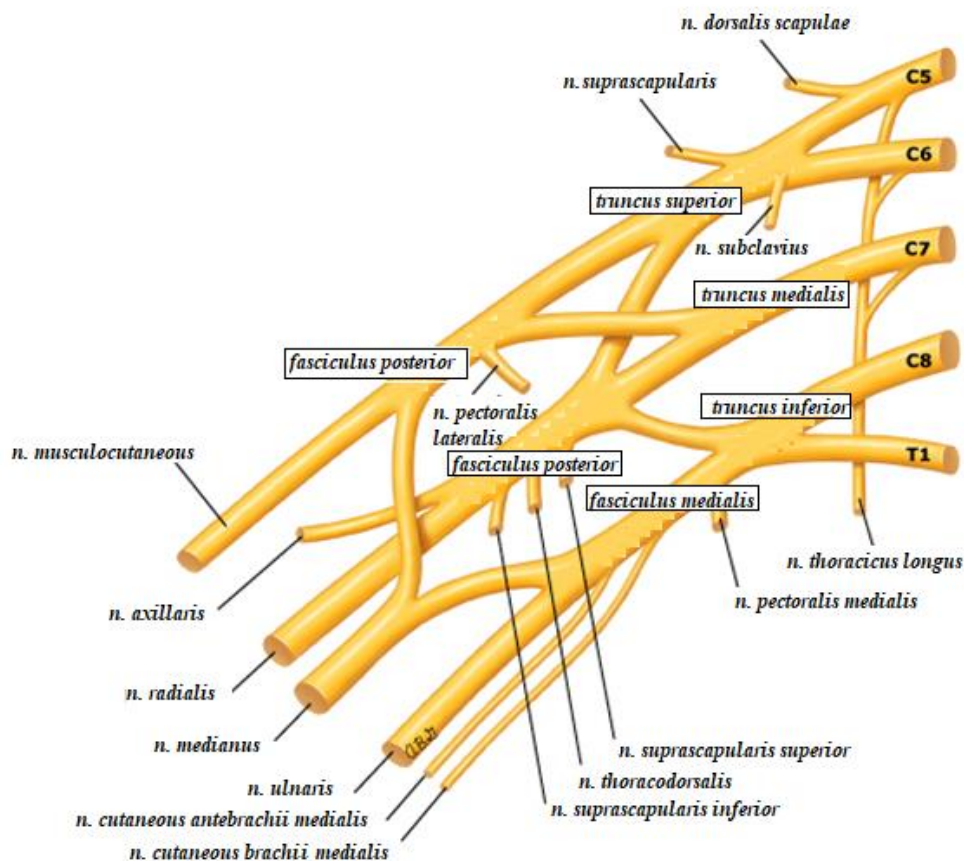
Slika 1.9. Anatomija kičmenog živca (*Netter F. Atlas of human anatomy*)

Prednje grane spinalnih nerava grade razgranate spinalne plexuse iz kojih nastaju nervi koji poseduju nervna vlakna iz različitih segmenata kičmene moždine. Na taj način u slučaju disfunkcije jednog spinalnog nerva neće doći do paralize mišića udova (9). Izuzetak predstavlja grudna kičma gde se prednje grane izolovano pružaju kao interkostalni nervi.

Spletovi spinalnih nerava su:

- vratni (lat. *plexus cervicalis*) koji nastaje od prednjih grana spinalnih živaca od C1-C4,
- rameni živčani splet (lat. *plexus brachialis*) kojeg čine prednje grane spinalnih živaca C5-Th1,
- slabinski živčani splet (lat. *plexus lumbalis*) kojeg čine prednje grane L1-L4 spinalnih živaca,
- krsni živčani splet (lat. *plexus sacralis*) kojeg čine prednje grane spinalnih živaca L5-S3
- stidni živčani splet (lat. *plexus pudendalis*) kojeg čine prednje grane spinalnih živaca (S2-S4) i
- trtični živčani splet (lat. *plexus coccygeus*) kojeg čine prednje grane S5 i kokcigealnog spinalnog živca.

Glavni nervi i inervacija gornjeg ekstremiteta (lat. *membrum superius*) potiče od ramenog živčanog spleta (lat. *plexus brachialis*) (**Slika 1.10**).



Slika 1.10. Rameni živčani splet (*plexus brachialis*)

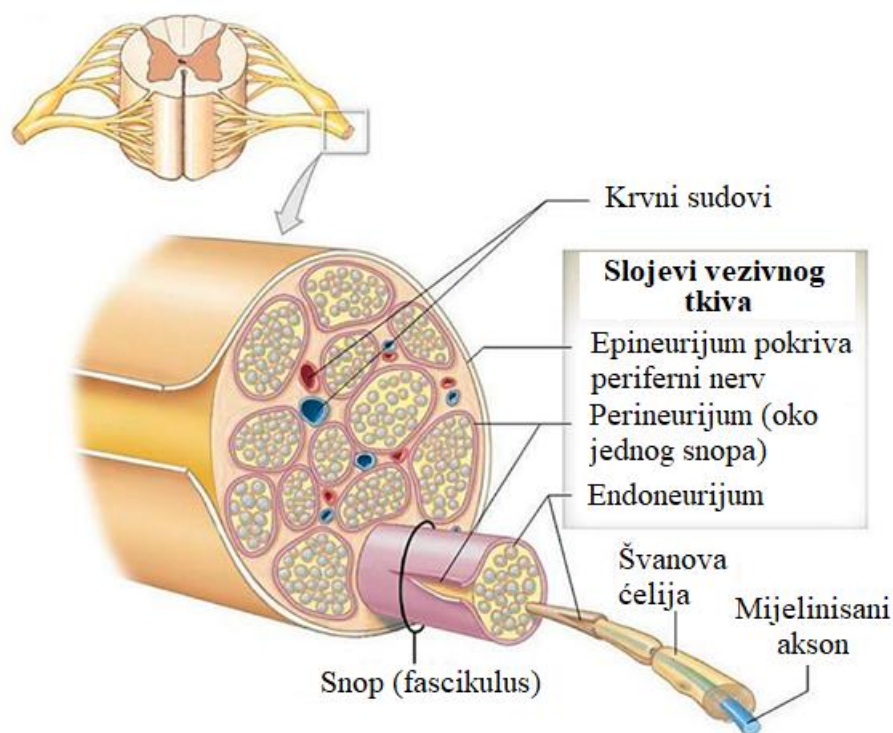
1.2.2. Periferni nervi- anatomija i funkcionalna organizacija

Nervi su specijalizovane periferne nervne formacije koje sprovode digitalne signale od periferije prema CNS-mu ili od CNS-a do periferije. Nervi se sastoje od nervnih vlakana organizovanih u snopove ili fascikuluse i vezivno-cirkulacionih elemenata. Prema vrsti nervnih vlakana koja sadrže nervi se dele na: motorne, senzorne i senzomotorne.

Najveći deo volumena nerva čini vezivno tkivo. Vezivno tkivo nerva čine

- epineurijum
- perineurijum i
- endoneurijum

koji obezbeđuju fizičku zaštitu i ishranu nervnim vlaknima (Slika 1.11). Vezivno tkivo formira skelet za rast aksona i Švanovih ćelija. Količina vezivnog tkiva varira od nerva do nerva, kao i u različitim nivoima jednog istog nerva (8,9,12).



Slika 1.11. Struktura perifernog nerva

1.2.2.1. Vezivni omotači perifernog nerva

Epineurijum predstavlja spoljašnji sloj vezivnog tkiva koji obavija nerv, a pruža se i unutra između fascikulusa formirajući interfascikularni epineurijum (**Slika 1.11**). Epineurijum se sastoji od rastresitog vezivnog tkiva i snopova kolagenih vlakana (13). Epineurijum obezbeđuje vijugav tok nerva što omogućava izvesnu uzdužnu pokretljivost nerva pri pokretima ekstremiteta. Epineurijum daje rastresit matriks za fascikuluse, štiteći ih od deformišućih sila i kompresije, dok zaštitu od istezanja predominantno daju perineurijum i endoneurijum, zbog čega otpornost na istezanje raste sa brojem fascikulusa (8,14).

Perineurijum je vezivni omotač koji obavija fascikuluse. Perineurijum se sastoji od kosih, longitudinalnih i cirkularnih vlakana koji su rasuti između perineuralnih ćelija (15). Zahvaljujući svojim elastičnim svojstvima perineurijum održava talasast tok fascikulusa, što predstavlja glavnu zaštitu od istezanja (16). Perineurijum čini i barijeru za širenje infekcije, a takođe ima veliku ulogu u regeneraciji oštećenog nerva jer aksoni regenerišu samo unutar perineurijuma (17).

Endoneurijum obavija svako mijelinizovano nervno vlakno, kao i grupe nemijelinizovanih nervnih vlakana. Endoneurijum je matriks sitnih kolagenih vlakana. Mali krvni sudovi u endoneurijumu imaju tesne veze koje služe kao krvno-nervna barijera (13,18). Endoneurijum obezbeđuje vijugav tok nervnih vlakana, koji daje dodatnu zaštitu od istezanja, ali u znatno manjoj meri od perineurijuma. Nervni korenovi od vezivnih omotača imaju samo endoneurijum, zbog čega su oni značajno osetljiviji na istezanje. Endoneurijum obezbeđuje ekscitabilnost nervnih vlakana, jer reguliše jonsku difuziju u periaksonalni prostor. Endoneurijum takođe predstavlja izolator koji onemogućava mešanje električnih potencijala (19,20).

1.2.2.2. Vaskularizacija nerva

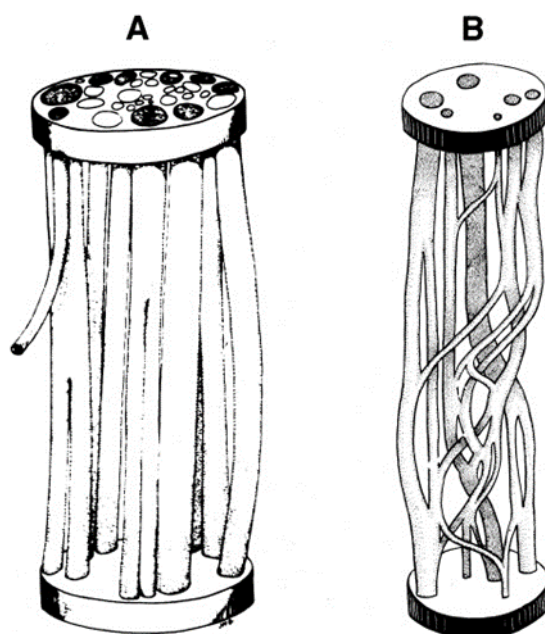
U vaskularizaciji nerva učestvuju ekstraneuralni i intraneuralni sistem. Ova dva sistema imaju anastomoze koje omogućavaju kolateralni krvotok. Ekstraneuralni sistem čine arterije (*arteriae nervorum*) koje formiraju longitudinalnu vaskularnu mrežu koja se nalazi u epineurijumu i koje daju grane za intraneuralni vaskularni sistem. Intraneuralni vaskularni sistem podrazumeva mrežu arteriola koja se širi interfascikularno, perineuralno i intrafascikularno, gde se završavaju mrežom kapilara. Istezanja nerva do 8% nemaju uticaja na vaskularni sistem, dok istezanja nerva od 11-18% dovode do potpunog prekida cirkulacije (8).

Epineurijalni longitudinalni krvni sudovi imaju kolateralno vaskularno snabdevanje iz mezoneurijuma, ali ovi krvni sudovi mogu biti žrtvovani prilikom mobilizacije nerva, bez ugrožavanja funkcije nerva i mogućnosti regeneracije, jer longitudinalni vaskularni sistem ostaje intaktan (21).

1.2.2.3. Fascikularna organizacija nerva

Mikrohirurška reparacija nerva se vrši na nivou fascikulusa koji predstavlja osnovnu histološku jedinicu nerva. Fascikulus čine grupacije nervnih vlakana koji su obavijeni perineurijumom (**Slika 1.11**). U većini fascikulusa se u različitom odnosu nalaze motorna, senzitivna i vegetativna nervna vlakna. U nekim slučajevima fascikulus može biti čisto motorni ili senzitivni, ali svi sadrže vegetativna nervna vlakna.

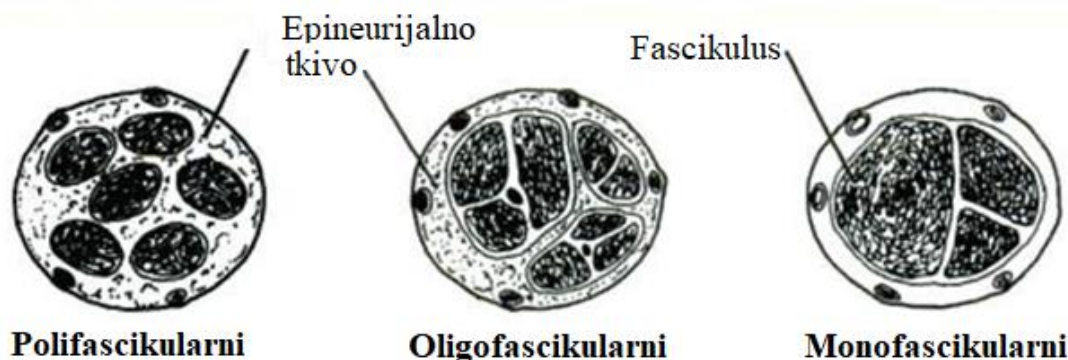
Fascikulusi se unutar nerva spajaju i razdvajaju formirajući fascikularne pleksuse (**Slika 1.12**). Fascikularni pleksusi dovode do varijacija u broju i veličini fascikulusa duž nerva, pregrupisanja nervnih vlakana između fascikulusa i formiranja individualnih nervnih grana.



Slika 1.12. Fascikularni pleksusi

Broj i veličina fascikulusa varira na različitim nivoima istog nerva, ali varira i kod različitih osoba ili kod iste osobe varira za iste nerve na suprotnoj strani. Prema broju fascikulusa nervi se mogu podeliti u tri grupe (**Slika 1.13**) (22,23):

- a) Monofascikularni nervi koji su građeni od jednog velikog fascikulusa (*n. radialis* u predelu spiralnog zgloba, *ulnaris* u predelu lakta)
- b) Oligofascikularni nervi su građeni od 8 do 10 većih fascikulusa
- c) Polifascikularni nervi se sastoje od velikog broja malih fascikulusa i podeljeni su u dve podgrupe
 - Polifascikularni nervi sa difuznim rasporedom (najčešće se javlja u proksimalnim delovima nerva)
 - Polifascikularni nervi sa grupnim rasporedom



Slika 1.13. Fascikularna organizacija nerava- poprečni presek kod polifascikularnih, oligofascikularnih i monofascikularnih nerava

Nervi tokom svog toka mogu ispoljiti sve fascikularne tipove. U proksimalnim delovima nerva se veoma često sreće polifascikularni tip sa difuznim rasporedom, dok se u distalnim delovima češće sreće polifascikularni tip sa grupnim rasporedom. Monofascikularni i oligofascikularni tip sa nekoliko fascikulusa se sreću kod facijalisa u stilomastoidnom otvoru, kod korenova brahijalnog plexusa, proksimalnim delovima žbičnog živca, kod lakatnog živca (*n. ulnaris*) u predelu lakta, kod zajedničkog lišnjačnog živca (lat. *n. peroneus communis*) u predelu poplitealne jame itd. (22,24).

1.3. Patofiziologija povrede nerva

Kada dođe do traumatskog prekida nerva javlja se Valerova degeneracija aksona distalno od mesta povrede. Ona podrazumeva razgradnju aksoplazme i mijelinskog omotača i njihovu postepenu fagocitozu. Valerova degeneracija zahteva nekoliko nedelja. Distalna bazalna lamina ostaje očuvana i Švanove ćelije proliferišu duž nje, omogućavajući naknadnu regeneraciju aksona (22). Upravo postojanje bazalne lamine Švanovih ćelija, omogućava regeneraciju nervnih vlakana perifernih nerava, dok centralni nervni sistem nema mogućnost regeneracije. Na mestu traumatskog prekida nerva dolazi do razaranja bazalne lamine, ali ona opstaje proksimalno i distalno od mesta povrede (24,25). U distalnom okrajku bazalna lamina okružuje delove degenerisanog mijelinskog omotača i aksoplazme, koji se postepeno fagocituju, a Švanove ćelije proliferišu oko konusa rasta aksona i distalno, formirajući Bungnerove trake (26). Bazalna lamina kanališe regenerišuće aksone unutar vezivnog skeleta nerva. Proliferacija Švanovih ćelija je odgovorna za premošćavanje traumatskog defekta nerva.

Kod teških povreda nerva dolazi do oštećenja vezivnog tkiva koje je bitno za regeneraciju nervnih vlakana. Oštećeno vezivno tkivo nerva proliferiše, ali njegova regeneracija je veoma često neorganizovana, što dovodi do sprečavanja distalnog rasta aksona (27). U animalnim modelima regenerišuća nervna vlakna često menjaju svoju putanju ili se dele više puta zbog dezorganizacije endoneurijuma i interfascikularnog epineurijuma, što dovodi do smanjenja kalibra distalnih aksona i

njihove slabe mijelinizacije (20,22,28). Takvi regenerišući aksoni menjaju svoje mesto reinervacije ili ne dolaze dovoljno blizu efektorskih organa da bi maturirali i postali funkcionalni.

U slučaju povrede aksona telo nervne ćelije podleže hromatolizi. Takođe, dolazi do uvećanja neurona usled povećanja citoplazme i to dominantno na račun povećanja ribonukleinske kiseline (RNA) (9,22,23,29). RNA je neophodna za rekonstrukciju aksona jer obezbeđuje sintezu polipeptida i proteina koji su neophodni za obnovu aksoplazme. Ova metabolička aktivnost dostiže maksimum 20-tog dana nakon povrede (30). To je i idealan termin za sekundarnu reparaciju nerva. Ove metaboličke promene su više izražene ukoliko je povreda aksona bliža kičmenoj moždini. Prisustvo neurotrofičkih faktora omogućava preživljavanje neurona, a oni potiču od okolnih neurona i od Švanovih ćelija na periferiji (31,32). Neuspela regeneracija aksona dovodi do veće apoptoze senzornih neurona, dok motorni neuroni mogu preživeti do godinu dana bez regeneracije distalnog okrajka aksona (33).

Ukoliko se proksimalni okrajak nerva resekira nakon povrede, primećena je nova regenerativna aktivnost nervne ćelije. To upućuje da sekundarna aksotomija proksimalnog okrajka nekoliko nedelja nakon povrede može pospešiti regeneraciju aksona. Još nije utvrđeno da li sekundarna aksotomija dovodi do potpuno nove sinteze RNA ili samo produžava aktivnost ranije aktivirane RNA, usled primarne aksotomije. Shodno tome, u toku reparacije nerva, bilo primarne ili sekundarne, vrlo je bitno resekirati ne samo distalni, već i proksimalni okrajak do u zdravo (34).

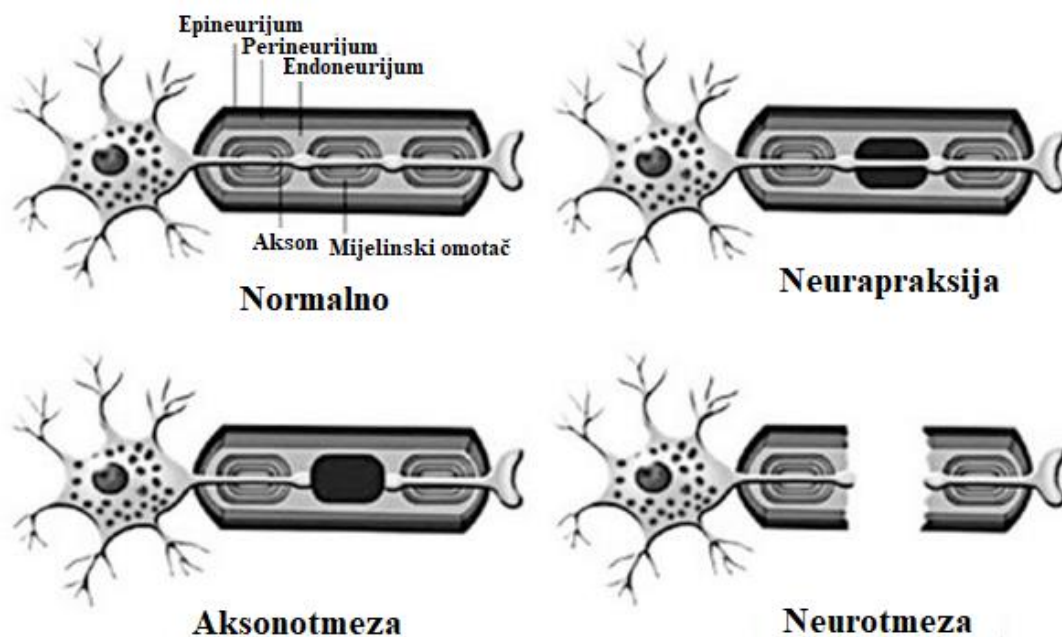
U proksimalnom okrajku nakon povrede dolazi do retrogradne degeneracije koja je ograničena i kod lakih povreda ide do prvog Ranvierovog čvorića, dok kod težih povreda zahvata 1 do 3 cm retrogradno. Takođe, dolazi do proliferacije Švanovih ćelija. Aksonalno bujanje iz proksimalnog okrajka se dešava od 10-12 dana, zbog čega je najpovoljnije vreme za nervnu suturu kraj treće nedelje (9,22,23). To se poklapa i sa uvećanjem tela nervne ćelije i intezivnim metaboličkim promenama, koje su najviše izražene nakon tri nedelje od povrede. Ukoliko ne dođe do reinervacije, proliferišući aksoni se uvrću i formiraju centralni neurom.

Receptori motorne ploče ostaju očuvani više od godinu dana, dok mišićna vlakna fibroziraju nakon 12-24 meseci i ograničavaju dalju reinervaciju. Za razliku od motornih postsinaptičkih receptora, senzorni receptori preživljavaju duže, što omogućava senzornu reinervaciju i nakon više godina. Kod senzorne reinervacije prvo se oporavljaju osećaj bola i temperature, a potom sledi vibracioni senzibilitet i osećaj dodira.

Organ lišen inervacije postaje hipersenzitivan na uobičajene transmitere. Mišić nakon denervacije ispoljava depolarizaciju i izvan motorne ploče, na čitavoj mišićnoj membrani, usled čega dolazi do pojave mišićnih fibrilacija koje se javljaju tri sedmice nakon povrede. Na ovoj depolarizaciji čitave mišićne membrane se zasniva metoda implantacije proksimalnog nervnog okrajka direktno na mišić, u slučaju nepostojanja distalnog okrajka.

1.3.1. Klasifikacija nervne lezije

U jednom istom nervu postoje nervna vlakna koja su različite debljine, dispozicije i različitih potreba za kiseonikom i nutrijentima. Zato najveći deo povreda nerva sadrži različiti stepen neurapraksije, aksonotmeze i neurotmeze (**Slika 1.14**), koje je prvi opisao *Hebert Seddon* 1942. godine (35).



Slika 1.14. Sedonova klasifikacija povreda nerava

Kod neurapraksije dolazi do bloka u sprovođenju nervnog impulsa duž nervnog vlakna, koji se oporavlja bez Valerove degeneracije. Kod neurapraksije dolazi do segmentne demijelinizacije, ali većina aksona je očuvana, bez postojanja Valerove degeneracije.

Neurapraksiju izazivaju kompresija, relativno blagi tupi udari, uključujući i povrede iz vatrenog oružja male brzine u blizini nerva. Najčešći primeri neurapraksije predstavljaju paraliza peroneusa usled duže pozicije prekrštenih nogu, kao i paraliza radijalisa usled kompresije tokom spavanja ("Saturday night palsy"). Kod neurapraksije stimulacija nerva proksimalno od povrede ne dovodi do mišićne kontrakcije, ali stimulacija distalno od povrede izaziva mišićnu kontrakciju. Ovoj povredi su najviše izložena debela mijelinizovana motorna vlakna, kao i vlakna za dodir i osjećaj položaja, dok su tanka vlakna odgovorna za bol i znojenje sačuvana. Zbog toga su ove povrede često praćene bolom. Ove povrede nerava se uvek oporavljaju u intervalu od nekoliko dana do 5-6 nedelja (9,18,24,28).

Aksonotmeza podrazumeva gubitak kontinuiteta aksona i mijelinskog omotača, ali sa očuvanim vezivnim omotačima nerva (36). Zbog prekida kontinuiteta aksona distalno od povrede nastaje Valerova degeneracija. Elektromiografija (EMG) 2-3 nedelje nakon povrede ukazuje na fibrilacije i denervacione potencijale u mišićima distalno od mesta povrede (37). Oporavak funkcije se javlja samo ukoliko dođe do regeneracije aksona. Aksonotmeza nastaje usled jače kontuzione povrede nerva nego kod neurapraksije. Posle 2-3 dana od povrede stimulacija ni proksimalno ni distalno od povrede ne dovodi do mišićne kontrakcije.

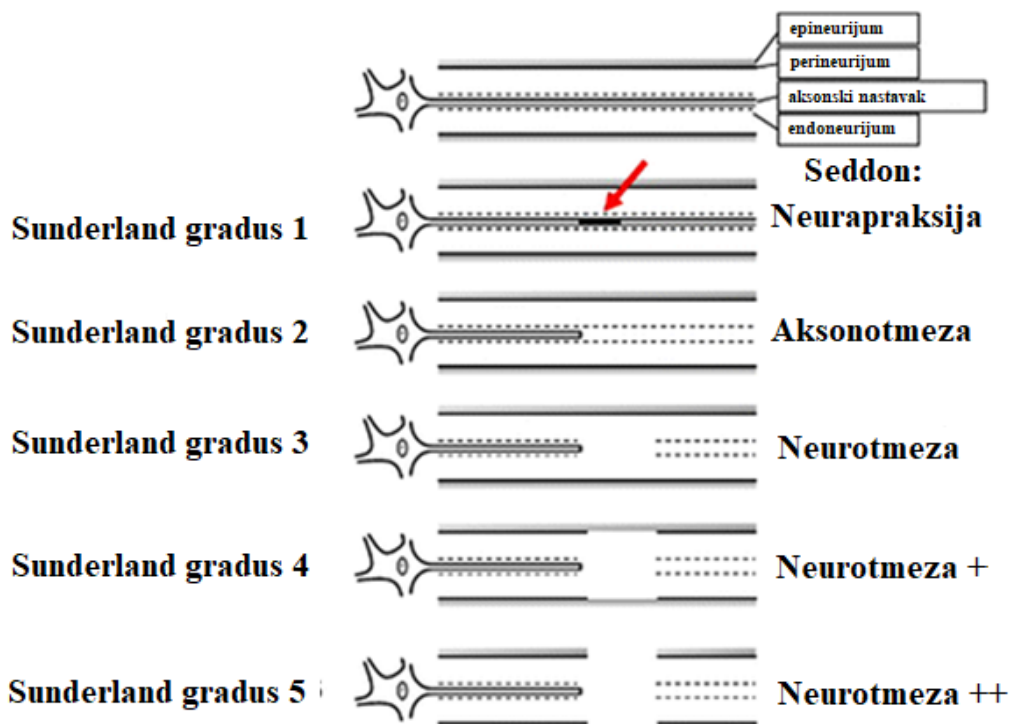
Regenerativni potencijal kod aksonotmeze je veliki zbog očuvane bazalne lamine i relativno očuvanog distalnog endoneurijuma. Prilikom povrede aksona uvek dolazi do retrogradne proksimalne degeneracije, koja se prilikom reinervacije prva regeneriše, a zatim neurit mora proći zonu prekida kontinuiteta i nastaviti regeneraciju distalnog okrajka. Prosečna brzina regeneracije distalnog okrajka iznosi 1mm na dan. Brzina aksonalne reinervacije je veća kod proksimalnih povreda i iznosi do 2-3 mm na dan, a kod distalnih povreda iznosi oko 0,5 mm dnevno (38). Kada regenerišući aksoni pređu nivo povrede u distalni okrajak, moguće je registrovati nervne akcione potencijale male amplitude mnogo pre registrovanja mišićnih akcionih potencijala ili registrovanja smanjenja denervacionih mišićnih promena (24,39). Kada akson dostigne mišić stimulacija aksona može izazvati mišićnu

kontrakciju pre pojave voljnih pokreta. Ove mišićne kontrakcije mogu predhoditi kliničkom oporavku više nedelja (14,40).

Neurotmeza podrazumeva oštećenje aksona i vezivnih omotača nerva. Neurotmeza obuhvata ne samo povrede kod kojih je došlo do transekcije nerva, već i mnoge povrede u kontinuitetu kod kojih dolazi do interne disrupcije perineurijuma, endoneurijuma i aksona. Kod neurotmeze se javljaju iste denervacione promene u mišićima kao kod aksonotmeze. Oporavak kod ovih povreda je retko moguć jer regenerišući aksoni ulaze u vrtlog regenerišućih fibroblasta i kolagena, formirajući dezorganizovani neurom na mestu povrede nerva. Stimulacija nerva bilo iznad ili ispod povrede ne dovodi do pojave nervnog akcionog potencijala (NAP) (9,22,41). Ako aksoni i dostignu distalni okrajak, oni često ne mogu da pronađu predhodnu putanju, a zbog proliferacije i kontrakcije epineurijuma ne dostižu adekvatan promer i mijelinizaciju da bi postali funkcionalni.

Sanderlend 1951.g. (Slika 1.15) proširuje Seddon-ovu klasifikaciju i opisuje pet gradusa povrede nerva (18,23):

- Gradus I odgovara neuropraksiji, sa blokom kondukcije nervnog potencijala i očuvanim aksonom.
- Gradus II odgovara aksonotmezi sa prekidom kontinuiteta aksona i očuvanim endoneurijumom.
- Gradus III predstavlja kombinaciju aksonotmeze i neurotmeze i podrazumeva oštećenje aksona i endoneurijuma, dok je većina perineurijuma očuvana sa oštećenjem strukture fascikulusa.
- Gradus IV podrazumeva oštećenje aksona, endoneurijuma, perineurijuma i odsustvo fascikularne strukture, pri čemu se kontinuitet nerva održava uz pomoć epineurijuma.
- Gradus V podrazumeva transekciju nerva ili klasičnu neurotmezu.



Slika 1.15. Klasifikacija povreda nerva po Sanderlend-u

Mackinon i Dellon (1988) uvode i gradus VI koji podrazumeva parcijalnu sekciju nerva, dok je drugi deo u kontinuitetu, sa različitim stepenom aksonotmeze i neurotmeze (23,42).

Zavisno od vremena koji je potreban aksonima da dosegnu distalno reinervaciono područje, endoneurijalni tubusi će biti prošireni ili će doći do sužavanja njihovog promera. Suženje endoneurijalnih tubusa posle šest meseci značajno smanjuje mogućnost reinervacije (8). Obično više aksona prolazi kroz isti endoneurijalni tubus, ali samo oni koji dostižu inervacioni receptor i inervišu ga opstaju, maturiraju i mijelinizuju. Ostali aksoni degenerišu ili ne podležu maturaciji (22,24,43). Regenerativni aksoni neće biti efektivni čak i ako dostignu distalne receptore, ako nisu stigli u blizinu njihove prvobitne inervacije (24,44). Denervisani mišići doživljavaju histološke promene već posle treće nedjelje od povrede. Mišićna vlakna se skvrčavaju i smanjuje se poprečna ispruganost. Atrofija mišićne mase postaje klinički evidentna već posle nekoliko nedelja i traje sve do reinervacije (31,45). Ukoliko ne dođe do reinervacije mišići fibroziraju i nakon dve godine mogu biti potpuno zamenjeni ožiljnim i masnim tkivom (22,46). Ove promene u mišićima limitiraju bilo kakvu mogućnost reinervacije nakon isteka dve godine od povrede nerva.

1.4. Epidemiologija i mehanizmi i povreda perifernih nerava

1.4.1. Epidemiologija

Povrede perifernih nerava nisu tako česte, ali predstavljaju značajan uzrok nesposobnosti, prouzrokuju velike socioekonomske probleme i ostavljaju značajne psihosocijalne posledice po pojedinca (47–49). U prilog ovome govori i činjenica da se povrede perifernih nerava javljaju kod mlađih, radno aktivnih osoba i da se prosečna starost kreće između 30- 40 godina (48,50).

U odnosu na povrede drugih organa, povrede perifernih nerava su znatno ređe i njihova incidenca se kreće od 1-3%, kod traumatizovanih bolesnika sa povredama gornjih i donjih ekstremiteta (50,51). Većina do sada objavljenih studija je pokazala da su povrede perifernih nerava značajno češće kod muškaraca, nego kod žena i taj odnos se kreće oko 2.2:1 (51–53). Što se tiče glavnih nerava gornjeg ekstremiteta, najčešće su povrede središnjeg živca, potom lakatnog i na kraju žbičnog živca.

Lezije perifernih nerava mogu nastati usled mehaničke povrede pri traumi, jatrogene lezije tokom hirurških intervencija, idiopatske nervne kompresije i tumorske promene. Najčešći uzrok lezija žbičnog živca predstavljaju mehaničke traumatske lezije, za razliku od središnjeg i lakatnog živca (lat. *n. medianus et n. ulnaris*), kod kojih su najčešće idiopatske kompresije (9,53–57). Jatrogene lezije radijalisa imaju sličnu incidencu kao kod medijanusa i ulnarisa (58), dok je učestalost tumorskih promena znatno manja (59).

Za razliku od medijanusa i ulnarisa, koji su površniji i češće podložni laceracijama i sekcijama, žbični živac je smešten dublje i u blizini kosti, tako da su kontuzije usled preloma kosti najčešći mehanizam povređivanja, dok su laceracije i sekcije znatno ređe (53,54,60).

Najčešći uzrok traumatske povrede perifernih nerava predstavljaju saobraćajni udesi, padovi, povrede industrijskim mašinama, tupim i oštrim predmetima, kao i povrede iz vatrenog oružja. Povrede perifernih nerava su često urdužene sa povredama okolnih tkiva i organa, među kojima su najčešći prelomi kostiju, povrede tetiva i mišića, kao i povrede krvnih sudova (51,61,62).

Epidemiološke karakteristike povreda radijalisa nisu dovoljno poznate i postoji veoma mali broj objavljenih studija koje se bave ovom tematikom (55,63). Najčešći uzrok lezija radijalisa jesu prelomi tela humerusa, pa najveći dio dosada objavljenih studija se odnose na povrede radijalisa udružene sa ovim entitetom (61,64,65).

Proksimalne lezije radijalisa, u gornjoj nadlaktici i aksili, mogu nastati usled proksimalnih preloma humerusa, traktionih povreda koje zahvataju i zadnji snop, sklopetarnih i penetrantnih povreda, ali i kod kompresije usled neadekvatnog položaja tokom spavanja ("Saturday night palsy"). Sekundarne reparacije preloma humerusa mogu dovesti do lezije grana za triceps, sa izolovanom lezijom tricepsa (55,58,66,67).

U srednjoj i distalnoj nadlaktici, radijalni nerv je najčešće povređen usled preloma humerusa, a takođe povrede mogu nastati i jatrogeno usled zatvorene i otvorene repozicije humerusa ili prilikom uklanjanja osteosintetskog materijala (61,68,69).

Povrede žbičnog živca u predelu lakta su najčešće uzrokovane sklopetarnim povredama, a ređe prelomima i dislokacijom lakta, cistama i tumorima u ovoj regiji ili Volkmanovom ishemičnom kontrakturom.

Zadnji međukoštani živac (*lat. n. interosseus posterior*) je najčešće zahvaćen kompresivnim lezijama u predelu gornje ivice supinatora, ali može biti oštećen i usled preloma radijusa i ulne, penetrantnim i tupim povredama ove regije, tumorima kosti i mekih tkiva ili usled repozicije preloma radijusa i ulne (55,70–72). Što se tiče dorzuma podlaktice, povrede radijalisa nastaju usled laceracija, a ređe usled sklopetarnih povreda, preloma i tumora.

1.4.2. Mehanizmi povređivanja perifernih nerava

Na osnovu mehanizma povređivanja povrede perifernih nerava se mogu podeliti na:

1. Laceracije
2. Kontuzije i istezanja
3. Ishemijeske povrede
4. Kompresije
5. Sklopetarne povrede
6. Električne
7. Termičke
8. Iradijacione
9. Injekcione.

1.4.2.1. Laceracije

Kod laceracije mekih tkiva uvek može doći do oštećenja nerava, ali oštra transekcija nerva se dešava u 30% slučajeva (73). U ostalim slučajevima dolazi do oštećenja nerva bez prekida njegovog kontinuiteta, traktionim mehanizmom i direktnim nagnječenjem nerva (18).

Kod parcijalne transekcije nerva postoji deo nerva koji je u kontinuitetu sa različitim stepenom lezije, od gradusa I do IV po Sanderlendu. Funkcionalni deficit može biti neznatan, pa sve do kompletne nervne lezije. Studije na primatima su pokazale da se kod parcijalnih transekcija nerva funkcionalni deficit pogoršava unutar nekoliko sati, što se objašnjava oticanjem fascikulusa usled lezije perineurijumske barijere. Funkcionalni oporavak kod parcijalnih lezija spontano nastaje usled oporavka aksonotmeze u delu nerva koji je u kontinuitetu, pre nego usled spontane regeneracije dela nerva koji je presečen (74–76).

Kod oštih transekcija nerva epineurijum je linearno presečen i postoje samo minimalne kontuzione promene i hemoragije u proksimalnom i distalnom okrajku nerva. Na oba okrajka nerva se formiraju samo minimalni neuromi, mnogo manji od onih koji nastaju kod tupih transekcija.

Kod tupih transekcija dolazi do neravne transekcije epineurijuma sa longitudinalnim zasecima na oba kraja. Takođe, kontuzije i hemoragije zahvataju po nekoliko centimetara na oba okrajka nerva. Vremenom se formiraju opsežni neuromi distalno i proksimalno i dolazi do značajne retrakcije fragmenata (77,78).

1.4.2.2. Lezije u kontinuitetu

Veliki deo teških povreda nerva ne dovodi do transekcije već do lezije u kontinuitetu. Zavisno od studije, udeo lezija u kontinuitetu iznosi od 60%-70% teških povreda nerava (74,79). Funkcionalni deficit kod lezija u kontinuitetu može varirati od delimičnog do potpunog. Spontani oporavak neurološkog deficita kod ovih povreda može biti dobar, delimičan ali manji nego posle hirurške reparacije i minimalan bez značajnog funkcionalnog oporavka.

Do dana današnjeg veoma je teško predvideti nivo spontanog oporavka kod lezija u kontinuitetu, uprkos svim do sada raspoloživim dijagnostičkim metodama (41,80). Kod lezija u kontinuitetu oštećenja aksona mogu varirati od neurapraksije i aksonotmeze do neurotmeze. Stepem oporavka kod lezija u kontinuitetu zavisi od lezije vezivnih elemenata i intrafascikularne fibroze. Izražena intrafascikularna fibroza dovodi do neadekvatnog rasta aksona koji formiraju vrtloge u vezivnom tkivu i dovode do formiranja neuroma u kontinuitetu. Kod ovakvih lezija nivo uspešnog oporavka je minimalan. Kod tipične lezije u kontinuitetu distalno od mesta lezije dolazi do Valerove degeneracije i očuvani su endoneurijalni tubusi i bazalna lamina, a Švanove ćelije prolišerišu što omogućava adekvatne uslove za reinervaciju aksona. Međutim, na mestu lezije dolazi do velikog oštećenja perineurijuma i endoneurijuma koji proliferišu i onemogućavaju adekvatno usmeravanje regenerišućih aksona distalno, koji podležu grananju. U tom slučaju dolazi do grananja aksona i po nekoliko stotina puta (81). Aksoni koji dostižu distalni deo nerva su tanki i slabo mijelinizovani i retko dostižu završne organe koje su inervisali pre povrede. Samim tim, kod većine ozbiljnih lezija u kontinuitetu, nije moguće očekivati funkcionalan spontani oporavak (18,56,74).

Ukoliko oštećenja vezivnih omotača- perineurijuma i epineurijuma, nisu toliko izražena, aksoni regenerišu dobro kroz mesto povrede nerva, uz minimalno grananje, progrediraju distalno i dostižu završne organe na mestu predhodne inervacije. Takođe, u tom slučaju se može očekivati da dostignu adekvatan kalibar i mijelinizaciju i samim tim možemo očekivati koristan funkcionalni oporavak. Za adekvatan funkcionalni oporavak, kod lezija u kontinuitetu, veoma je bitno da regenerišući aksoni dostignu završne organe u predelu ranije reinervacije (82).

Vrlo je teško predvideti koja lezija u kontinuitetu će imati koristan funkcionalni oporavak. Što se tiče mehanizma povrede, lakše kompresivne i kontuzione povrede, lake tracione povrede i pojedine povrede iz vatrenog oružja mogu imati koristan funkcionalni oporavak. Povrede koje nastaju usled težih kompresivnih i kontuzionih povreda, kao i težih tracionih povreda imaju manje šanse za spontani oporavak. Zbog teško predvidivog toka kod lezija u kontinuitetu, ove povrede se klinički i neurofiziološki prate nekoliko meseci, pre odluke o hirurškoj eksploraciji i stimulaciji (79).

1.4.2.3. Istezanja i kontuzije

Dejstvo tupe sile na nerve predstavlja vodeći uzrok njihovog povređivanja (77,83,84). Većina teških povreda nerava su uzrokovana istezanjem, trakcijom i kontuzijama. Nerv može izdržati umerena istezanja zahvaljujući elastičnim svojstvima perineurijuma (18,23). Međutim, istezanje nerva za svega 8% dovodi do poremećaja intraneuralne cirkulacije i poremećaja krvno-nervne barijere, a istezanja za preko 10-20% dovode do strukturnih oštećenja (74,85). Takve sile mogu dovesti do potpunog prekida nerva ili češće do lezije u kontinuitetu sa različitim stepenom unutrašnjeg oštećenja. Ukoliko dolazi do prekida nerva, oba okrajka nose oštećenja duž više centimetara, sa izraženom retrakcijom i ožiljkom na njima. Kod lezija u kontinuitetu, oštećenje nervnih vlakana varira od

neurapraksije, aksonotmeze do neurotmeze. Ove povrede se najčešće dešavaju usled preloma dugih kostiju, iščašenja zglobova i povreda iz vatrenog oružja.

