

UNIVERZITET U BEOGRADU  
MEDICINSKI FAKULTET

Dr Vesna D. Simić

**NERVNA REKONSTRUKCIJA  
SUPRAGANGLIONARNIH POVREDA  
BRAHIJALNOG PLEKSUSA**

doktorska disertacija

Beograd, 2020

UNIVERSITY OF BELGRADE  
SCHOOL OF MEDICINE

Dr Vesna D. Simić

**NERVE  
RECONSTRUCTION PREGANGLIONIC BRACHIAL PLEXUS INJURY**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020

## KOMISIJA ZA OCENU I ODBRANU DOKTORSKE DISERTACIJE

### **Mentor:**

**Prof Dr Lukas Rasulić, dr med sci**, neurohirurg, redovni profesor

Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

### **Članovi komisije:**

1. **Prof. Dr Miodrag Rakić, dr med sci**, neurohirurg, redovni profesor  
Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu- predsednik komisije
2. **Prof. Dr Danilo Radulović, dr med sci**, neurohirurg, redovni profesor  
Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu
3. **Prof Dr Petar Vuleković, dr med sci**, neurohirurg, redovni profesor  
Medicinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu.

Datum odbrane: \_\_\_\_\_

## REZIME

U disertaciji je obuhvaćena istorijat operavnog lečenja perifernih nerava odnosno brahijalnog pleksusa u svetu, a tako i u našoj zemlji. Prema podacima iz literature, mehanički pristup rekonstrukciji brahijalnog pleksusa započet je polovinom XIX veka i traje do 1863. kada je publikovana prva epineurijalna sutura (Nelaton). Ekspanzija i evolucija rekonstruktivne hirurgije brahijalnog pleksusa vezuje se za početak XX veka, procvat doživljava uvođenjem mikrohirurške tehnike i operativnog mikroskopa 1964. godine (Smith i Kurze). Prvu suturu nervnih struktura kod povreda brahijalnog pleksusa obavio je Baudens (1836).

Rezultati postignuti u rekonstruktivnoj hirurgiji brahijalnog pleksusa u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije u zadnjih četrdesetak godina, kao i u svetu, otklanjaju svu sumnju i vraćaju etuzijazam u lečenju ovakvih povreda. Vratiti afunkcionalni ekstremitet u funkciju ima nesagladive lične i socijalne aspekte, a setimo se da je u ne tako dalekoj prošlosti ovakav problem rešavan amputacijom- jer je postojalo nepoznavanje hirurške rekonstrukcije i preubedeđenje o lošoj prognozi.

U daljem tekstu govori se anatomiji, patofiziologiji lezija brahijalnog pleksusa, kliničkoj slici, kao i o preoperativnoj teškoj i dugotrajnoj dijagnostici za potvrđivanje dijagnoze supraganglionarnih povreda koje predstavljaju veliki problem, a kao i o odluci o terminu operativnog lečenja i izboru operativnog postupka i odabiru donora za reinrevaciju.

Radom je obuhvaćena i statistički analizirana serija pacijenata operisanih zbog supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa. Bolesnici, njih 69 obuhvaćeni studijom operisani su u Kliničkom centru Srbije, Klinici za neurohirurgiju u periodu od 15 godina od 01.01.2001.-31.12.2015.godine. Studija je delom retrospektivnog delom prospektivnog karaktera, s tim da pacijenti koji su operisani do 2011. godine su retrosepektivni deo studije i samim tim su kontrolna grupa, a jedan deo njih pripadaju takodje prospektivnoj studiji, jer je praćenje u toku.

Obradjeni su podaci i prikazana procentualna zastupljenost po godinama, polu mehanizmu povredjivanja, vrsti lezije, vremenu operativnog lečenja, oporavak fleksije lakta nakon nervnih transfera u odnosu na nerv donor, takodje i za pokrete u ramenom zglobu, u odnosu na udružene povrede. Prikazana je i značajnost oporavka u odnosu na godine starosti i vreme izvedene operacije. U radu je takodje statsitički izražen opravak muskulokutaneusa i aksilarisa u odnosu na donore i dokazana odnosno isključena značajnost pojedinih parametara.

Napredak u poslednje vreme u dijagnostici i mikrohirurškoj reparaciji je poboljšao je prognoze hirurški tretiranih trakcionih povreda brahijalnog pleksusa. Medjutim, u slučajevima avulzije spinalnih korenova rezultati su jos uvek nezadovoljavajući, naročito kompleksna funkcija kao što je abdukcija ramena.

Precizna preoperativna evaluacija, a posebno diferencijacija između supraganglionarnih (avulzija spinalnih korenova) i infraganglionarnih (periferna lezija) povreda je izuzetno teško obzirom na mnoštvo različitih kombinacija mesta, nivoa kao i stepena nervne lezije.

Rezultati naše serije ne odsutapaju od rezultata objavljenih serija drugih zemalja, mada postoji razlika u dužini praćenja. A što se tiče Londonske škola u našoj zemlji nije razvijena

mreža Magnetnih rezonanci kao u svetu tako da brza dijagnostika u našim uslovima je za sada samo želja neurohirurga koja čeka svoje ostvarenje.

Na neurohirurškoj klinici Kliničkog centra Srbije u Beogradu 2004. godine je objavljeno lično dvadesetpetogodišnje iskustvo (Samardžić i dr.) da je korsitan funkcionalni oporavak postignut kod 57(74%) od 77 nervna transfera na muskulokutaneus i 52 (76%) od 69 transfera na aksilarisu. Međutim koristan oporavak je bio i veći kod muskulokutaneusa nego kod aksilarisa pošto je među oporavljenima 65% iz prve i 45% iz druge grupe imalo odlične i dobre rezultate. Opšta statsitička analiza nije pokazala značajnu korelaciju starosti pacijenata i vremena operacija sa konačnim ishodom, mada su rezultati nešto bolji kod osoba mlađih od 30godina i u slučajevima kod kojih je operacija urađena unutar 6 meseci od povrede.

U daljem toku uvedena je Oberlin metoda i češće se pristupalo istoj, obzirom na naše dobijene rezultate. U prethodnoj evaluaciji izdotoj 2004. obuhvaceni su i pacijenti koji su obuhvaćeni i našom serijom u prvoj godini. Stepenn oporavka je drugačije procenjivan (Skalom I do IV) u odnosu na pacijente u našoj seriji (M0 do M5), ali su rezultati ostali slični, bez razlike u statističkoj analizi.

Parametri identifikovani u prehirurškoj evaluaciji bolesnika sa povredama brahijalnog pleksusa su: anamnestički podaci( vreme, mehanizam povredjivanja, udružene povrede, lokalizacija) imaju nezavistan prognostički značaj u postoperatiuvnom ishodu. Za razliku od izbora specifičnosti mikrohirurške rekonstrukcije koja ima zavistan prognostički značaj u postoperativnom oporavku.

Nervi transfer predstavlja jedinu mogućnost nervne reparacije u slučajevima paralize brahijalnog pleksusa koja je nastala avulzijom spinalnih korenova. Nema idealne metode, ali upotreba regionalnog nerva kao donora u slučajevima gornje paralize brahijalnog pleksusa daje veće šanse za koristan funkcionalni oporavak nego interkostalni i /ili transfer spoljašnje grane akcesorijusa. Iako kontroverzno, kombinovana upotreba donora naročito kada su regionalni nervi bili korišćeni je dovela do najviše stope funkcionalnog oporavka i najkvalitetnijeg oporavka.

Međutim, da li direktna reparacija kod reparabilnih povreda brahijalnog pleksusa treba da ostane glavno uporište u hirurškoj tehnici povreda brahijalnog pleksusa je sada i biće debata, nakon zapaženih impresivnih rezultata koji mogu biti dobiveni posle procedure nervnog transfera.

**KLJUČNE REČI:** povrede brahijalnog pleksusa, supraganglionarne lezije, avulzije koreonova, nervni transfer , ekstrapleksusni nervni transfer, intrapleskusni nervni transfer, distalni nervni transfer, oporavak.