1.4.2.4. Povrede iz vatrenog oružja

Većina povreda nerava iz vatrenog oružja nisu uzrokovane direktnim dejstvom projektila, dok kod samo 15% ovih povreda dolazi do kompletne ili parcijalne transekcije nerva (86–88). Kod povreda iz vatrenog oružja lezija nerva u većini slučajeva ne nastaje direktnim dejstvom projektila, već indirektno dejstvom udarnih talasa ili sekundarno usled npr. frakture kostiju. Prilikom prolaska projektila pored nerva dolazi do stvaranja udarnih talasa koji dovode do istezanja i kontuzije nerva i koji mogu prouzrokovati različit stepen povrede nervnih vlakana, od neurapraksije do neurotmeze i do različitog stepena oštećenja vezivnih elemenata i krvnih sudova nerva (62,77,87). U malom procentu slučajeva delovi projektila mogu biti zariveni u nervnom tkivu, iako je on u kontinuitetu.

Kod transekcije nerva iz vatrenog oružja njegove ivice su neravne, kontuzovane, sa hemoragičnim kontuzijama, a kasnije dolazi do formiranja opsežnih neuroma na oba okrajka. Zariveni fragmenti projektila ili kosti dovode do krvarenja i lokalnog edema, a kasnije oko njih proliferišu vezivno tkivo.

Kod povreda nerva iz vatrenog oružja sa lezijom u kontinuitetu zauzima se ekspektativan stav i eventualna intervencija odlaže za nekoliko meseci, koje je neophodno za procenu stepena lezije i nivoa spontanog oporavka (86,89).

Rana eksploracija nerva se vrši ukoliko postoje udružene vaskularne, abdominalne ili koštane povrede koje zahtevaju intervenciju. Takođe, progresija neurološkog deficita i bolnog sindroma može zahtevati hitnu operaciju. U tom slučaju se najčešće radi o postojanju pseudoaneurizme, A-V malformacije, hematoma, kompartment sindroma itd. (8,62,74,86,90).

1.4.2.5. Ishemija

Periferni nevi, kao i ostalo nervno tkivo, su visoko zavisni od vaskularizacije. Ishemija dovodi do različitih stepena oštećenja nervnih vlakana i Valerove degeneracije. Kod manjih ishemijskih oštećenja nerava, dolazi do redukcije nervnih vlakana na račun velikih mijelinizovanih aksona. Izolovane ishemijske povrede nerva su retke i mnogo češće su nervi zahvaćeni sa drugim tkivima ekstremiteta, kada ireverzibilna nervna oštećenja nastaju nakon 8 časova usled ishemijske ekstremiteta (91,92).

Bogata segmentalna i regionalna vaskularizacija nerava omogućava hirurgu da mobilizuje duže segmente nerva bez narušavanja vaskularizacije. Međutim, ekstenzivna unutrašnja neuroлиза može dovesti do narušavanja mikrocirkulacije i ishemijske povrede nerva (93).

1.4.2.6. Kompresija

Kompresija nerva dovodi do promena u nervnim vlaknima koja se ogledaju u segmentnoj demijelinizaciji, smanjenju broja aksona i njihovog promera (94,95). Pojedine kompresivne neuropatije imaju dobru prognozu i bez hirurške intervencije, kao što su kompresivna neuropatija radijalisa u predelu nadlaktice tokom spavanja (Saturday night palsy) ili kompresije nerava tokom nepravilnog pozicioniranja u toku opšte anestezije (70,96).

U drugim slučajevima veoma je teško predvideti stepen oporavka nakon kompresije i ishemijske povrede nerva, kao u slučajevima nakon evakuacije hematoma ili aneurizmalne kompresije kod brahijalnog pleksusa, femoralnog i išijadičnog nerva.

Najteži oblik kompresije nerva se javlja kod kompartment sindroma koji nastaje u zatvorenom prostoru usled oticanja mekih tkiva, hematoma, aneurizme i oštećenja arterija. Ove povrede se najčešće javljaju kod perforantnih povreda krvnih sudova i preloma dugih kostiju, ali se mogu javiti i kod tupih povreda. Neurološki deficit se može prevenirati jedino hitnom fasciotomijom. Klinička slika kompartment sindroma podrazumeva bol, parestezije, paralizu i odsustvo pulsa.

Najbolji primer jeste Volkmanova kontraktura koja nastaje usled ekstenzivnog oticanja mišića i krvarenja u prednjem kompartmanu podlaktice (97). Najčešće je udružena sa suprakondilarnom frakturom humerusa, ali se može javiti i kod tupih povreda podlaktice najčešće bejzbol palicom (74,77). Dolazi do oštećenja predominantno velikih aksona medijanusa i radijalisa koji su odgovorni za motornu funkciju i propriocepciju, dok su manja vlakna za bol relativno pošteđena. Na razvoj Volkmanove kontrakture treba posumnjati u slučaju razvoja otoka podlaktice i bolne šake sa parestezijama.

1.4.2.7. Povrede električnom strujom

Povrede električnom strujom nastaju najčešće usled kontakta ekstemiteta sa strujom visokog napona. Električne povrede dovode do difuznih oštećenja nerva koje se ogledaju u nekrozi i nakon toga proliferaciji vezinog tkiva u vidu opsežnih perineuralnih i endoneuralnih ožiljaka.

Prognoza kod povreda strujom niskog napona je odlična, ali kod povreda strujom visokog napona nepovoljna (86,98). Obično je neophodna resekcija dužih segmenata nerva i reinervacija graftovima, ali ishod lečenja često nije povoljan. Dodatni problem u oporavku i rekonstrukciji predstavljaju udružene opekotine kože i nekroze kostiju i okolnih mekih tkiva (99,100).

1.4.2.8. Termičke povrede

Termičke povrede plamenom, vrelom parom i zagrejanim predmetima mogu dovesti do različitog oštećenja nerava, od neurapraksije do neurotmeze i izazvati nekrozu nerva kao i okolnih mekih tkiva. Takođe, kod cirkumferencijalnih opekotina može doći do naknadnog oštećenja nerva usled odložene fibroze i Turnikeovog efekta. Kod teških oštećenja nerava usled opekotina, dolazi do kompletnog motornog i senzornog ispada. Svakako je kliničko ispitivanje otežano usled nekroze mekih tkiva, defekta kože i otoka ekstemiteta. Rana rekonstrukcija nerva često nije moguća zbog nekroze mekih tkiva, kontaminacije bakterijama i potrebe za zdravim nervnim ležištem (74,99).

1.4.2.9. Injekcione povrede

Injekcione povrede nastaju ubrizgavanjem toksičnih agenasa unutar nerva ili u njegovoj blizini. U manjem broju slučajeva povreda nastaje samo usled ubodne povrede iglom. Injekcija toksičnog agenasa može biti intraneuralna (intrafascikularna i extrafascikularna) ili ekstraneuralna- u neposrednoj blizini nerva. Oštećenje nerva zavisi od mesta injekcije i od vrste injektovanog agenasa, a osnovni patološki proces kod injekcionih povreda je nekroza. Injekcione povrede se najčešće javljaju kod išijadikusa (veliki sedalni živac, *lat. n. ischiadicus*) u glutealnom predelu i kod radijalisa (žbični živac, *lat. n. radialis*) u gornje spoljašnjoj regiji nadlaktice (74,77,99).

Kod intraneuralne injekcije dolazi do otoka nerva i nekroze aksona i vezivnih elemenata, a zatim dolazi do proliferacije vezivnih elemenata i formiranja ožiljka koji onemogućava spontanu regeneraciju. Posle izvesnog vremena živac postaje istanjen ili normalnog dijametra, pa čak i unutrašnja neuroliza može pokazati uredne fascikuluse i pored teških oštećenja njihovih aksona (74,101,102). Simptomi najčešće nastaju odmah nakon povrede i karakterišu se jakim paljećim bolom i parestezijama u distribuciji oštećenog nerva.

Kod ekstraneuralne injekcije simptomi se javljaju odloženo, posle nekoliko sati do nekoliko dana i oni su manje dramatični, u vidu paljećeg bola i trnjenja u dubini zahvaćenog ekstremiteta. Inicijalni deficit može biti kompletan ili delimičan ispad motorne i senzorne funkcije. U slučaju teških oštećenja funkcije, mogućnost spontanog oporavka funkcije je minimalna.

Ukoliko se neurološki deficit primeti odmah nakon injekcije, savetuje se ubrizgavanje 50-100ml fiziološkog rastvora u ložu, kako bi se lek razblažio.

Ukoliko je neurološki deficit delimičan primenjuje se fizikalni tretman i ekspektativan stav. Kod teških neuroloških oštećenja, ukoliko nema oporavka nakon 6-8 nedelja, indikovana je eksploracija nerva i registrovanje nervnih akcionih potencijala (NAP). Ukoliko se NAP-li ne registruju indikovana je resekcija i transplantacija (103).

1.5. Klinička slika i dijagnostika povreda perifernih nerava

1.5.1. Klinička slika povrede perifernog nerva

Povrede perifernih nerava dovode do ispada motorne, senzitivne i autonomne funkcije, u zavisnosti koja su nervna vlakna oštećena. Ispad funkcije može biti delimičan ili potpun u zavisnosti od stepena povrede nerva.

Motorni ispadi podrazumevaju oduzetost ili slabost inervisanih mišića, koji postaju hipotonični, dok su mišićno-tetivni refleksi sniženi ili potpuno ugašeni. Ukoliko ne dođe do reinervacije, mišići vremenom hipotrofišu i nakon dve godine mogu biti potpuno zamenjeni masnim tkivom.

U slučaju povrede senzitivnih vlakana, javiće se smanjenje ili potpuni gubitak svih modaliteta osetljivosti (toplo- hladno, dodir, bol, proprioceptivni senzibilitet) u zoni inervacije datog nerva, dok će u slučaju pritiska na senzitivna vlakna doći do pojave bola i trnjenja (parestezija). Posle nekoliko dana dolazi do suženja zone ispada osetljivosti, što se objašnjava inervacijom od strane susednih, neoštećenih nerava.

Autonomna nervna vlakna se nalaze zajedno sa senzitivnim vlaknima i ispad autonomne funkcije odgovara zoni anestezije kod povrede datog nerva. Kod povrede autonomnih nervnih vlakana, dolazi do poremećaja znojenja i vazomotorne kontrole kože, za koju su odgovorna ova vlakna (104,105). U zoni anestezije dolazi do:

- Gubitka znojenja
- Koža postaje prvo topla, a zatim hladna
- Koža postaje glatka, tanka i perutava
- Nokti postaju krta i izbrazdani

1.5.2. Dijagnostika povrede perifernih nerava

Postavljanje dijagnoze kod povreda perifernih nerava podrazumeva:

- kliničko ispitivanje
- elektrofiziološko testiranje i
- radiološku evaluaciju.

1.5.2.1. Kliničko ispitivanje povreda perifernih nerava

Kliničko ispitivanje povreda perifernih nerava podrazumeva uzimanje anamnestičkih podataka, pregled lokalnog statusa i neurološko ispitivanje.

Kod uzimanja anamnestičkih podataka bitno je obratiti pažnju na sledeće:

- Datum povrede
- Mehanizam povređivanja
- Udružene povrede i predhodne operacije
- Način lečenja povrede živca i prisustvo eventualnih znakova oporavka

Neurološko ispitivanje povreda perifernih živaca podrazumeva ispitivanje motorike, senzibiliteta i vegetativne funkcije.

Ispitivanje motorne funkcije se vrši na dva načina i to merenjem obima ekstremiteta i ispitivanjem snage mišića. Obim gornjeg ekstremiteta se meri 10 cm iznad i 10 cm ispod medijalnog epikondila humerusa, dok se obim donjeg ekstremiteta meri 20 cm ispod prednje-gornje bedrene bodlje (*lat. spin iliaca anterior superior*) bedrene kosti (104,106).

Za ispitivanje snage mišića koriste se različite skale, od kojih je najviše u upotrebi skala “British Medical Research Council” (BMRC ili MRC skala), gde se snaga mišića gradira od M0 do M5 (**Tabela 1.1**).

Tabela 1.1. “British Medical Research Council” (BMRC ili MRC) skala za procenu mišićne snage

Ocena	
M 5	Pun obim pokreta uz maksimalan otpor
M 4	Aktivni pokreti protiv sile zemljine teže i blagog otpora
M 3	Aktivni pokreti protiv sile zemljine teže
M 2	Aktivni pokreti kada se eliminiše zemljina teža
M 1	Prisutne mišićne kontrakcije bez vidljivih pokreta mišića
M 0	Bez vidljivih pokreta i mišićnih kontrakcija mišića

Za testiranje mišićne funkcije ispitivač mora imati veliko iskustvo, zbog postojanja pokreta koji simuliraju aktivnost paralizovanog mišića. Trik pokreti su pasivni pokreti koji mogu simulirati funkciju paralizovanog mišića. Suplementarni pokreti nastaju usled dejstva drugih očuvanih mišića, koji imaju slučnu motornu aktivnost. Simulirana mišićna slabost predstavlja lošu saradnju pacijenta usled bolnih pokreta, štednje ekstremiteta ili rentnih razloga.

Zona senzitivne inervacije nerava je izrazito varijabilna i često postoje preklapanja ovih zona između susednih nerava. Veoma je bitno da se senzitivna funkcija ispituje u autonomnim zonama, gde je mogućnost preklapanja sa susednim nervima minimalna. Autonomna zona za središnji živac (*lat. n. medianus*) obuhvata volarnu stranu distalne falange kažiprsta i palca. Autonomna zona za lakatni živac (*lat. n. ulnaris*) obuhvata palmarnu i dorzalnu stranu distalne falange malog prsta, dok žbični živac (*lat. n. radialis*) nema nijednu autonomnu zonu, zbog preklapanja od strane susednih nerava, mada se gubitak senzibiliteta nekada javlja u predelu anatomske burmutice. Autonomna zona za golenjačni živac (*lat. n. tibialis*) obuhvata petu i taban dok za zajednički lišnjačni živac (*lat. n. peroneus communis*) obuhvata dorzum stopala, naročito proksimalni deo palca i drugog prsta (107).

Kod medijanusa i tibijalisa senzorni oporavak u autonomnim zonama nagoveštava motorni oporavak, dok kod radijalnog i peronealnog nerva do senzornog oporavka dolazi relativno kasno i isti ne može biti indikator motornog oporavka (107).

Testiranje senzitivne funkcije podrazumeva:

- Lak dodir se ispituje dodirivanjem vatom, a grubi dodir glavom čiode
- Osećaj bola se ispituje iglom
- Taktilna lokalizacija- sposobnost lokalizacije dodira ili uboda iglom
- Osećaj temperature se ispituje epruvetama sa toplom i hladnom vodom
- Test diskriminacije dve tačke se ispituje pomoću posebnog instrumenta (disk- discriminator)
- Vibracioni senzibilitet se ispituje vibracionom viljuškom
- Osećaj pritiska se ispituje Semms- Weinsteinovim monofilamentnim testom

Test diskriminacije dve tačke za prste u normalnim okolnostima je u rasponu 3-5mm. Kod palmarne strane šake i plantarne strane stopala, za povoljan oporavak senzibiliteta, smatra se ukoliko je test diskriminacije dve tačke 6-10mm, dok kod dorzalne strane šake i stopala ta vrednost iznosi 7-12mm. (108,109).

Posle povrede nerva gubitak znojenja se javlja u zoni koja odgovara zoni anestezije. Ako je znojenje prisutno, sigurno se ne radi o potpunom prekidu nerva i samim tim rana operacija nije indikovana. Odsustvo znojenja je od važnosti samo ukoliko je znojenje prisutno u odgovarajućoj zoni na drugoj ruci.

Povratak znojenja kod povređenog nerva može predhoditi nedeljama i mesecima oporavku motorike i senzibiliteta. Ali povratak znojenja ne mora značiti da će doći do oporavka motorike i senzibiliteta, jer oporavak nemijelinizovanih autonomnih vlakana ne može garantovati da će doći do oporavka velikih motornih i senzitivnih vlakana.

Prisustvo ili odsustvo znojenja se direktno može ispitati pomoću oftalmoskopa (110). Autonomna funkcija se takođe može ispitati O Rian-ovim testom smežuranja (111). Prsti koji su potopljeni u mlaku vodu će se smežurati posle 5-10 minuta, dok se u slučaju denervacije isto neće desiti.

1.5.2.1.1. Tinelov znak

Ispitivanje Tinelovog znaka daje bitne informacije o procesu reinervacije i oporavka kod povrede perifernih nerava. Pozitivan Tinelov znak ukazuje na regeneraciju finih vlakana, ali ne može predvideti kvalitet regenerišućih nervnih vlakana, kao ni eventualni funkcionalni oporavak. Povrede nerava kod vojnika u Drugom svetskom ratu ukazuju da je kod preko 50% bolesnika koji su zahtevali odloženu hiruršku reparaciju, Tinelov znak bio pozitivan i napredovao distalno (14).

Sa druge strane, negativan Tinelov znak distalno od mesta povrede nakon isteka 4-6 sedmica, ukazuje na odsustvo regeneracije i neophodnost hirurške intervencije.

1.5.2.2. Elektrofiziološka ispitivanja kod povreda perifernih nerava

Preoperativna elektrofiziološka ispitivanja kod povrede perifernih nerava podrazumevaju:

- Elektroneurografiju (ispitivanje motorne i senzorne nervne sprovodljivosti)
- Elektromiografiju (EMG)

Intraoperativna elektrofiziološka ispitivanja povreda perifernih nerava su (112):

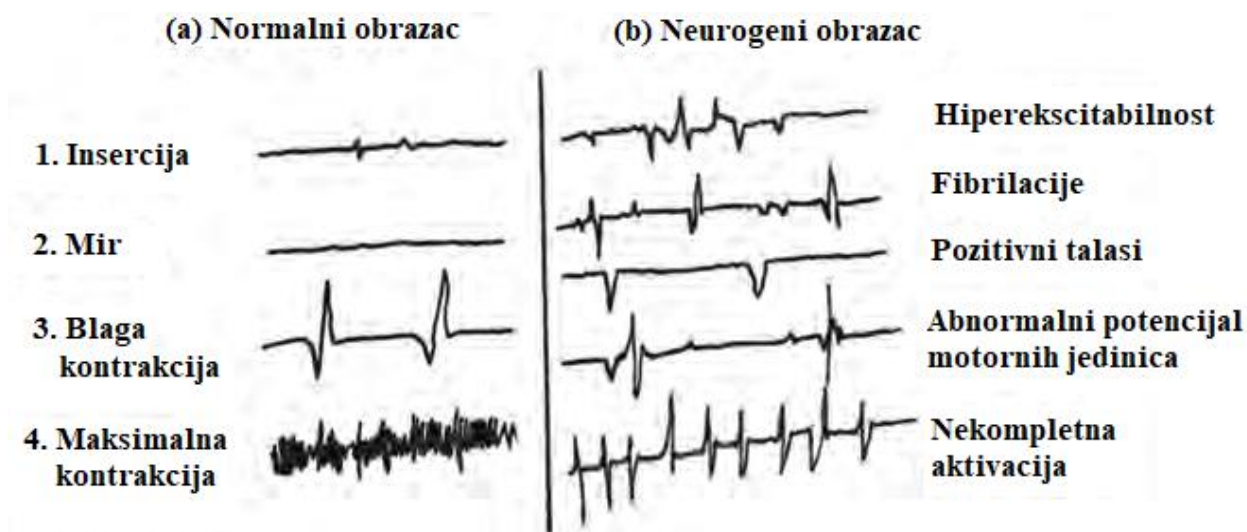
- Kontinuirana intraoperativna elektromiografija (koristi se za prevenciju neurološkog deficita tokom reparacije nerava)
- Stimulirana intraoperativna elektromiografija (intraoperativno mapiranje nerava)
- Somatosenzorni evocirani potencijali (najčešće se primenjuju kod lezija brahijalnog pleksusa za razlikovanje supra i infraganglionarne lezije)
- Motorni evocirani potencijali
- Nervni akcioni potencijali (NAP)

Elektrofiziološka ispitivanja kod povrede nerva ima smisla sprovoditi 2- 3 nedelje nakon povrede, tj. kada se završi Valerova degeneracija.

1.5.2.2.1. Elektromiografija (EMG)

Elektromiografija (EMG) podrazumeva ispitivanje električne aktivnosti skeletnih mišića. Postoje četiri faze u registrovanju elektromiograma (**Slika 1.16**):

- Inerciona faza- prilikom insercije igle u mišić javlja se inserciona aktivnost
- Faza mirovanja- prisutna je zaravnjena linija bez aktivnosti
- Faza umjerene mišićne kontrakcije- podrazumeva registrovanje mišićnog akcionog potencijala (MAP) usled voljne kontrakcije ili nervne stimulacije od strane ispitivača.
- Faza maksimalne mišićne kontrakcije



Slika 1.16. Faze u registrovanju EMG-a (modifikovano iz *Socolovski M, Rasulić L et al. Manual of peripheral nerve surgery, 2018*)

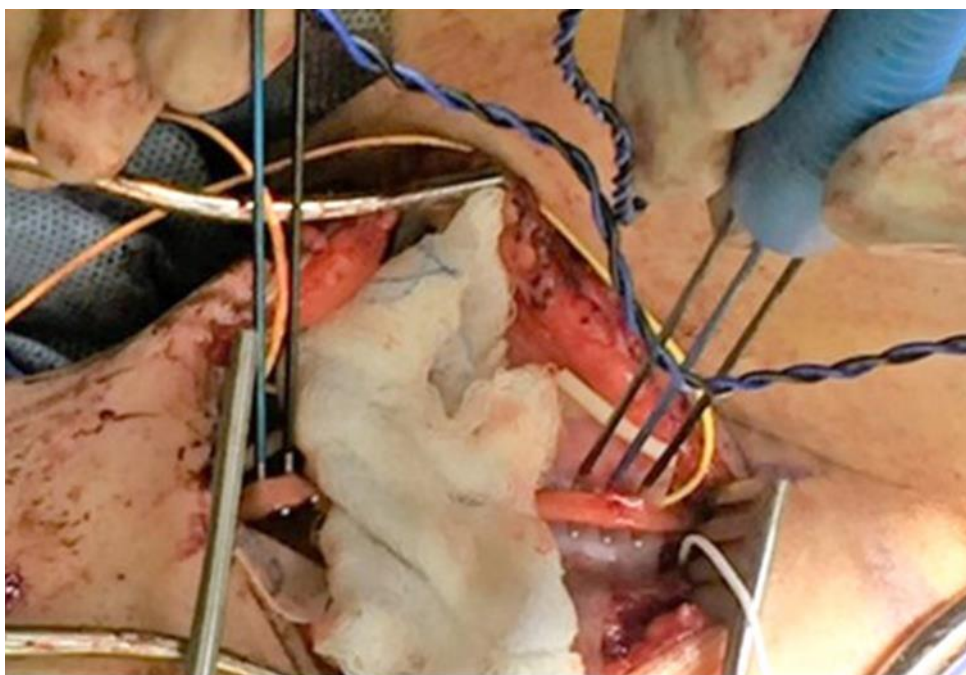
Nakon povrede nerva distalno dolazi do Valerove degeneracije. Međutim, u prvih nekoliko dana stimulacijom distalnog okrajka se dobija mišićni odgovor, jer nije nastupila Valerova degeneracija. Nakon 2-3 dana, stimulacijom distalnog okrajka nije moguće dobiti mišićni odgovor, a takođe se ne detektuju ni denervacioni potencijali u mišiću. Posle 2-3 nedelje u mišiću se registruju denervacioni potencijali i njihova distribucija i količina su značajni za prognozu povrede (113). U slučaju aksonalne reinervacije, na kontrolnom EMG-u denervaciona aktivnost se smanjuje i dolazi do pojave nascentnih potencijala, ali ove promene ne mogu garantovati funkcionalni oporavak. Sa druge strane i mišić sa masivnim denervacionim potencijalima se može kontrahovati, ako je jedan njegov deo pošteđen ili je reinervisan, tako da je uvek presudno kliničko ispitivanje pacijenta (14,114).

U slučaju denervacije, inserciona aktivnost ne postoji ili je značajno smanjena, dok se u fazi mirovanja mišića registruju fibrilacije tj. brzi niskovoltazni bifazni talasi. Mišićni akcioni potencijali se ne izazivaju ili su smanjene amplitude prilikom voljne kontrakcije.

Prilikom reinervacije, inserciona aktivnost je delimično prisutna, dolazi do smanjenja fibrilacija i denervacionih potencijala, a dolazi i do pojave nascentnih potencijala i pojedinačnih mišićnih akcionih potencijala. EMG može registrovati početne znake reinervacije tek kada aksoni maturiraju i inervišu mišić. U ranoj fazi nakon povrede samo nervni akcioni potencijali mogu ukazati na postojanje reinervacije (114,115). EMG nalazi se moraju uskladiti sa visinom lezije, vremenom koje je potrebno za reinervaciju i za maturaciju aksona, kao i sa kliničkim nalazom. Kod visokih povreda išijadikusa EMG znake reinervacije ne treba očekivati pre jedne godine, dok na primer kod povreda radijalisa u nadlaktici EMG znaci reinervacije brahioradijalisa se mogu očekivati posle 3 meseca (113,116).

1.5.2.2.2. Nervni akcioni potencijali (NAP)

Nervni akcioni potencijali (NAP) predstavljaju direktnu intraoperativnu stimulaciju nervnog stabla proksimalno od povrede i registrovanje akcionih potencijala distalno na nervnom stablu (**Slika 1.17**). Imaju veliki značaj u intraoperativnoj evaluaciji lezija u kontinuitetu i odluci o eventualnoj resekciji i transplantaciji.



Slika 1.17. Registrovanje nervnih akcionih potencijala

1.5.2.3. Radiološka evaluacija povreda perifernih nerava

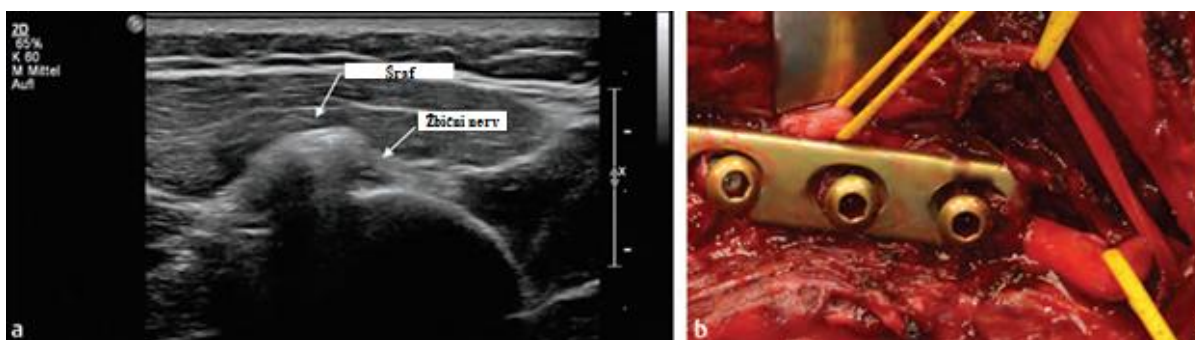
Radiološka dijagnostika povreda perifernih nerava podrazumeva primenu ultrazvuka (UZ) i magnetne rezonance (MR).

Visokofrekventni ultrazvuk je našao široku primenu kod povreda perifernih nerava zbog jednostavne primene, mogućnosti vizuelizacije okolnih mekih tkiva, mogućnosti dinamičkih studija, kao i intraoperativne primene (56,117). Ultrazvuk ima prednosti kod prisustva metalnih stranih tela, kada je upotreba magnetne rezonance ograničena.

Preoperativni ultrazvuk omogućava razlikovanje lezija u kontinuitetu i lezija u diskontinuitetu, na osnovu čega se može doneti odluka o ranoj eksploraciji i reparaciji povrede nerva (118). Kod oštih sekcija neuromi na okrajcima se prikazuju kao velike hipoehogene senke (**Slika 1.18 i 1.19**).



Slika 1.18. Oštra sekcija išijadikusa. Longitudinalni UZ sken nervnog okrajka.



Slika 1.19. Ultrazvučna (a) i intraoperativna (b) verifikacija kompresije žbčnog živca ispod osteosintetskog materijala (*Socolovski M, Rasulić L et al. Manual of peripheral nerve surgery, 2018*)

Ultrazvuk takođe ima primenu u dijagnostikovanju kompresivnih neuropatija, naročito kod sindroma karpalnog kanala, kubitalnog kanala, kompresije radijalisa u predelu Frohse-ove arkade itd. Posebno je od značaja upotreba UZ kod rekurentnih kompresivnih neuropatija nakon operacije, kada se mogu detektovati kompresija ožiljkom, epineurijalna fibroza, kinking nerva nakon transpozicije itd.

Intraoperativna upotreba UZ visoke frekvence kod lezija u kontinuitetu može ukazati na stepen lezije i pomoći u donošenju odluke o načinu reparacije.

MR neurografija je uvedena 1990.g., a predstavlja upotrebu sekvenci visoke rezolucije u prikazivanju perifernih nerava i okolnih tkiva (119).

MR neurografija je od velikog značaja kod povreda nerava, naročito kod lezija u kontinuitetu, jer omogućava razlikovanje neurapraksije, aksonotmeze i neurotmeze u zavisnosti od intenziteta signala na odgovarajućim sekvencama. Takođe, u akutnoj fazi MR neurografija može ukazati na prekid kontinuiteta nerva, sa prikazivanjem neuroma na okrajcima, dok u kasnijoj fazi sa pojavom reinervacionih aksona, dijagnoza je znatno teža.

Kod kompresivnih neuropatija MR može ukazati na izmenjen signal nerva, usled intraneuralnog edema, kao i na promene u denervisanim mišićima.

Magnetna rezonanca je zlatni standard u dijagnostikovanju tumora perifernog nervnog sistema, naročito u razlikovanju intra od ekstra neuralnih lezija. Ipak, i dalje je veoma teško razlikovati švanome od neurofibroma, kao i razlikovati benigne primarne tumore od malignih primarnih tumora nerva. Ono što može upućivati na malignitet jesu nejasne ivice tumora, perifokalni edem, dijametar preko 5cm i zone različitog signala na T1 i T2 sekvencama (59,120).

1.6. Ispitivanje funkcionalnog oporavka i kvaliteta života nakon hirurškog lečenja povreda perifernih nerava

Ispitivanje rezultata hirurškog lečenja povreda perifernih nerava podrazumeva ispitivanje motornog oporavka, oporavka senzitivne funkcije, ispitivanje funkcionalnog oporavka i kvaliteta života nakon operacije.

1.6.1. Ispitivanje motornog oporavka nakon hirurškog lečenja

Ispitivanje motornog oporavka podrazumeva ispitivanje snage mišića i mišićnih grupa i njihovo upoređivanje sa preoperativnim statusom. Iste skale za procenu mišićne snage koje su korišćene preoperativno se primenjuju i postoperativno.

Najčešća skala za procenu snage mišića kod povreda žbičnog živca jeste skala „British Medical Research Council“ (MRC skala), gde se snaga mišića gradira ocenom od M0 do M5 (**Tabela 1.1**).

Kod povreda žbičnog živca najčešće se vrši preoperativno i postoperativno ispitivanje snage ekstenzije šake, ekstenzije prstiju uključujući i palac i abdukcije palca. Skorovi koji su dobijeni za ove tri mišićne grupe se sabiraju i dobija zbirni skor. Kod proksimalnih lezija u obzir treba uzeti i ekstenziju podlaktice.

Klasifikacija stepena motornog oporavka nakon hirurškog lečenja povreda žbičnog živca po Highet i Holmes-u je prikazana u **tabeli 1.2**.

Tabela 1.2. Kombinovana skala za ocenu funkcionalnog oporavka kod povreda žbičnog živca

Loš	M0, M1 i M2 za sve mišićne grupe
Zadovoljava	M3 za ekstenziju šake i prstiju; M0, M1 i M2 za abdukciju palca
Dobar	M4 i M5 za ekstenziju šake i prstiju; M3 za abdukciju palca
Odličan	M4 i M5 za sve mišićne grupe

Modifikovana skala po Highet i Holmes-u

1.6.2. Ispitivanje kvaliteta života nakon hirurškog lečenja povreda perifernih nerava

Ispitivanje funkcionalnog oporavka i kvaliteta života nakon hirurškog lečenja je od velike važnosti, jer veoma često motorni oporavak pojedinih mišića ne korelira sa poboljšanjem kvaliteta života i mogućnosti obavljanja svakodnevnih aktivnosti i radnih obaveza, a takođe ne korelira sa zadovoljstvom bolesnika i regresijom njegovih simptoma (121).

Postoje više upitnika koji se koriste u dosad objavljenim studijama za procenu kvaliteta života nakon hirurškog lečenja, kao što su DASH („*The disabilities of the arm, shoulder and hand score*“), Ulm, PNSQOL upitnik itd. (67,121,122).

DASH upitnik (122) je dizajniran za procenu funkcionalnog stanja kod muskuloskeletnih oboljenja gornjeg ekstremiteta, ali je u širokoj upotrebi za procenu kvaliteta života bolenika operisanih zbog povreda brahijalnog plexusa i perifernih nerava (67). Sastoji se od 30 pitanja (**Tabela 1.3**) koji se odnose na mogućnost obavljanja fizičkih aktivnosti i na simptome bolesnika. Svako pitanje se gradira ocenom od 1 do 5, a ukupni skor se kreće od 0-100. Ispitanik odgovara na svako pitanje o fizičkim sposobnostima i simptomima u predhodnih 7 dana. Ukoliko nije imao priliku da izvodi neku radnju zadnjih 7 dana, onda antcipira najpribližnji odgovor. Da bi skor bio validan potrebno je da odgovori na minimum 27 pitanja. Što je veći skor, veća je i nesposobnost ispitanika i slabiji kvalitet života.

Tabela 1.3. DASH upitnik preveden sa engleskog na srpski jezik

	Molimo Vas da ocenite Vašu sposobnost u obavljanju sledećih aktivnosti tokom prošle nedelje?	Mogući odgovori				
1	Da otvorite čvrsto zatvorenu ili novu teglu	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
2	Pisanje olovkom	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
3	Okretanje ključa u bravi	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
4	Pripremanje obroka	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
5	Otvaranje teških vrata	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
6	Podizanje predmeta na policu iznad visine Vaše glave	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
7	Teški kućni poslovi (npr. pranje podova)	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
8	Baštenski poslovi	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
9	Nameštanje postelje kreveta	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
10	Nošenje kesa iz prodavnice	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
11	Nošenje teških predmeta (preko 5kg)	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
12	Zamena sijalice na plafonskom osvetljenju	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na

13	Pranje ili sušenje kose fenom	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
14	Pranje sopstvenih leđa	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
15	Oblačenje džempera	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
16	Sečenje hrane nožem	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
17	Obavljanje hobija koji zahtevaju malo napora (npr. kartanje, pletenje)	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
18	Rekreacija koja zahteva veće angažovanje ruke (npr. golf, tenis)	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
19	Rekreacija pri kojoj se ruka slobodno pokreće (npr. igra frizbijem, badminton)	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
20	Kretanje u saobraćaju (odlazak sa jednog mesta na drugo)	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
21	Seksualne aktivnosti	Bez teškoća	Vrlo malo otežano	Umereno otežano	Jako otežano	Nisam sposoban/na
22	Tokom prošle nedelje, u kom stepenu je problem sa vašom rukom, ramenom i šakom imao uticaj na Vaše socijalne aktivnosti?	Ne uopšte	Vrlo malo	Umereno	Poprilično	Vrlo značajno
23	Tokom prošle nedelje, da li Vas je problem sa vašom rukom, ramenom i šakom ograničavao u poslu ili drugim dnevnim aktivnostima?	Ne uopšte	Vrlo malo	Umereno	Poprilično	Vrlo značajno
Molimo Vas da ocenite ozbiljnost/težinu sledećih simptoma tokom prošle nedelje						
24	Bol u regiji ramena, ruke ili šake	Odsutan	Blag	Umeren	Jak	Izuzetno jak
25	Bol u regiji ramena, ruke ili šake tokom neke aktivnosti	Odsutan	Blag	Umeren	Jak	Izuzetno jak
26	Trnjenje (mravinjanje, bockanje) u regiji ramena, ruke ili šake	Odsutno	Blago	Umereno	Jako	Izuzetno jako
27	Slabost ramena, ruke ili šake	Odsutna	Blaga	Umerena	Jaka	Izuzetno jaka
28	Napetost/stezanje u regiji ramena, ruke ili šake	Odsutno	Blago	Umereno	Jako	Izuzetno jako
29	Koliko ste imali problema sa snom tokom prošle nedelje zbog bola u regiji ramena, ruke ili šake?	Ne uopšte	Vrlo malo	Umereno	Poprilično	Toliko da nisam mogao/la da spavam
30	Osećam se manje sposobnim, manje samouverenim ili manje korisnim zbog problema sa ramenom, rukom ili šakom.	Uopšte se ne slažem	Ne slažem se	Ne znam	Slažem se	Apsolutno se sažem

PNSQoL (*Peripheral Nerve Surgery Quality Of Life*) upitnik (121) je razvijen u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije, kao originalni upitnik za procenu kvaliteta života nakon operacije povreda perifernih nerava. PNSQoL upitnik se sastoji od 4 grupe pitanja i to:

- Zadovoljstvo lečenjem
- Obavljanje osnovnih životnih potreba
- Obavljanje profesionalnih aktivnosti
- Obavljanje osnovnih društvenih aktivnosti

PNSQoL upitnik (**Tabela 1.4**) se sastoji od ukupno 16 pitanja, svako pitanje se gradira ocenom od 1-5, a njegov ukupni skor se kreće od 0-80. Vršiti se skorovanje ispitanika preoperativno i nakon operativnog lečenja.

Tabela 1.4. PNSQoL upitnik

	Pitanje	Mogući odgovori
1.	Kako bi ocenili svoju sposobnost da samostalno održavate ličnu higijenu (umivanje, pranje zuba, tuširanje, češljanje, feniranje)?	0- Nesposoban 1- Sposoban sa veoma velikim teškoćama 2- Sposoban sa velikim teškoćama 3- Sposoban sa umerenim teškoćama 4- Sposoban sa lakim teškoćama 5- Sposoban bez teškoća
2.	Kako bi ocenili svoju sposobnost da se samostalno obučete?	
3.	Kako bi ocenili svoju sposobnost da samostalno uzmete ,sa stola, čašu vode i popijete je?	
4.	Kako bi ocenili svoju sposobnost da samostalno jedete hranu koju vam je neko drugi pripremio i postavio na sto (korišćenje kašike, viljuške noža)?	
5.	Kako bi ocenili svoju sposobnost da samostalno obavljate kućne poslove (raspremanje kreveta, slaganje odeće, kuvanje, usisavanje, bacanje smeća, sredjivanje dvorišta)?	
6.	Kako bi ocenili svoju sposobnost samostalnog odlaska u prodavnicu radi kupovine namernica za kuću?	
7.	Kako bi ocenili svoju sposobnost učestvovanja u rekreativnim aktivnostima (šetnja, trčanje, plivanje, fudbal, basket)?	
8.	Kako bi ocenili svoju sposobnost da nastavite sa svojim radnim aktivnostima (učenje škole, studiranje, rad na svom radnom mestu)?	
9.	Da li zbog trenutnog stanja vašeg gornjeg ekstremiteta imate probleme sa spavanjem?	0- Svakodnevno 1- Skoro svakodnevno 2- Često 3- Ponekad 4- Retko 5- Nikad
10.	Da li ste zbog trenutnog stanja vašeg gornjeg ekstremiteta osetili sažaljenje ljudi iz vaše okoline u poslednjih mesec dana?	
11.	Da li ste zbog trenutnog stanja vašeg gornjeg ekstremiteta doživeli poniženje ili diskriminaciju u poslednjih mesec dana?	

12.	Da li je stanje vašeg gornjeg ekstremiteta u poslednjih mesec dana uticalo na vaš socijalni život (odnos sa porodicom, prijateljima, kolegama)?	
13.	Da li vas je stanje gornjeg ekstremiteta u poslednjih mesec dana ograničavalo u izvođenju svakodnevnih radnih aktivnosti (briga o sebi, briga o porodici, briga o kući, odlazak u školu, odlazak na fakultet, odlazak na posao, izvođenje predviđenih radnih zadataka)?	
14.	Da li ste zadovoljni trenutnim stanjem vašeg gornjeg ekstremiteta u odnosu na stanje pre povrede, odnosno u odnosu na stanje pre operacije?	0- Veoma nezadovoljan 1- Umereno nezadovoljan 2- Diskretno nezadovoljan 3- Diskretno zadovoljan 4- Umereno zadovoljan 5- Veoma zadovoljan
15.	Da li ste zadovoljni vašim trenutnim socijalnim životom u odnosu na stanje pre povrede, odnosno u odnosu na stanje pre operacije?	
16.	Da li ste zadovoljni vašim trenutnim profesionalnim životom u odnosu na stanje pre povrede, odnosno u odnosu na stanje pre operacije?	

Rasulić L. Hirurgija perifernog nervnog sistema. Multidisciplinarni pristup; 2020

1.7. Indikacije i vreme operativnog lečenja

Indikacije za hirurško lečenje povreda perifernih nerava (8,23,57,123) predstavljaju:

- Kod zatvorenih povreda, ukoliko posle konzervativnog tretmana nakon isteka 3 meseca ne postoje znaci oporavka
- Otvorene povrede sa parcinjalnom ili kompletnom transekcijom nerva
- Bolni sindrom, čak iako se ne očekuje funkcionalni oporavak nerva
- Kompresija nerva usled ožiljavanja ili pseudoaneurizme sa pogoršanjem neurološkog deficta.

Indikacije za urgentnu eksploraciju nerva su:

- Kompresija usled traumatske aneurizme ili A-V fistule
- Kompresija usled postojanja kompartment sindroma
- Potreba za rešavanjem udruženih povreda npr. koštano-zglobne
- Jatrogena povreda sa neurološkim deficitom

Termin hirurškog lečenja povreda perifernih nerava zavisi od niza faktora, kao što su: mehanizam povrede, nivo lezije, postojanje udruženih povreda itd. (23,123).

Kod zatvorenih povreda rana eksploracija nije potrebna, već se preduzima konzervativni tretman, jer se najveći deo tih povreda spontano oporavlja u periodu od 3-6 meseci. Hirurško liječenje se preduzima ukoliko ne postoje znaci oporavka nakon isteka 3 meseca od povrede.

Kod sklopjetarnih povreda, takođe se inicijalno predlaže konzervativni tretman u trajanju od 3-6 meseci, jer su to uglavnom lezije u kontinutetu kao posledica kontuzije i trakcije, pre nego direktne lezije živca sa prekidom kontinuiteta.

Otvorene povrede sa prekidom kontinuteta se tretiraju u nekoliko termina:

- Primarni šav je indikovano uvek ukoliko su ispunjeni uslovi, a to podrazumeva transekcije nerva oštirim i čistim predmetima (nož, staklo, itd.)
- Ukoliko primarni šav nije urađen, može se uraditi odloženi primarni šav između 2-18-tog dana. Prednosti primarne reparacije nerva su minimalna retrakcija okrajaka, njihova laka identifikacija, što sve omogućava direktnu suturu i izbegavanje nervne transplantacije
- Rani sekundarni šav (od treće do pete sedmice) se primenjuje kod povreda koje ne ispunjavaju uslove za primarnu suturu, a to je slučaj kod tupih laceracija sa nervnim ivicama i sekundarnim lezijama na proksimalnom i distalnom okrajku nerva. Reparacija se tada vrši između treće i pete nedelje, kada su jasno demarkirane lezije nerva na proksimalnom i distalnom okrajku, završena Valerova degeneracija, endoneurijalni tubusi prazni, a metabolička aktivnost u proksimalnom okrajku maksimalna
- Odloženi sekundarni šav podrazumeva reparaciju nerva nakon isteka 5 sedmica. Zadovoljavajući rezultati se postižu ukoliko se nerv reparira u periodu od 3-6 meseci, dok kod reparacija nakon isteka 6 meseci rezultati funkcionalnog oporavka su značajno slabiji (23,56,123).

1.8. Metode i opšti principi hirurškog lečenja povreda perifernih nerava

Hirurško lečenje povreda perifernih nerava podrazumeva sledeće operativne tehnike:

- Neuroliza
- Direktna nervna reparacija
 - ✓ Direktna sutura („*end to end repair*“)
 - ✓ Termino-lateralna reparacija („*end to side repair*“)
- Transplantacija graftom
- Nervni transfer
- Tetivni transfer

1.8.1. Neuroliza

Neuroliza nerva je sastavni deo svake operacije povređenog nerva, a vrši se kod povreda nerva sa očuvanim kontinuitetom. Najčešće se radi o povredama nerava koje su uzrokovane kompresijom i trakcijom i pri tome su najčešće prisutni različiti stepen lezije nervnih vlakana, od neuropraksije preko aksonotmeze do neurotmeze.

Ukoliko je nerv komprimovan okolnim ožiljnim tkivom, vrši se oslobađanje nerva od priraslica, ožiljnog tkiva i spoljašnjeg sloja epifascikularnog epineurijuma i u tom slučaju govorimo o spoljašnjoj neurolizi. Kada je prisutna i fibroza epifascikularnog epineurijuma koji komprimuje nerv, vrši se longitudinalna epifascikularna neurotomija. Ukoliko postoji i fibroza interfascikularnog epineurijuma, vrši se cirkumferencijalna epineurektomija sa interfascikularnom epineurolizom i oslobađanjem pojedinačnih fascikulusa i fascikularnih grupa, što predstavlja unutrašnju neurolizu nerva. Unutrašnja neuroliza se vrši oprezno, mikrohirurškom tehnikom, jer postoji opasnost od narušavanja vaskularizacije fascikulusa i oštećenja fascikularnih interkonekcija, tako da je unutrašnju neurolizu bezbednije raditi u distalnim delovima nerva (8,23).

1.8.2. Direktna sutura nerva

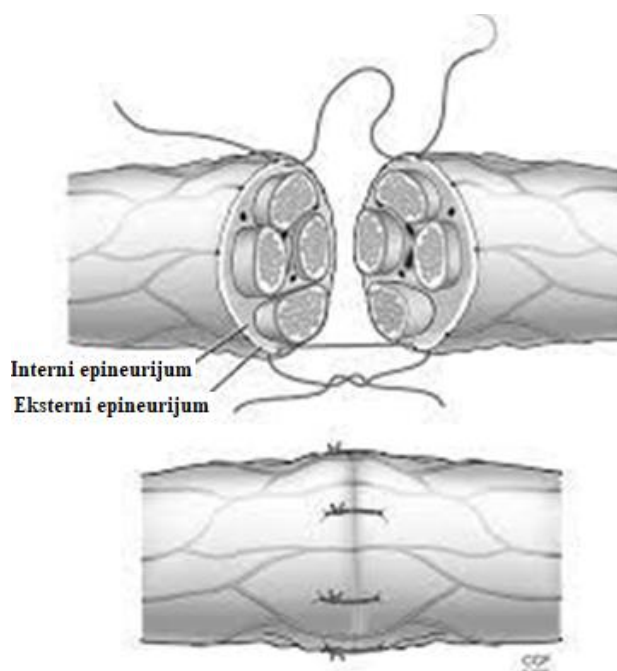
Direktna sutura nerva („*end to end repair*“) je indikovana kod transekcije nerva ukoliko se koaptacija može postići bez veće tenzije na suturnoj liniji. Veći broj autora je našao loše rezultate ukoliko je prisutna veća tenzija prilikom koaptacije i u tim slučajevima se predlaže nervna transplantacija graftom (124,125). Ne postoji precizno određena veličina tenzije koja je kontraindikacija za direktnu

suturu, ali De Midinaceli i saradnici smatraju da je tenzija velika ukoliko se okrajci ne mogu držati uz pomoć jednog šava najlon 9,0 (126).

Direktna sutura nerva se može izvršiti koaptacijom proksimalnog i distalnog okrajka („end to end repair“) uz pomoć nekoliko tehnika:

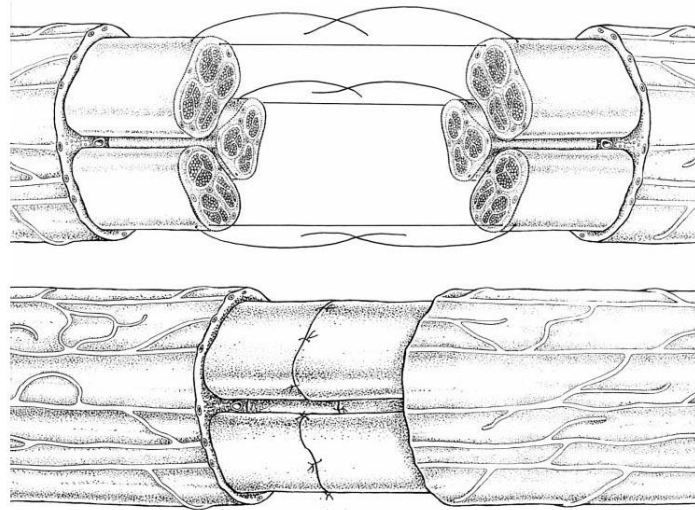
- Epineurijalna reparacija
- Grupna fascikularna reparacija
- Fascikularna reparacija

Epineurijalna sutura podrazumeva postavljanje 4-6 sutura kroz epineurijum, šavovima najlon 8,0 ili 10,0. Primenjuje se veoma često kod primarnih sutura, u proksimalnim delovima kod monofascikularnih nerava, oligofascikularnih nerava do 5 fascikulusa i kod polifascikularnih nerava sa difuznim rasporedom (23,127) Okrajke nerva je potrebno ispreparisati i očistiti od alveolarnog tkiva i resecirati neurom do u zdravo tkivo. Na oba okrajka napraviti minucioznu hemostazu bipolarnom dijatermijom. Po plasiranju prvog šava, sledeći se plasira na 180 stepeni od prvog, a ostali na pola rastojanja između njih (**Slika 1.20**). Veoma je bitna pravilna orijentacija fascikulusa, u čemu može pomoći njihova veličina i pozicija, kao i površinski krvni sudovi (8,23,128).



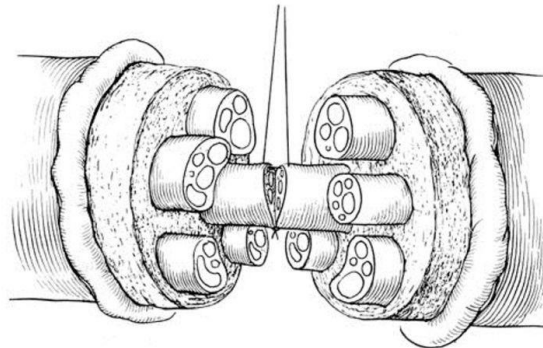
Slika 1.20. Direktna sutura- epineurijalna reparacija

Grupna fascikularna reparacija podrazumeva koaptaciju fascikularnih grupa interfascikularnim šavovima (**Slika 1.21**). Predhodno se vrši priprema okrajaka sa uklanjanjem epineurijuma i izdvajanjem fascikularnih grupa. Za suture se koristi 2-3 šava, obično najlon 8,0 do 10,0. Koaptacija fascikulusa je značajno preciznija kod ove metode i ona se primenjuje u distalnim delovima nerva, gde su fascikulusi već formirani i to kod polifascikularnih nerava sa grupnim rasporedom. Uglavnom se primenjuje kod reparacije radijalisa u predelu lakta i reparacije medijanusa i ulnarisa u predelu ručja (8,23).



Slika 1.21. Grupna fascikularna reparacija

Fascikularna koaptacija podrazumeva suture individualnih fascikulusa perineurijalnim šavovima (**Slika 1.22**). Predhodno je potrebno uraditi interfascikularnu neuroлізу u dužini duplog prečnika nerva i izdvojiti fascikuluse sa prikazivanjem Fontana traka. Vrlo je bitno pravilno raspoznavanje fascikulusa, što se postiže na osnovu promera krvnih sudova na njihovoj površini. Za koaptaciju su obično dovoljna 1-2 šava 10,0 ili 11,0. Fascikularna reparacija je indikovana u distalnim delovima nerva, gdje su već formirani motorni i senzitivni fascikulusi, kod parcijalnih lezija nerva, kao i kod oligofascikularnih nerava sa 2-4 fascikulusa (129).



Slika 1.22. Fascikularna reparacija (direktna sutura)

1.8.3. Terminolateralna anastomoza

Termino-lateralna anastomoza (eng. "end to side repair") podrazumeva koaptaciju distalnog okrajka povređenog nerva sa lateralnim delom susednog donornog nerva. Prednost ove reparacije jeste izbegavanje dugih graftova, dok se funkcija donornog nerva ne remeti. Ipak, rezultati ove reparacije se mogu očekivati samo u pojedinim situacijama, kao kod reparacije facijalisa i kod senzorne reinervacije (130).

1.8.4. Nervna transplantacija

Nervna transplantacija je metoda reparacije povređenog nerva, kod koje se defekt nervne supstance između proksimalnog i distalnog okrajka nerva premošćuje pomoću grafta. Zadatak nervnog transplantata je da omogući prorastanje aksona do distalnog okrajka povređenog nerva.

Nervna transplantacija je indikovana u svim slučajevima kada je defekt nervne supstance toliki, da se sutura okrajaka ne može izvršiti bez tenzije pri punim pokretima u zglobovima. Rezultati reinervacije kroz graft su mnogo bolji nego kod direktne suture sa umerenom tenzijom, iako postoje dve suturne linije (23,131).

Tenzija na suturnoj liniji ima niz štetnih efekata koji onemogućavaju adekvatnu reinervaciju. Sutura se u tom slučaju mora ostvriti sa više šavova koji povećavaju mogućnost fibrozne reakcije, tenzija na suturnoj liniji dovodi do stvaranja praznog prostora koji ispunjava fibrozno tkivo, a takođe dolazi do promena proksimalnog okrajka u vidu edema, krvarenja i propadanja aksona usled istezanja (8,23).

1.8.4.1. Tipovi nervnih transplantata

Premošćavanje defekta nervne supstance se može izvršiti biološkim transplantatima ili neneuralnim tubusima. Kod graftova koji ne sadrže Švanove ćelije prorastanje se vrši neuromatoznom neurotizacijom u formi minifascikulusa koji nose Švanove ćelije, dok se kod graftova sa Švanovim ćelijama prorastanje vrši prostim aksonalnim rastom.

Nervni graftovi u zavisnosti od porekla mogu biti: autograft, izograft, alograft (homograft) i heterograft (ksenograft).

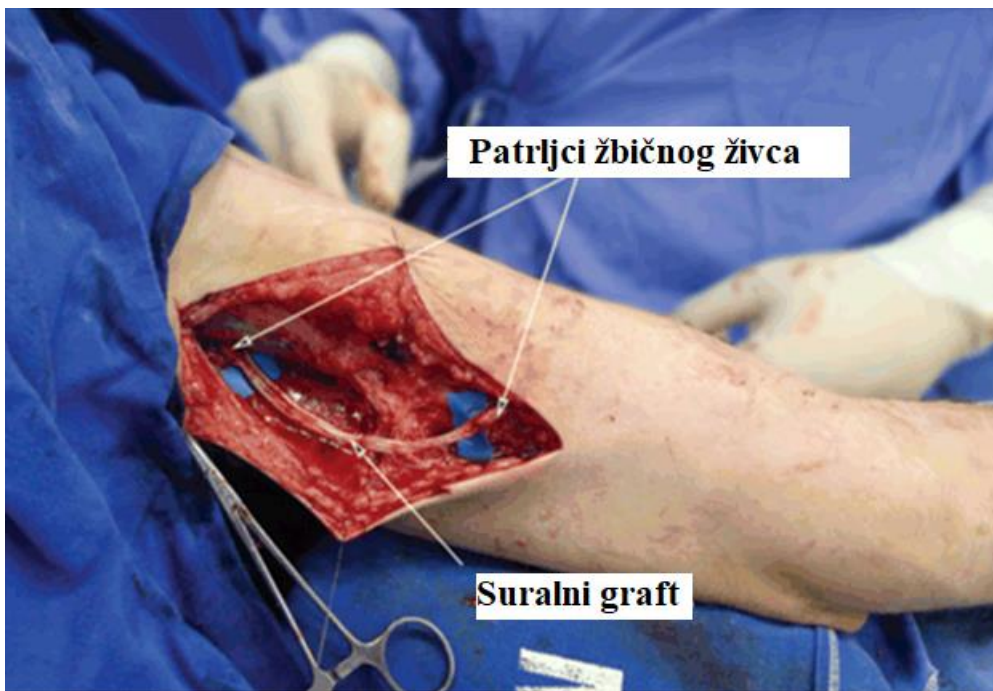
Od neneuralnih tubusa najčešće se primjenjuju venski graftovi i bioapsorbabilni tubusi od poliglikolne kiseline, ali je njihova primena ograničena na digitalne nerve i kraće nervne defekte.

1.8.4.2. Autograft

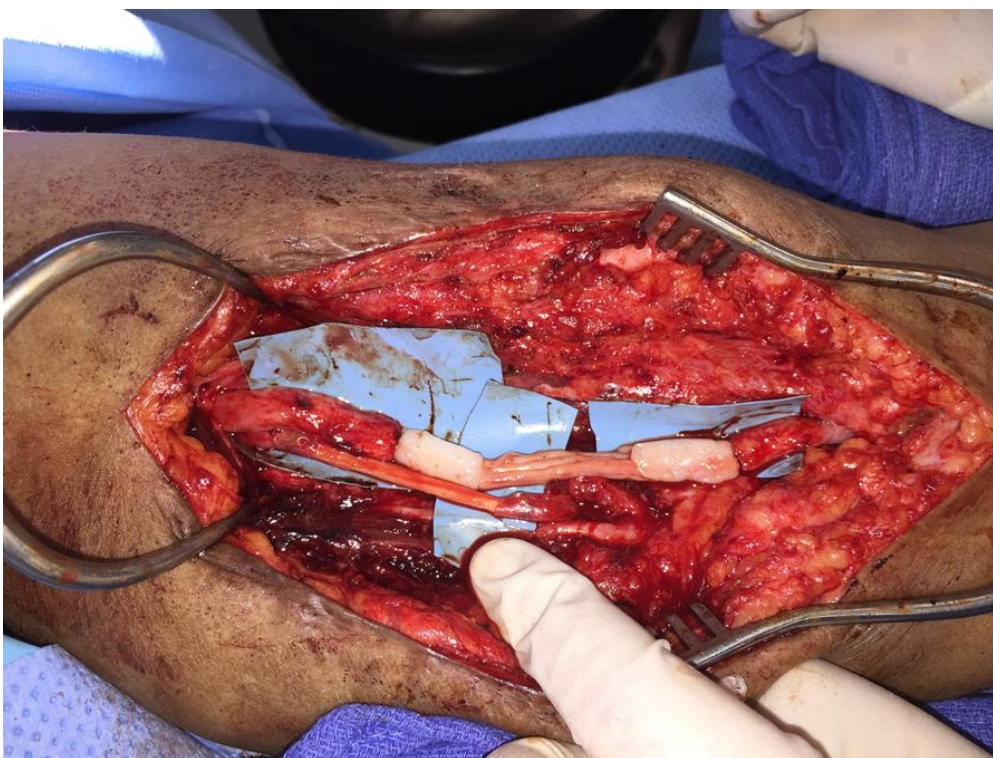
Od nervnih graftova najčešće se koriste autograftovi, koji su prvi izbor i daju najbolje rezultate. Dužina grafta mora biti 10-20% duža od defekta nervne supstance, dok debljina grafta treba da bude manja od debljine oštećenog nerva. Tenzija na suturnoj liniji se mora izbjeći i pri maksimalnim pokretima u susjednim zglobovima. Tanji graftovi su pokazali bolje rezultate jer je kod njih bolja ishrana grafta iz okolnog tkiva, tako da su i ređe ishemijske i nekrotične promene u sredini nerva (132). Graft se mora plasirati u okolno zdravo vaskularizovano tkivo (8,23).

Najčešće korišćeni autograftovi su lisni živac (*n. suralis*), unutrašnji kožni živac podlaktice (*n. cutaneus antebrahii medialis*) u nadlaktici i podlaktici, spoljašnji kožni živac podlaktice (*n. cutaneus antebrahii lateralis*) ispod lakta, površna grana žbičnog živca (*ramus superficialis n. radialis*), zadnja kožna grana lakatnog živca (*n. cutaneus dorsalis n. ulnaris*) i spoljašnji koži živac nadkoljenice (*n. cutaneus femoris lateralis*). Kad god je moguće graft treba uzeti sa istog ekstremiteta gde je i povreda, kako bi se izbegao novi rez ili mogla koristiti regionalna anestezija.

U praksi se za autograft najčešće primenjuje *suralis*, koji daje senzornu inervaciju za zadnje-spoljašnju stranu donje trećine podkoljenice, lateralni deo pete i stopala. *Suralis* ima 9-14 fascikulusa i dobru intraneuralnu vaskularizaciju, a njegovom preparacijom se dobija 25-50 cm grafta, što ga čini prvim izborom kod velikih defekata nerva (**Slika 1.23 i 1.24**).



Slika 1.23. Transplantacija radijalisa suralnim graftom



Slika 1.24. Kabl graft od suralisa

1.8.4.2.1. Vrste nervne transplantacije

Postoje tri vrste nervnih transplantata:

- Kabl graft (**Slika 1.24**) kojeg čine više pojedinačnih transplantata kožnog nerva, koji se na krajevima vezuju fibrinskim lepkom, dok se šav plasira kroz fibrinski lepak i epineurijum kabl

grafta i vezuje sa epineurijumom okrajaka ili sa interfascikularnim epineurijumom i perineurijumom ukoliko su na okrajcima izdvojeni fascikulusi i fascikularne grupe.

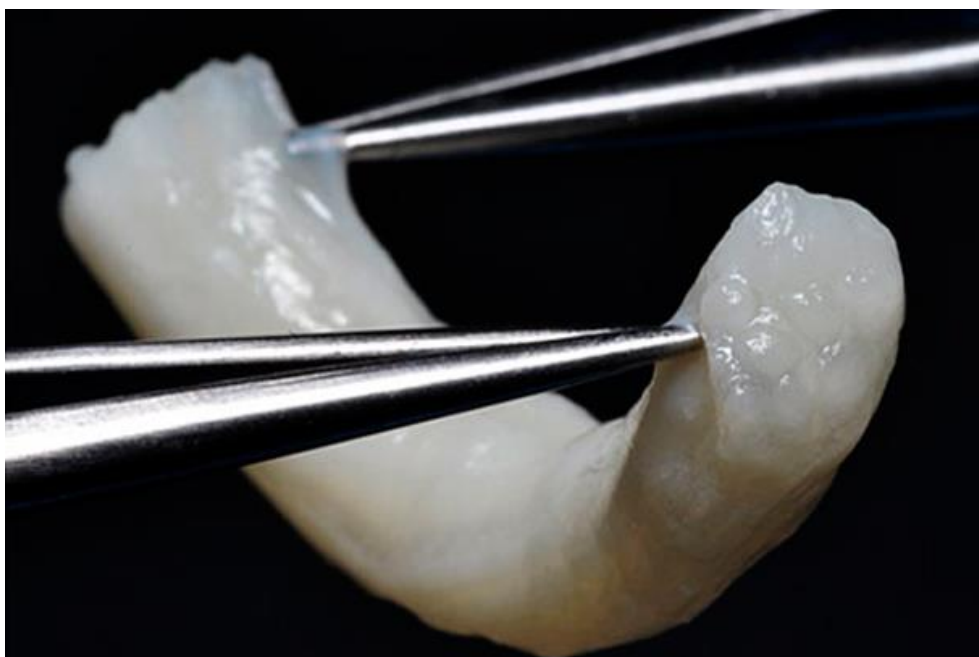
- Puni trunkalni graft koji se suturira epineurijalnim suturama
- Interfascikularni graft koji se vezuje za pojedinačne fascikuluse okrajaka ili za fascikularne grupe. Sutura se ostvaruje kroz epineurijum grafta sa perineurijumom ili interfascikularnim epineurijumom okrajaka (fascikularna transplantacija, grupna fascikularna transplnatacija).

Sutura se može ostvariti na više načina u zavisnosti od strukture nerva (8,23):

- Kod monofascikularnih i oligofascikularnih nerava se transplantiraju više graftova za epineurijum okrajaka
- Kod polifascikularnih nerava sa grupnim rasporedom se uklanja epineurium na okrajcima i spajaju pojedinačni fascikulusi ili fascikularne grupe perineuralnim i interfascikularnim šavovima za epineurijum transplantata (interfascikularna transplantacija)
- Kod polifascikularnih nerava sa difuznim rasporedom se primjenjuje sektorijelna trasplantacija, kada se transplantiraju više graftova za epineurijum okrajka. U ovim slučajevima se može koristiti i modifikovani kabl graft koji se sastoji od više transplantata kožnog nerva koji se na krajevima spoje fibrinskim lepkom (133).

1.8.4.3. Alograftovi

Alograftovi se primenjuju kod velikih nervnih povreda, kada autograft ne može obezbediti potrebu za nervnom reparacijom. Glavni problem kod primene alograftova jeste odbacivanje grafta zbog autoimune reakcije, zbog čega je potrebna primena imunosupresivne terapije. Problem autoimune reakcije se može smanjiti pripremom alografta predegeneracijom, smrzavanjem, iradijacijom, što znatno smanjuje doze imunosupresivnih lijekova (134). Kod upotrebe decelulisanih alograftova (Alogen) nije potrebna imunosupresivna terapija i nekoliko studija je ukazalo na dobre rezultate kod primene ovih graftova, bez obzira što oni ne poseduju Švanove ćelije (135). Whitlock i saradnici su pokazali da decelulisani alograftovi (**Slika 1.25**) imaju bolje rezultate od kolagenih tubusa (136). Svakako upotreba decelulisanih alograftova je ograničena na nervne defekte do 3cm (**Slika 1.26**).



Slika 1.25. Predegenerisan alograft



Slika 1.26. Reparacija SSRN uz pomoć alografta

1.8.4.4. Neneuralni tubusi

Za male nervne defekte ispod 3 cm mogu se primenjivati neneuralni tubusi, koji imaju za cilj da povežu nervne okrajke, omogućue prorastanje aksona do distalnog okrajka, obezbeđujući zaštitu od okolnog tkiva i difuziju neurotrofičkih faktora iz okrajaka. U neneuralne tubuse spadaju arteficialni tubusi i autologni tubusi.

Nervni okrajci se uvuku u tubus i fiksiraju sa po jednom epineuralnom suturom, a zatim se uz pomoć male igle tubus ispere fiziološkim rastvorom, kako bi se izbacili mehurići vazduha. Idealan neneuralni tubus mora biti razgradiv, netoksičan, da izaziva minimalnu reakciju stranog tela i da je semipermeabilan. Idealno je da se tubus razgrađuje nakon završetka aksonalne regeneracije. Dijametar tubusa treba da bude za 20% veći od dijametra povređenog nerva zbog mogućeg oticanja i sužavanja lumena tubusa (23,137).

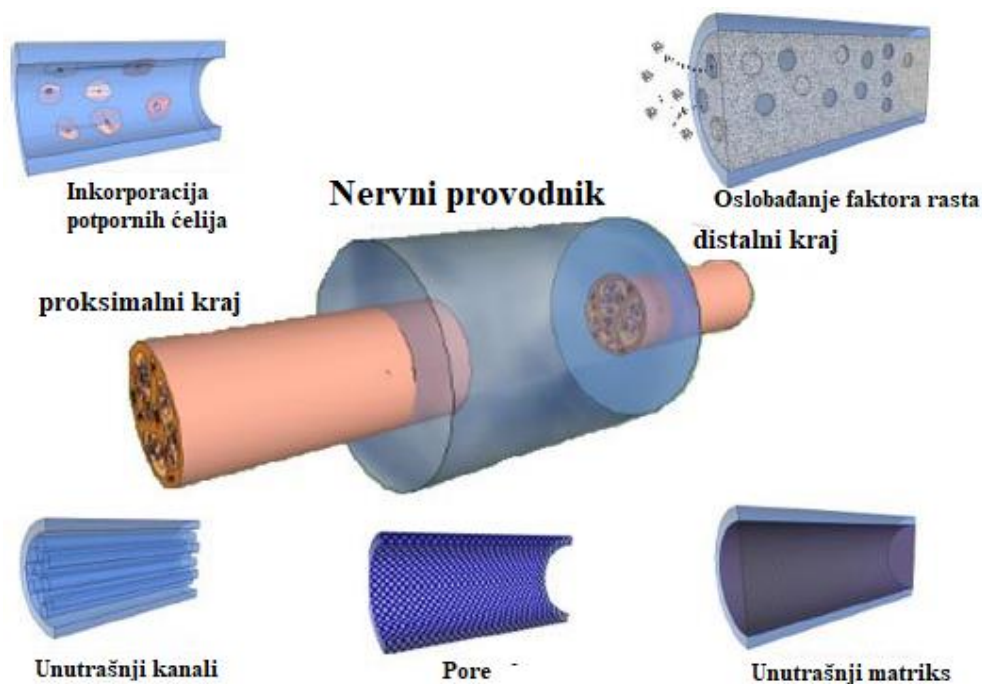
1.8.4.5. Arteficialni tubusi

Od arteficialnih tubusa najviše su istraživani poliglikolna kisjelina koju uvode Mackinnon i Dellon 1990 (138), koji su pokazali dobre rezultate kod reparacije defekata digitalnih nerava do 3cm, dok Weber i saradnici (139) u svojoj randomizovanoj studiji pokazuju slične rezultate kod primene poliglikolne kisjeline u poređenju sa autolognim graftovima (**Slika 1.26**).

Kolageni tubusi su pokazali zadovoljavajuće rezultate kod reparacije digitalnih nerava, ali kod kraćih nervnih defekata od 10-15 mm (140,141)

Sledeći polimer koji je ispitivan u reparaciji nerava jeste polilaktid kaprolakton (polylactide-caprolactone polymer- PLCL), ali zbog većeg broja komplikacija nije našao širu primenu (142).

Većina autora se slaže da je upotreba neneuralnih tubusa i decelulisanih alograftova ograničena na nervne defekte do 2,5 cm i dužinu tubusa do 3 cm. (8,23,138,141,142).



Slika 1.26. Neneuralni tubusi

1.8.4.6. Autologni tubusi

Autologni neneuralni tubusi su prirodna zamena za autologe graftove. Najviše su istraživani venski tubusi, mišićna bazalna membrana, humana amnionska membrana i epineurijalni omotač. Eksperimentalni modeli na pacovima su pokazali zadovoljavajuće rezultate kod upotrebe venskih tubusa i epineurijalnih omotača (143,144).

1.8.5. Nervni transferi kod povreda žbičnog živca

Nervni transfer kod povreda žbičnog živca omogućava reinervaciju distalnih grana motornim aksonima susednih nerava, omogućavajući raniju reinervaciju kod proksimalnih lezija nerva u odnosu na direktnu reparaciju. Proksimalne lezije radijalisa, naročito one koje zahtevaju reparaciju dugim graftovima, veoma često pokazuju loše rezultate nakon direktne nervne reparacije. To se može objasniti dugim putem reinervacije, fibroznim promenama u efektornim mišićima i gubljenjem dela motornih vlakana u površnu senzitivnu granu radijalisa na mestu račvanja. Primenom distalnih nervnih transfera proksimalne lezije radijalisa se pretvaraju u distalne, tako da i bolesnici koji su se kasno javili nakon povrede postaju kandidati za operaciju (145).

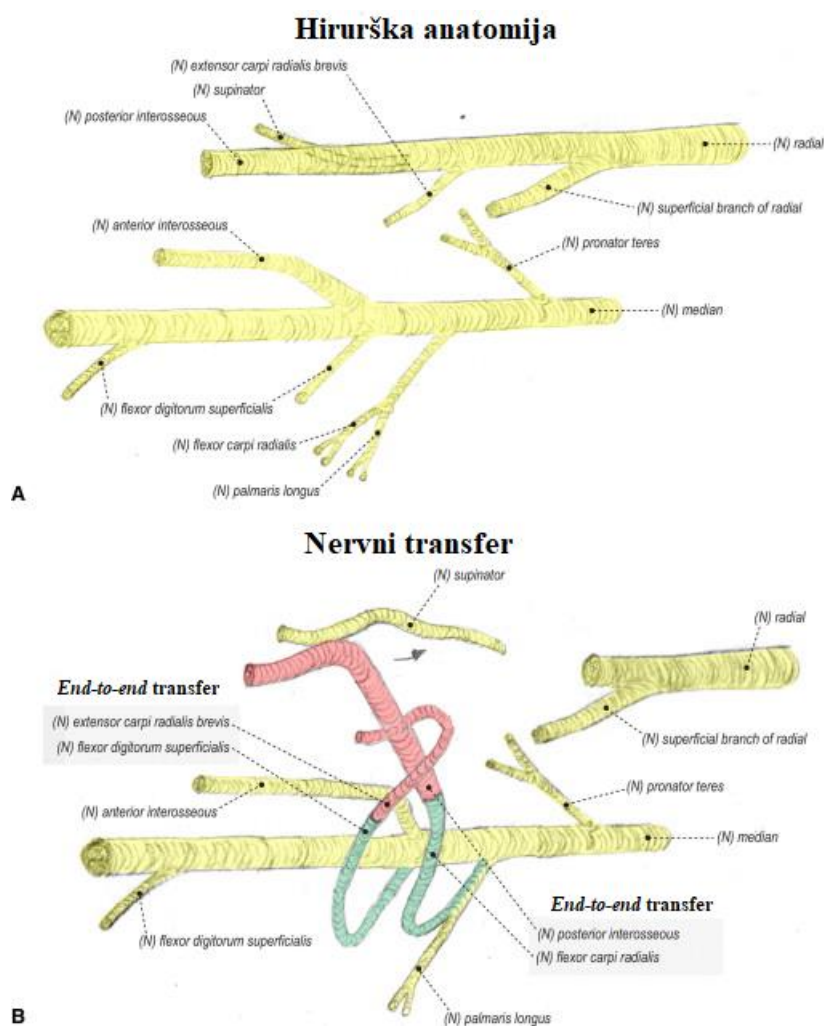
Glavna prednost nervnih transfera radijalisa jeste mogućnost nezavisne ekstenzije prstiju, što nije moguće u slučaju tetivnih transfera (145,146). Za razliku od tetivnih transfera, nervni transferi zahtevaju vreme za reinervaciju, što kod radijalisa obično iznosi oko 9 meseci, uz dodatno vreme potrebno za rehabilitaciju i jačanje mišića. Nervni transfer se odnosi na one pacijente koji su spremni da čekaju oko 12 meseci za reinervaciju i potencijalnu nezavisnu ekstenziju prstiju, radije nego tetivni transfer koji odmah daje udružene pokrete ekstenzije prstiju. Nervni transferi su takođe indikovani u slučaju kontraktura šake i kompleksnih regionalnih bolnih sindroma.

Uobičajena procedura kod restauracije žbičnog živca podrazumeva transfer grana središnjeg živca (*n. medianus*) na žbični živac.

Najčešće se primenjuje (**Slika 1.27**):

- Grana za *m. flexor digitorum superficialis* (FDS) – granu za *m. extensor carpi radialis brevis* (ECRB),
- Grana za *m. flexor carpi radialis* (FCR) - *n. interosseus posterior* (IP).

Transfer medijanusa na radijalis omogućava nezavisne pokrete palca i prstiju zahvaljujući reinervaciji svih pojedinačnih mišića inervisanih od strane IP-a. (145–147).



Slika 1.27. Transfer grana medijanusa za reinervaciju radijalisa

Većina autora u svojim manjim serijama slučajeva opisuju dobre rezultate oporavka žbičnog živca nakon distalnog nervnog transfera uz pomoć grana središnjeg živca (121,146,148–150).

1.8.6. Tetivni transferi kod povreda žbičnog živca

Tetivni transferi se primenjuju u slučaju kada ne postoji mogućnost oporavka nervne funkcije. Cilj tetivnih transfera kod lezije žbičnog živca je da obezbede ekstenziju šake i prstiju, kao i abdukciju i ekstenziju palca, kako bi šaka bila dovedena u aktivnu poziciju, što omogućava i funkciju fleksora i formiranje hvata šake (151,152).

Tetivni transferi kod lezije žbičnog živca pokazuju veoma dobre rezultate i dobro zadovoljstvo pacijenata. Rezultati tetivnog transfera kod lezija žbičnog živca su značajno bolji nego kod lezija središnjeg i lakatnog živca. Svakako je za uspešan tetivni transfer potreban određen stepen neuroplasticiteta, tako da mlađi i motivisani pacijenti pokazuju bolje rezultate.

Zbog ovako dobrih rezultata tetivnog transfera kod lezija žbičnog živca, pojedini autori savetuju što ranije uraditi tetivni transfer, a ne čekati rezultate nervne reparacije (153) (96).

Pojedini autori savetuju rani transfer tetive oblog uvrtača podlakta- *m. pronator teres (PT)* na *ECRB*, čime se obezbeđuje stabilizacija ručnog zgloba u delimičnoj fleksiji, tj. u aktivnoj poziciji, da bi se sprečile kontrakture u zglobovima i eliminisala potreba za nošenjem udloga, dok se čeka na regeneraciju nerva (152,154).

Najčešći transfer kod lezija radijalisa podrazumeva (152,155):

- *PT* → *ECRB*
- *FCR* → *EDC*
- *PL* ili *FDS* → *EPL*

Tetivni transfer se može ostvariti „end to end” ili “end to side” suturom, ukoliko se radi u ranoj fazi ili se očekuje izvestan stepen oporavka nerva (156).

Najčešće komplikacije i ograničenja tetivnog transfera žbičnog živca jesu slabiji stisak šake, neprirodni pokreti prstiju i šake, ograničena fleksija šake i slabije pokretanje pojedinih prstiju (72).

Ukoliko ne dođe do reinervacije i tetive nisu dostupne za tetivni transfer, onda se vrši fuzija šake u blagoj ekstenziji, dovodeći šaku u funkcionalni položaj kada lumbrikalni mišići mogu vršiti ekstenziju prstiju, a kratki odvodilac palca- *m. abductor pollicis brevis (APB)*, inervisan od medijanusa) može abdukovati palac ispred dlana, a takođe je omogućena fleksija prstiju i formiranje pesnice. Svi ovi pokreti nisu mogući kada je šaka u položaju fleksije (viseća šaka).

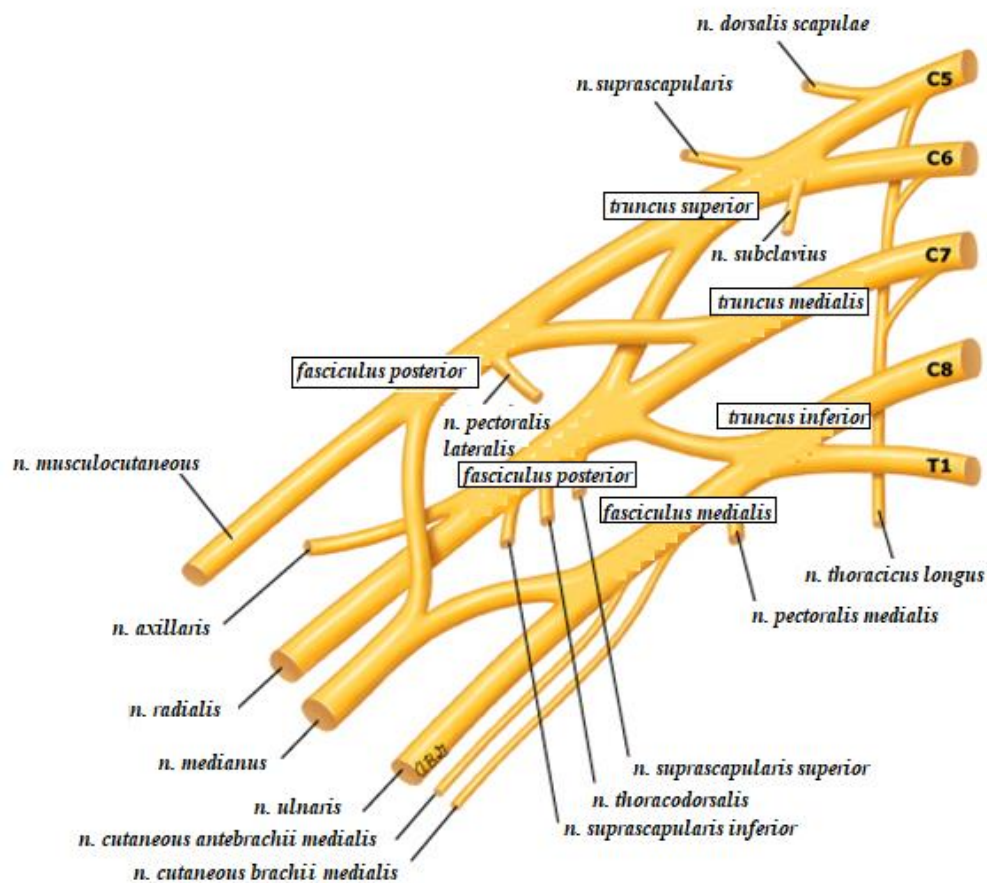
Gubitak funkcije brahioradijalnog mišića (*BR*) i supinatora nije od posebnog značaja, dok je gubitak funkcije tricepsa prisutan samo kod proksimalnih lezija.

1.9. Žbični živac

Žbični živac (lat. *n. radialis*) predstavlja završnu granu ramenog živčanog spleta i glavni opružać gornjeg uda. Njegova glavna funkcija je da dovede šaku i prste u funkcionalni položaj (položaj ekstenzije), bez koga je funkcionalna motorna aktivnost šake nemoguća. Ostale funkcije žbičnog živca podrazumevaju ekstenziju podlaktice (troglavi mišić nadlakta- lat. *m. triceps brachii*), fleksiju podlaktice u semipronaciji (ramenično-žbični živac- lat. *m. brachioradialis*) i izvrtnje podlaktice (izvrtač podlakta- lat. *m. supinator*).

1.9.1. Anatomija žbičnog živca

Žbični živac je najvažnija grana zadnjeg snopa brahijalnog pleksusa (*fasciculus posterior*), od koga još nastaje pazušni živac (lat. *n. axillaris*) i koji daje tri bočne grane: grudno-leđni živac (lat. *n. thoracodorsalis*), gornji i donji podlopatični živac (lat. *n. subscapularis sup. et n. subscapularis inf.*) (149,157) (Slika 1.28)



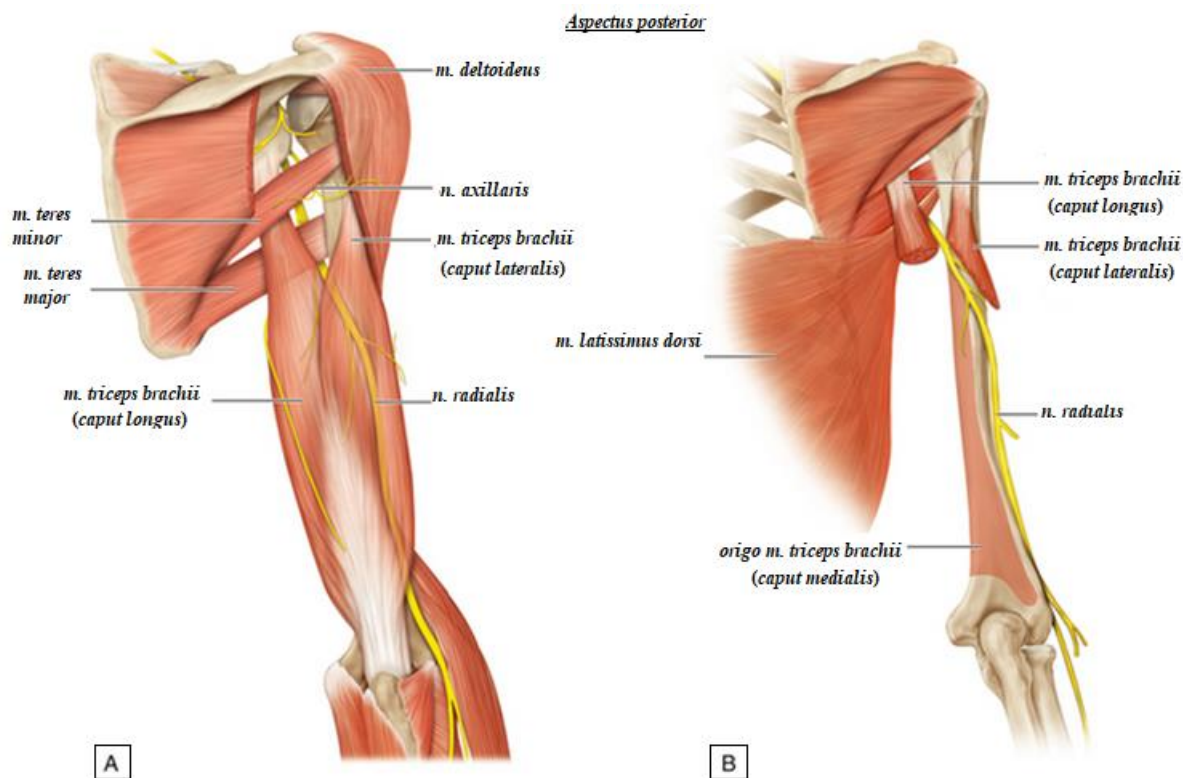
Slika 1.28. Završne grane ramenog živčanog spleta

Žbični živac ima široku segmentnu inervaciju koja uglavnom potiče od kičmenih korenova C5-Th1, koji se šire preko sva tri stabla brahijalnog plexusa (*truncus superior, medius et inferior*) (14,23,66).

Žbični živac u pazušnoj jami leži na podlopatičnom mišiću (*m. subscapularis*), iza pazušne arterije (*a. axillaris*) i pruža se koso naniže i upolje prema zadnjoj loži gornjeg dela nadlaktice. Odmah po odvajanju od zadnjeg snopa, žbični živac daje grane za troglavi mišić nadlaktice (*m. triceps brachii*), koje se nekada mogu i odvajati od završnog dela zadnjeg snopa. Prilikom preparacije proksimalnih partija žbičnog živca ove grane za triceps se moraju sačuvati (23).

Žbični živac napušta pazušnu jamu kroz humero-tricepsni zjap i prolazi prvo između unutrašnje i velike glave tricepsa, a zatim između unutrašnje i spoljašnje glave tricepsa i okružuje ramenicu (lat. *humerus*) sa spoljašnje strane u svom žljebu (*sulcus n. radialis*), zajedno sa dubokom arterijom nadlaktice (*a. profunda brachii*). Živac probija spoljašnji međumišićni septum i prelazi u prednju ložu nadlaktice.

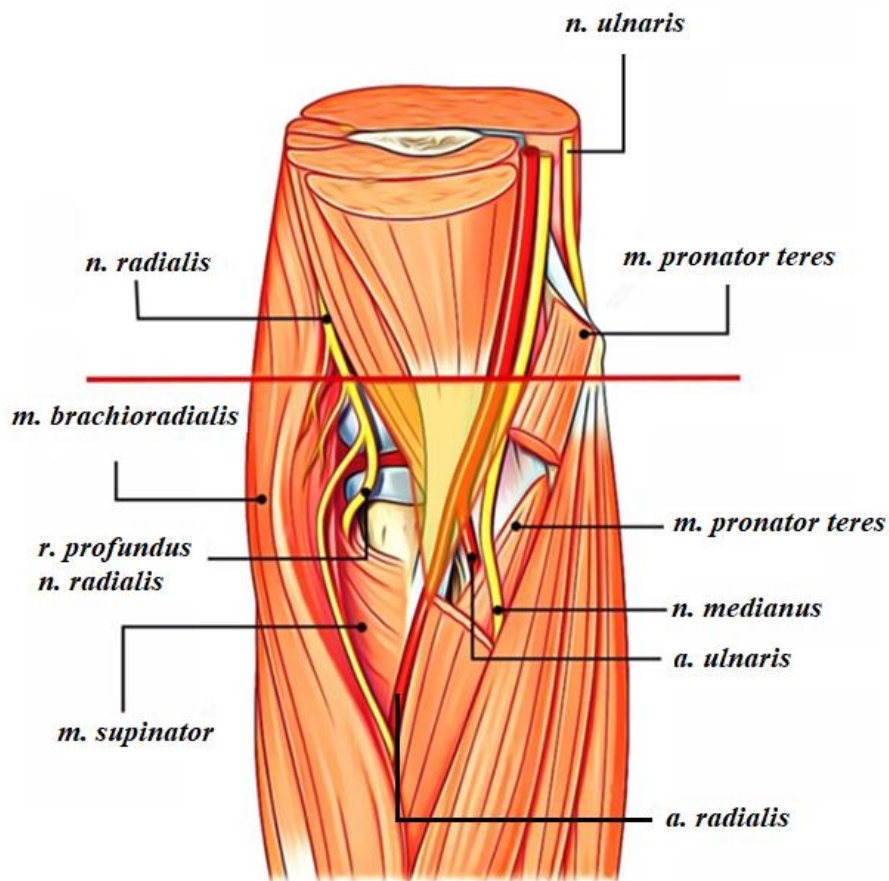
U spiralnom žlebu žbični živac je u neposrednom odnosu sa pokosnicom i podložan je povredama usled fraktura ramenice. U predelu spiralnog žleba ramenice, žbični živac daje grane za inervaciju troglavog mišića (*m. triceps brachii*), međutim one su od manje važnosti u odnosu na grane koje nastaju proksimalno, tako da povrede radijalisa u ovom nivou uglavnom ne daju slabost tricepsa (14). U predelu spiralnog žljeba nastaju i grane za lakatni mišić (*m. anconeus*), čija funkcija nije toliko bitna, koliko može biti značajna u dijagnostičkom smislu, jer denervacija ovog mišića ukazuje na leziju radijalisa iznad spiralnog žleba (14) (**Slika 1.28**).



Slika 1.28. Anatomija žbičnog živca u predelu nadlaktice, površni sloj (A), duboki sloj (B)

U distalnom delu nadlaktice žbični živac se nalazi između nadlaktatnog mišića (*m. brachialis*) i ramenično- žbičnog mišića (*m. brachioradialis* - *BR*) i na 2 cm od lateralnog epikondila ramenice daje grane za brahioradijalis (*BR*) i grane za dugi spoljašnji opružać šake - *m. extensor carpi radialis longus* (*ECRL*), kao i manje grane za nadlaktatni mišić (dominatno inervisan od strane muskulokutaneusa). Grane za brahijalni mišić se odvajaju sa unutrašnje strane, dok se grane za *BR* i *ECRL* odvajaju sa spoljašnje strane (14) (23).

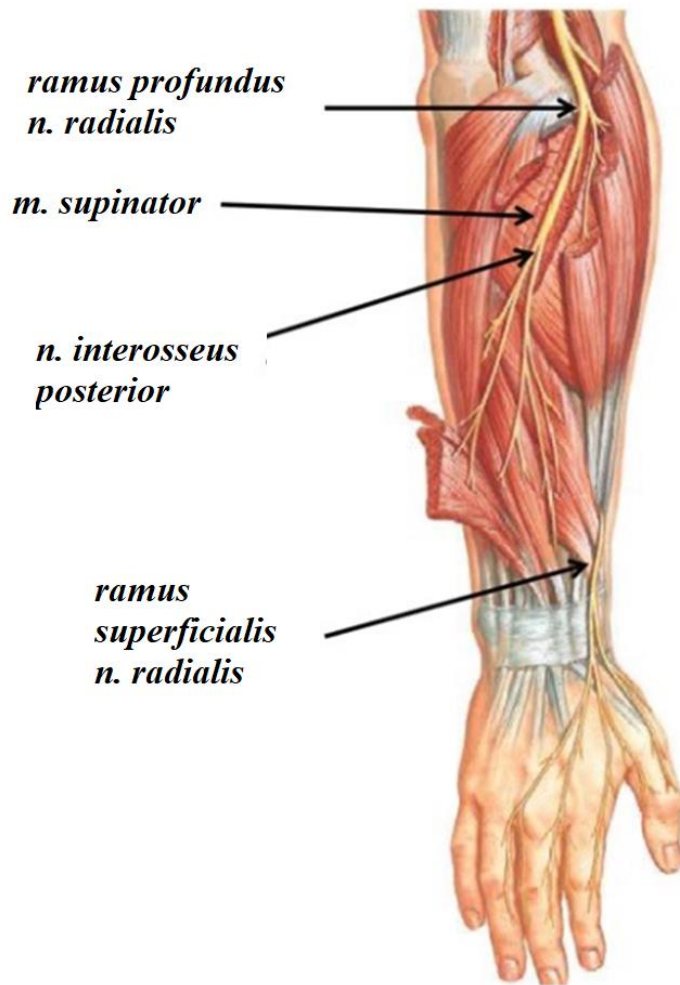
U predelu kubitalne jame (**Slika 1.29**) žbični živac se nalazi ispod *BR* i na 1-2 cm ispod lateralnog epikondila daje svoje završne grane: površnu (lat. *ramus superficialis n. radialis*) i duboku (lat. *ramus profundus n. radialis*) koja se nastavlja u zadnji međukoštani živac (lat. *n. interosseus posterior*). U ovoj regiji se može odvajati i grana za kratki spoljašnji opružać šake - *m. extensor carpi radialis brevis* (*ECRB*), ali ona može nastati i distalnije od površne ili ređe dugoke grane radijalisa (23,157,158).



Slika 1.29. Anatomija žbičnog živca u predelu lakta

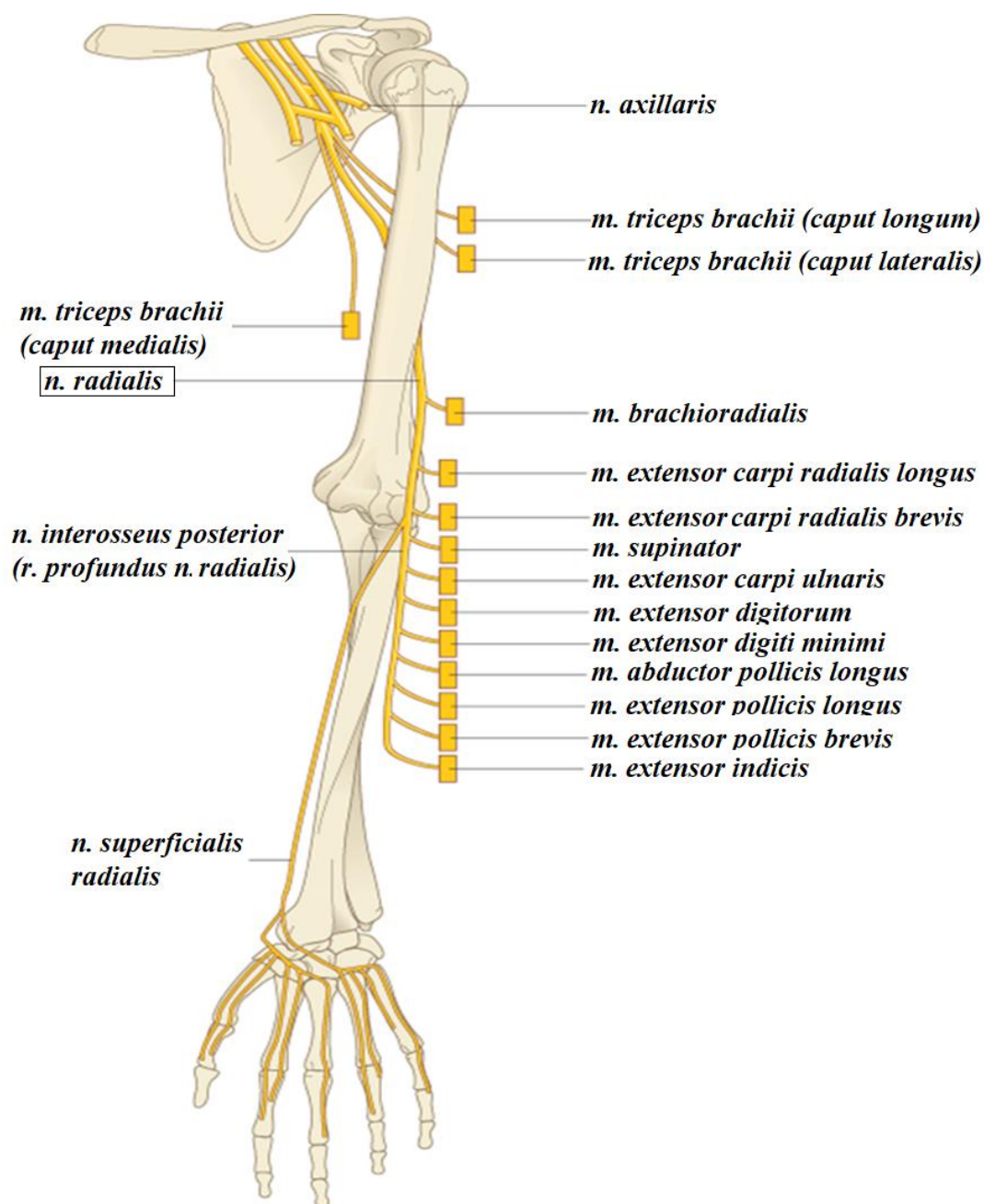
Površna grana nastavlja distalno ispod brahioradijalisa (*BR*) i na spoju srednje i distalne trećine skreće pozadi oko žbice i pored tetive brahioradijalisa prelazi u zadnju ložu podlaktice, gde daje 4-5 grana koje daju senzornu inervaciju spoljašnje polovine dorzuma šake i proksimalnih falangi prva tri prsta. Pre prelaska u zadnju ložu, površna grana može dati inervaciju za *ECRB*.

Duboka grana prolazi između dva lista supinatora, okružuje žbicu i prelazi u zadnju ložu podlaktice kao zadnji međukoštani živac (lat. *n. interosseus posterior- IP*), gde se nalazi između površnih i dubokih mišića podlaktice (**Slika 1.30**). On inerviše sve mišiće zadnje strane podlakta osim *ECRL* i *ECRB*. *ECRL* je inervisan od glavnog stabla radijalisa, ali može biti intervisano od površne grane ili retko od duboke grane. *ECRB* je najčešće inervisan od strane površne grane radijalisa (lat. *ramus superficialis n. radialis*) (14,66).



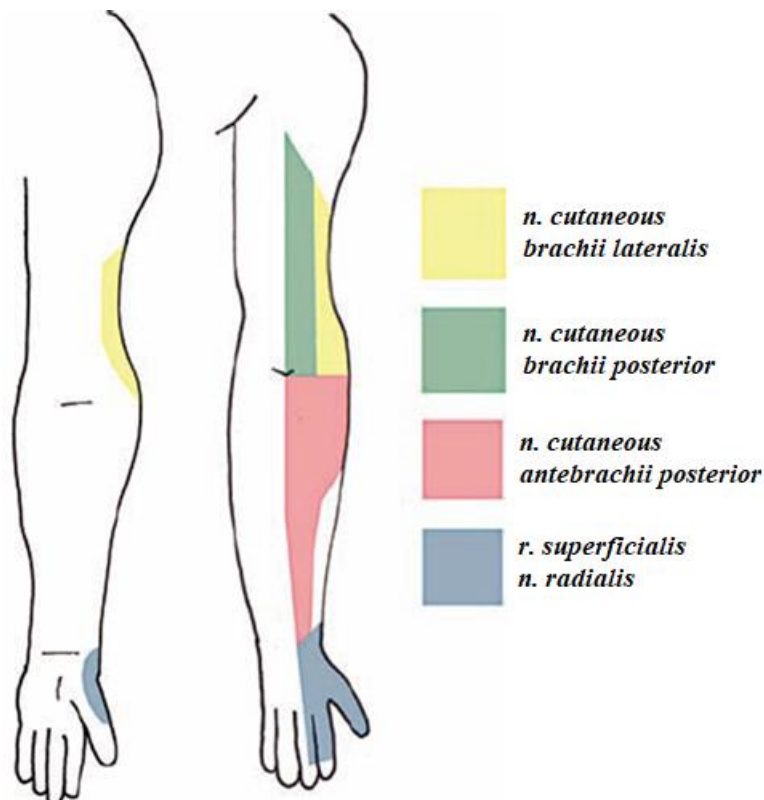
Slika 1.30. Anatomija duboke grane žbičnog živca i zadnjeg međukoštanog živca

Zadnji međukoštani živac (IP) oživčava unutrašnji opružać šake- *m.extensor carpi unaris* (ECU), izvrtać podlaktka- *m.supinator*, zajednički opružać prstiju- *m.extensor digitoum communis* (EDC), posebni opružać malog prsta - *m.extensor digiti minimi* (EDM), dugi odvodilac palca - *m.abductor policis longus* (APL), dugi i kratki opružać palca - *m.extensor policis longus et brevis* (EPL i EPB) i posebni opružać kažiprsta - *m.extensor indicis* (EI) (**Slika 1.31**).



Slika 1.32. Motorna inervacija žbičnog živca. (Gray's Anatomy. Elsevier, 2005)

Radijalis daje tri bočne kožne grane i to zadnji kožni živac nadlaktice (lat. *n. cutaneus brachii posterior*) koji inervira zadnju stranu nadlaktice, donje spoljašnji živac nadlaktice (lat. *n. cutaneus brachii lateralis inferior*) koja inervira donje spoljašnju stranu nadlaktice i zadnji kožni živac podlaktice (lat. *n. cutaneus antebrachii posterior*) koji inervira zadnju stranu podlaktice (23,157). Površna grana radijalisa (*ramus superior n. radialis*) u svom završnom delu inervira lateralni dio dorzuma šake, kao i proksimalne falange prva tri prsta. Senzorna inervacija gornjeg ekstremiteta je prikazana na **Slici 1.33.**



Slika 1.33. Senzorna inervacija žbičnog živca

1.9.2. Hirurški pristupi žbičnom živcu

1.9.2.1. Hirurški pristupi žbičnom živcu u predelu pazušne jame

Pristup žbičnom živcu u pazušnoj jami (**Slika 1.34**) odgovara infraklavikularnom pristupu brahijalnom pleksusu, kojim se prikazuju fascikulusi i završne grane brahijalnog pleksusa (159). Incizija kože ide duž spoljašnje dve trećine klavikule prema aksili i nastavlja se duž deltoideo-pektoralnog žleba. Po preparaciji kože i podkože nailazi se na deltoideo-pektoralnu venu koja se ligira. Zatim se reseca tetiva malog grudnog mišića (lat. *m. pectoralis minor*) na 1cm od korakoidnog pripoja i isti mišić se ekartira medijalno. Prvo se nailazi na spoljašnji fascikulus ramenog živčanog spleta (lat. *plexus brachialis*) i njegove grane, koji se nalaze sa spoljašnje i prednje strane pazušne arterije i isti se ekartiraju medijalno i pristupa zadnjem fascikulusu. Žbični živac se odvaja medijalno od pazušnog živca (lat. *n. axilaris*), koji odmah napušta aksilu kroz foramen kvadrilaterum (159,160).



Slika 1.34. Infraklavikularni pristup brahijalnom pleksusu- kožni rez (Maniker A. *Operative exposures for peripheral nerve surgery*, 2005)

Grudno-leđni živac (lat. *n. thoracodorsalis*) je grana zadnjeg snopa, ali postoje varijacije u kojima isti može biti grana aksilarisa ili čak grana radijalisa. U tim slučajevima torakodorzalis treba identifikovati i razdvojiti retrogradno do zadnjeg snopa i isključiti iz reparacije (66).

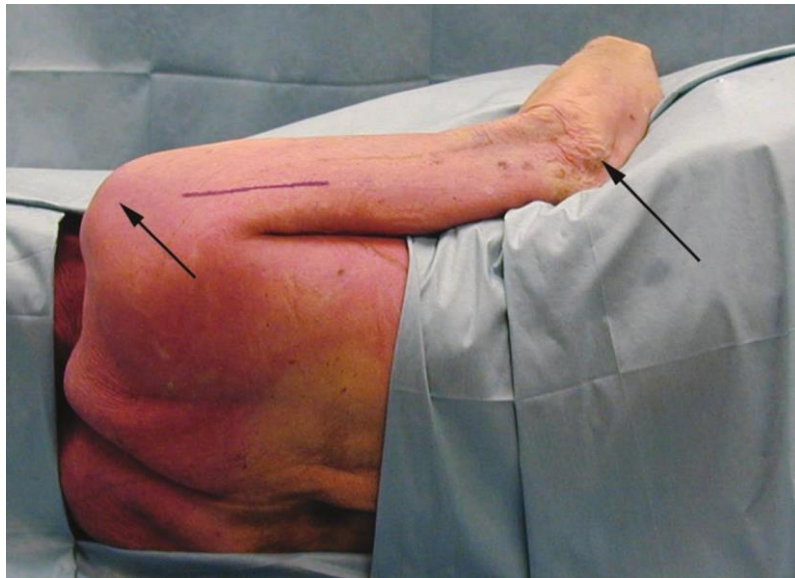
Grane za triceps se nekada odvajaju veoma proksimalno od polazišta radijalisa ili čak od zadnjeg snopa. Njih treba identifikovati i ispreparirati do zadnjeg snopa i sačuvati. Posebno treba voditi računa ukoliko se preparacija obavlja kroz ožiljno tkivo. Manja je vjerovatnoća za oštećenje grana tricepsa ukoliko se disekcija sprovodi od proksimalno put distalno (23,66).

Ukoliko je potrebna preparacija radijalisa distalno od humerotricepsnog zjapa, potrebno je pristupiti sa zadnje strane nadlaktice.

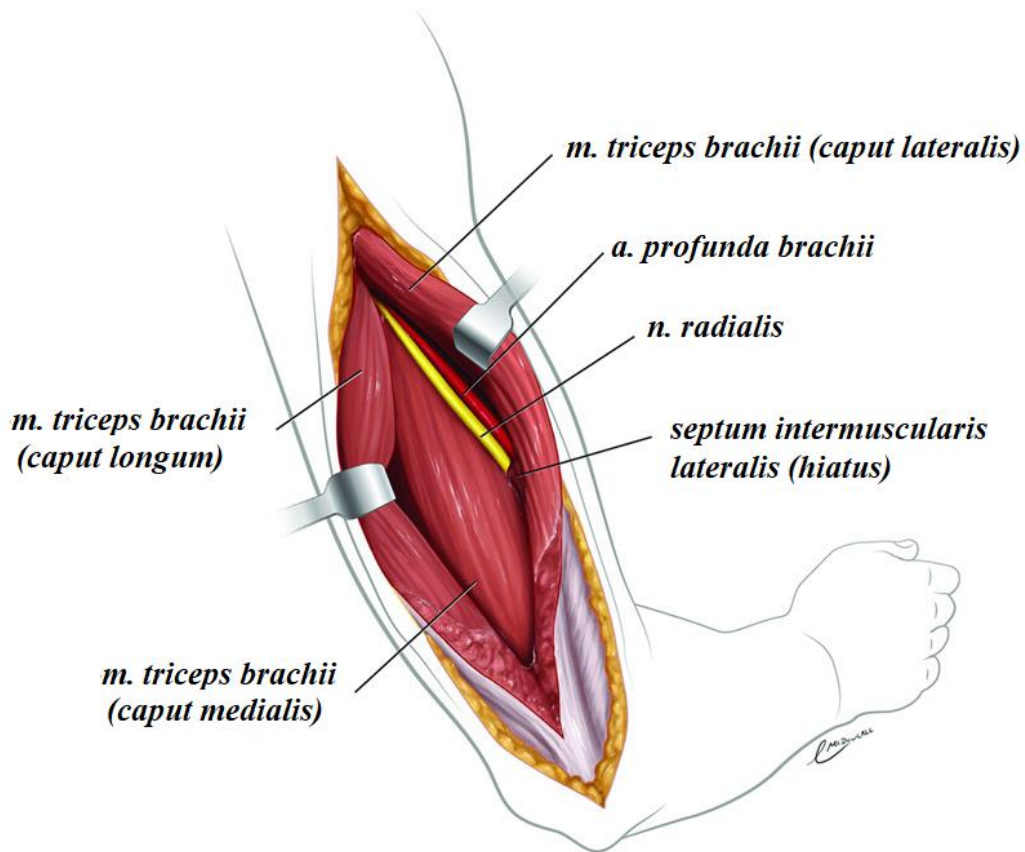
1.9.2.2. Hirurški pristupi žbičnom živcu u nadlaktici

Za pristup radijalisku u srednjoj i distalnoj trećini nadlaktice, potrebna je preparacija sa zadnje i sa prednje strane. Stoga se predlaže pozicija pacijenta na boku, kako bi se imao pristup sa obe strane, ali pacijenta je moguće pozicionirati i u supinaciji (160). (**Slika 1.35**)

Rez kože u srednjoj trećini nadlaktice (**Slika 1.35**), ide posterolateralno duž linije koja spaja akromion skapule i lateralni epikondil humerusa. Po preparaciji kože i podkože, vrši se tupa preparacija između duge i lateralne glave tricepsa (**Slika 1.35**). Ovaj prostor nije uvek lako naći i kao orjentir može poslužiti distalni ligament tricepsa. Radijalis se u dubini između dve glave tricepsa nalazi zajedno sa dubokom nadlaktatnom arterijom (lat. *a. profunda brachii*) i prati proksimalno do triangularnog zjapa, a distalno duž spiralnog žleba humerusa, do lateralnog međumišićnog septuma. Dalja preparacija živca se mora raditi iz prednje lože, tako da incizija kože savija medijalno prema lateralnom epikondilu humerusa. U ovom delu se živac nalazi između brahijalisa i brahijoradijalisa (BR). Preparacija živca se vrši sa medijalne strane da bi se sačuvala grane za BR i ECRL koje se odvajaju lateralno (157,160).



Slika 1.35. Pristup radijalisu u zadnjoj loži nadlaktice- kožni rez (Maniker A. *Operative exposures for peripheral nerve surgery*, 2005)



Slika 1.36. Zadnji pristup žbičnom živcu u srednjoj trećini nadlaktice

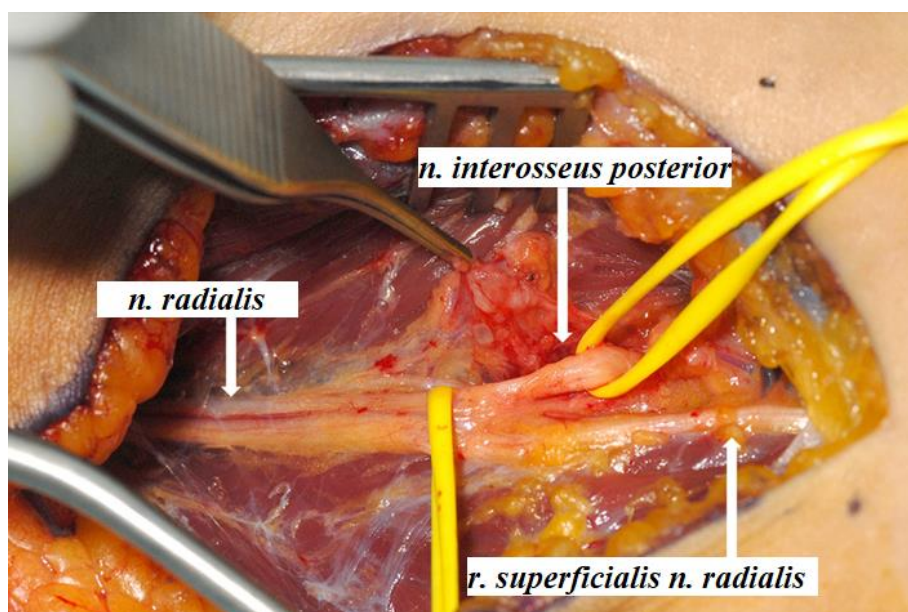
U distalnom delu nadlaktice radijalisu je pridružena kolateralna arterija (lat. *a. collateralis radialis*), koja predstavlja značajnu anastomozu i koju treba sačuvati, posebno u slučaju kada postoji povreda nadlaktatne arterije (lat. *a. brachialis*).

1.9.2.3. Hirurški pristupi žbičnom živcu u predelu lakta

Za prikazivanje radijalisa u distalnom delu nadlaktice i proksimalnom delu podlaktice bolesnik se postavlja u položaj na leđima, ruka je u abdukciji i spoljnoj rotaciji u ramenu i u potpunoj supinaciji. Rez kože počinje 3-4 cm iznad kubitalne fleksione brazde u prostoru između dvoglavog mišića nadlakta (lat. *m.biceps brachii*) i BR, zatim ide koso prema tetivi bicepsa i na 4-5 cm od kubitalne brazde dostiže srednju liniju podlaktice, a zatim ide paramedijalno sa radijalne strane. (Slika 1.37). Živac se identifikuje između tetive bicepsa i BR, a zatim prepariše do račve. Duboka grana prolazi ispod vaskularne peteljke i probija supinator koji se mora resecirati da bi se prikazao nerv distalno (Slika 1.38). U svom početnom delu duboka grana je okružena sitnim krvnim sudovima koji mogu krvariti, zbog čega ih je potrebno odmah koagulisati (159,160).



Slika 1.37. Hirurški pristup žbičnom živcu u predelu lakta- kožni rez (Maniker A. *Operative exposures for peripheral nerve surgery*, 2005)



Slika 1.38. Hirurški pristup žbičnom živcu u predelu lakta

1.9.2.4. Hirurški pristup zadnjem međukoštanom živcu

Incizija kože počinje od lateralnog epikondila humerusa, duž granice između ECRL i ECRB do neposredno iza dorzuma šake (**Slika 1.39**). Po otvaranju kože i fascije, tupom preparacijom se ulazi u prostor između ECRB i ED, gde se proksimalno identifikuje živac koji probija supinator. Predhodno živac obilazi sa spoljne strane vrat žbice i u toj regiji je izložen povredama usled njene frakture. Živac se distalno nastavlja kao zadnji međukoštani živac i udružen je sa zadnjom interosealnom arterijom, a potom daje grane za ekstenzore u podlaktici (159).



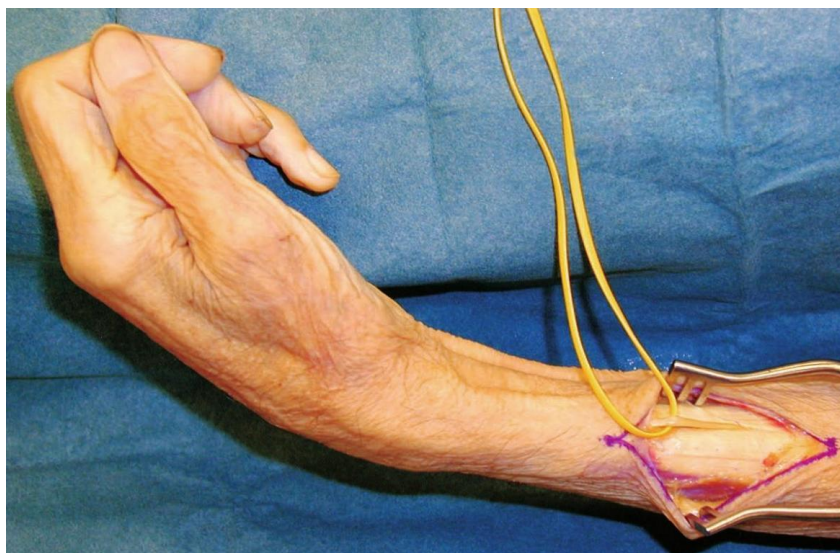
Slika 1.39. Hirurški pristup zadnjem međukoštanom živcu (IP)- kožni rez

1.9.2.5. Hirurški pristup površnoj grani žbičnog živca

Pacijent je u supinaciji, sa rukom u semipronaciji. Napipa se stiloidni procesus radijusa i na 10 cm proksimalno počinje incizija kože u dužini 7-10cm, između BR i ECRL (160) (**Slika 1.40**). Po inciziji kože prikazuju se tetive BR i ECRL i između njih nalazi nerv, koji se prepariše distalno i proksimalno. (**Slika 1.41**)



Slika 1.40. Hirurški pristup površnoj grani žbičnog živca - kožni rez (Maniker A. *Operative exposures for peripheral nerve surgery*, 2005)



Slika 1.41. Hirurški pristup površnoj grani radijalnog živca između tetiva BR i ECRL mišića
(Maniker A. *Operative exposures for peripheral nerve surgery*, 2005)

1.9.3. Klinička dijagnostika povreda žbičnog živca

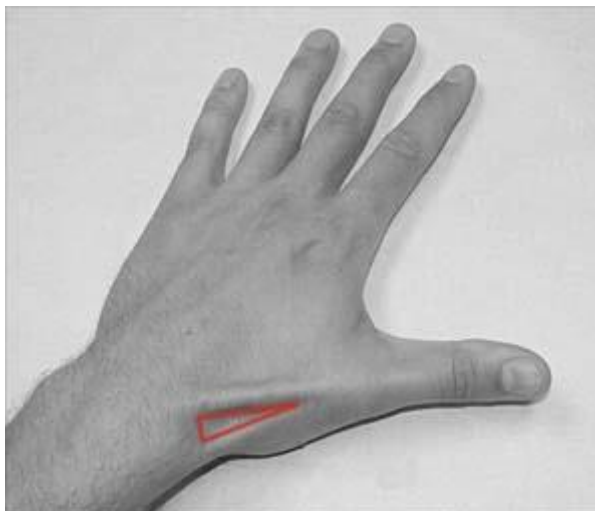
Žbični živac je mešoviti živac, ali je njegova predominantna funkcija motorna. Motorni ispadi kod povreda žbičnog živca se manifestuju oslabljenom ekstenzijom podlaktice, šake i prstiju u metakarpofalangealnim zglobovima, oslabljenom abdukcijom palca, kao i oslabljenom fleksijom podlaktice u položaju semipronacije. Takođe, dolazi do slabosti supinacije, ali je ona moguća usled funkcije dvoglavog mišića nadlaktice (m.biceps brachii), dok je distalna ekstenzija prstiju omogućena funkcijom lumbrikalnih mišića (23). Karakterističnu kliničku sliku kod povreda radijalisa čini viseća šaka (**Slika 1.42**)



Slika 1.42. Viseća šaka

Senzorna inervacija žbičnog živca obuhvata zadnju stranu nadlaktice, donje-spoljanju stranu nadlaktice, zadnju stranu podlaktice, spoljašnju polovinu dorzuma šake i dorzalni deo proksimalnih falangi prva tri prsta (**Slika 1.33**). Senzitivna funkcija radijalisa je od manjeg značaja zbog preklapanja sa susednim nervima, tako da se autonomna zona radijalisa svodi na oblast anatomske

burmutice (161) (**Slika 1.43**). Ispad senzitivne funkcije radijalisa nije od velikog značaja za funkciju šake, stoga se ispitivanje povreda radijalisa često svodi na ispitivanje motorne funkcije.



Slika 1.43. Anatomska burmutica

Što se tiče nivoa lezije, razlikujemo povrede žbičnog živca:

- U gornjoj trećini nadlaktice i aksili- proksimalne lezije
- U srednjoj trećini nadlaktice
- U laktu pre račve
- Povrede duboke grane, odnosno zadnjeg međukoštanog živca (PIN)
- Povrede površne- senzitivne grane

1.9.3.1. Kliničko ispitivanje povreda žbičnog živca u gornjoj nadlaktici

Kod povreda radijalisa na ovom nivou najčešće dolazi do ispada funkcije tricepsa i svih ostalih mišića inervisanih od strane radijalisa. Kod lokalizacije proksimalnih povreda radijalisa veoma je bitno ispitivanje funkcije deltastog mišića (lat. *m. deltoideus*) i najšireg mišića leđa (lat. *m. latissimus dorsi*), koji su inervisani od strane pazušnog živca (lat. *n. axillaris*) i grudno-leđnog živca (lat. *n. toracodorsalis*). Ukoliko je funkcija ovih mišića uredna to isključuje povredu zadnjeg snopa brahijalnog plexusa i ukazuje na izolovanu leziju radijalisa (23,66).

Ukoliko postoji izolovana pareza deltoideusa i tricepsa uz očuvanu ekstenziju šake to ukazuje na proksimalnu leziju aksilarisa i grana za triceps, koji su u bliskoj relaciji.

Funkcija tricepsa kod lezija radijalisa u gornjoj nadlaktici može biti očuvana zbog proksimalnog odvajanja grana za triceps i ispadi funkcije tricepsa se uglavnom javljaju kod sklopetarnih povreda koje zahvataju i zadnji snop brahijalnog plexusa ili kod trakcionih povreda koje zahvataju prelaz između zadnjeg snopa i nerva, kada su udružene sa povredama aksilarisa (66).

Prilikom testiranja tricepsa potrebno je eliminisati gravitaciju i najbolje ga je testirati u položaju kada je ruka u parcijalnoj abdukciji u zglobu ramena i fleksiji u zglobu lakta. Druga mogućnost je postaviti pacijenta u ležeći položaj i traziti od bolesnika da ekstendira podlakticu. (**Slika 1.44**)



Slika 1.44. Ispitivanje snage tricepsa (Socolovski M, Rasulić L et al. *Manual of peripheral nerve surgery*, 2018)

Izolovani ispad tricepsa može nastati i kod fraktura humerusa usled lezije grana za triceps, kada je reparacija izuzetno teška i rezultat neizvestan (66).

1.9.3.2. Kliničko ispitivanje povreda zbičnog živca u srednjoj trećini nadlaktice

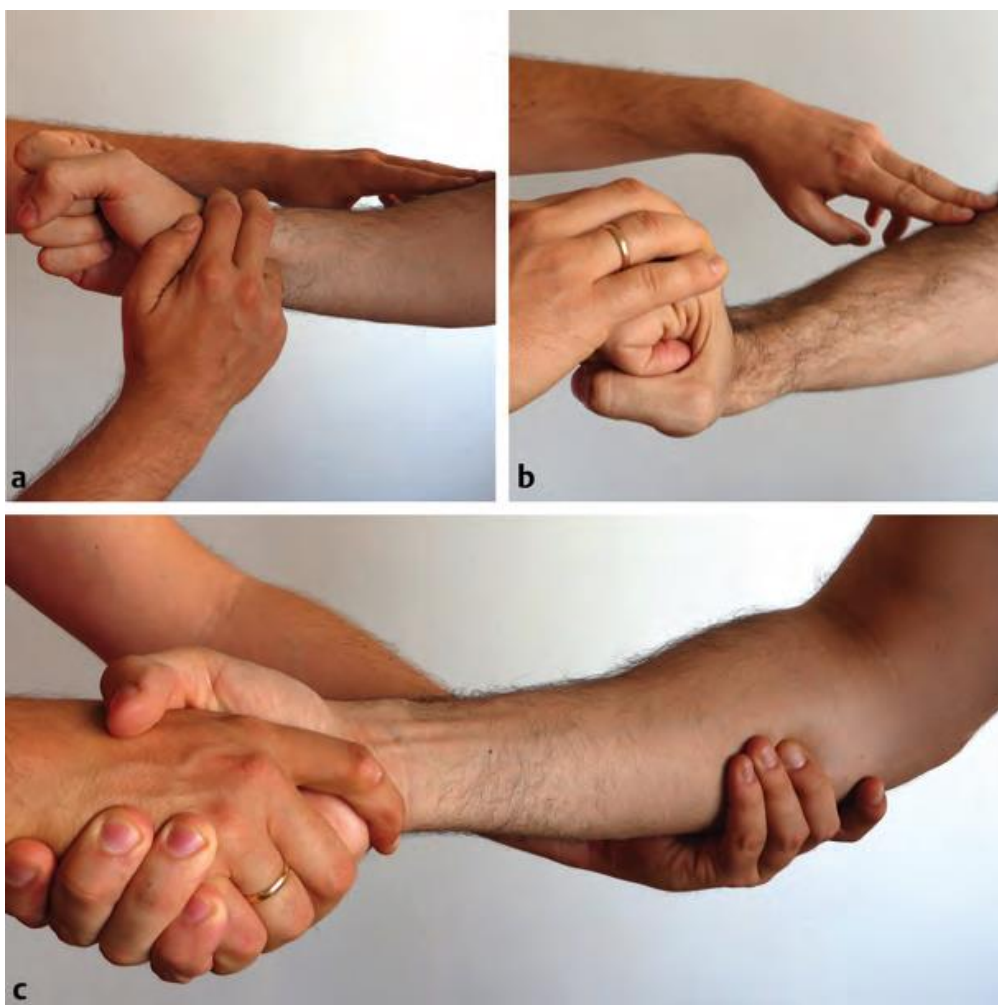
Povrede radijalisa u srednjoj trećini humerusa su najčešće udružene sa frakturom humerusa i one predstavljaju najčešće povrede radijalisa (61,162). Ove povrede su naročito prisutne kod kosih fraktura, kominutivnih fraktura i onih koje zahtevaju otvorenu hiruršku ostesintezu (Garsia 1960, Rasulić 2010, Samardzic 1990) (163) (61) (64). Takođe se lezija radijalisa dešava kod vađenja osteosintetskog materijala. Ostali mehanizmi koji dovode do ovih povreda su sklopetarne povrede, kontuzije, traksije, kompresije, tumori, injekcione povrede i retko kompresivne neuropatije.

Povrede radijalisa u srednjoj trećini humerusa karakteristično imaju ispad brahioradijalisa uz očuvanu funkciju tricepsa (164,165). Pored ispada brahioradijalisa u ovom slučaju se javlja ispad svih ekstenzora ruke inervisanih od radijalisa (ECRL) i zadnjeg međukoštanog živca (IP-a), što dovodi do nemogućnosti ekstenzije prstiju i šake (viseća šaka) (23,66) (**Slika 1.45**).

1.9.3.3. Klinička dijagnostika poverda žbičnog živca u predelu lakta:

U nivou lakta se odvajaju grane za ECRL i ECRB, koje nastaju bilo od glavnog stabla radijalisa ili od površne grane nakon njegovog račvanja. Povrede radijalisa u nivou lakta dovode do ispada ECRL i ECRB kao i ostalih mišića u inervisanih od PIN-a, dok je funkcija BR očuvana (**Slika 1.45**). U slučaju povrede zadnjeg međukoštanog živca (IP-a), funkcija ECRL i ECRB je očuvana, što dovodi do radijalne dorzifleksije šake.

Povrede radijalisa u ovom nivou su uzrokovane penetrantnim povredama, frakturama i dislokacijom u zglobu lakta, usled tumora ili Volkmanove ishemičke kontrakture (8,23,166).



Slika 1.45. Ispitivanje funkcije mišića inervisanih od glavnog stabla radijalisa: (a) m.brachioradialis (BR); (b) ECRL i ECRB; (c) supinator. (Socolovski M, Rasulić L et al. *Manual of peripheral nerve surgery*, 2018)

1.9.3.4. Klinička dijagnostika povreda zadnjeg međukoštanog živca (IP)

Kod povreda zadnjeg međukoštanog živca (IP-a), u gornjoj trećini podlaktice, u kliničkoj slici dominira nemogućnost ekstenzije prstiju u metakarpo-falangealnim zglobovima i oslabljena ulnarna ekstenzija šake. Funkcija ECRL i ECRB je očuvana. (**Slika 1.46**)



Slika 1.46. Ispitivanje funkcije mišića inervisanih od strane zadnjeg međukoštanog živca (IP-a): (a) m.extensor carpi ulnaris- ECU; (b) m.extensor digitorum communis- EDC; (c) m.extensor digiti minimi- EDM. (Socolovski M, Rasulić L et al. *Manual of peripheral nerve surgery*, 2018)

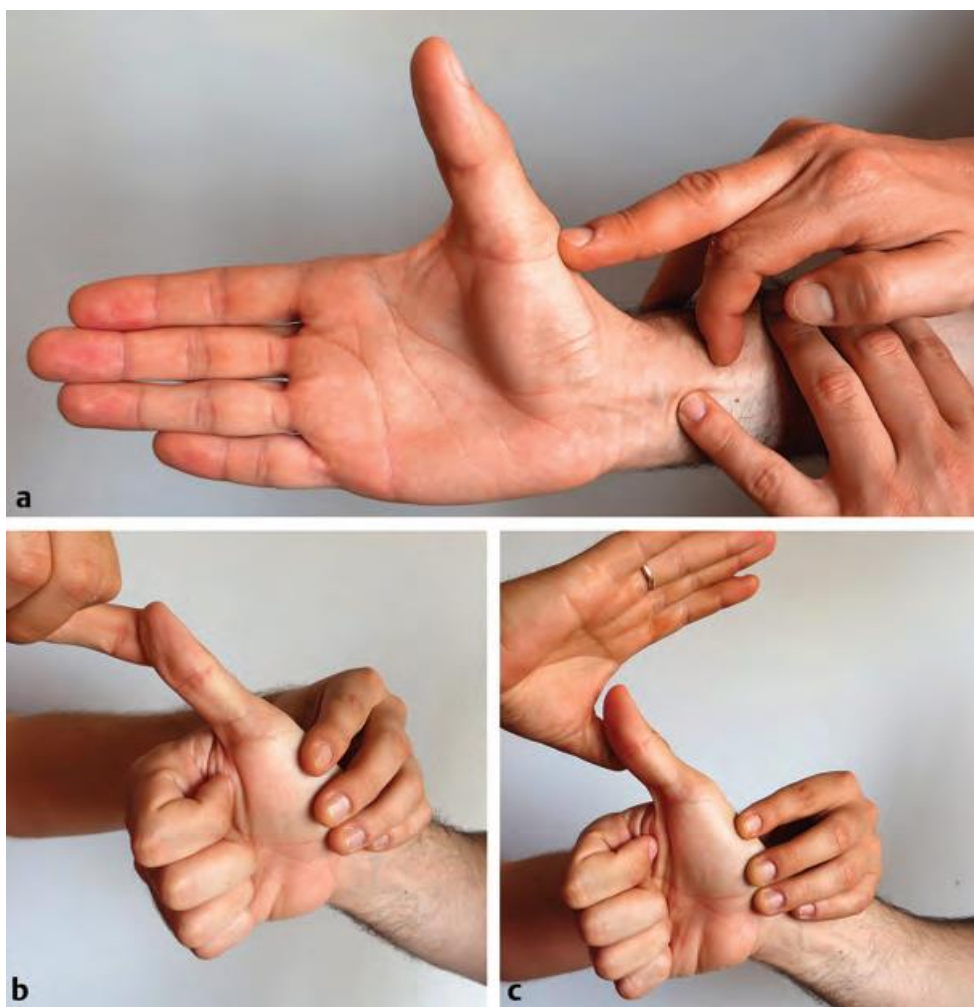
Zadnji međukoštani živac (IP) daje grane za supinator najčešće proksimalno od ulaska nerva između njegove dve glave. Supinator je zamena za znatno jači biceps, tako da se prilikom ispitivanja supinatora lakat nalazi u ekstenziji, da bi se izbegla funkcija bicepsa (66,105,167).

Grane za unutrašnji opružać šake- *m.extensor carpi ulnaris* (ECU) se odvajaju u predelu gornje ivice supinatora (168). ECU izaziva ekstenziju šake u ulnarnom smeru. Kod lezije IP-a ekstenzija šake je moguća, ali oslabljena, sa devijacijom u radijalnom smeru.

Najčešće lezije IP-a nastaju usled entrapment sindroma u predelu gornje ivice supinatora. Ostali uzroci uključuju penetrantne povrede podlaktice, prelome radijusa i ulne, tumore podlaktice (8,70,105,169).

Kompresivna neuropatija IP-a najčešće nastaje u predelu fibrozne gornje ivice supinatora (Arcade of Frohse), ali je opisana i kompresija ivicom ECRB usled ponavljanih pokreta pronacije (168).

Kod povreda IP-a distalno, nakon njegovog grananja, dolazi do različitog stepena slabosti ekstenzije prstiju, u zavisnosti od toga koje su grane oštećene (8,61,168) (**Slika 1.47**).



Slika 1.47. Ispitivanje funkcije mišića pokretača palca inervisanih od strane IP-a: (a) m.abductor policis longus (APL); (b) m.extensor policis longus (EPL); (c) m.extensor policis brevis (EPB).
(Socolovski M, Rasulić L et al. *Manual of peripheral nerve surgery*, 2018)

1.9.4. Zamenski pokreti od značaja za ispitivanje žbičnog živca

Prilikom testiranja lezije žbičnog živca moramo imati na umu postojanje trik ili zamenskih pokreta mišića, koji mogu imitirati funkciju žbičnog živca.

U slučaju paralize zajedničkog opružača prstiju- *m. ekstensor digitorum comunis* (EDC), pokrete ekstenzije prstiju mogu imitirati interosealarni mišići prilikom abdukcije prstiju. Ove trik pokrete možemo eliminisati ako tražimo od bolesnika da stavi šaku (palmarnu stranu) na ravnu površinu i da odiže prste od podloge jedan po jedan. Takođe, kod paralize EDC može se steći lažni utisak slabosti interosealarnih mišića koji su inervisani od strane ulnarisa, jer je funkcija poslednjih inače oslabljena u položaju fleksije prstiju i metakarpo-falangealnim zglobovima. U tom slučaju testiranje abdukcije i adukcije treba izvesti u položaju ekstenzije prstiju, da bi se izbegao predhodni efekat (66,167).

Ekstenzija šake u slučaju kompletne lezije radijalisa se može imitirati pokretima fleksije prstiju, koji dovodi do zatezanja i skraćanja tetiva ekstenzora i pasivne ekstenzije šake. Funkciju supinatora može zameniti biceps i brahijalis i to u položaju fleksije zgloba lakta kada poslednji imaju najači efekat. Zbog toga, funkciju supinatora treba ispitivati uvek u položaju ekstenzije podlaktice u zglobu lakta.

Funkcija brahioradijalisa može biti zamenjena sa bicepsom i brahijalisom i to u položaju supinacije. Zbog toga funkciju brahioradijalisa treba testirati u položaju delimične pronacije podlaktice. Ekstenzija podlaktice može biti i spontana usled gravitacije i na taj način imitirati funkciju tricepsa. To se može izbjeći testiranjem ekstenzije podlaktice u položaju abdukcije u ramenu do 90 stepeni ili u položaju na leđima, kada od osobe tražimo da ekstendira podlaktice.

1.9.5. Elektromiografija kod povreda žbičnog živca

Kod proksimalne lezije radijalisa, elektromiografijom se detektuju denervacione promene u tricepsu i ostalim distalnim mišićima inervisanim od strane radijalisa. Ukoliko je zahvaćen i zadnji snop brahijalnog plexusa, denervacione promene se registruju i u deltoideusu, latisimusu dorzi i ponekad u subskapularisu (66).

Kod povreda radijalisa u srednjoj trećini humerusa, denervacione promene se mogu detektovati u brahioradijalisu (BR) i distalnoj muskulaturi koja je inervisana od strane radijalisa, ali je triceps pošteđen. BR se prvi oporavlja nakon reinervacije radijalisa u ovom nivou i za prvo detektovanje smanjenja denervacionih potencijala je potrebno 3-4 meseca. To vreme je neophodno za proliferaciju dovoljnog broja aksona, njihovu mijelinizaciju, maturaciju i inervaciju mišića (170). Nesto malo pre smanjenja denervacionih promena usled reinervacije, moguće je dobiti kontrakcije brahioradijalisa na stimulaciju radijalisa u distalnom delu nadlaktice, nekoliko centimetara iznad lakta. Nekoliko meseci nakon znakova oporavka brahioradijalisa javljaju se znaci oporavka ECR., a ubrzo zatim i u ECU (171). Elektrofiziološki znaci oporavka EDC, EDM, APL, EPL i EPB se javljaju nakon dodatnih 6-9 meseci (172). Ispitivanje lakatnog mišića (lat. *m. anconeus*) može ukazati na reinervaciju koja predhodi oporavku ECR i ECU, pa nekada i BR.

Kod povreda radijalisa u predelu lakta znaci reinervacije ECR i ECU nastaju relativno brzo. Međutim, kod težih povreda može doći do oštećenja grana za ove mišiće, pri čemu oporavak izostaje.

Kod povreda u gornjem delu podlaktice ECR je pošteđen, u supinatoru se javljaju denervacione promjene, kao i u ECU, EDC, EPL.

Kod kompresija u predelu gornje ivice supinatora denervacione promene mogu kasniti tri sedmice, dok se smanjenje brzine motorne kondukcije javlja rano posle kompresije (66).

Kod povreda radijalisa u dorzalnom delu podlaktice, elektrofiziološke promene nisu specifične zbog toga što dolazi do varijabilnog ispada pojedinih mišića, u zavisnosti od toga koja je grana radijalisa oštećena.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

- Ispitati etiologiju i mehanizme povređivanja kod ispitanika operisanih zbog povreda žbičnog živca
- Ispitati stepen funkcionalnog oporavka gornjeg ekstremiteta i kvalitet života nakon hirurškog lečenja
- Ispitati prognostičke faktore od značaja za funkcionalni oporavak i kvalitet života nakon hirurškog lečenja
- Ispitati najoptimalnije vreme hirurške reparacije nakon povrede žbičnog živca
- Ispitati u kojim slučajevima neće doći do adekvatnog funkcionalnog oporavka, radi dalje analize i predloga za poboljšanje hirurškog lečenja
- Evaluirati i unaprediti dijagnostičke i terapijske protokole i definisati funkcionalne prioritete u rekonstruktivnoj hirurgiji povreda žbičnog živca

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Tip studije

Sprovedena je kohortna studija u koju su uključeni ispitanici koji su operisani zbog jednostrane povrede žbičnog živca u periodu od 20 godina, a čiji je ishod lečenja evaluiran nakon isteka 12 meseci od operacije, radi utvrđivanja funkcionalnog oporavka gornjeg ekstremiteta i kvaliteta života. Studija je odobrena od strane etičkog komiteteta Medicinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

3.2. Mesto i period istraživanja

U studiju su uključeni ispitanici koji su operisani zbog povrede žbičnog živca u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije, od 01.01.2001.g. do 31.12.2020. g. Ispitanici su praćeni nakon operacije najmanje godinu dana.

3.3. Selekcija ispitanika

Kriterijumi za uključivanje:

- ispitanici kod kojih je ultrazvučno ili elektromioneurografijom verifikovana povreda žbičnog živca
- ispitanici koji su hirurški lećeni zbog povrede žbičnog živca
- ispitanici kod kojih je verifikovana povreda glavnog stabla žbičnog živca, duboke motorne grane i zadnjeg mećukoštanog živca.
- ispitanici kod kojih je ishod praćen najmanje 12 meseci nakon operacije

Kriterijumi za iskljućivanje:

- ispitanici sa povredom žbičnog živca koji su lećeni konzervativno
- ispitanici sa povredom žbičnog živca, udrućenom sa donjom paralizom brahijalnog pleksusa
- ispitanici sa povredom površne (senzitivne) grane žbičnog živca
- ispitanici kod kojih je reparacija uraćena artefijelnim graftom ili tetivnim transferom

U posmatranom periodu od 20 godina, u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije je ukupno operisano 147 bolesnika sa povredom žbičnog živca. U studiju motornog oporavka je uključeno ukupno 140 ispitanika, dok je iskljućeno njih sedmoro i to dva ispitanika koji su lećeni NeuraGenom (artefijelni graft), jedan ispitanik kod kojeg je uraćen nervni i tetivni transfer, jedan ispitanik sa tumorom žbičnog živca kod koga nije verifikovan motorni deficit i tri ispitanika sa lezijom površne (senzitivne) grane žbičnog živca.

Od 140 ispitanika uključeni u studiju, posebno je analizirana grupa ispitanika (njih 77) kod kojih je povreda žbičnog živca bila udrućena sa prelomom tela ramenice (lat. humerus).

U studiju procene funkcionalnog oporavka i kvaliteta života nakon operativnog lećenja, ukupno je uključeno 129 ispitanika koji su prihvatili da učestvuju u anketi.

3.4. Instrumenti merenja

Svi neophodni podaci su uzeti iz istorija bolesti ispitanika. Svi ispitanici su pre operacije detaljno neurološki pregledani, a povreda žbičnog živca je verifikovana ultrazvukom ili elektromioneurografijom (EMNG). Fraktura humerusa je verifikovana rendgenskim snimcima (RTG).

U bazu podataka su uneti podaci o starosti, polu (muški/ženski), mestu stanovanja (urbano/ruralno), pušenju (da/ne), zaposlenju (zaposlen/nezaposlen), udruženim bolestima i povredama, kao i podaci o uzroku povrede nerva (traumatski, jatrogeno, idiopatski, tumorski) i mehanizmu povređivanja.

Kod traumatizovanih bolesnika, uzrok povrede je podeljen u dve kategorije: trauma visoke energije- „*high-energy*“ trauma (kod bolesnika koji su povređeni pri padu sa visine, u saobraćajnim udesima, povredama teškim industrijskim mašinama, povredama iz vatrenog oružja velike brzine itd.) i trauma niske energije- „*low-energy*“ trauma (pad sa svoje visine, povlačenje povodca psa, udari lakim predmetima, kompsija usled neadekvatnog položaja tokom spavanja itd.).

Preoperativni neurološki deficit je gradiran na osnovu „British Medical Research Council“ (MRC) skale za procenu mišićne snage (173) (**Tabela 1.1**). Ispitivani su ekstenzija šake, ekstenzija prstiju uključujući i palac, kao i abdukcija palca. Definitivni skor je dobijen sabiranjem skorova za pomenute ispitivane grupe mišića.

Nivo preoperativnog neurološkog deficita je takođe podeljen u dva stepena, i to na kompletan (M0 za sve mišićne grupe) i delimičan (M1-M3 za sve mišićne grupe)

Takođe, su uzeti podaci o vremenu koje je proteklo od povrede do operacije, lokalizaciji na kojoj se nalazi povreda živca (nadlaktica, lakat, podlaktica), očuvanosti kontinuiteta nerva (očuvan/prekinut), kao i vrsti preduzete operacije (neuroлиза, direktna sutura, transplantacija graftom, nervni transfer).

Definitivni motorni oporavak gornjeg ekstremiteta je procenjivan na osnovu MRC skale za procenu mišićne snage, nakon isteka 12 meseci od povrede. Postoperativno su ispitivane iste mišićne grupe kao i preoperativno. Definitivni motorni oporavak je klasifikovan na osnovu modifikovane skale po Highet i Holmes- u, na kategorije: loš, zadovoljava, dobar i odličan (**Tabela 1.2**). Korisni motorni oporavak je podrazumevao kategorije zadovoljava, dobar i odličan, dok je neadekvatan motorni oporavak podrazumevao kategoriju loš. Takođe, radi upoređivanja stepena motornog oporavka pojedinih grupa, motorni oporavak je podeljen na dve kategorije: dobar/odličan i loš/zadovoljava.

Prelom humerusa je klasifikovan na osnovu segmenta na kome se nalazila frakturna linija i to na: D1 (frakture hirurškog vrata), D2 (frakture proksimalne metafize), D3 (frakture na spoju proksimalne i srednje trećine tela humerusa), D4 (frakture srednje trećine tela humerusa), D5 (frakture na spoju srednje i distalne trećine tela humerusa) i D6 (frakture distalne metafize) (174).

Za procenu funkcionalnog oporavka i kvaliteta života bolesnika je korišćeno anketiranje na osnovu DASH upitnika (The Disabilities of the Arm, Sholder and Hand) i PNSQoL upitnika (**Tabela 1.3 i Tabela 1.4**).

3.5. Protokol lečenja

Kod svih ispitanika je preoperativno uzeta detaljna anamneza i neurološki pregled, a diagnoza povrede žbičnog živca je postavljena elektromioneurografijom ili primenom ultrazvuka (UZ).

Zatvorene povrede žbičnog živca su inicijalno lečene konzervativno i operisani su oni pacijenti koji nisu pokazivali znake oporavka nakon isteka 3-6 meseci od povrede. Pojedini bolesnici su operisani nakon isteka 6 ili 9 meseci zbog kasnog javljanja u našu Ustanovu ili zbog lečenja udruženih povreda i teškog opšteg stanja. U ranoj fazi su operisani bolesnici sa otvorenim povredama, bolesnici sa jasnim znacima prekida kontinuiteta nerva, kao i oni sa akutnom kompresijom nerva i bolnim sindromima.

Za svakog bolesnika ponaosob je donošena odluka o indikaciji, vremenu operativnog lečenja i vrsti hirurške intervencije.

Operativno lečenje je sprovedeno od strane tima neurohirurga Odeljenja za bolesti i povrede perifernih nerava, funkcionalnu neurohirurgiju i hirurgiju bola, Klinike za neurohirurgiju, Kliničkog centra Srbije, stadardnom mikroneurohirurškom tehnikom. Od hirurških tehnika, su primenjivani neuroliza, direktna sutura, transplantacija graftom i nervni transfer. Kod ispitanika kod kojih je izvršena transplantacija, u svim slučajevima je korišćen autograft suralisa (lisni živac- lat. *n. suralis*).

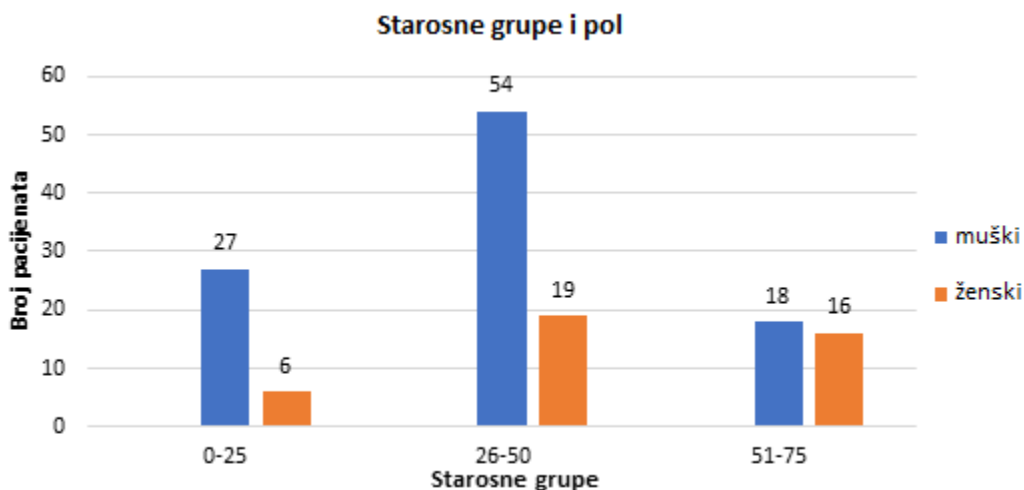
Kod svih bolesnika je postoperativno sprovedena fizikalna terapija, a neurološki oporavak praćen periodičnim kontrolnim pregledima.

3.6. Statistička analiza

Za statističku obradu je korišćen IBM SPSS v26.0. program. Za opisivanje parametara su korišćene metode deskriptivne statistike (srednja vrednost, medijana, opseg, procenti). Normalnost podataka je ispitana *Shapiro-Wilk*-ovim testom. Za ispitivanje povezanosti grupa ispitanika i njihovog konačnog motornog oporavka, je korišćen Fišerov egzaktni test i Hi-kvadrat test. Za poređenje preoperativnih i postoperativnih vrednosti je korišćen Vilkoksonov test ranga. Korelacija je ispitivana primenom Pirsonovog koeficijenta i koeficijenta biserijalne korelacije. Izabrani nivo značajnosti, odnosno verovatnoća greške prvog tipa je iznosila 0,05.

4. REZULTATI

Od ukupno 140 ispitanika operisanih zbog povrede žbičnog živca, njih 99 (70.7%) su bili muškarci, dok su 41 (29.3%) bile žene. Najmlađi ispitanik je imao 12 godina, dok je najstariji imao 75 godina. Prosečna starost ispitanika je iznosila 38.01 ± 15.5 . Prosečna starost ispitanika muškog pola je iznosila 35.3 ± 14.0 , dok je prosečna starost žena iznosila 44.6 ± 17.1 . Distribucija ispitanika po starosnim grupama i polu je prikazana na **grafikonu 4.1**.



Grafikon 4.1. Distribucija ispitanika po polu i starosnim grupama

Većina ispitanika je pripadala radno aktivnom stanovništvu i to njih 132-oje (94.3%), ali nije bilo razlike u distribuciji po polovima.

U gradu je živelo 75 (53.6%) ispitanika, dok je u seoskoj sredini živelo 65 (46.4%) ispitanika. Od ukupnog broja ispitanika njih 57 (40.7%) su bili pušači, dok je 39 (27.9%) ispitanika imalo udružene bolesti (**Tabela 4.1**.)

Tabela 4.1. Udružene bolesti kod ispitanika u odnosu na pol i starosne grupe

Udružene bolesti	Pol		Starosne grupe			Ukupno
	muški	ženski	0-25	26-50	51-75	
Arterijska hipertenzija	8	9	/	6	11	17
Šećerna bolest	4	4	1	4	3	8
Hipotireoidizam	/	5	/	4	1	5
Ishemijska bolest srca	2	/	/	/	2	2
Arterijska hipertenzija i šeć. bolest	7	/	/	2	5	7
Ukupno	21	18	1	16	22	39

Od ukupnog broja, njih 126 (90.0%) je bilo traumatizovano pre povrede zbičnog živca, pri čemu je "high energy" trauma bila zastupljena kod 70 ispitanika, dok je "low-energy" trauma bila zastupljena kod 56 ispitanika (**Tabela 4.2**.). Od ukupnog broja traumatizovanih bolesnika, kod njih 108 (85.7%) su verifikovane udružene povrede. Najčešće udružene povrede su bile prelomi dugih kostiju i to prelomi tela humerusa, lakta, radijusa i ulne.

U odnosu na žene, muškarci su bili češće povređeni u saobraćajnim udesima i to kod 30 (76.9%) ispitanika, povredama na radu kod 27 (87.1%) ispitanika i u nasilju kod 8 (100%) ispitanika. Sa druge strane, više od pola žena (17 ispitanika ili 54.0%) i manje od petine muškaraca (18 ispitanika ili 19.6%) su povređeni pri padu sa svoje visine (**Tabela 4.2.**).

Tabela 4.2. Uzrok povrede kod traumatizovanih ispitanika i distribucija po polu i starosnim grupama

Uzrok traume (broj bolesnika = 126)	Pol		Starosne grupe			Energija traume		Ukupno
	muški	ženski	0-25	26-50	51-75	“High energy”	“Low energy”	
Saobraćajni udes	30	9	12	26	1	39	/	39
Pad sa svoje visine	18	18	8	9	19	/	36	36
Povrede na radu	27	4	5	13	13	28	3	31
Loš položaj tokom sna	5	3	/	8	/	/	8	8
Nasilje	8	/	5	3	/	/		8
Povrede teškim predmetima	2	/	2	/	/	2	/	2
Povrede iz vatrenog oružja	1	/	1	/	/	1	/	1
Trakcija povodcom psa	/	1	/	/	1	/	1	1
Ukupno	92	34	33	59	34	70	56	126

Od ukupno 126 traumatizovanih bolesnika, njih 92-oje (73.0%) je zadobilo traumatsku leziju žbičnog živca, dok je kod 34-oro (25.4%) povreda živca bila jatrogena. Ostalih 6 ispitanika sa jatrogenom lezijom žbičnog živca, 6 sa idiopatskom kompresijom i 2 sa tumorskom lezijom su bili prisutni kod netraumatizovanih bolesnika (**Tabela 4.3.**).

Traumatske lezije radijalisa su najčešće bile uzrokovane saobraćajnim udesima i to kod 26 (28.3%) ispitanika, povredama na radnom mestu kod 25 (27.2%) ispitanika i padom sa svoje visine kod 20 (21.8%) ispitanika (**Tabela 4.3.**).

Najčešći mehanizam povrede žbičnog živca su bile kontuzije usled preloma kosti i to kod 44 (47.9%) ispitanika i laceracije kod 18 (19.6%) ispitanika, dok su tupe kontuzije bile prisutne kod 13 ispitanika, traumatske kompresije kod 8 i sekcije kod 7 ispitanika. Posttraumatska fibroza se dogodila kod 2 pacijenta. (**Tabela 4.3.**).

Najveći deo kontuzija usled preloma kosti, njih 30 (68,2%) su bile uzrokovane prelomom tela humerusa, kao i 6 (33,3%) laceracija i 2 (28,6%) sekcije nerva. Kod preloma lakta smo našli 7 (15,9%) kontuzija i 1 (5,0%) laceraciju, dok su prelomi radijusa i ulne prouzrokovale 7 (15,9%) kontuzija i 4 (20,0%) laceracija. Ostale kontuzije (13), laceracije (7) i sekcije (5), kao i 2 slučaja posttraumatske fibroze bili su uzrokovani tupom povredom ili oštrim predmetima. (**Tabela 4.3.**)

Sve traumatske kompresije žbičnog živca su bile uzrokovane lošim položajem tokom spavanja (“Saturday night palsy”).

Tabela 4.3. Uzroci i mehanizmi povreda žbičnog živca

Broj bolesnika (= 92)	Traumatske lezije nerva	Lokacija povrede			Ukupno
		Nadlaktica	Lakat	Podlaktica	
Uzrok povrede	Saobraćajni udesi	22	4	/	26
	Povrede na radu	13	11	2	26
	Pad sa svoje visine	12	8	0	20
	Kompresija usled lošeg položaja u snu	8	/	/	8
	Nasilje	4	1	3	8
	Povrede teškim predmetina	2	/	/	2
	Povrede iz vatrenog oružja	1	/	/	1
	Trakcija povodca psa	1	/	/	1
Mehanizam povrede	Kontuzije usled preloma kosti	30	12	2	44
	Laceracije	15	3	/	18
	Kontuzije bez preloma kosti	6	6	1	13
	Kompresije	8	/	/	8
	Sekcije	4	3	/	7
	Posttraumatska fibroza	/	/	2	2
Broj bolesnika (= 40)	Jatrogene povrede	Lokacija povrede			Ukupno
		Nadlaktica	Lakat	Podlaktica	
Uzrok povrede	Unutrašnja fiksacija humerusa	27	/	/	27
	Uklanjanje osteosintetskog materijala	5	/	/	5
	Resekcija švanoma	4	/	/	4
	Resekcija lipoma	2	/	/	2
	Loš položaj tokom opšte anestezije	2	/	/	2
Mehanizam povrede	Postoperativna fibroza	26	/	/	26
	Laceracija	6	/	/	6
	Kompresija	5	/	/	5
	Uklještenje koštanim fragmentima	3	/	/	3
Broj bolesnika (= 6)	Idiopatske nervne kompresije	Lokacija povrede			Ukupno
		nadlaktica	lakat	Podlaktica	
Uzrok povrede	Kompresija u predelu Frohseove arkade	/	/	6	6
Mehanizam povrede	Kompresija	/	/	6	6
Broj bolesnika (= 2)	Tumorske lezije	Lokacija povrede			Ukupno
		nadlaktica	lakat	Podlaktica	
Uzrok povrede	Neurofibrom sa intrafascikularnim rastom	2	/	/	2
Mehanizam povrede	Kompresija	2	/	/	2

Najčešći uzrok jatrogenih lezija nerva je bila otvorena repozicija i interna fiksacija preloma tela humerusa (ORIF) i to kod 27 (67.5%) ispitanika. (Tabela 4.3). Kod ovih ispitanika intraoperativno je nađena postoperativna fibroza kod 20 (74.1%) ispitanika, uklještenje nerva između fragmenata kosti kod 3 (11.1%) ispitanika, kompresija pločicom kod 3 (11.1%) ispitanika i laceracija nerva kod 1 (3.7%) ispitanika. Uklanjanje osteosintetskog materijala je kod 5 ispitanika dovelo do laceracije neva, dok je kod svih tumorskih resekcija bila prisutna postoperativna fibroza. Kod 2 slučaja lezije usled neadekvatnog položaja u opštoj anesteziji, je bila prisutna kompresija nerva.

Svi ispitanici sa idiopatskom etiologijom (njih 6) su imali kompresiju zadnjeg međukošanog živca (IP) u predelu gornje ivice supinatora- Frohseove arkade (*Arcade of Frohse*).

U oba slučaja tumorske etiologije povrede žbičnog živca su bili prisutni neurofibromi i to na glavnom stablu žbičnog živca u predelu nadlaktice (Tabela 4.3).

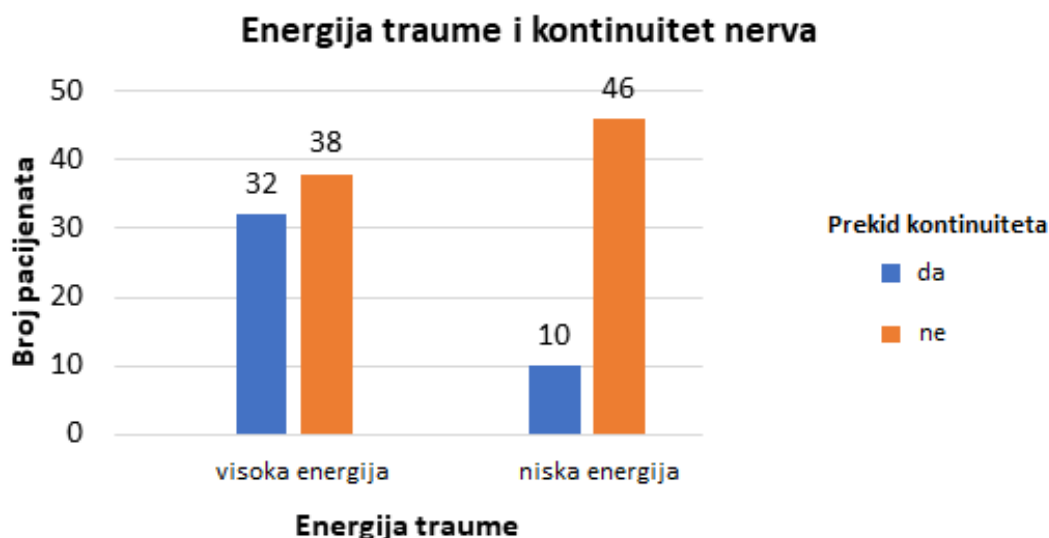
Zbirni prikaz svih mehanizama povređivanja žbičnog živca je prikazan u tabeli 4.4.

Tabela 4.4. Zbirni prikaz mehanizama povređivanja žbičnog živca u zavisnosti od lokalizacije povrede

Mehanizam povrede	Lokacija povrede			Ukupno
	nadlaktica	lakat	podlaktica	
Kontuzija usled preloma kosti	30	12	2	44
Postoperativna fibroza	26	/	/	26
Laceracija	21	3	/	24
Kompresija	15	/	6	21
Kontuzija bez preloma kosti	6	6	1	13
Sekcija	4	3	/	7
Uklještenje koštanim fragmentima	3	/	/	3
Posttraumatska fibroza	/	/	2	2
Ukupno	105	24	11	140

Što se tiče lokacije povrede, najveći broj ispitanika, njih 105 (75%) je imalo povredu živca u predelu nadlaktice, njih 24 (17.14%) u predelu lakta, dok je povredu u predelu podlaktice imalo 11 (7.85%) ispitanika.(Tabela 4.4.)

Lezija žbičnog živca u kontinuitetu je bila prisutna kod 96 (68.6%) ispitanika, dok je leziju u diskontinuitetu imalo 44 (31.4%) ispitanika. Kompletan neurološki deficit (MRC= 0) je bio prisutan kod 108 (77.1%) ispitanika, dok je delimičan neurološki deficit (MRC= 1-3) imalo 32 (22.9%) ispitanika. Lezije u diskontinuitetu su bile značajno češće prisutne kod „high energy“ traume ($p < 0.01$) (Grafikon 4.2.).



Grafikon 4.2. Distribucija lezija u kontinuitetu i diskontinuitetu u zavisnosti od energije inicijalne traume. Lezije u diskontinuitetu su bile značajno češće kod “high energy” traume; Hi- kvadrat test (χ^2 (N=126, 1) = 10.864, $p < 0.01$).

Kod većine ispitanika je urađena neroliza (95 ispitanika ili 67.9%) i transplantacija autograftom (37 ispitanika ili 26.42%). Direktna sutura i nervni transfer su urađeni kod 4 ispitanika ponaosob (**Tabela 4.5**).

Tabela 4.5. Distribucija ispitanika po vrsti operacije i vremenu operativnog lečenja

Vreme operacije	Hirurška procedura				Ukupno
	Neroliza	Graft	Direktna sutura	Nervni transfer	
0-3	10	3	2	/	15
3-6	59	20	/	4	83
6-9	13	11	/	/	24
>9	13	3	2	/	18
Ukupno	95	37	4	4	140

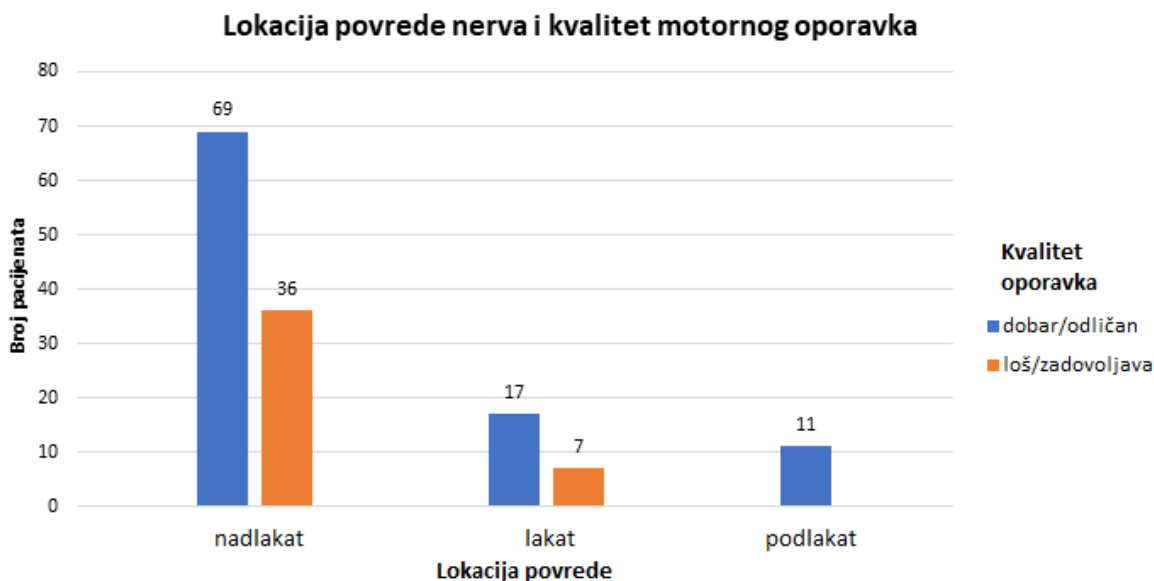
Dužina grafta suralnog nerva se kretala od 3 do 12 cm, pri čemu je srednja vrednost dužine grafta bila 6.3 ± 3.0 (mediana = 5.5).

Postoperativno je postojalo statistički značajno povećanje ukupnog MRC skora u odnosu na preoperativne vrednosti (Vilkoksonov test ranga, $Z = -10.250$, $p < 0.01$). Ukupni korisni motorni oporavak je postignut kod 128 (91.4%) ispitanika, od čega kod 41 (29.3%) odličan, kod 56 (40.0%) dobar, kod 31 (22.1%) zadovoljava, dok je loš oporavak postignut kod 12 (8.6%) ispitanika (**Tabela 4.6**).

Oporavak dobar/odličan i loš/zadovoljava u odnosu na lokaciju povrede je prikazan u **grafikonu 4.3**.

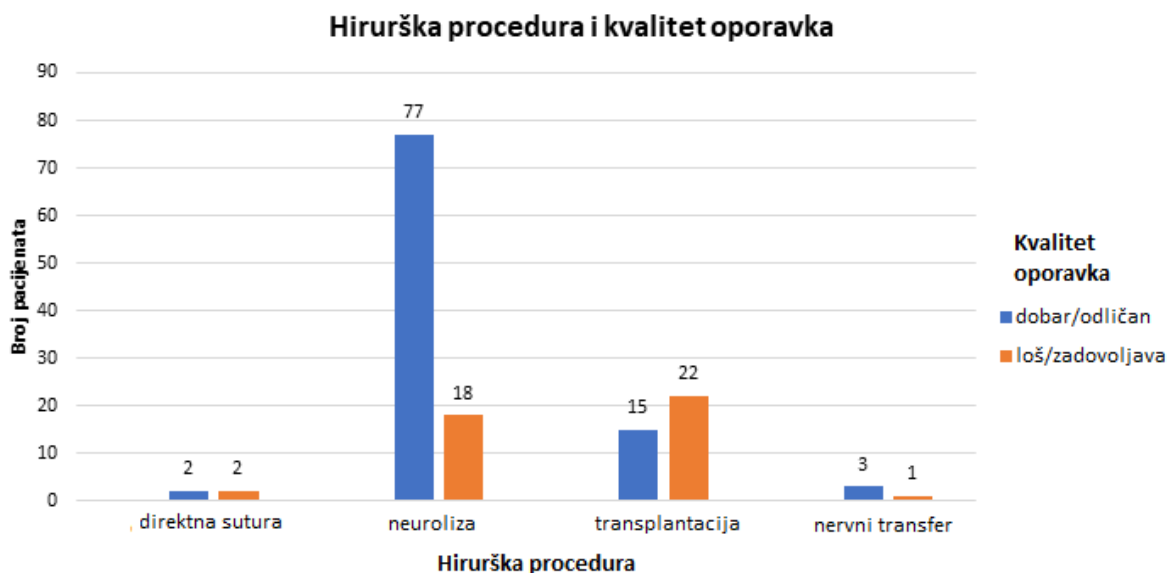
Tabela 4.6. Stepen motornog oporavka u odnosu na različite karakteristike ispitanika

Broj bolesnika = 140	Stepen motornog oporavka				Ukupno
	Loš	zadovoljava	dobar	odličan	
Pol					
muški	9	24	36	30	99
ženski	3	7	20	11	41
Starosne grupe					
0-25	/	13	6	14	33
26-50	10	13	31	19	73
51-75	2	5	19	8	34
Pušenje					
da	1	15	22	19	57
ne	11	16	34	22	83
Udržene bolesti					
da	11	28	39	30	108
ne	1	3	17	11	32
Uzrok povrede					
traumatski	7	21	32	32	92
jatrogeno	5	10	18	7	40
idiopatski	/	/	1	1	2
tumorski	/	/	5	1	6
Mehanizam povrede					
kontuzije usled preloma kosti	4	6	16	18	44
postoperativna fibroza	/	4	15	7	26
laceracije	6	11	4	3	24
kompresije	2	3	12	4	21
kontuzije bez preloma kosti	/	3	4	6	13
sekcije	/	2	3	2	7
uklještenje koštanim fragmentima	/	2	1	/	3
posttraumatska fibroza	/	/	1	1	2
Lokacija povrede					
nadlaktica	10	26	40	29	105
lakat	2	5	10	7	24
podlaktica	/	/	6	5	11
Prekid kontinuiteta nerva					
da	6	19	12	7	44
ne	6	12	44	34	96
Nivo nervne lezije					
kompletan	10	26	46	26	108
delimičan	2	5	10	15	32
Hirurška procedura					
neuroлиза	4	14	45	32	95
graft	8	14	9	6	37
direktna sutura	/	2	1	1	4
nervni transfer	/	1	1	2	4
Vreme operacije					
< 6 meseci	6	12	44	36	98
> 6 meseci	6	19	12	5	42



Grafikon 4.3. Distribucija motornog oporavka dobar/odličan i loš/zadovoljava kod lezija u nadlaktici, laktu i podlaktici

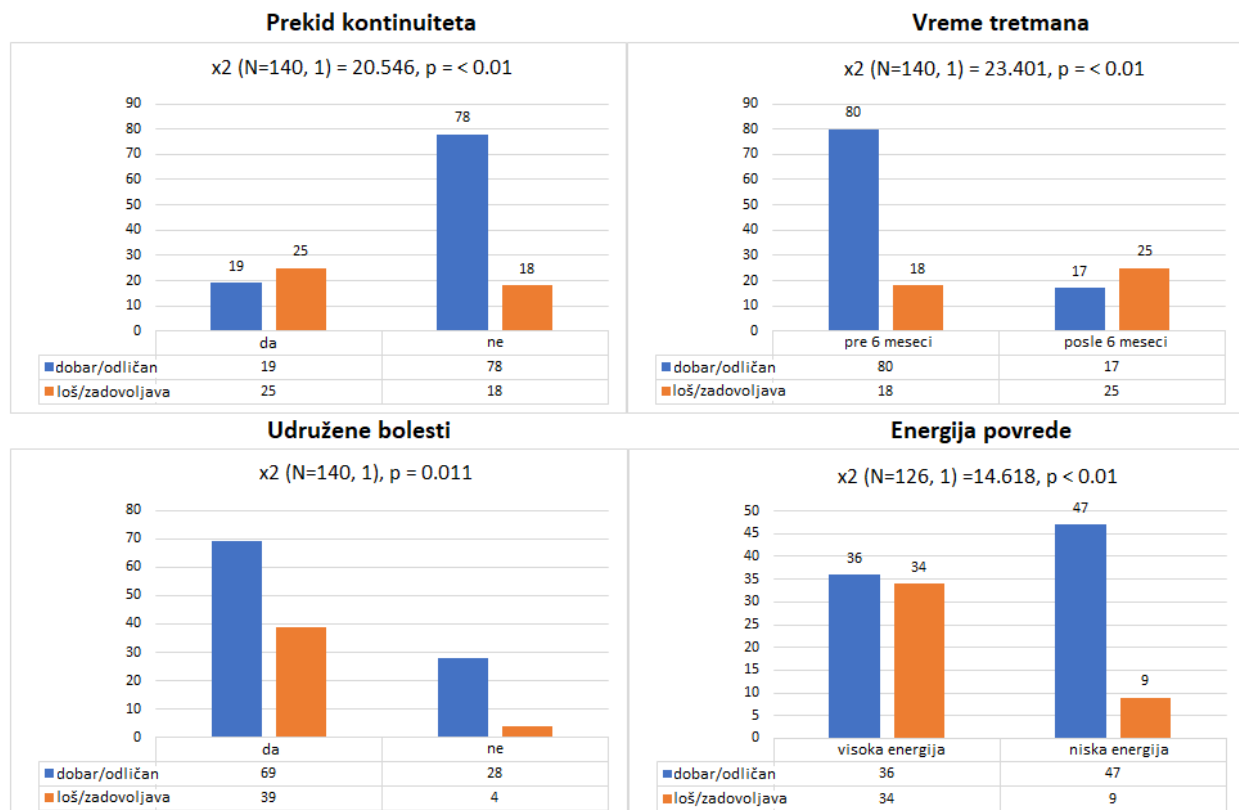
Korisni motorni oporavak je postignut kod 91 (95.8%) slučajeva neurolize, 29 (78.4%) slučajeva transplantacije graftom i u svim slučajevima kod direktne suture i nervnog transfera (**Tabela 4.6; Grafikon 4.4**).



Grafikon 4.4. Distribucija motornog oporavka dobar/odličan i loš/zadovoljava kod različitih vrsta operacija

Značajna razlika u motornom oporavku je nađena u odnosu na prekid kontinuiteta nerva, vreme operativnog lečenja, energiju inicijalne traume i prisustvo udruženih bolesti. (**Grafikon 4.5**). Motorni oporavak je bio značajno bolji kod lezija u kontinuitetu ($p < 0.01$), kod ispitanika koji su operisani pre

isteka 6 meseci od povrede ($p < 0.01$), kod ispitanika koji nisu imali udružene povrede ($p = 0.011$) i kod ispitanika koji su povređeni „low energy“ traumom ($p < 0.01$).



Grafikon 4.5. Distribucija motornog oporavka dobar/odličan i loš/zadovoljava u odnosu na prekid kontinuiteta nerva, vreme proteklo do operacije, prisustvo udruženih bolesti i energiju inicijalne traume (Hi-kvadrat test i Fišerov egzaktni test).

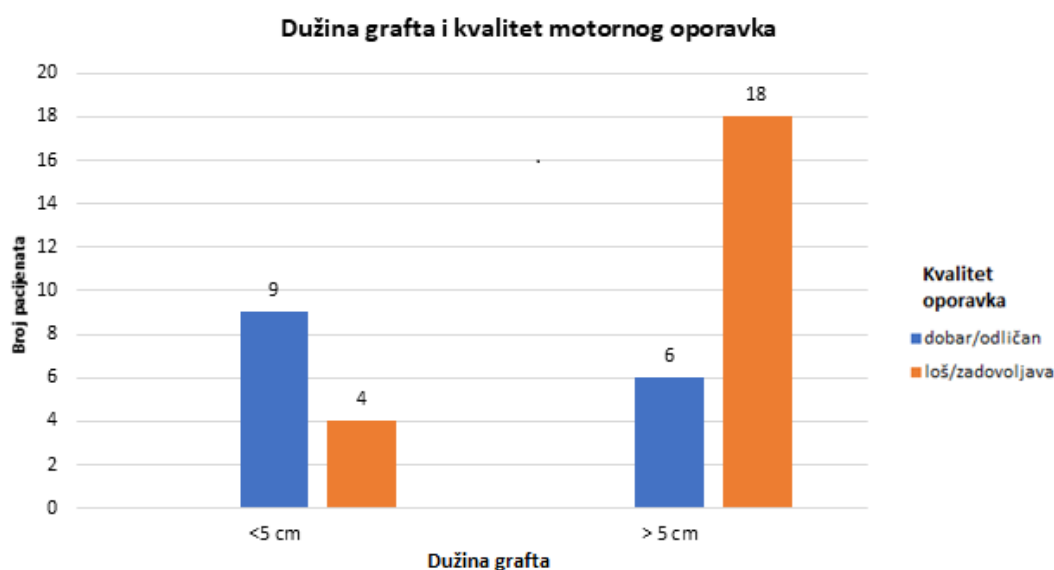
Nije bilo značajne razlike u motornom oporavku u odnosu na pol, starosne grupe, prisustvo udruženih bolesti, lokaciju povrede nerva, kod jatrogenih povreda i stepena nervnog deficita (**Tabela 4.7**).

Tabela 4.7. Faktori kod kojih nije nađena značajna razlika u distribuciji motornog oporavka dobar/odličan i loš/zadovoljava

Faktori bez prognostičkog značaja	Stepen motornog oporavka		p vrednost
	loš/zadovoljava	dobar/odličan	
Pol			
muški	33	66	0.297
ženski	10	31	
Mesto stanovanja			
gradsko	19	56	0.138
ruralno	24	41	
Starosne grupe			
0-25	13	20	0.243
26-50	23	50	
51-75	7	27	
Pušenje			
da	16	41	0.574

ne	27	56	
Udružene bolesti			
da	12	27	0.993
ne	31	70	
Jatrogene povrede			
da	15	25	0.271
ne	28	72	
Lokacija povrede			
nadlaktica	36	69	0.063
lakat	7	17	
podlaktica	/	11	
Nivo nervne lezije			
kompletan	36	72	0.271
delimičan	7	25	

Kod ispitanika kod kojih je urađena transplantacija graftom, je postojala statistički značajna razlika u stepenu motornog oporavka u odnosu na dužinu grafta, tako da je značajno veći broj oporavka dobar/ odličan bio kod ispitanika kod kojih je dužina grafta bila manja od 5 cm ($p=0.015$). (**Grafikon 4.6**)



Grafikon 4.6. Stepen motornog oporavka u odnosu na dužinu grafta suralisa. Značajno bolji oporavak kod dužine grafta ispod 5 cm. Fišerov egzaktni test (χ^2 ($N=37$), $p=0.015$)

Posebno je analizirana grupa ispitanika kod kojih je povreda žbičnog živca bila povezana sa prelomom tela humerusa, uključujući primarne povrede, kao i sekundarne- jatrogene, nastale usled lečenja preloma humerusa. U ovoj grupi povredu žbičnog živca je zadobilo 77 ispitanika, od čega je bilo 55 (71,43%) muškaraca i 22-ije (28,57%) žene, dok je prosek godina starosti iznosio $39,39 \pm 17,10$. Najmlađi ispitanik je imao 12 godina, dok je najstariji imao 75 godina. Nešto više od polovine ispitanika, njih 42-oje (54,55%) su živeli u gradu, dok je 35 (45,45%) ispitanika bilo iz seoske sredine. Pušača je bilo 31 (40,26%). Što se tiče udruženih bolesti njih 21 (27,27%) je imalo jednu, 4-oro (5,19%) dve, dok 52 (67,53%) ispitanika nije imalo nijednu udruženu bolest.

Kod 46 (59,74%) ispitanika povreda živca je nastala usled traume visoke energije- „*high-energy*“ traume (muško/žensko = 40:6), dok je kod 31-dnog (40,26%) bila posledica traume niske energije- „*low-energy*“ traume (muško/žensko = 15:16). „*High-energy*“ trauma je bila znatno češća u starosnim grupama 0-25 (70,0%) i 26-50 (74,29%) u odnosu na starosnu grupu 51-75 (27,27%), dok su svi ispitanici koji su imali dve ili više udruženih povreda zadobili „*high-energy*“ traumom. Kod 55 ispitanika je verifikovano postojanje udruženih povreda (**Tabela 4.8**).

Tabela 4.8. Udružene povrede kod ispitanika sa jednom, dve i više udruženih povreda

Vrsta udružene povrede	n- broj udruženih povreda			
	1 (n=11)	2 (n=9)	više (n=8)	Ukupno (n=28)
Frakture dugih kostiju	4	8	13	25
Radijus	4	4 (p1*, p2, p8, p9)	2 (p3, p7)	10
Ulna	/	4 (p1, p2, p8, p9)	4 (p2, p3, p7, p8)	8
femur	/	/	4 (p1, p2, p6, p8)	4
Fibula	/	/	2 (p2, p8)	2
klavikula	/	/	1 (p4)	1
Ostale koštane frakture	1	3	5	9
Vratni pršljenovi	/	/	3 (p1, p4, p6)	3
Grudni pršljenovi	/	1 (p4)	/	1
Rebra	1	2 (p3, p4)	1 (p6)	4
Karlica	/	/	1(p1)	1
Iščašenja zglobova	4	3	1	8
Zglob lakta	2	1 (p3)	1 (p7)	4
Glenohumeralni zglob	2	2 (p5, p7)	/	4
Povrede nerava	1	2	5	8
medijanus	/	/	2(p1, p5)	2
ulnaris	1	2 (p5, p7)	2(p2, p5)	5
Brahijalni pleksus	/	/	1(p3)	1
Povrede mišića i tetiva	1	/	1	2
subskapularis	1	/	/	1
deltoideus	/	/	1 (p4)	1
Vaskularne povrede	/	/	1	1
Brahijalna arterija	/	/	1 (p5)	1
Abdominalne povrede	/	2	/	2
Slezina	/	1(p6)	/	1
Mezenterijum	/	1(p6)	/	1

*p1 – p9 povrede koje su se javile kod istih bolesnika

Najviše ispitanika je imalo prelom humerusa u predelu srednje trećine (D4) i to 42-oje (54,55%), zatim u predelu spoja srednje i distalne trećine (D5), njih 20 (25,97%), dok je u predelu spoja proksimalne i srednje trećine (D3) bilo 13 (16,89%) ispitanika i u predelu distalne trećine (D6) svega 2 (2,59%) ispitanika.

Primarne povrede žbičnog živca su bile prisutne kod 45 (58,44%) ispitanika, dok je 32-oje (41,56%) imalo sekundarne (jatrogene) povrede (**Tabela 4.9**). Što se tiče stepena neurološkog deficita 59 (76,62%) ispitanika je imalo kompletnu leziju nerva (M0 za sve mišićne grupe), dok je 18 (23,38%) imalo delimičnu leziju živca (M1-M3 za sve mišićne grupe).

Tabela 4.9. Primarne i sekundarne lezije živca i njihova distribucija u odnosu na uzrok povrede, stepen nervne lezije i očuvanost kontinuiteta nerva

Priroda nerva	povrede	Uzrok povrede nerva	Nivo povrede nerva		Kontinuitet nerva	
			kompletan	delimičan	očuvan	prekinut
Primarna	n=45 (100%)	Saobrać. udes	11 (24.4)	5 (11.1)	12 (26.7)	4 (8.9)
		Pad	9 (20.0)	1 (2.2)	8 (17.8)	2 (4.4)
		Povreda na radu	11 (24.4)	2 (4.4)	7 (15.5)	6 (13.3)
		Ostalo	3 (6.7)	3 (6.7)	3 (6.7)	3 (6.7)
		Ukupno	34 (75.6)	11 (24.4)	30 (66.7)	15 (33.3)
Sekundarna	n=32 (100%)	Unutrašnja fiksacija	20 (62.5)	7 (21.9)	23 (71.9)	4 (12.5)
		Uklanjanje osteosintetskog materijala	5 (15.6)	/	/	5 (15.6)
		Ukupno	25 (78.1)	7 (21.9)	23 (71.9)	9 (28.1)

Od 53 ispitanika sa lezijom u kontinuitetu, kod njih 35 (66,04%) je uradjena spoljašnja neuroliza, 10 (18,87%) longitudinalna epineurotomija, dok je kod 8 (15,09%) urađena cirkuferencijalna epineurektomija i unutrašnja neuroliza. Od ukupno 24 ispitanika sa lezijom u diskontinuitetu, kod 2 (8,33%) ispitanika je urađena direktna sutura, dok je kod ostalih 22-oje (91,67%) urađena transplantacija graftom (**Tabela 4.10**).

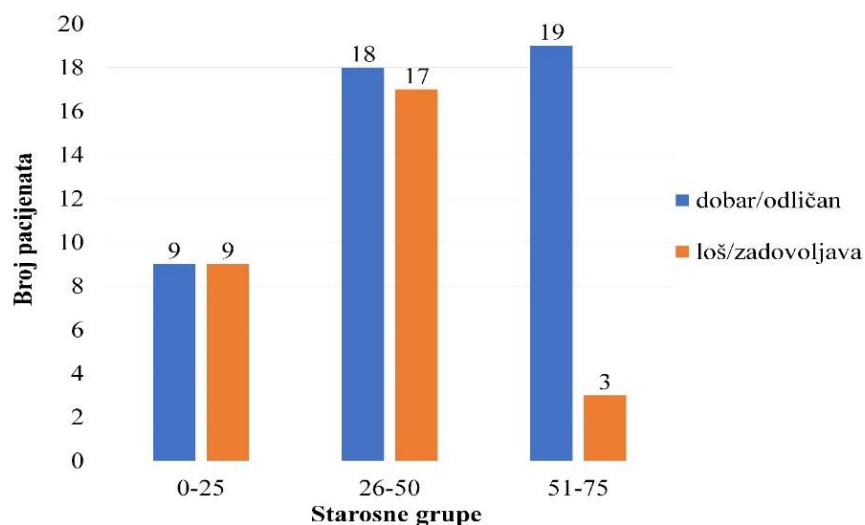
Tabela 4.10. Vrsta hirurške procedure u odnosu na vrstu nervne lezije i termin operacije

Vreme operacije	Kontinuitet nerva	Hirurška procedura		
		Direktna sutura	Neuroliza	Graft
0-3 meseca	o.k.*	/	7	/
	p.k.**	2	/	/
3-6 meseca	o.k.	/	35	/
	p.k.	/	/	12
6-9 meseca	o.k.	/	3	/
	p.k.	/	/	8
> 9 meseci	o.k.	/	8	/
	p.k.	/	/	2

* o.k. – očuvan kontinuitet nerva; ** p.k. – prekinut kontinuitet nerva

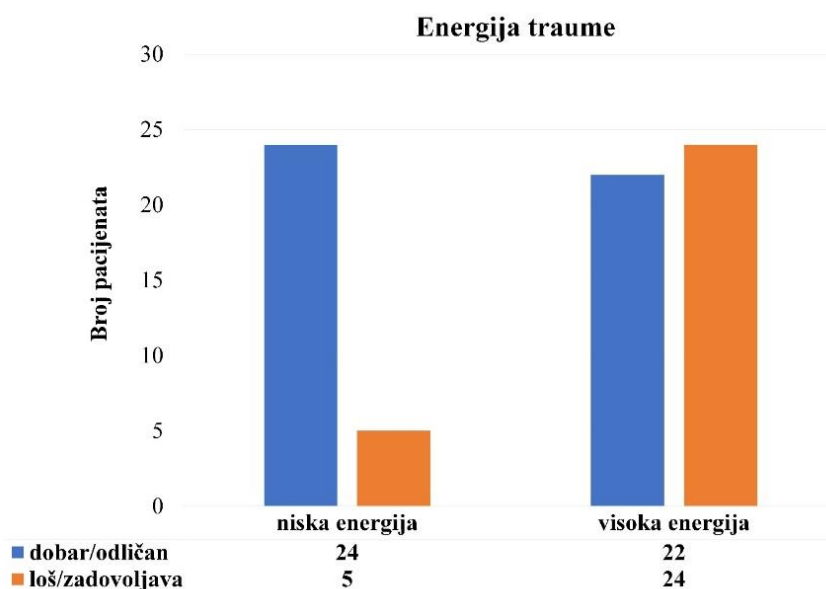
Motorni oporavak je ispitivan kod svih 77 ispitanika i dobijeno je značajno povećanje MRC skora nakon hirurškog tretmana ($Z = -7.544$, $p < 0,0,1$). Korisni motorni oporavak je postignut kod 69 (89.61%) ispitanika, od kojih je 20 (28.99%) imalo odličan oporavak, 26 (37.68%) dobar oporavak i 23 (33.33%) oporavak zadovoljava. Loš oporavak je nađen kod samo 8 (10.39%) ispitanika.

Naša studija nije pokazala značajnu razliku u motornom oporavku u odnosu na pol ($p = 0.192$), pušenje ($p = 0.150$) i udružene bolesti ($p = 0.065$), dok je statistički značajna razlika postojala u odnosu na starost ispitanika (**Grafikon 4.7**). Odličan i dobar oporavak je bio češći u starosnoj grupi 51-75 godina ($p = 0.016$)



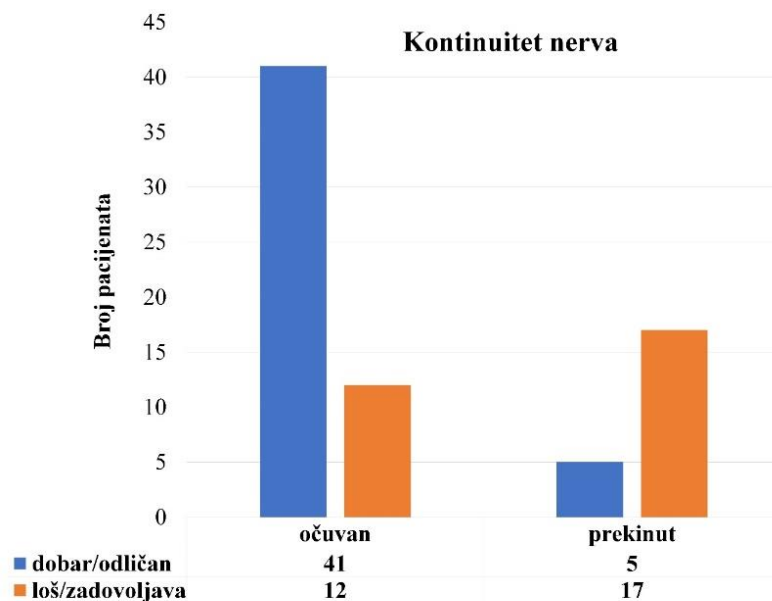
Grafikon 4.7. Motorni oporavak kod različitih starosnih grupa

Takođe, značajna razlika u motornom oporavku je nađena u odnosu na energiju inicijalne traume (**Grafikon 4.8**), dok statistički značajne razlike nije bilo u odnosu na vrstu preloma humerusa ($p = 0.801$) i postojanje udruženih povreda ($p = 0.120$). Većina ispitanika sa low-energy traumom je imala odličan ili dobar oporavak ($p < 0.01$).



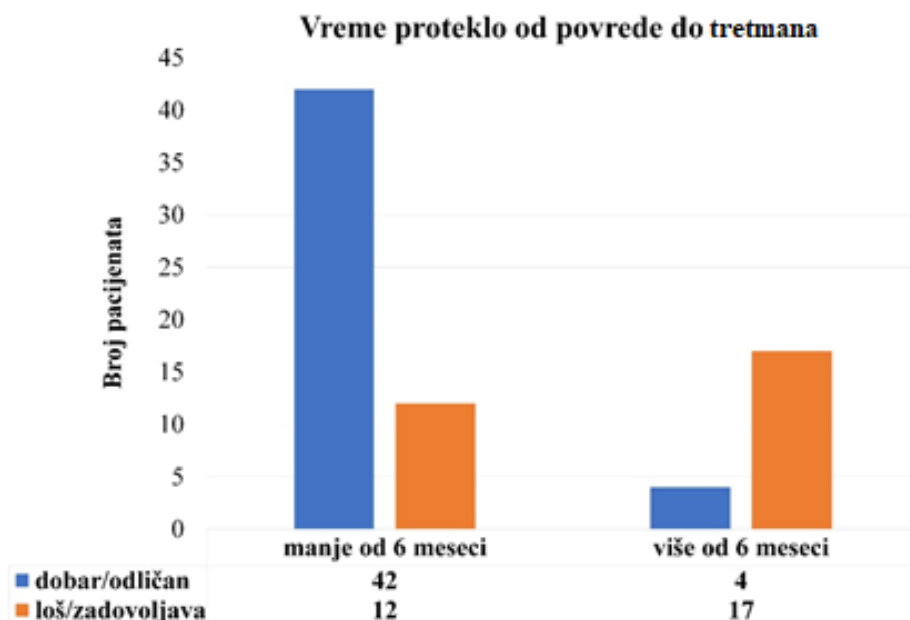
Grafikon 4.8. Motorni oporavak kod povreda niske i visoke energije

Statistički značajne razlike u motornom oporavku nije bilo u odnosu na prirodu nervne lezije-primarna/sekundarna ($p = 0.764$) i stepena nervnog ispada- kompletan/delimičan ($p = 0.982$), ali je postojala značajna razlika u motornom oporavku u odnosu na očuvanost kontinuiteta nerva (**Grafikon 4.9**) Većina ispitanika sa lezijom u kontinuitetu njih 41-dno (77.36%) je imalo odličan ili dobar oporavak ($p < 0.01$).



Grafikon 4.9. Motorni oporavak u odnosu na očuvanost kontinuiteta nerva

Takođe, je postojala statistički značajna razlika u stepenu motornog oporavka kod ispitanika koji su operisani pre i posle isteka 6 meseci od povrede (**Grafikon 4.10**), tako da je većina ispitanika koji su operisani pre isteka 6 meseci, njih 42-oje (77.78) imalo odličan ili dobar oporavak ($p < 0.01$).



Grafikon 4.10. Stepen motornog oporavka kod ispitanika operisanih pre i posle 6 meseci od povrede

U **tabeli 4.11.** je prikazan stepen motornog oporavka po starosnim grupama, očuvanosti kontinuiteta nerva i energiji inicijalne traume.

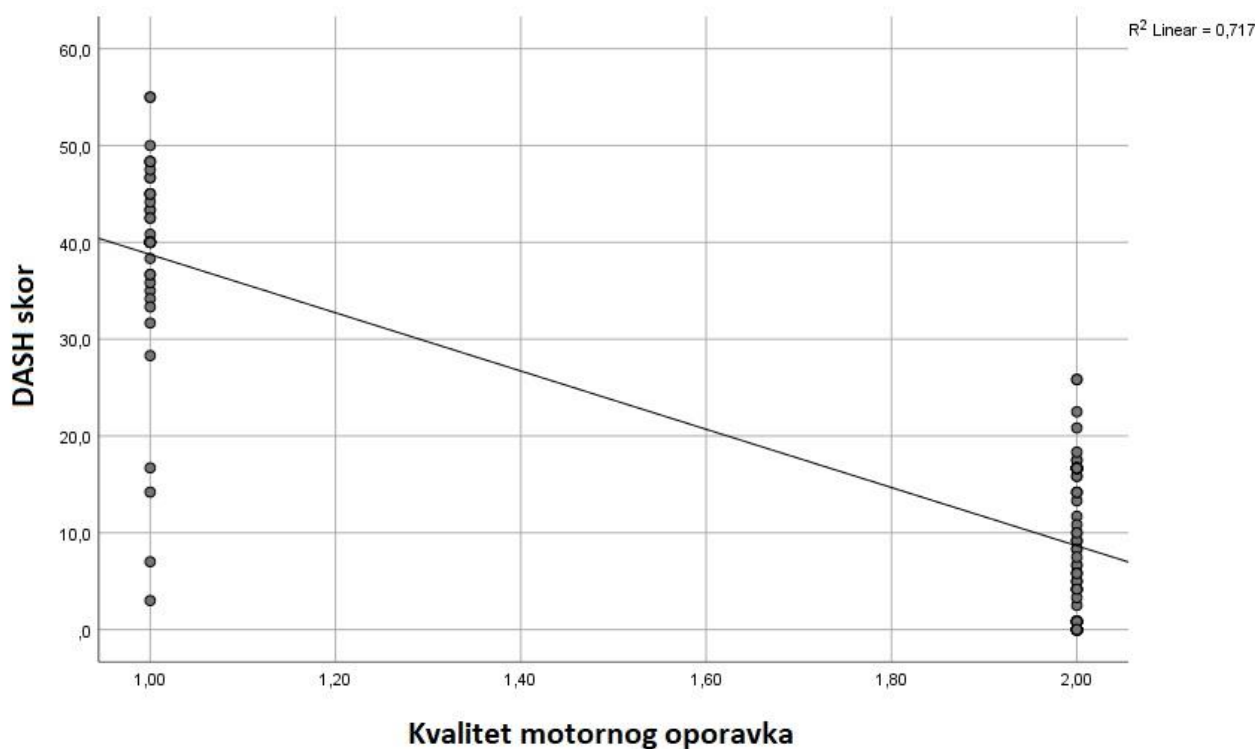
Tabela 4.11. Stepen motornog oporavka po starosnim grupama, očuvanosti kontinuiteta nerva i energiji inicijalne traume (77 ispitanika sa prelomom tela humerusa)

Broj ispitanika = 77		loš/zadovoljava				dobar/odličan			
		high-energy		low-energy		high-energy		low-energy	
		o.k.*	p.k.**	o.k.	p.k.	o.k.	p.k.	o.k.	p.k.
0-25	<6 meseci	/	2	/	2	5	2	2	/
	>6 meseci	1	4	2	/	/	/	/	/
26-50	<6 meseci	2	4	2	/	11	2	3	/
	>6 meseci	4	5	/	/	/	/	2	/
51-75	<6 meseci	1	/	/	1	4	/	12	1
	>6 meseci	/	1	/	/	/	/	2	/

*o.k. – očuvan kontinuitet, **p.k. – prekinut kontinuitet

Od ukupno 140 ispitanika koji su operisani zbog povrede žbičnog živca, njih 129 je prihvatilo da učestvuje u studiji ispitivanja funkcinalnog oporavka i kvaliteta života.

Vrednost DASH skora se kretala od 0-55, sa prosečnom i središnjom vrednošću 18.2 i 16.7. Veliki deo ispitanika, njih 101 (78.3%) su imali vrednost DASH skora ispod 39, dok su njih 18 (13.9%) imali vrednost 0. Postojala je statistički značajna negativna korelacija između postoperativnog DASH skora i stepena motornog oporavka (**Grafikon 4.11**), tako da je bolji motorni oporavak bio povezan sa nižim DASH skorom.



Grafikon 4.11. Dijagram ukazuje na statistički značajnu negativnu korelaciju između postoperativnog DASH skora i stepena motornog oporavka (1- loš/zadovoljava, 2 – dobar/odličan). Biserijska korelacija ($r_{pb}(129) = -,847, p < 0.01$)

Vrednost PNSQoL skora se kretala od 20- 80, sa prosečnom i središnjom vrednošću 66.2 i 74.0. (**Tabela 4.12**). Maksimalna vrednost skora je nađena kod 50 (38.76%) ispitanika, dok je 79 (61.2%) ispitanika bilo veoma zadovoljno sa stanjem ekstremiteta u odnosu na preoperativni status. Ispitanici sa lezijom nerva u diskontinuitetu, su češće izjavljivali da imaju poteškoće ili druge probleme u poređenju sa ispitanicima sa očuvanim kontinuitetom nerva (**Tabela 4.12**).

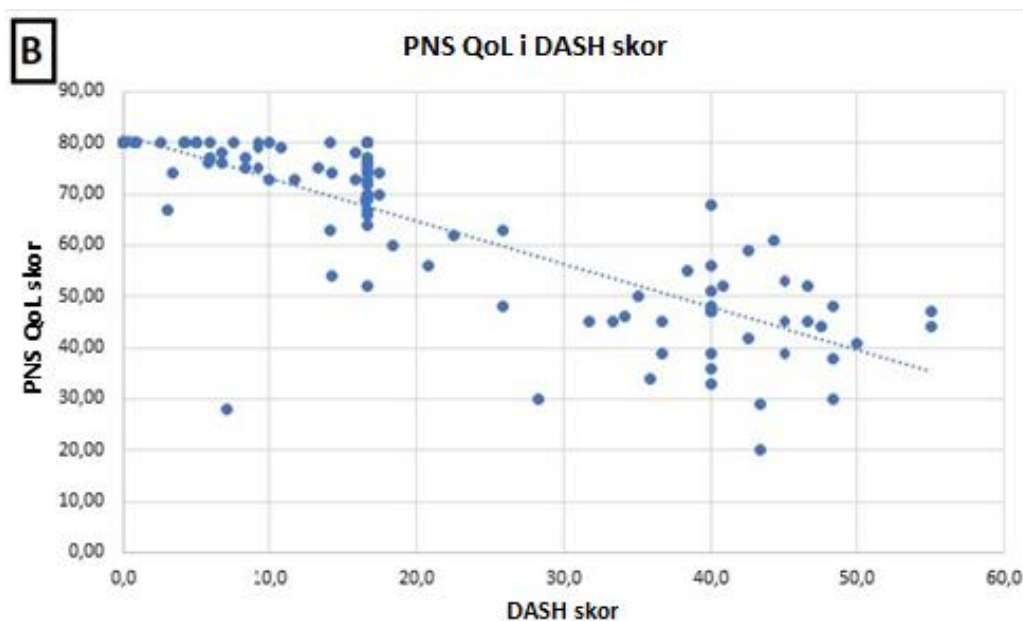
Tabela 4.12. PNS QoL upitnik kod ispitanika sa očuvanim i prekinutim kontinuitetom nerva

PNSQoL upitnik						
Domen	Kontinuitet nerva				Ukupno (n=129)	
	Očuvan		Prekinut			
	(n=87)		(n=42)			
Lična higijena						
Sposoban bez teškoća	58	66,7%	14	33,33%	72	55,81%
Sposoban sa lakim teškoćama	19	21,8%	12	28,57%	31	24,03%
Sposoban sa umerenim teškoćama	9	10,3%	12	28,57%	21	16,28%
Sposoban sa velikim teškoćama	1	1,1%	4	9,52%	5	3,88%
Oblačenje						
Sposoban bez teškoća	64	73,6%	14	33,33%	78	60,47%
Sposoban sa lakim teškoćama	11	12,6%	11	26,19%	22	17,05%
Sposoban sa umerenim teškoćama	11	12,6%	13	30,95%	24	18,60%
Sposoban sa velikim teškoćama	1	1,1%	4	9,52%	5	3,88%
Uzeti čašu vode i popiti je						
Sposoban bez teškoća	64	73,6%	15	35,71%	79	61,24%
Sposoban sa lakim teškoćama	9	10,3%	12	28,57%	21	16,28%
Sposoban sa umerenim teškoćama	13	14,9%	11	26,19%	24	18,60%
Sposoban sa velikim teškoćama	1	1,1%	4	9,52%	5	3,88%
Uzimanje hrane koju je drugi pripremio						
Sposoban bez teškoća	51	58,6%	10	23,81%	61	47,29%
Sposoban sa lakim teškoćama	22	25,3%	10	23,81%	32	24,81%
Sposoban sa umerenim teškoćama	8	9,2%	9	21,43%	17	13,18%
Sposoban sa velikim teškoćama	6	6,9%	12	28,57%	18	13,95%
Sposoban sa veoma velikim teškoćama	/	/	1	2,38%	1	0,78%
Kućni poslovi						
Sposoban bez teškoća	47	54,0%	9	21,43%	56	43,41%
Sposoban sa lakim teškoćama	19	21,8%	11	26,19%	30	23,26%
Sposoban sa umerenim teškoćama	15	17,2%	5	11,90%	20	15,50%
Sposoban sa velikim teškoćama	4	4,6%	11	26,19%	15	11,63%
Sposoban sa veoma velikim teškoćama	2	2,3%	4	9,52%	6	4,65%
Nesposoban	/	/	2	4,76%	2	1,55%
Odlazak u kupovinu						
Sposoban bez teškoća	62	71,3%	15	35,71%	78	60,47%
Sposoban sa lakim teškoćama	16	18,4%	10	23,81%	24	18,60%

Sposoban sa umerenim teškoćama	8	9,2%	12	28,57%	19	14,73%
Sposoban sa velikim teškoćama	1	1,1%	3	7,14%	5	3,88%
Sposoban sa veoma velikim teškoćama	/	/	2	4,76%	3	2,33%
Rekreacija						
Sposoban bez teškoća	54	62,1%	13	30,95%	67	51,94%
Sposoban sa lakim teškoćama	18	20,7%	10	23,81%	28	21,71%
Sposoban sa umerenim teškoćama	12	13,8%	13	30,95%	25	19,38%
Sposoban sa velikim teškoćama	3	3,4%	3	7,14%	6	4,65%
Sposoban sa veoma velikim teškoćama	/	/	3	7,14%	3	2,33%
Radne aktivnosti						
Sposoban bez teškoća	44	50,6%	9	21,43%	53	41,09%
Sposoban sa lakim teškoćama	16	18,4%	7	16,67%	23	17,83%
Sposoban sa umerenim teškoćama	11	12,6%	3	7,14%	14	10,85%
Sposoban sa velikim teškoćama	8	9,2%	6	14,29%	14	10,85%
Sposoban sa veoma velikim teškoćama	3	3,4%	9	21,43%	12	9,30%
Nesposoban	5	5,7%	8	19,05%	13	10,08%
Problemi sa spavanjem						
Nikad	58	66,7%	27	64,29%	85	65,89%
Retko	11	12,6%	8	19,05%	19	14,73%
Ponekad	10	11,5%	4	9,52%	14	10,85%
Često	5	5,7%	2	4,76%	7	5,43%
Skoro svakodnevno	3	3,4%	/	/	3	2,33%
Svakodnevno	/	/	1	2,38%	1	0,78%
Sažaljenje drugih ljudi						
Nikad	68	78,2%	21	50,00%	89	68,99%
Retko	8	9,2%	11	26,19%	19	14,73%
Ponekad	7	8,0%	5	11,90%	12	9,30%
Često	4	4,6%	2	4,76%	6	4,65%
Skoro svakodnevno	/	/	2	4,76%	2	1,55%
Svakodnevno	/	/	1	2,38%	1	0,78%
Poniženje i diskriminacija						
Nikad	75	86,2%	31	73,81%	106	82,17%
Retko	7	8,0%	7	16,67%	14	10,85%
Ponekad	5	5,7%	3	7,14%	8	6,20%
Skoro svakodnevno	/	/	1	2,38%	1	0,78%
Socijalni život						
Nikad	64	73,6%	15	35,71%	79	61,24%
Retko	10	11,5%	12	28,57%	22	17,05%
Ponekad	8	9,2%	4	9,52%	11	8,53%
Često	3	3,4%	8	19,05%	12	9,30%
Skoro svakodnevno	2	2,3%	1	2,38%	3	2,33%
Svakodnevno	/	/	2	4,76%	2	1,55%
Svakodneve aktivnosti						
Nikad	62	71,3%	14	33,33%	76	58,91%
Retko	7	8,0%	5	11,90%	12	9,30%
Ponekad	4	4,6%	1	2,38%	5	3,88%

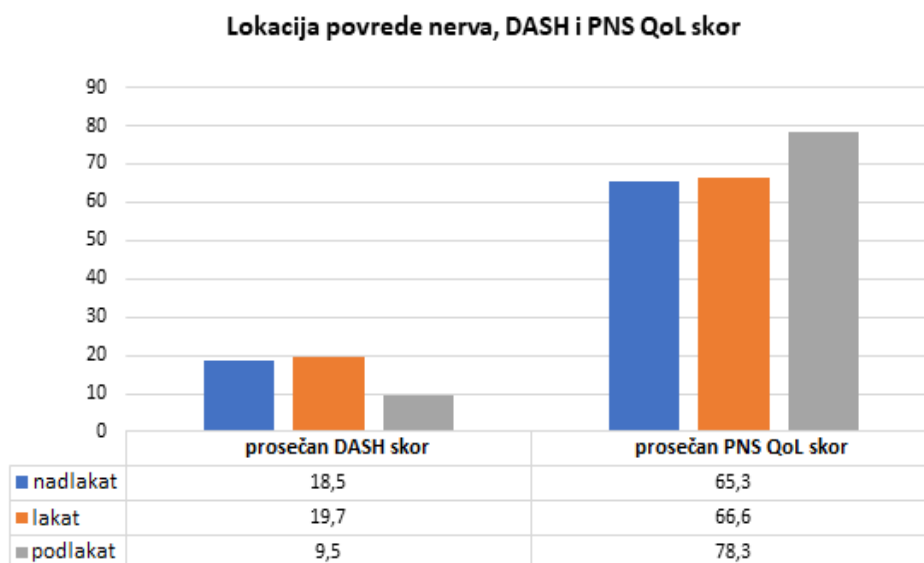
Često	4	4,6%	16	38,10%	20	15,50%
Skoro svakodnevno	8	9,2%	2	4,76%	10	7,75%
Svakodnevno	2	2,3%	4	9,52%	6	4,65%
Zadovoljstvo sa stanjem gornjeg ekstremiteta u odnosu na stanje pre operacije						
Veoma zadovoljan	63	72,40%	16	38,10%	79	61,24%
Umereno zadovoljan	5	5,70%	3	7,14%	8	6,20%
Diskretno zadovoljan	6	6,90%	2	4,76%	7	5,43%
Diskretno nezadovoljan	4	4,60%	6	14,29%	10	7,75%
Umereno nezadovoljan	7	8,00%	8	19,05%	15	11,63%
Veoma nezadovoljan	2	2,30%	7	16,67%	10	7,75%
Zadovoljstvo socijalnim životom u odnosu na pre operacije						
Veoma zadovoljan	69	79,30%	24	57,14%	93	72,09%
Umereno zadovoljan	7	8,00%	4	9,52%	11	8,53%
Diskretno zadovoljan	6	6,90%	7	16,67%	13	10,08%
Diskretno nezadovoljan	1	1,10%	3	7,14%	4	3,10%
Umereno nezadovoljan	4	4,60%	3	7,14%	7	5,43%
Veoma nezadovoljan	/	-1,10%	1	2,38%	1	0,78%
Zadovoljstvo profesionalnim životom u odnosu na pre operacije						
Veoma zadovoljan	61	70,10%	17	40,48%	78	60,47%
Umereno zadovoljan	8	9,20%	2	4,76%	10	7,75%
Diskretno zadovoljan	5	5,70%	4	9,52%	9	6,98%
Diskretno nezadovoljan	2	2,30%	4	9,52%	6	4,65%
Umereno nezadovoljan	8	9,20%	6	14,29%	14	10,85%
Veoma nezadovoljan	3	3,4,0%	9	21,43%	12	9,30%

Postojala je statistički značajna pozitivna korelacija između vrednosti PNSQoL skora i stepena motornog oporavka ispitanika ($r_{pb}(129) = ,504$, $p < 0.01$), kao i jaka negativna korelacija u odnosu na vrednosti DASH skora. (**Grafikon 4.12**).

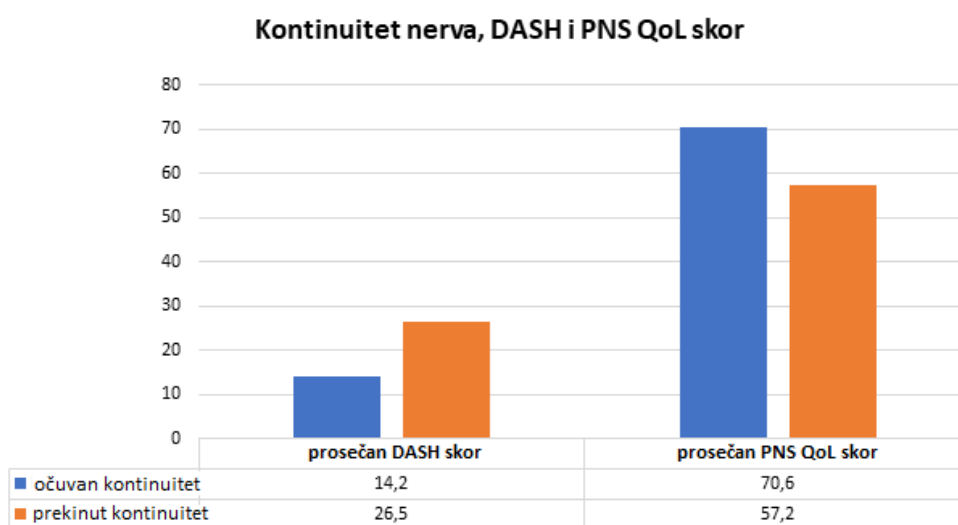


Grafikon 4.12. Dijagram ukazuje na jaku negativnu korelaciju između vrednosti PNSQoL skora i DASH skora, Pirsonov test korelacije ($r(129) = -0,860, p < 0,01$).

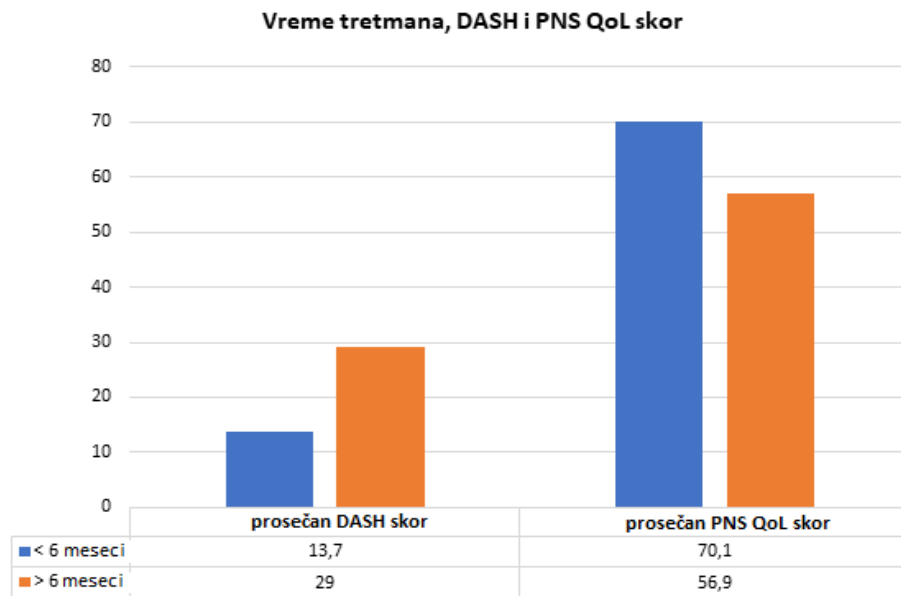
Prosečna vrednost DASH skora i PNS QoL skora u odnosu na lokalizaciju nervne lezije, očuvanost kontinuiteta nerva i vreme operacije su prikazani u **grafikonima 4.13., 4.14. i 4.15.**



Grafikon 4.13. Prosečna vrednost DASH i PNSQoL skora kod lezije nerva na različitim nivoima



Grafikon 4.14. Prosečna vrednost DASH i PNSQoL skora u odnosu na očuvanost kontinuiteta nerva



Grafikon 4.15. Prosečna vrednost DASH i PNSQoL skora kod ispitanika operisanih pre i posle 6 meseci od povrede

5. DISKUSIJA

Žbični živac je glavni opružač (ekstenzor) gornjeg ekstremiteta, koji je odgovoran za ekstenziju podlaktice, šake i prstiju. Glavni funkcionalni deficit kod povrede žbičnog živca čini viseća šaka, koja dovodi do nemogućnosti funkcije hvata šake, što daje značajan hendikep u svakodnevnim i radnim aktivnostima osoba, pruzrokujući veliki socioekonomski problem i značajne psihosocijalne posledice (49,175). Ovo tim prije, zbog činjenice da se povrede žbičnog živca javljaju kod mladih i radno aktivnih osoba.

Ostale funkcije žbičnog živca- fleksija podlaktice (*m. brachiradialis*) i supinacija (*m. supinator*) su kompenzovane ostalim mišićima, tako da su od manjeg značaja. Takođe, senzorna inervacija žbičnog živca je od manjeg značaja za funkciju šake, zbog preklapanja sa susednim nervima, tako da je hirurški tretman indikovano samo u slučaju postojanja bolnih sindroma.

Etiološke i epidemiološke karakteristike povreda žbičnog živca su nedovoljno poznate i do sada su objavljene samo serije slučajeva koje se odnose na povrede ovog živca. Posebno su retke, objavljene studije hirurški lečenih povreda žbičnog živca (55,61,63,64,72,176), dok je objavljeno nešto više studija koje se bave povredama žbičnog živca koje su udružene sa prelomom tela humerusa (61,64,68,69,177–181).

Ova studija je obuhvatila sve povrede žbičnog živca koje su hirurški lečene u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije, u periodu od 20 godina, uključujući kompletne i delimične, kao i primarne i sekundarne lezije.

U našoj studiji većina ispitanika sa hirurški lečenom povredom žbičnog živca je pripadala radno aktivnom stanovništvu i u preko dve trećine slučajeva su bili muškarci. Prosečna starost ispitanika je iznosila 39 godina. To se uklapa sa predhodno objavljenim studijama koje se bave hirurškim lečenjem povreda perifernih nerava, koje ukazuju da se povrede perifernih nerava javljaju kod mladih ljudi i da su više od dva puta češće kod muškaraca (52,53,63,72,182–184).

Pan i saradnici u studiji od 244 hirurški lečene povrede žbičnog živca takođe nalaze značajno veći udeo muškaraca (M/F ratio = 4.3:1), dok je prosečna starost bolesnika iznosila 29 godina (72). Terzis i saradnici (63) na 35 slučajeva hirurški lečenih povreda žbičnog živca nalaze znatno veći udeo muškaraca u odnosu na žene (M:F = 32:3), dok je prosečna starost bolesnika iznosila 31-dnu godinu. U studiji Terzisa najviše ispitanika je pripadalo starosnoj grupi od 20-40 godina (njih 18), zatim starosnoj grupi od 0-20 (njih 10), dok je najmanje ispitanika (njih 7) bilo starije od 40 godina.

U našoj studiji najviše ispitanika je bilo u starosnoj grupi 26-50 godina (73 ispitanika), zatim u starosnoj grupi od 51-75 godina 34 ispitanika, dok je u staroj grupi 0- 25 godina bilo najmanje ispitanika, njih 33-oje. Veći udeo ispitanika u starijoj starosnoj grupi u odnosu na studiju Terzisa, može se objasniti i većim udelom žena u našoj studiji, koje su većinom pripadale starijem životnom dobu.

U našoj studiji pol ispitanika je bio povezan sa uzrokom povrede, tako da su muškarci bili većina onih ispitanika koji su povređeni u saobraćajnom udesu, na radnom mestu i u nasilju, dok su žene bile većina onih ispitanika koji su povređeni pri padu sa svoje visine. To se uklapa sa ranije objavljenim studijama o faktorima rizika prilikom povređivanja u saobraćajnim udesima i na radnom mestu (185–188).

Što se tiče lokalizacije povrede, većina naših ispitanika je imala leziju u predelu nadlaktice (105 ispitanika), zatim u predelu lakta (24), dok je najmanje ispitanika imalo povredu u predelu podlaktice

(11). Pan (72) na 244 operisana bolesnika nalazi 44 povrede u predelu aksile (nivo 1), 37 povreda u predelu spiralnog žleba humerusa (nivo 2), 104 u distalnoj nadlaktici i laktu pre račve (nivo 3) i 64 povrede nakon račve, u predelu zadnjeg međukoštanog živca (nivo 4). Za razliku od ove studije, u našoj studiji nisu uključene proksimalne lezije radijalisa udružene sa lezijom brahijalnog pleksusa, ali je takođe klasifikacija nivoa lezije bila drugačija, pa su naše povrede u predelu nadlaktice obuhvatale nivo 2 i nivo 3 u studiji Pan-a i saradnika.

Kim i saradnici (55) kod 180 operisanih povreda žbičnog živca, nalaze njih 83-oje u nadlaktici, 30 u predelu lakta, 37 u predelu zadnjeg međukoštanog živca, 9 u predelu dorzuma podlaktice i 21-dno u predelu površne (senzitivne) grane radijalisa. U našoj studiji nisu bile uključene povrede površne (senzitivne) grane žbičnog živca, dok smo imali nešto manji broj povreda u predelu motorne grane i zadnjeg međukoštanog živca u odnosu na studiju Kim-a.

Među 126 traumatizovanih bolesnika, najčešći uzrok povrede su bili saobraćajni udesi (39 ispitanika), pad sa svoje visine (36 ispitanika) i povrede na radnom mjestu (31 ispitanik). U našoj studiji samo jedan ispitanik je imao povredu žbičnog živca iz vatrenog oružja, za razliku od studije Kim-a (55), kod kojih je bilo ukupno 16 povreda iz vatrenog oružja kod 180 ispitanika. Tako niska incidenca povreda iz vatrenog oružja u našoj studiji se može objasniti različitom dostupnošću vatrenog oružja u zemljama (189), različitim „global peace index-om“ (190) i različitom upotrebom vatrenog oružja tokom posmatranih perioda istraživanja.

U poređenju sa medijanusom i ulnarisom, kod kojih su najčešće lezije kompresivne neuropatije, kod žbičnog živca, najčešći uzrok lezije predstavljaju mehaničke traumatske lezije (9,53–57). Jatrogene lezije imaju sličnu incidencu sva tri živca (58), dok je učestalost tumorskih promena znatno manja kod radijalisa (59).

Žbični živac je anatomski smešten u blizini kosti i najčešće je podložan kontuzijama usled preloma kosti, dok su medijanus i ulnaris smešteni površno i kod njih se mnogo češće javljaju laceracije i sekcije (53,54,60).

Većina naših ispitanika je imala traumatsku leziju žbičnog živca (65.71%), zatim jatrogenu (28.57%) i idiopatsku (4.28%), dok su tumorske lezije živca bile prisutne kod 2 ispitanika (1.42%). Slične rezultate objavljuju Kim i saradnici (2008), koji na uzorku od 205 operisanih lezija radijalisa nalaze 25 tumorske i 22 idiopatske etiologije, dok su ostali slučajevi bili traumatskog i jatrogenog porekla (66).

Najčešći mehanizam povređivanja u našoj studiji kod traumatske povrede žbičnog živca (93 ispitanika) su bile kontuzije usled frakture kosti (44), laceracije (20) i tupe kontuzije (13), što je uporedivo sa studijom Kim-a, u kojoj na 180 ispitanika nalaze 53 kontuzije usled frakture, 44 laceracije i 29 tupih kontuzija (55).

U našoj studiji većina kontuzija usled frakture kosti su bile prisutne u nadlaktici, kod preloma tela humerusa (68%), dok su u manjem broju slučajeva nastale usled preloma lakta, ulne i radijusa. Ostale kontuzije (13 slučajeva) nerva su bile prouzrokovane dejstvom tupe sile.

Laceracije nerva su kod 11 slučajeva bile uzrokovane frakturom kosti (od čega kod 6 usled preloma humerusa) i dejstvom tupe sile kod 9 ispitanika. Sekcije nerva su bile uzrokovane oštrim predmetima kod 5 ispitanika, dok su u 2 slučaja bile posledica preloma kosti.

Jatrogene povrede žbičnog živca mogu nastati usled repozicije preloma kosti, operacija tumora gornjeg ekstremiteta, injekcionih povreda u predelu nadlaktice, neadekvatnog repozicioniranja u toku opšte anestezije itd. Ipak, najčešće jatrogene povrede nastaju usled zatvorene ili otvorene repozicije

preloma humerusa. Wang i saradnici (191) na uzorku od 707 hirurški tretiranih fraktura humerusa nalaze jatrogenu leziju radijalisa kod 30 slučajeva, što čini incidencu od 4,2%, dok Hegeman i saradnici (69) nalaze povredu radijalisa kod 4.7% hirurški tretiranih preloma humerusa.

Najčešći uzrok jatrogenih povreda (40 ispitanika) u našoj studiji je bila otvorena repozicija i interna fiksacija humerusa (ORIF) i to u 27 slučajeva, dok je u 5 slučajeva nastala usled vađenja osteosintetskog materijala. Rasulić i saradnici (58) na uzorku od 29 hirurški tretiranih jatrogenih lezija radijalisa, nalaze da je njih 12 bilo uzrokovano hirurškim lečenjem preloma tela humerusa.

Kao posledica resekcije tumora gornjeg ekstremiteta, može doći do lezije žbičnog živca, pa Kim i saradnici (66) opisuju u svojoj seriji 25 slučajeva, dok je u našoj studiji bilo 6 ispitanika sa lezijom radijalisa posle resekcije tumora (4 švanoma i 2 lipoma). U svim slučajevima mehanizam povrede je bila postoperativna fibroza.

Lezija žbičnog živca može nastati i kao retka komplikacija lošeg pozicioniranja u toku operacija u opštoj anesteziji (192) i mi smo u našoj studiji imali dva ispitanika sa istim mehanizmom povrede.

Potreba za hirurškom intervencijom kod injekcionih povreda je česta, tako da Esquenaci i saradnici u studiji referišu spontani oporavak u 7 od 25 slučajeva injekcione povrede radijalisa u predelu nadlaktice (193). U našoj studiji nije bilo slučajeva injekcionih povreda žbičnog živca, dok Kim (55) opisuje 9 slučajeva injekcionih povreda u predelu nadlaktice u svojoj studiji. Ova razlika se može objasniti rastom svesti o ovim povredama zadnjih decenija. Iako su u literaturi opisane povrede žbičnog živca manžetnom usled merenja krvnog pritiska (194), u našoj seriji nije bio ni jedan slučaj.

Idiopatska kompresivna neuropatija žbičnog živca se može javiti u različitim segmentima živca (63,70,195), ali je najčešća kompresivna neuropatija u predelu gornje ivice supinatora (*Arcade of Frohse*). U našoj seriji kod svih 6 ispitanika je bila prisutna kompresivna neuropatija duboke grane žbičnog živca u predelu *Frohse-ove* arkade. To se može objasniti činjenicom da ove kompresivne neuropatije najčešće zahtevaju operativno lečenje, dok većina ostalih kompresivnih neuropatija na konzervativni tretman ima dobru prognozu. Kim i saradnici (66) na uzorku od 205 operisanih lezija radijalisa nalaze 22-je kompresivne neuropatije koje su hirurški lečene, od kojih je u 19 slučajeva bila kompresija zadnjeg međukošanog živca u predelu *Frohse-ove* arkade.

Po do sada objavljenim studijama, tumori žbičnog živca su retki u odnosu na ostale živce gornjeg ekstremiteta i u najvećem broju slučajeva su prisutni švanomi i neurofibromi, koji se javljaju sporadično ili u sklopu neurofibromatoze (196). Neurofibromi češće imaju intrafascikularan rast i infiltrišu nerv, dok švanomi vrše kompresivni efekat na fascikuluse. U našoj seriji lezija radijalisa je nađena kod dva neurofibroma, od kojih su oba bila kod žena i u starosnoj grupi od 51-75 godina.

Oporavak motorne funkcije radijalisa posle hirurške reparacije je odličan, što su pokazali više autora (55,58,61,64,72,197–199). Ovi bolji rezultati za radijalis se mogu objasniti činjenicom da on daje inervaciju za proksimalne mišiće, dok u šaci daje inervaciju mišića koji nemaju komplikovane pokrete. Medijanus takođe daje inervaciju za proksimalne mišiće, dok u šaci inerviše mišiće tenara. Nasuprot njima, ulnaris ima distalnu inervaciju intrizičkih mišića šake. Radijalis nasuprot medijanusu i ulnarisu je predominantno motorni živac, pa je manja verovatnoća ukrštanja motornih i senzitivnih vlakana tokom reinervacije, a takođe on inerviše sinergističke mišiće, čime je onemogućena antagonistička ukrštena reinervacija (54,55).

Roganović i Pavličević (2006) u svojoj studiji poredi ishod operativnog lečenja glavnih nerva ruke po nivoima, kod kojih je urađena reparacija graftom. Oni nalaze da je kod visokih lezija korisni motorni oporavak radijalisa (66.7%) bio bolji nego za medijanus (33.3%) i ulnaris (15.4%), kod

središnjih lezija takođe nalaze bolje rezultate za radijalis (98.3%) u odnosu na medijanus (52%) i ulnaris (43.6%), dok kod niskih lezija nalaze isti ishod za sva tri nerva (198).

U našoj studiji ukupni korisni motorni oporavak žbičnog živca je postignut u 91.4% slučajeva, a takođe smo dobili značajno povećanje postoperativnog MRC skora u odnosu na preoperativne vrednosti. Kod lezija u kontinuitetu kod kojih je uradjena neuroliza ukupni korisni motorni oporavak je iznosio 95.7%, što je slično sa studijom Kim-a (55) u kojoj je postignut korisni motorni oporavak (M3 i više) u 98% slučajeva.

Kod ispitanika kod kojih je reparacija urađena graftom ukupni korisni motorni oporavak je postignut kod 78.3% slučajeva. Slične rezultate su postigli Roganović i saradnici (199) kod 131 sklopetarne povrede radijalisa sa transekcijom, kod kojih je reparacija urađena graftom, u kojoj nalaze korisni motorni oporavak (M3 i više) u 82.7% slučajeva, dok Kim i saradnici (55) nalaze dobar oporavak (M3 i više) kod 80% bolesnika kod kojih je reparacija urađena graftom.

U istoj studiji, Roganović kod reparacije direktnom suturom nalazi korisni motorni oporavak kod 89.3% slučajeva, dok Kim nalazi korisni oporavak kod 91% primarne i 83% sekundarne direktne suture. U našoj seriji, samo 4 bolesnika su tretirana direktnom suturom i kod svih slučajeva je postignut korisni motorni oporavak (zadovoljava 2, dobar 1, odličan 1). Mi nismo bili u mogućnosti da tretiramo sve bolesnike koji su imali indikaciju u ranoj fazi, zbog kasnog upućivanja u našu ustanovu ili neprepoznavanja lezije žbičnog živca, čime se može objasniti manji broj ispitanika kod kojih je urađena direkta sutura nerva.

Takođe, smo imali 4 ispitanika kod kojih je urađen nervni transfer i kod svih je postignut korisni motorni oporavak (zadovoljava 1, dobar 1, odličan 2). Iako mnogi autori preporučuju tetivni transfer kod ireparabilnih lezija radijalisa (200), on nikada ne može zameniti uspešnu nervnu reparaciju. Elton i Omer (201) navode da kod osoba sa tetivnim transferom usled paralize radijalisa dolazi do zategnutosti ekstenzora, što onemogućava istovremenu fleksiju šake i prstiju. Lowe i saradnici (202) navode da napredak u rekonstrukciji nervnim transferom povreda radijalisa, predstavlja bolju alternativu u odnosu na tetivni transfer, naročito kod proksimalnih povreda radijalisa ili kasnog javljanja na operaciju.

Najveći broj naših ispitanika je operisan u periodu od 3-6 meseci nakon povrede (83 ispitanika) i u periodu od 6-9 meseci (24 ispitanika). Pojedini ispitanici su operisani nakon isteka 9 meseci (njih 18), zbog kasnog javljanja u našu ustanovu ili zbog lečenja udruženih bolesti i teškog opšteg stanja. Najmanji broj ispitanika je operisan u period 0-3 meseca (15).

Generalno, zatvorene povrede žbičnog živca se inicijalno tretiraju konzervativno, dok se hirurška reparacija preduzima kod slučajeva koji ne pokazuju znake oporavka nakon isteka 3 meseca. Rana eksploracija i reparacija živca dolazi u obzir kod otvorenih povreda sa prekidom kontinuiteta nerva, sumnje na akutnu kompresiju nerva i prisustva bolnog sindroma. Primarna sutura nerva se može uraditi samo kod oštih sekcija, što nije čest slučaj, dok se kod laceracija reparacija odlaže nakon isteka 3 sedmice.

I dalje postoje dileme koliko dugo treba čekati na spontani oporavak živca, pre preduzimanja hirurške intervencije, pa ovaj period kod različitih autora varira od 3-6 meseci (61,63–65,69,203).

Što se tiče povreda radijalisa usled preloma humerusa, Shao i saradnici (65) nalaze da su se prvi znaci spontanog oporavka radijalisa javljali nakon 7,3 sedmice u proseku, dok je za kompletni oporavak bilo potrebno 6,1 meseci. U njihovoj studiji prosečno vreme do sekundarne reparacije je iznosilo 4,3 meseca. Ilyas i saradnici (177) u svom sistematskom pregledu povreda radijalisa usled preloma humerusa, nalaze da su se prvi znaci spontanog oporavka javljali nakon 8,29 sedmica u proseku, za

definitivni oporavak je trebalo 4,91 meseci, dok je termin odložene operacije bio u proseku posle 4,15 meseci.

U našoj studiji stepen motornog oporavka dobar/odličan je bio značajno bolji ($p < 0.01$) kod ispitanika kod kojih je operacija urađena u prvih 6 meseci. Roganović i saradnici (199) takođe nalaze značajno bolje rezultate kod operacija koje su sprovedene pre isteka 6 meseci, dok Terzis i saradnici (63) nalaze bolje rezultate kod operacija koje su sprovedene unutar 3 meseca.

Motorni oporavak je bio bolji kod lezija u kontinuitetu ($p < 0.01$), kod “*low-energy*” traume ($p < 0.0.1$), kao i kod ispitanika bez udruženih povreda ($p = 0.011$), što se uklapa sa studijom Terzisa, koji takođe objavljuje bolje rezultate kod lezija u kontinuitetu i kod onih ispitanika koji nisu imali udružene povrede. U našoj studiji je broj lezija u diskontinuitetu bio povezan sa “*high-energy*” traumom, što upućuje na potrebu strogog praćenja ovih povreda, a u slučaju sumnje na prekid kontinuiteta nerva ranu eksploraciju.

Kod ispitanika kod kojih je urađena transplantacija graftom suralisa, značajno bolji motorni oporavak je postignut ukoliko je graft bio ispod 5 cm dužine. Mnoge studije su pokazale lošije rezultate motornog oporavka kod dugih graftova (204–207), pa Terzis (63) nalazi da su značajno bolji rezultati bili kod graftova ispod 5 cm, dok Roganović (199) nalazi da ta vrednost iznosi 8 cm.

Za razliku od drugih nerava, proksimalne povrede žbičnog živca takođe mogu imati povoljan ishod (55,199), što se može objasniti inervacijom proksimalnih mišića i činjenicom da regenerišući aksoni stižu pre pojave ireverzibilnih promena u distalnom okrajku ili efektorskim organima. Ipak, mnogi autori opisuju bolje rezultate motornog oporavka kod srednjih i distalnih lezija u odnosu na proksimalne (63,203,208).

Kim (55) u nadlaktici nalazi korisni motorni oporavak (M3 i više) kod 93% slučajeva neurolize, dok kod direktne suture i reparacije graftom lezija u kontinuitetu nalazi dobar oporavak kod 91% slučajeva. U slučaju lezija u diskontinuitetu dobar oporavak je nađen kod 80% slučajeva primarne direktne suture, 75% slučajeva sekundarne direktne suture i 60% slučajeva reparacije graftom. Roganović nalazi da su proksimalne sklopetarne lezije radijalisa iznad spiralnog žljeba koje su reparirane graftom imale maksimalan oporavak M3 i to u 40% slučajeva, kod srednjih lezija nalazi zadovoljavajući oporavak (M3 i više) u 89.7% slučajeva, a kod niskih lezija u 92.8% slučajeva.

U našoj seriji oporavak dobar/odličan je postignut kod 66% slučajeva u nadlaktici, 71% u predelu lakta i 100% slučajeva u podlaktici, uz napomenu da nismo uključili proksimalne lezije radijalisa udružene sa donjom paralizom brahijalnog plexusa. U predelu nadlaktice, u samo 27% slučajeva je postignut odličan rezultat što govori u prilog činjenici da proksimalne lezije imaju slabiji oporavak, pa u slučaju ekstenzivnih lezija i operacija nakon isteka 12 meseci, treba razmišljati o nervnom ili tetivnom transferu.

Shergill (208) nalazi da su svi operisani slučajevi posle 12 meseci imali loš ishod, dok je težina povrede bila najvažniji prediktor oporavka.

Ranije studije su ukazale da sa starenjem dolazi do biohemijskih i morfoloških promena perifernih nerava koje mogu značajno smanjiti regenerativne sposobnosti i funkcionalni oporavak (209,210).

U našoj studiji nije bilo razlike u motornom oporavku kod primarnih i sekundarnih lezija žbičnog živca, u odnosu na stepen nervne lezije (kompletan/delimičan), kao i u odnosu na godine starosti. Naša studija nije pokazala razliku u ukupnom motornom oporavku u odnosu na godine starosti ispitanika ($p = 0.297$), dok je kod povreda koje su bile udružene sa prelomom humerusa postojao trend ka boljem motornom oporavku u starijoj starosnoj grupi od 51-75 godina, što se može objasniti

činjenicom da su povrede živca u ovoj grupi bile većinom izazvane „*low-energy*“ mehanizmom (*low-energy: high-energy* = 16: 5). Samim tim povrede nerva u starijoj populaciji su lakše, a hirurški zahvati manje ekstenzivni, što može objasniti bolji motorni oporavak u ovoj grupi. I druge studije su pokazale da su povrede u starijih osoba češće izazvane „*low-energy*“ traumom (211,212), a starenje kao nezavisni faktor nije povezan sa lošijim funkcionalnim oporavkom (213).

Terzis (63) nalazi značajno bolje rezultate kod ispitanika koji su bili mlađi od 20 godina, dok Roganović i saradnici (199) takođe nalaze da su ispitanici sa uspešnim oporavkom bili značajno mlađi, dok je naročito lošiji ishod bio kod ispitanika preko 40 godina. Svakako, poslednja studija je obuhvatila samo lezije u diskontinuitetu, usled povreda iz vatrenog oružja.

Najčešći uzrok povreda žbičnog živca čine prelomi tela humerusa, koje predstavljaju i jedne od najčešćih preloma dugih kostiju, a žbični živac predstavlja najčešće povređivani nerv usled preloma kosti (61,64,68,177,214). Ovo se može objasniti bliskim topografskim odnosom živca sa telom humerusa, u predelu njegovog žleba, kao i smanjenom mobilnošću nerva usled prolaska kroz spoljašnji međumišićni septum (55,61,69).

Prema ranije objavljenim studijama povrede žbičnog živca se javljaju u 3-18% (64) preloma tela humerusa, ali su novije studije sistematskog pregleda literature ukazale da se incidenca kreće oko 12 %. Hegeman i saradnici (69) u sistematskom pregledu na uzorku od 4972 fraktura humerusa nalaze incidencu lezije radijalisa od 12,2%, dok Shao i saradnici (68) u svojoj studiji na uzorku od 4517 fraktura humerusa nalaze incidencu od 11,8%.

U nedavnoj studiji koju su objavili Ilyas i saradnici, povrede radijalisa su se najčešće javljale u distalnoj trećini i to u 56,9% slučajeva, zatim u srednjoj trećini u 41,5%, dok su lezije u proksimalnoj trećini činile svega 1,5%. (177). U našoj studiji je 54,55% ispitanika imalo prelom srednje trećine humerusa (D4), 25,97% prelom humerusa na spoju srednje i distalne trećine tela humerusa (D5), 16,89% je imalo prelom u predelu spoja proksimalne i srednje trećine humerusa (D3), dok je zanemarljiv broj imao prelom distalne trećine humerusa (D6) i to u svega 2,59% ispitanika. Ove razlike se mogu objasniti razlikom u klasifikaciji preloma humerusa u studiji Ilyas-a u odnosu na našu studiju.

Od ukupnog broja hirurški tretiranih lezija žbičnog živca (140) u našoj seriji, više od polovine (njih 77) je bilo povezano sa prelomom tela humerusa, što upućuje na značaj ovog etiološkog faktora.

Ukupni korisni motorni oporavak (zadovoljava, dobar, odličan) nakon hirurškog lečenja povreda žbičnog živca usled preloma tela humerusa je iznosio 89,61%, dok je oporavak izostao kod 10,39%. Ovi rezultati su slični sa predhodno objavljenim studijama sa sličnom metodologijom (61,64). Samardžić i saradnici (64) nalaze ukupni korisni motorni oporavak kod 91,9% ispitanika, i to kod neolize 95,8% i kod transplantacije graftom 84,6%. Rasulić i saradnici (61) nalaze ukupni korisni motorni oporavak kod 88,9%, od čega kod neolize 92,4% i kod transplantacije graftom 82,1%. Ipak, korisni motorni oporavak kod transplantacije graftom je bio nešto niži u našoj studiji u odnosu na dve gore pomenute studije (61,64), što se može objasniti različitom dužinom grafta ili energijom inicijalne traume. Zbog toga naglašavamo značaj uključivanja energije traume, koja može biti prognostički faktor, što nije bio slučaj u ovim studijama (61,64).

I kod povreda žbičnog živca usled preloma tela humerusa, smo našli da su ispitanici koji su povređeni „*high-energy*“ traumom (dobar/odličan: loš/zadovoljava = 12:16) imali lošiji motorni oporavak u odnosu na ispitanike koji su povređeni „*low-energy*“ traumom (dobar/odličan: loš/zadovoljava = 24:5). Takođe, je postojala značajna razlika u funkcionalnom oporavku u odnosu na očuvanost kontinuiteta nerva, tako da je broj ispitanika sa oporavkom dobar/odličan bio znatno veći kod lezija u kontinuitetu (77,35%) u odnosu na ispitanike sa lezijom u diskontinuitetu (22,72%).

Venouziou i saradnici (180) u studiji na 18 hirurški tretiranih lezija radijalisa usled preloma humerusa, nalaze da su svih 5 ispitanika sa low-energy traumom imali potpuni oporavak, dok je kod 8 od 13 ispitanika sa *high-energy* traumom motorni oporavak izostao. Svih 8 ispitanika su imali leziju u diskontinuitetu sa ozbiljno oštećenim nervom i kod 4 slučaja hirurška reparacija nije urađena. Ostalih 5 ispitanika sa high-energy traumom su imali leziju u kontinuitetu i imali su potpuni oporavak. Vreme do potpunog oporavka je bilo znatno kraće kod *low-energy* traume (14 nedelja) u odnosu na 5 ispitanika koji su se oporavili posle *high energy* traume (26 nedelja).

Zbog toga što u slučaju traume visokom energijom često dolazi do značajnog oštećenja nerva i lezija u diskontinuitetu, koje su praćene lošijim funkcionalnim oporavkom i dužim vremenom oporavka, pojedini autori preporučuju da se kod tih ispitanika sprovede rana eksploracija i ukoliko se nađe supstrat rana reparaciju nerva unutar 3 sedmice (65,174,177,180,215). Venouziou i saradnici takođe preporučuju da se kod „high energy“ traume radijalisa uradi rani transfer tetiva, a ne da se čeka oporavak nervne funkcije (180).

I dalje postoje oprečna mišljenja da li lezije radijalisa usled preloma humerusa treba tretirati ekspektativno i operisati u odloženoj fazi samo one slučajeve koji se nisu oporavili (61,64,68,69), ili uraditi ranu eksploraciju i reparaciju nerva (65,177,178).

Visok procenat spontanog oporavka lezija radijalisa kod preloma humerusa, kao i činjenica da se rana operacija može uraditi samo kod čistih sekcija nerva (što nije slučaj kod preloma), navodi mnoge autore da savetuju inicijalni ekspektativan stav (61,64). Takođe, ovi autori navode i opasnost od sekundarne lezije nerva prilikom rane eksploracije.

Shao i saradnici (68) navode visok procenat spontanog oporavka povreda radijalisa usled preloma humerusa koji iznosi 70.7%, dok zajedno sa bolesnicima oporavljenim usled kasne operacije taj procenat iznosi 87.6%. U istoj studiji grupa ispitanika koja je tretirana ranom eksploracijom i reparacijom unutar tri sedmice je imala oporavak u 87,9% slučajeva. Kako nije bilo značajne razlike u procentu oporavka pacijenata u grupi koja je inicijalno praćena i u grupi kod koje je sprovedena rana eksploracija, autori su preporučili ekspektativan stav kod povreda radijalisa usled preloma humerusa.

Zagovornici rane eksploracije i operacije radijalisa navode da je oporavak kod kasne reparacije nerva značajno manji nego u ranoj fazi (68,1% vs 89,8%) i navode da se ranom eksploracijom mogu identifikovati slučajevi inkarceracije radijalisa (10,5%) koštanim fragmentima i slučajevi neurotmeze radijalisa (26,8%), koji imaju lošiju prognozu oporavka nakon sekundarne reparacije (177).

Indikacije za ranu eksploraciju se baziraju na visokom procentu uklještenja nerva od 6-25% i laceracije nerva u 20-42%, u kom slučaju rana reparacija daje bolje rezultate (179). Kod rane eksploracije i reparacije radijalisa usled frakture humerusa povoljan oporavak se može očekivati u 85% slučajeva (216). Kasna reparacija je rezervisana za permanentne lezije radijalisa i u tom slučaju zadovoljavajući rezultat se može očekivati u 69% slučajeva (216).

Hegeman i saradnici u svojoj studiji nalaze visok stepen spontanog oporavka primarnih lezija radijalisa (96,3%) kod preloma humerusa koje su tretirane konzervativno i savetuju ekspektativan stav kod ovih povreda (69). U ovoj studiji 27% primarnih lezija radijalisa je eksplorisano u ranoj fazi, ali u 40,5% slučajeva nije nađen hirurški supstrat, što govori u prilog ekspektativnog stava. Uklještenje nerva je nađeno u 15% slučajeva, transekcija u 12% i laceracija u 8% slučajeva i ovi pacijenti su imali benefit od rane operacije.

Pojedini autori preporučuju ranu eksploraciju nerva kod otvorenih preloma humerusa, kod povreda izazvanih traumom velikog intenziteta, kao i kod sekundarnih lezija radijalisa nastalih nakon otvorene unutrašnje ostesinteze (65,174,177,215).

U našoj studiji, kod fraktura humerusa, najveći broj ispitanika je operisan u periodu od 3-6 meseci (61.03%), zatim u periodu od 6-9 meseci (14.28%) i nakon 9 meseci 12.98% ispitanika, dok je u periodu između 0-3 meseca operisano 11.68% ispitanika.

Kod preloma humerusa, je takođe postojala značajna razlika u funkcionalnom oporavku u odnosu na vreme operativnog lečenja. U grupi ispitanika koji su operisani pre isteka 6 meseci od povrede bio je značajno veći procenat dobar/odličan rezultata (77.78%), u odnosu na grupu koja je operisana posle isteka 6 meseci (19.04%) .

To se ulapa sa preporukama drugih autora koji savetuju ekspektativni stav ne duže od 4-6 meseci (68) (69). Taj period je ujedno i dovoljan za pojavu kliničkih i elektromiografskih znakova oporavka. Kod povreda radijalisa u nadlaktici EMG znaci reinervacije brahioradijalisa se mogu očekivati posle 3 meseca (113,116). Ukoliko se ne pojave znaci oporavka, dalje odlaganje operacije može dovesti do značajne hipotrofije ciljnih mišića i suženja endoneurijalnih tubusa u distalnom okrajku, pa rezultat naknadne reparacije može izostati.

Do sada objavljene studije kvaliteta života i zadovoljstva bolesnika nakon hirurškog lečenja povreda perifernih nerava su izuzetno retke (67,217), dok se većina objavljenih studija fokusira na oporavak motorne i senzorne funkcije. Posebno su retke studije koje se bave ispitivanjem nesposobnosti bolesnika i kvaliteta života nakon hirurškog lečenja povreda žbičnog živca (217,218).

Ispitivanje kvaliteta života i zadovoljstva bolesnika nakon operacija perifernih nerava je izuzetno važno, zbog činjenice da motorni oporavak često ne korelira sa funkcionalnim oporavkom, i regresijom simptoma bolesnika, kao i zadovoljstvom preduzete hirurške intervencije (121).

Naša studija je pokazala značajan oporavak ispitanika nakon hirurškog lečenja, pa je prosečna vrednost DASH i PNS QoL skora iznosila 18.2 i 66.2, ukazujući da je većina bolesnika imala minimalan stepen nesposobnosti i da je mogla obavljati većinu aktivnosti.

Takođe je postojala korelacija u stepenu motornog oporavka i nivoa nesposobnosti, tj vrednosti DASH i PNSQoL skora, tako što je bolji motorni oporavak značio i manju nesposobnost ispitanika. Manja nesposobnost je verifikovana kod ispitanika koji su operisani pre isteka 6 meseci, kao i kod onih koji su imali očuvan kontinuitet živca.

Što se tiče zadovoljstva ispitanika ishodom same operacije, ona je bila značajno manja kod onih koji su imali prekid kontinuiteta nerva. Kod bolesnika sa očuvanim kontinuitetom nerva, značajan deo ispitanika je bio veoma zadovoljan stanjem gornjeg ekstremiteta u odnosu na pre operacije (72.4%), veoma zadovoljan socijalnim životom (79.3%) i veoma zadovoljan profesionalnim životom (70.1%), dok je u grupi ispitanika sa prekinutim kontinuitetom nerva to bio slučaj kod samo 38.1%, 57.14% i 40.48% ispitanika.

Nesposobnost gornjeg ekstremiteta kao posledica povrede žbičnog živca, može prouzrokovati psihosocijalne posledice (219), pa je u našoj studiji 9.3% ispitanika izjavilo da je povremeno osjećalo sažaljenje drugih ljudi, dok je njih 6.2% izjavilo da je povremeno bilo diskriminisano od strane drugih ljudi.

6. ZAKLJUČCI

Povrede žbičnog živca se najčešće javljaju kod osoba u srednjem životnom dobu, koji pripadaju radno aktivnom stanovništvu i značajno su češće kod muškaraca. One su najčešće uzrokovane kontuzijama usled preloma dugih kostiju, a znatno ređe tupim kontuzijama, laceracijama, sklopetarnim i jatrogenim povredama i tumorima.

Najvažniji funkcionalni deficit kod povreda žbičnog živca predstavlja viseća šaka, usled čega dolazi do nemogućnosti funkcije hvata i finih pokreta šake, što dovodi do značajnih ograničenja u svakodnevnim i radnim aktivnostima, prouzrokujući veliki socioekonomski problem i značajne psihosocijalne probleme kod bolesnika.

Funkcionalni prioritet u rekonstrukciji žbičnog živca predstavlja uspostavljanje funkcije opružanja šake, opružanja prstiju i odvođenja palca, čime se šaka dovodi u funkcionalni položaj, kada je omogućena funkcija pregibača i upotreba šake.

Hirurško lečenje povreda žbičnog živca daje odlične rezultate, ukoliko se primeni adekvatno i na vreme, što značajno utiče na poboljšanje funkcionalne sposobnosti gornjeg ekstremiteta, kvaliteta života i zadovoljstva bolesnika.

Operacija unutar 6 meseci od povrede, povrede silom niskog intenziteta, očuvani kontinuitet nerva i potreba za graftovima do 5 cm., su bili povezani sa značajno boljim oporavkom nakon hirurškog lečenja.

Godine starosti, pol, pušenje, udružene bolesti i stepen nervne lezije nisu bili prognostički faktori stepena funkcionalnog oporavka.

Kasno javljanje bolesnika, povrede silom visokog intenziteta, prekid kontinuiteta nerva i potreba za dugim graftovima bili su povezani sa lošijim ishodom nakon operacije.

Kod zatvorenih povreda žbičnog živca idealno vreme za operaciju je između 3-6 meseca nakon povrede, ukoliko ne dođe do znakova spontanog oporavka nerva.

Povrede silom visokog intenziteta zahtevaju strožiju evaluaciju i raniju hirurgiju, ukoliko se sumnja na prekid kontinuiteta nerva.

Proksimalne lezije, veliki defekti živca koji zahtevaju duge graftove i kasno javljanje bolesnika, zahtevaju upotrebu nervnih i tetivnih transfera, kako bi se poboljšao ishod operativnog lečenja.

7. LITERATURA

1. Rasulić L, Lepić M, Savić A, Lepić T, Samardžić M. Peripheral nervous system surgery: Travelling through no man's land to new horizons. *Neurol India*. 2019;67(7):9–15.
2. Holmes W. The repair of nerves by suture. *J Hystory Med Allied Sci*. 1951;6(1):44–63.
3. Artico M, Cervoni L, Nucci F, Giuffre R. Birthday of peripheral nervous system surgery: the contribution of Gabriele Ferrara (1543-1627). *Neurosurgery*. 1996;39(2):380–2.
4. Waller A. Experiments on the section of the glossopharyngeal and hypoglossal nerves of the frog and observations of the alterations produced thereby in the structure of their primitive fibers. *Philos Trans*. 1850;141:423–9.
5. Titrud L. A successful autogenous graft for radial nerve paralysis. Case report. *J Neurosurg*. 1946;4(1):92–5.
6. Seddon HJ, Young JZ, Holmes W. The histological condition of a nerve autograft in man. *BritJSurg*. 1942;29:378–84.
7. Rasulić L, Samardžić M, Antunovic V, Lepić M. Hirurgija perifernog nervnog sistema u Srbiji. In: Rasulić L, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema- multidisciplinarni pristup*. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udžbenike, Udruženje neurohirurga Srbije; 2020. p. 3–13.
8. Samardzic M, Antunovic V, Grujicic D. *Povrede i oboljenja perifernih nerava*. Beograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva; 1998.
9. Stanojlović O. Morfološki i fiziološki aspekti perifernog nervnog sistema. In: Rasulić LG, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema- multidisciplinarni pristup*. Beograd: Zavod za udžbenike; 2020. p. 13–49.
10. Aguayo A, Bray G. Cell interactions studied in the peripheral nerve of experimental animals. In: Dyck P, Thomas P, Lambert E, editors. *Peripheral Neuropathy*. Philadelphia: W B Saunders; 1984.
11. Veraa RP, Grafstein B. Cellular mechanisms for recovery from nervous system injury: A conference report. In: *Experimental Neurology*. 1981. p. 6–75.
12. Sunderland S, Bradley KC. The cross-sectional area of peripheral nerve trunks devoted to nerve fibres. *Brain*. 1949;72:428–39.
13. Myers R. Anatomy and microanatomy of peripheral nerve. *Neurosurg Clin N Am*. 1991;2(1):1–20.
14. Kim DH, Midha R, Murovic J SR. *Kline & Hudson's Nerve injuries. Operative results for major nerve injuries, entrapments and tumors*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2008.

15. Peale E, Luciano K, Spitzons M. Freeze-fracture aspects of the perineurial sheath of rabbit sciatic nerve. *J Neurocytol.* 1976;56:385–92.
16. Jacques L, Kline D. Responses of peripheral nerve to physical injury. In: Crockard A, Haywood R, Hoff J, editors. *Neurosurgery: The Scientific Basis of Clinical Practice*. 3rd editio. London: Blackwell Scientific; 1998.
17. Stoll G, Jander S, Myers RR. Degeneration and regeneration of the peripheral nervous system: From Augustus Waller's observations to neuroinflammation. *J Peripher Nerv Syst.* 2002;7(1):13–27.
18. Sunderland S. *Nerve and nerve injuries*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1968.
19. Liu CT, Benda CE, Lewey FH. Tensile strength of human nerves: An Experimental Physical and Histologic Study. *Arch Neurol Psychiatry.* 1948;59:322–6.
20. Sunderland SS. *Nerve injuries and their repair*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1991.
21. Bacsich P, Wyburn GM. The vascular pattern of peripheral nerve during repair after experimental crush injury. *J Anat.* 1945;79:9–14.
22. Đorđević-Čamba V, Stefanović B, Samardžić MM. Bazična razmatranja. In: Samardžić MM, Antunovic V, Grujičić D, editors. *Povrede i oboljenja perifernih nerava*. Beograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva; 1998. p. 3–40.
23. Rasulić LG, Savić A, Grujić J. Direktna nervna reparacija. In: Rasulić LG, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema- multidisciplinarni pristup*. Beograd: Zavod za udzbenike; 2020. p. 143–83.
24. Kline DG. Selected basic considerations. In: Kim DH, Midha R, Murovic JA, Spinner R, editors. *Kline & Hudson's Nerve injuries Operative results for major nerve injuries, entrapments and tumors*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2008. p. 1–23.
25. Morris JH, Hudson AR, Weddell G. A study of degeneration and regeneration in the divided rat sciatic nerve based on electron microscopy. *Z Zellforsch Mikrosk Anat.* 1972;124:76–203.
26. Pleasure D, Bowa F, Lane J. Regeneration after nerve transaction. Effect of inhibition of collagen synthesis. *Exp Neurol.* 1974;45:72–9.
27. Thomas P, Jones D. The cellular response to nerve injury, 3. The effect of repeated crush injuries. *J Anat.* 1970;106:463–70.
28. Seddon HJ. Degeneration and regeneration. In: Seddon HJ, editor. *Surgical disorders of the peripheral nerves*. Edinburgh: E & S Livingstone; 1972.
29. Edström J -E. Ribonucleic acid changes in themotoneurons of the frog during axon regeneration. *J Neurochem.* 1959;5(1):43–9.
30. Ducker TB, Kauffman FC. Metabolic factors in surgery of peripheral nerves. *Clin Neurosurg.* 1977;24:406–24.
31. Gordon T. The role of neurotrophic factors in nerve regeneration. *Neurosurg Focus.* 2009;26(2):E3.

32. Yan Q, Elliott J, Snider WD. Brain-derived neurotrophic factor rescues spinal motor neurons from axotomy-induced cell death. *Nature*. 1992;360:753–5.
33. Rich KM, Disch SP, Eichler ME. The influence of regeneration and nerve growth factor on the neuronal cell body reaction to injury. *J Neurocytol*. 1989;18(5):569–76.
34. Aldskoquis H, Arvidsson J, Grant G. Axotomy- induced changes in primary sensory neurons. In: Skott E, editor. *Diversity, Development and Plasticity*. New York: Oxford Univ. Press; 1992.
35. Seddon HJ. A classification of nerve injuries. *Br Med J*. 1942;2:237.
36. Ochoa J, Fowler T, Gilliat R. Anatomical changes in peripheral nerves compressed by a pneumatic tourniquet. *J Anat*. 1972;113:433–55.
37. Gilliatt R. Physical injury to peripheral nerves. Physiologic and electrodiagnostic aspects. *Mayo Clin Proc*. 1981;56:3641–3370.
38. Rydevik B, Lundborg G. Permeability of intraneural microvessels and perineurium following acute, graded experimental nerve compression. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 1977;11:179–87.
39. Kline DG, Hackett ER, May PR. Evaluation of nerve injuries by evoked potentials and electromyography. *J Neurosurg*. 1969;31:128–36.
40. Nulsen FE, Lewey FH. Intraneural bipolar stimulation: A new aid in the assessment of nerve injuries. *Science* (80-). 1947;106:301–3.
41. Kline DG. Physiological and clinical factors contributing to the timing of nerve repair. *Clin Neurosurg*. 1977;24:425–55.
42. Mackinnon SE, Dellon AL. *Surgery of the peripheral nerve*. New York: Thieme; 1988.
43. Sanders FK, Young JZ. The influence of peripheral connexion on the diameter of regenerating nerve fibres. *J Exp Biol*. 1946;22:203–12.
44. Zalewski A. Effects of neuromuscular reinnervation on denervated skeletal muscle by axons of motor, sensory, and sympathetic neuron. *Am J Physiol*. 1970;219:1675–9.
45. Richardson PM. Neurotrophic factors in regeneration. *Curr Opin Neurobiol*. 1991;111:401–6.
46. Gutmann E, Young JZ. The re-innervation of muscle after various periods of atrophy. *J Anat*. 1944;78:15–43.
47. Sakellarides H. A follow-up study of 172 peripheral nerve injuries in the upper extremity in civilians. *J Bone Jt Surg*. 1962;44(1):140–8.
48. Robinson LR. Traumatic injury to peripheral nerves. *Muscle Nerve*. 2000;23:863–73.
49. O’Hara N, Isaac M, Slobogean G, Klazinga N. The socioeconomic impact of orthopaedic trauma: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2020;15:1–22.
50. CA, Taylor CA, Braza D, Rice JB, Dillingham T. The Incidence of Peripheral Nerve Injury in

Extremity Trauma. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. Am J Phys Med Rehabil. 2008;87(5):381–5.

51. Noble J, Munro CA, Prasad VSSV, Midha R. Analysis of upper and lower extremity peripheral nerve injuries in a population of patients with multiple injuries. *J Trauma - Inj Infect Crit Care*. 1998;45(1):116–22.
52. Rasulić L, Savić A, Lepić M, Puzović V, Karaleić S, Kovačević V, et al. Epidemiological characteristics of surgically treated civilian traumatic brachial plexus injuries in Serbia. *Acta Neurochir (Wien)*. 2018;160(9):1837–45.
53. Rasulić LG, Puzović V, Rotim K, Jovanović M, Samardžić M, Živković B, et al. The epidemiology of forearm nerve injuries - A retrospective study. *Acta Clin Croat*. 2015;54(1):19–24.
54. Kim DH, Han K, Tiel RL, Murovic JA, Kline DG. Surgical outcomes of 654 ulnar nerve lesions. *J Neurosurg*. 2003;98:993–1004.
55. Kim DH, Kam AC, Chandika P, Tiel RL, Kline DG. Surgical management and outcome in patients with radial nerve lesions. *J Neurosurg*. 2001;95:573–83.
56. Rasulic L. Current Concept in Adult Peripheral Nerve and Brachial Plexus Surgery. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2017;12(1):e7–14.
57. Rasulić L, Lepić M. Neurosurgical Clinical Practice Guidelines and Recommendations: Experience, Evidence, and Enrichment. *World Neurosurg*. 2019;126:76–8.
58. Rasulić L, Savić A, Vitošević F, Samardžić M, Živković B, Mićović M, et al. Iatrogenic Peripheral Nerve Injuries—Surgical Treatment and Outcome: 10 Years' Experience. *World Neurosurg*. 2017;103:841–51.
59. Matić S, Lepić M, Kovačević V, Grujić J, Vitošević F, Savić A, et al. Peripheral Nerve Tumors as an Ongoing Challenge in Neuro-oncology: An Overview of Their Biological and Technical Nuances. *Acta Med Acad*. 2020;49(Suppl 1):54–62.
60. Jabaley ME, Wallace WH, Heckler HR. Internal topography of major nerves of the forearm and hand: A current view. *J Hand Surg Am*. 1980;5(1):1–18.
61. Rasulić L, Samardžić M, Bascarević V, Jovanović M, Malis M, Nikolić V, et al. Current trends in surgical treatment of radial nerve injuries associated with injuries of the humerus. *Acta Chir Jugosl*. 2010;57(1):77–80.
62. Rasulic L, Cinara I, Samardzic M, Savic A, Zivkovic B, Vitosevic F, et al. Nerve injuries of the upper extremity associated with vascular trauma—surgical treatment and outcome. *Neurosurg Rev*. 2017 Apr 30;40(2):241–9.
63. Terzis J, Konofaos P. Radial nerve injuries and outcomes: Our experience. *Plast Reconstr Surg*. 2011;127(2):739–51.
64. Samardžić M, Grujičić D, Milinković ZB. Radial nerve lesions associated with fractures of the humeral shaft. *Injury*. 1990;21(4):220–2.
65. Schwab TR, Stillhard PF, Schibli S, Furrer M, Sommer C. Radial nerve palsy in humeral shaft

- fractures with internal fixation: analysis of management and outcome. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2018;44(2):235–43.
66. Kim DH. Radial nerve. In: Kim DH, Midha R, Murovic JA, Spinner R, editors. *Kline & Hudson's Nerve injuries Operative results for major nerve injuries, entrapments and tumors*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2008. p. 107–38.
 67. Rasulić L, Savić A, Živković B, Vitošević F, Mićović M, Baščarević V, et al. Outcome after brachial plexus injury surgery and impact on quality of life. *Acta Neurochir (Wien)*. 2017;159(7):1257–64.
 68. Shao YC, Harwood P, Grotz MRW, Limb D, Giannoudis P V. Radial nerve palsy associated with fractures of the shaft of the humerus. A systematic review. *J Bone Jt Surg - Ser B*. 2005;87:1647–52.
 69. Hegeman EM, Polmear M, Scanaliato JP, Nesti L, Dunn JC. Incidence and Management of Radial Nerve Palsies in Humeral Shaft Fractures: A Systematic Review. *Cureus*. 2020;12(11):e11490.
 70. Rasulic L, Bascarevic V, Cvrkota I. [Surgical treatment of compressive neuropathies]. *Acta Chir Iugosl*. 2003;50(1):73–82.
 71. Hustead A, Mulder D, MacCarty C. Nontraumatic progressive paralysis of the deep radial (posterior interosseous) nerve. *Arch Neurol Psychiatry*. 1958;69:269.
 72. Pan CH, Chuang DCC, Rodriguez-Lorenzo A. Outcomes of nerve reconstruction for radial nerve injuries based on the level of injury in 244 operative cases. *J Hand Surg Eur Vol*. 2010;35(5).
 73. Ducker TB, Garrison WB. Surgical aspects of peripheral nerve trauma. *Curr Probl Surg*. 1974;11(9):62.
 74. Midha R. Mechanisms and pathology of injury. In: Kim DH, Midha R, Murovic JA, Spinner R, editors. *Kline & Hudson's Nerve injuries Operative results for major nerve injuries, entrapments and tumors*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2008. p. 31–50.
 75. Sunderland S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain*. 1951;74:491–516.
 76. Kline DG, Hudson AR, Hackett ER, Bratton BR. Progression of partial experimental injury to peripheral nerve. Part I: Periodic measurements of muscle contraction strength. *J Neurosurg*. 1975;42:1–14.
 77. Antunovic V, Samardžić MM. Mehanizmi i klasifikacija povreda perifernih nerava. In: Samardžić M, Antunovic V, Grujičić D, editors. *Povrede i oboljenja perifernih nerava*. Beograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva; 1998. p. 56–70.
 78. Ducker TB. Pathophysiology of peripheral nerve trauma. In: Omer G, Spinner M, editors. *Management of Peripheral Nerve Problems*. Philadelphia: WB Saunders; 1980.
 79. Midha R, Kline D. Evaluation of the neuroma in continuity. In: Omer G, Spinner M, Van Beek A, editors. *Management of Peripheral Nerve Problems*. 2nd edn. Philadelphia: WB Saunders;

1998. p. 319–27.

80. Kline DG, Hackett ER. Reappraisal of timing for exploration of civilian peripheral nerve injuries. *Surgery*. 1975;78:54–65.
81. Woodhall B, Nulsen F, White J et al. Neurosurgical Implications, Peripheral Nerve Regeneration. Washington DC: Veterans Administration Monograph; 1957. 569–638 p.
82. Brushart T. The mechanical and humoral control of specificity in nerve repair. In: Gelberman R, editor. *Operative Nerve Repair and Reconstruction*. Philadelphia: JB Lippincott; 1991. p. 215–30.
83. Gentili F, Hudson A, Midha R. Peripheral nerve injuries: types, causes, and grading. In: Wilkins R, Rengachary S, editors. *Neurosurgery*. 2nd edn. New York: McGraw-Hill; 1996. p. 3105–3114.
84. Rasulić LG, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema-Multidisciplinarni pristup*. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udžbenike; 2020.
85. Liu C, Benda C, Lewey F. Tensile strength of human nerves: Experimental physiological and histological study. *Arch Neurol Psychiatr*. 1948;59:322–36.
86. Rasulic L, Simic V, Savic A, Lepic M, Kovacevic V, Puzovic V et al. Management of brachial plexus missile injuries. *Acta Clin Croat*. 2018;57(3):487–96.
87. Samardžić M, Rasulić L. Gunshot and other missile wounds to the peripheral nerves. In: Socolovski M, Rasulić L, Midha R, Garozzo D, editors. *Manual of peripheral nerve surgery*. Stuttgart, New York, Delhi, Rio de Janeiro: Thieme; 2018. p. 98–105.
88. Omer G. Nerve injuries associated with gunshot wounds of the extremities. In: RH G, editor. *Operative Nerve Repair and Reconstruction*. Philadelphia: JB Lippincott; 1991. p. 655–70.
89. Samardzic MM, Rasulic LG, Grujicic DM. Gunshot injuries to the brachial plexus. *J Trauma - Inj Infect Crit Care*. 1997;43(4):645–9.
90. Kline DG. Civilian gunshot wounds to the brachial plexus. *J Neurosurg*. 1989;70(2):166–74.
91. Lundborg G. Intraneural microcirculation and peripheral nerve barriers. Techniques for evaluation – clinical implications. In: Omer G, Spinner M, editors. *Management of Peripheral Nerve Problems*. Philadelphia: WB Saunders; 1980.
92. Lundborg G. Ischemic nerve injury. Experimental studies on intraneural microvascular pathophysiology and nerve function in a limb subjected to temporary circulatory arrest. *Scand J Plast Reconstr Surg*. 1970;Suppl 6:3–113.
93. Lundborg G. Structure and function of the intraneural microvessels as related to trauma, edema formation, and nerve function. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1975;57(7):938–48.
94. Fullerton PM, Gilliat RW. Pressure neuropathy in the hind foot of the guinea-pig. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1967;30:18–25.
95. Fullerton PM, Gilliat RW. Median and ulnar neuropathy in the guinea-pig. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1967;30:393–402.

96. Mackinnon SE, Dellon AL. Surgery of the peripheral nerve. New York: Thieme Medical Publishers; 1988.
97. Goldner J, Goldner R. Volkmann's ischemia and ischemic contractures. In: Jupiter J, editor. Flynn's Hand Surgery. Baltimore: Williams & Wilkins; 1991.
98. Grube BJ, Heimbach DM, Engrav LH, Copass MK. Neurologic consequences of electrical burns. *J Trauma - Inj Infect Crit Care*. 1990;30:254–8.
99. Addas BMJ. Nerve injuries: anatomy, pathophysiology and classification. In: Socolovsky M, Rasulić LG, Midha R, Garozzo D, editors. Manual of peripheral nerve surgery. Stuttgart, New York, Delhi, Rio de Janeiro: Thieme; 2018. p. 18–24.
100. Lewis GK. Trauma resulting from electricity. *J Int Coll Surg*. 1957;28:724–38.
101. Kolb LC, Gray SJ. Peripheral neuritis as a complication of penicillin therapy. *J Am Med Assoc*. 1946;132(6):323–6.
102. Broadbent T, Odom G, Woodhall B. Peripheral nerve injuries from administration of penicillin. Report of four clinical cases. *JAMA*. 1949;140:1008–10.
103. Midha R, Guha A, Gentili F. Peripheral nerve injection injury. In: Omer G, Spinner M, editors. Management of Peripheral Nerve Problems. 2nd edn. Philadelphia: WB Saunders; 1999. p. 406–13.
104. Grujičić D, Rakočević- Stojanović V, Lavrnić D. Klinička dijagnostika povreda perifernih nerava. In: Samardžić M, Antunovic V, Grujičić D, editors. Povrede i oboljenja perifernih nerava. Beograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva; 1998. p. 70–123.
105. Rasulić L, editor. Hirurgija perifernog nervnog sistema- multidisciplinarni pristup. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udzbenike, Udruženje neurohirurga Srbije; 2020.
106. Rasulić L, Simić V, Savić A, Lepić M, Kovačević V, Puzović V, et al. The role of arm volumes evaluation in the functional outcome and patient satisfaction following surgical repair of the brachial plexus traumatic injuries. *Neurol Res*. 2020;42(12):995–1002.
107. Kline DG. Clinical and electrical evaluation. In: Kim DH, Midha R, Murovic J SR, editor. Kline & Hudson's Nerve injuries Operative results for major nerve injuries, entrapments and tumors. Philadelphia: Elsevier; 2008. p. 51–71.
108. Rasulic L, Singh V, Gopalakrishnan MS, Rao KVLN. Neuropathic pain: Searching for the magic bullet. Vol. 67, *Neurology India*. 2019. p. S25–6.
109. Moberg E. Objective methods for determining the functional value of sensibility in the hand. *J Bone Joint Surg Br*. 1958;40 B(3):454–75.
110. Kanh EA. Direct observation of sweating in peripheral nerve lesions; its use as a simple diagnostic test. *Surg Gynecol Obstet*. 1951;92:22–6.
111. O'riain S. New and Simple Test of Nerve Function in Hand. *Br Med J*. 1973;3:615.
112. Rodríguez Aceves A, Domínguez Páez, M and Fernández Sánchez V. Electrodiagnostic Pre-,

- Intra-, and Postoperative Evaluations. In: Socolovski M, Rasulić L, Midha R, Garozzo D, editors. *Manual of peripheral nerve surgery*. Stuttgart, New York, Delhi, Rio de Janeiro: Thieme; 2018. p. 48–59.
113. Bauwens P. Electrodiagnostic definition of the site and nature of peripheral nerve lesions. *Ann Phys Med*. 1960;5:149–52.
 114. Kimura J. *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice*. Oxford: Oxford University Press,; 2013.
 115. Van Beek A, Hubble B, Kinkead L, Torros S. Clinical use of nerve stimulation and recording techniques. *Plast Reconstr Surg*. 1983;71:225–32.
 116. Simmons Z. Electrodiagnosis of Brachial Plexopathies and Proximal Upper Extremity Neuropathies. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2013;24(1):13–32.
 117. Pedro MT, König RW. Ultrasound in Peripheral Nerve Surgery. In: Socolovski M, Rasulić L, Midha R, Garozzo D, editors. *Manual of peripheral nerve surgery*. Stuttgart, New York, Delhi, Rio de Janeiro: Thieme; 2018. p. 65–74.
 118. Lee FC, Singh H, Nazarian LN, Ratliff JK. High-resolution ultrasonography in the diagnosis and intraoperative management of peripheral nerve lesions. *J Neurosurg*. 2011;114:206–11.
 119. Binagh D, Socolovsky M. Magnetic Resonance Neurography and Peripheral Nerve Surgery. In: Socolovski M, Rasulić L, Midha R, Garozzo D, editors. *Manual of peripheral nerve surgery*. Stuttgart, New York, Delhi, Rio de Janeiro: Thieme; 2018. p. 59–65.
 120. Wasa J, Nishida Y, Tsukushi S et al. MRI features in the differentiation of malignant peripheral nerve sheath tumors and neurofibromas. *Am J Roentgenol*. 2010;194(6):1568–74.
 121. Rasulić L. Kvalitet života pacijenata nakon hirurškog lečenja povreda brahijalnog pleksusa i perifernih nerava. In: Rasulić L, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema-multidisciplinarni pristup*. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udžbenike, Udruženje neurohirurga Srbije; 2020. p. 539–59.
 122. Hudak P, Amadio P, Bombardier C, Group(UECG) TUEC. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH. *Am J Ind Med*. 1996;29:602–8.
 123. Samardžić MM, Rasulić LG. Činjenice, dileme i kontroverze u hirurgiji povreda i oboljenja perifernih nerava. In: Rasulić LG, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema-multidisciplinarni pristup*. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udžbenike, Udruženje neurohirurga Srbije; 2020. p. 119–26.
 124. Dvali L, Mackinnon S. Nerve repair, grafting, and nerve transfers. *Clin Plast Surg*. 2003;30(2):203–21.
 125. Maggi SP, Lowe JB, Mackinnon SE. Pathophysiology of nerve injury. *Clin Plast Surg*. 2003;30(2):109–26.
 126. de Medinaceli L, Prayon M, Merle M. Percentage of nerve injuries in which primary repair can be achieved by end-to-end approximation: Review of 2,181 nerve lesions. *Microsurgery*.

1993;14(4):244–6.

127. Matsuyama T, Mackay M, Midha R. Peripheral nerve repair and grafting techniques: A review. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2000;40(4):187–99.
128. Ogata K, Naito M. Blood flow of peripheral nerve effects of dissection stretching and compression. *J Hand Surg Am*. 1986;11(1):10–4.
129. Wiligis S. Techniques of epineural and group fascicular repair. In: Gelberman R, editor. *Operative nerve repair and reconstruction*. Philadelphia: J.B. Lippincot Co; 1991. p. 287–93.
130. Mennen U. End-to-side nerve suture in clinical practice. *Hand Surg*. 2003;8(1):33–42.
131. Millesi H. Nerve grafting. *Clin Plast Surg*. 1984;11(1):105–13.
132. Best T, Mackinnon S, Evans P, Hunter D, Midha R. Peripheral nerve revascularization: histomorphometric study of small- and large-caliber grafts. *J Reconstr Microsurg*. 1999;15(3):183–90.
133. Narakas A. The use of fibrin glue in repair of peripheral nerves. *Orthopedic Clinics of North America*. 1988. p. 187–99.
134. Mackinnon SE, Doolabh VB, Novak CB, Trulock EP. Clinical outcome following nerve allograft transplantation. *Plast Reconstr Surg*. 2001;107(6):1419–29.
135. Guo Y, Chen G, Tian G, Tapia C. Sensory recovery following decellularized nerves allograft transplantation for digital nerve repair. *J Plast Surg Hand Surg*. 2013;47(7):451–3.
136. Whitlock EL, Tuffaha SH, Luciano JP, Yan Y, Hunter DA, Magill CK, et al. Processed allografts and type I collagen conduits for repair of peripheral nerve gaps. *Muscle and Nerve*. 2009;39(6):787–99.
137. Hudson TW, Evans GR, Schmidt CE. Engineering strategies for peripheral nerve repair. *Orthop Clin North Am*. 2000;31(3):485–98.
138. Mackinnon SE, Dellon AL. Clinical nerve reconstruction with a bioabsorbable polyglycolic acid tube. *Plast Reconstr Surg*. 1990;85(3):419–24.
139. Weber RA, Breidenbach WC, Brown RE, Jabaley ME, Mass DP, Lundborg G. A randomized prospective study of polyglycolic acid conduits for digital nerve reconstruction in humans. *Plast Reconstr Surg*. 2000;106(5):1036–45.
140. Lohmeyer JA, Sommer B, Siemers F, Mailänder P. Nerve injuries of the upper extremity—expected outcome and clinical examination. *Plast Surg Nurs*. 2009;29(2):88–93.
141. Lohmeyer JA, Kern Y, Schmauss D, Paprottka F, Stang F, Siemers F, et al. Prospective clinical study on digital nerve repair with collagen nerve conduits and review of literature. *J Reconstr Microsurg*. 2014;30(4):227–34.
142. Chiriac S, Facca S, Diaconu M, Gouzou S, Liverneaux P. Experience of using the bioresorbable copolyester poly(DL-lactide-ε-caprolactone) nerve conduit guide Neurolac™ for nerve repair in peripheral nerve defects: Report on a series of 28 lesions. *J Hand Surg Eur Vol*. 2012;37(4):342–9.

143. Wang K -K, Costas PD, Bryan DJ, Eby PL, Seckel BR. Inside-outl vein graft repair compared with nerve grafting for nerve regeneration in rats. *Microsurgery*. 1995;16(2):65–70.
144. Karacaolu E, Yksel F, Peker F, Gler M. Nerve regeneration through an epineurial sheath: Its functional aspect compared with nerve and vein grafts. *Microsurgery*. 2001;21(5):196–201.
145. Savić A, Rasulić LG, Grujić J. Distalni transferi. In: Rasulić LG, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema- multidisciplinarni pristup*. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udžbenike, Udruženje neurohirurga Srbije; 2020. p. 227–48.
146. Ray WZ, MacKinnon SE. Clinical outcomes following median to radial nerve transfers. *J Hand Surg Am*. 2011;36(2):201–8.
147. Boyd KU, Nimigan AS, Mackinnon SE. Nerve Reconstruction in the Hand and Upper Extremity. *Clin Plast Surg*. 2011;38(4):643–68.
148. Ukrit A, Leechavengvongs S, Malungpaishrope K, Uerpairojkit C, Chongthammakun S, Witoonchart K. Nerve Transfer for Wrist Extension Using Nerve to Flexor Digitorum Superficialis in Cervical 5, 6, and 7 Root Avulsions: Anatomic Study and Report of Two Cases. *J Hand Surg Am*. 2009;34(9):1659–66.
149. Rasulic L, Samardzic M, Grujicic D, Bascarevic V. Nerve transfer in brachial plexus injuries: Comparative analysis of surgical procedures. *Acta Chir Iugosl*. 2003;50(1):33–46.
150. Samardžić M, Grujičić D, Rasulić L, Miličić B. Restoration of upper arm function in traction injuries to the brachial plexus. *Acta Neurochir (Wien)*. 2002;144(4):327–34.
151. Tubbs S, Rizk E, Shoja M, Loukas M, Barbaro N, Spinner R. *Nerves and Nerve Injuries*. 1 st. London: Elsevier; 2015.
152. Vučković ČD, Glišović- Jovanović I, Brndušić M. Funkcionalna rekonstrukcija ekstremiteta kod ireparabilnih lezija nerva. In: Rasulić LG, editor. *Hirurgija perifernog nervnog sistema- multidisciplinarni pristup*. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udžbenike, Udruženje neurohirurga Srbije; 2020. p. 299–304.
153. Omer GE. Evaluation and reconstruction of the forearm and hand after acute traumatic peripheral nerve injuries. *J Bone Joint Surg Am*. 1968;50A:1454–60.
154. Burkhalter WE. Early tendon transfer in upper extremity peripheral nerve injury. *CLINORTHOP*. 1974;104:68–79.
155. Vuckovic C, Andjelkovic S, Jovanovic N, Samardzic M, Rasulic L. Functional reconstruction of extremities in cases with definitive peripheral nerve lesions. *Acta Chir Iugosl*. 2003;50(1):55–61.
156. Chaudhry S, Ipaktchi KR, Ignatiuk A. Updates on and Controversies Related to Management of Radial Nerve Injuries. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;27:280–4.
157. Ilic A. *Anatomija gornjeg ekstremiteta*. VIII. Beograd: Savremena administracija; 1995.
158. Sunderland S. The intraneural topography of the radial, median and ulnar nerves. *Brain*. 1945;68(4):243–98.

159. Rasulić L, Joksimović M. Hirurški pristupi perifernim nervima. In: Samardžić M, Antunovic V, Grujičić D, editors. *Povrede i oboljenja perifernih nerava*. Beograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva; 1998. p. 176–220.
160. Maniker A. *Operative exposures in peripheral nerve surgery*. New York- Stuttgart: Thieme; 2005.
161. Omer G, Spinner M. *Peripheral nerve testing and suture techniques*. St.Louis: CV Mosby; 1975.
162. Holstein A, Lewis GM. Fractures of the humerus with radial nerve paralysis. *J Bone Joint Surg Am*. 1963;45A:1382–6.
163. Garcia A, Maeck B. Radial nerve injuries and fractures of the shaft of the humerus. *Am J Surg*. 1960;99:625–7.
164. Pollock FH, Drake D, Bovill EG, Day L, Trafton PG. Treatment of radial neuropathy associated with fractures of the humerus. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1981;63A:239–43.
165. Seddon HJ. Nerve lesions complicating certain closed bone injuries. *J Am Med Assoc*. 1947;135:691–4.
166. Reidl R. Radial nerve palsy. *Hand Clin*. 1988;4:179–82.
167. Rabla J, Domitrovic L, Rabla Costales D, Al. E. Clinical aspects of peripheral nerve lesions in the upper limb. In: Socolovski M, Rasulić L, Midha R, Garozzo D, editors. *Manual of peripheral nerve surgery*. Stuttgart, New York, Delhi, Rio de Janeiro: Thieme; 2018. p. 36–41.
168. Spinner M. *Injuries to the major branches of peripheral nerves of the forearm*. 2 nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1978.
169. Carpenter W. The vulnerability of the posterior interosseous nerve of the forearm. *J Bone Jt Surg*. 1966;48B:770–3.
170. Packer J, Foster R, Garcia A. The humeral fracture with radial nerve palsy. Is exploration warranted? *Clin Orthop*. 1972;88:34–8.
171. Trojabarg W. Rate of recovery in motor and sensory fibers of the radial nerve: Clinical and electrophysiological aspects. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1978;33:625–30.
172. Bowen T, Shell D. The advance of functional recovery after radial nerve lesions in man. *Brain*. 1950;73:251–66.
173. Wang Y, Sunitha M, Chung K. How to measure outcomes of peripheral nerve surgery. *Hand Clin*. 2013;29:349–61.
174. Nachef N, Bariatinsky V, Sulimovic S, Fontaine C, Chantelot C. Predictors of radial nerve palsy recovery in humeral shaft fractures: A retrospective review of 17 patients. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103:177–82.
175. Dietrich M, Wasmer M, Platz A, Spross C. Return-to-Work Following Open Reduction and Internal Fixation of Proximal Humerus Fractures. *Open Orthop J*. 2014;8(1):281–7.

176. Roganovic Z, Ilić S, Savić M. Radial nerve repair using an autologous denatured muscle graft: comparison with outcomes of nerve graft repair. *Acta Neurochir (Wien)*. 2007;149:1033–9.
177. Ilyas AM, Mangan JJ, Graham J. Radial Nerve Palsy Recovery With Fractures of the Humerus: An Updated Systematic Review. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;28:263–9.
178. Niver GE, Ilyas AM. Management of radial nerve palsy following fractures of the humerus. *Orthop Clin North Am*. 2013;44:419–24.
179. DeFranco MJ, Lawton JN. Radial Nerve Injuries Associated With Humeral Fractures. *J Hand Surg Am*. 2006;31:655–63.
180. Venouziou AI, Dailiana ZH, Varitimidis SE, Hantes ME, Gougoulas NE, Malizos KN. Radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture. Is the energy of trauma a prognostic factor? *Injury*. 2011;42:1289–93.
181. Bumbasirevic M, Lešić M, Bumbaširević V, Čobeljić G, Milošević G, Atkinson HDE. The management of humeral shaft fractures with associated radial nerve palsy: a review of 117 cases. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010;130:519–22.
182. Kouyoumdjian JA. Peripheral nerve injuries: A retrospective survey of 456 cases. *Muscle and Nerve*. 2006;34(6):785–8.
183. Saadat S, Eslami V, Rahimi-Movaghar V. The incidence of peripheral nerve injury in trauma patients in Iran. *Ulus Travma ve Acil Cerrahi Derg*. 2011;17(6):539–44.
184. Faglioni W, Siqueira M, Martins R, Heise C, Foroni L. The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis. *Acta Neurochir (Wien)*. 2014;156(5):1025–8.
185. Boniface R, Museru L, Kiloloma O, Munthali V. Factors associated with road traffic injuries in Tanzania. *Pan Afr Med J*. 2016;23:1–8.
186. Jovic Vranes A, Bjegovic Mikanovic V, Milin Lazovic J, Kosanovic V. Road traffic safety as a public health problem: Evidence from Serbia. *J Transp Heal*. 2018;8:55–62.
187. Islam S, Velilla A, Doyle E, Ducatman A. Gender differences in work-related injury/illness: Analysis of workers compensation claims. *Am J Ind Med*. 2001;39(1):84–91.
188. Samuel J, Akinkuotu A, Villaveces A, Al E. Epidemiology of injuries at a tertiary care center in Malawi. *World J Surg*. 2009;33(9):1836–41.
189. Hemenway D, Miller M. Firearm availability and homicide rates across 26 high-income countries. *J Trauma - Inj Infect Crit Care*. 2000;49(6):985–8.
190. Schippa C. The Global Peace Index. *Int Place Brand Yearb 2011 Publ online*. 2011;112–29.
191. Wang J, Shen W, Chen W, Huang C, Shen Y, Chen T. Iatrogenic radial nerve palsy after operative management of humeral shaft fractures. *J Trauma*. 2009;66:800–3.
192. Tuncali BE, Tuncali B, Kuvaki B, Cinar O, Doğan A, Elar Z. Radial nerve injury after general anaesthesia in the lateral decubitus position. *Anaesthesia*. 2005;60(6):602–4.
193. Esquenazi Y, Park SH, Kline DG, Kim DH. Surgical management and outcome of iatrogenic

radial nerve injection injuries. *Clin Neurol Neurosurg*. 2016;142:98–103.

194. Latef TJ, Bilal M, Vetter M, Iwanaga J, Oskouian RJ, Tubbs RS. Injury of the Radial Nerve in the Arm: A Review. *Cureus*. 2018;10(2).
195. Vij N, Kiernan H, Miller-Gutierrez S, Agusala V, Kaye AD, Imani F, et al. Etiology diagnosis and management of radial nerve entrapment. *Anesthesiol Pain Med*. 2021;11(1):1–5.
196. Reinhard F, Caroline D. Peripheral nerve sheath tumors of the upper extremity and hand in patients with neurofibromatosis type 1: topography of tumors and evaluation of surgical treatment in 62 patients *Periphere*. 2017;6:1–24.
197. Murovic JA. Upper-extremity peripheral nerve injuries: A Louisiana State University Health Sciences Center literature review with comparison of the operative outcomes of 1837 Louisiana State University Health Sciences Center median, radial, and ulnar nerve lesions. *Neurosurgery*. 2009;65:A11–7.
198. Roganovic Z, Pavlicevic G. Difference in recovery potential of peripheral nerves after graft repairs. *Neurosurgery*. 2006;59:621–33.
199. Roganovic Z, Petkovic S. Missile severances of the radial nerve. Results of 131 repairs. *Acta Neurochir (Wien)*. 2004;146:1185–92.
200. Kruft S, von Heimburg D, Reill P. Treatment of irreversible lesions of the radial nerve by tendon transfer: Indication and long-term results of the Merle d'Aubigne' procedure. *Plast Reconstr Surg*. 1997;100:610–6.
201. Elton R, Omer G. Tendon transfers for the nerve injured upper limb. *J Bone Jt Surg Am*. 1972;54:1561.
202. Lowe JB, Sen SK, Mackinnon SE. Current Approach to Radial Nerve Paralysis. *Plast Reconstr Surg*. 2002;110:1099–112.
203. Mackinnon S. Surgical approach to the radial nerve. In: Omer G, Spinner M, Van Beek A, editors. *Management of Peripheral Nerve Problems*. Philadelphia: Saunders; 1998.
204. Alnot J, Osman N, Masméjean E, Wodecki P. Lesions of the radial nerve in fractures of the humeral diaphysis. Apropos of 62 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2000;86(2):143–50.
205. Dolenc V. Radial nerve lesions and their treatment. *Acta Neurochir (Wien)*. 1976;34(1–4):235–40.
206. Millesi H, Meissl G, Berger A. Further experience with interfascicular grafting of the median, ulnar and radial nerves. *J Bone Jt Surg*. 1976;58(A-2):209–18.
207. Samardžić MM, Rasulić LG, Grujičić DM. Results of cable graft technique in repair of large nerve trunk lesions. *Acta Neurochir (Wien)*. 1998;140(11):1177–82.
208. Shergill G, Bonney G, Munshi P, Birch R. The radial and posterior interosseous nerves. *J bone Jt Surg*. 2000;83-B:646–9.
209. Wagstaff L, Gomez-Sanchez J, Fazal S, Otto G, Kilpatrick A, Michael K et al. Failures of

nerve regeneration caused by aging or chronic denervation are rescued by restoring schwann cell c-jun. *Elife*. 2021;10:1–32.

210. He L, Yadgarov A, Sharif S, McCluskey L. Aging profoundly delays functional recovery from gustatory nerve injury. *Neuroscience*. 2012;209:208–18.
211. Chehade M, Gill T, Visvanathan R. Low energy trauma in older persons: where to next? *Open Orthop J*. 2015;9:361–6.
212. Gowing R, Jain M. Injury patterns and outcomes associated with elderly trauma victims in Kingston, Ontario. *Can J Surg*. 2007;50:437–44.
213. Joseph B, Pandit V, Aziz H, Tang A, Kulvatunyou N, Wynne J et al. Rehabilitation after trauma; does age matter? *J Surg Res*. 2013;184:541–5.
214. Ekholm R, Adami J, Tidermark J, Hansson K, Tornkvist H, Ponzer S. Fractures of the shaft of the humerus. An epidemiological study of 401 fractures. *J Bone Jt Surg Br*. 2006;88(11):1469–73.
215. Korompilias A V., Lykissas MG, Kostas-Agnantis IP, Vekris MD, Soucacos PN, Beris AE. Approach to radial nerve palsy caused by humerus shaft fracture: Is primary exploration necessary? *Injury*. 2013;44:323–6.
216. Bishop J, Ring D. Management of Radial Nerve Palsy Associated With Humeral Shaft Fracture: A Decision Analysis Model. *J Hand Surg Am*. 2009;34:991-996.e1.
217. Schwaiger K, Abed S, Russe E, Koeninger F, Wimbauer J, Kholosy H et al. Management of Radial Nerve Lesions after Trauma or Iatrogenic Nerve Injury: Autologous Grafts and Neurolysis. *J Clin Med*. 2020;9:3823.
218. Sumarwoto T, Hadinoto SA, Pradhana AI. Functional Outcome by Evaluation of DASH Score on Drop Hand Patient Treated with Jones' Tendon Transfer: A Retrospective Study. *J Orthop Traumatol Surabaya*. 2021;10(2):39–45.
219. Heary KO, Wong AWK, Lau SCL, Dengler J, Thompson MR, Crock LW et al. Quality of Life and Psychosocial Factors as Predictors of Pain Relief Following Nerve Surgery. *Hand (N Y)*. 2022;17(2):193–9.

Biografija

Dr Slavko Đurašković je rođen 23. februara 1977. godine u Beranama, Republika Crna Gora. Osnovnu i srednju školu (Gimnazija Slobodan Škerović) je završio u Podgorici. Medicinski fakultet upisuje na Univerzitetu u Beogradu i diplomira 2004.g. sa prosečnom ocenom 9.0.

Po završenom Medicinskom fakultetu, radni vek započinje u službi Hitne medicinske pomoći Doma zdravlja Pogorica. Specijalizaciju iz neurohirurgije započinje u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Crne Gore, 2006.g. i diplomira 2012.g. na Medicinskom fakultetu, Univerziteta u Beogradu sa odličnom ocenom.

Postdiplomske studije- Specijalističke akademske studije iz oblasti Hirurške anatomije upisuje 2009.g., a završni rad pod nazivom „Značaj anatomije pleksusa brahijalisa u rekonstruktivnoj hirurgiji i hirurški pristupi kod povreda“ je odbranio 2011.g. na Medicinskom fakultetu u Beogradu.

Doktorske akademske studije iz oblasti Rekonstruktivne hirurgije, je započeo 2016.g. na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Od 2020.g. je izabran u zvanje saradnik u nastavi na Medicinskom fakultetu u Podgorici, Univerziteta Crne Gore, katedra Hirurgije.

Stalno je zaposlen u Klinici za neurohirurgiju, Kliničkog centra Crne Gore od 2006.g., gde obavlja poslove specijaliste neurohirurgije. Pohađao je brojne kurseve i seminare iz oblasti neurohirurgije i hirurgije perifernog nervnog sistema i boravio na prestižnim evropskim klinikama u Beču, Notingemu, Mihnenu itd.

Autor je i koautor brojnih radova iz oblasti neurohirurgije, koji su objavljeni u međunarodnim i domaćim časopisima. Kao predavač po pozivu imao je više izlaganja na međunarodnim kongresima i simpozijumima.

Član je izvršnog odbora Udruženja neurohirurga jugoistočne evrope (SeENS), kao i član Evropske asocijacije neurohirurških udruženja (EANS).

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: Slavko Đurašković

Broj indeksa: 5055/16

Izjavljujem

Da je doktorska disertacija pod naslovom:

” UTICAJ REZULTATA HIRURŠKOG LEČENJA POVREDA ŽBIČNOG ŽIVCA NA STEPEN
FUNKCIONALNOG OPORAVKA GORNJEG EKSTREMITETA I KVALITET ŽIVOTA”

rezultat sopstvenog istraživačkog rada;

da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;

da su rezultati korektno navedeni i

da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu, 23.03.2022.g.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Slavko Đurašković

Broj indeksa: 5055/16

Studijski program: Rekonstruktivna hirurgija

Naslov rada: "Uticaj rezultata hirurškog lečenja povreda žbičnog živca na stepen funkcionalnog oporavka gornjeg ekstremiteta i kvalitet života"

Mentor: Prof. dr Lukas Rasulić

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao radi pohranjivanja u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci se mogu objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, 23.03.2022.g.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković” da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

” UTICAJ REZULTATA HIRURŠKOG LEČENJA POVREDA ŽBIČNOG ŽIVCA NA STEPEN FUNKCIONALNOG OPORAVKA GORNJEG EKSTREMITETA I KVALITET ŽIVOTA”

Koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci. Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis autora

U Beogradu, 23.03.2022.g.