**Naučna oblast: Medicina**

**Uža naučna oblast:Rekonstruktivna hirurgija**

**UDK broj.**

## SUMMARY

This dissertation covers the history of operative treatment of peripheral nerves or brachial plexus both in the world, and in our country. According to literature, the mechanical approach to the reconstruction of the brachial plexus began in the mid-19th century, and lasts until 1863 when the first epineural suture (Nelaton) was published. The expansion and evolution of reconstructive surgery of the brachial plexus started in the beginning of the 20th century, and it is experienced by the introduction of microsurgical technique and operative microscope in 1964 (Smith and Kurze). Baudens (1836) performed the first suture of nerve structures in the injuries of the brachial plexus.

The results achieved in the reconstructive surgery of the brachial plexus at the Clinic of Neurosurgery of the Clinical Center of Serbia in the last forty years, as well as in the world, are removing all doubts and restoring the enthusiasm in the treatment of such injuries. Restoring the function of unfunctional extremity has huge personal and social aspects. Let us remember that in the past, not so long ago, this problem was solved by amputation - because there was a lack of knowledge of surgical reconstruction and the pretense of a bad prognosis.

The following text is about the anatomy, pathophysiology of brachial plexus lesions, clinical features, as well as the difficult and long-term preoperative diagnosis to confirm the diagnosis of supraganglionic injuries that present a major problem, as well as the decision of the right time of operative treatment and the selection of the right operative procedure and also the selection of the donor for reinnervation.

This dissertation also included a statistically analyzed series of patients operated due to supraanglionic injuries of the brachial plexus. The patients, 69 of them studied, were operated at the Clinical Center of Serbia, the Clinic for Neurosurgery in the period of 15 years from January 1, 2001 to December 31, The study is partly a retrospective, partly of the prospective character. Patients being operated after 2011 are partly a retrospective in a control group, and part of them also belong to a prospective study, because monitoring is ongoing.

The data were processed and the percentage represented by age, sex, injury mechanism, type of lesion, operative treatment time, recovery of elbow flexion after nerve transfer versus nerve donor, as well as for arm movements, in the relation to joint injuries were presented. The significance of the recovery in relation to the age and the time of the operation performed is also shown. In the paper, the musculocutane and axillary nerves in relation to donors are statistically expressed and the significance of certain parameters has been proved or excluded.

Lately, the progress in diagnostics and microsurgical reparations has increased the prognosis of surgically treated traction injuries to the brachial plexus. However, in cases of spinal root avulsion, the results are still unsatisfactory, in particular a complex function such as abduction of the shoulders.

Precise preoperative evaluation, and in particular the differentiation between supraganglionic (avulsion of spinal roots) and infraganglionic (peripheral lesions) injuries,

is extremely difficult given the variety of different site combinations, levels and levels of the nerve lesion.

The results of our series do not deviate from the published results of other countries, although there is a difference in tracking time. And as far as the London School in our country is concerned, there is no developed Magnetic Resonance Network as in the world, so fast diagnostics in our conditions is for now only the desire of a neurosurgeon who is waiting for his accomplishment.

In 2004, the Neurochirurgic Clinic of the Clinical Center of Serbia in Belgrade published a personal twenty-five year experience (Samardžić et al.) that the functional benefit was achieved in 57 (74%) of 77 nervous transfers to musculocutaneous and 52 (76%) of 69 transfers to axillary nerve. However, functional recovery was better in musculocutaneous than with axillary injuries, as 65% of recovered and 45% of the other group had excellent and good results. Statistic analysis did not show a significant correlation between the age of patients and the time of surgery with a final outcome, although the results are somewhat better in people under the age of 30 years and in cases where surgery was done within 6 months of the injury.

The Oberlin method was used and more often approached it, given our obtained results. In a previous evaluation published in 2004, patients included patients who are also included in our series in the first year. The rate of recovery was estimated differently (Scale I to IV) in relation to patients in our series (M0 to M5), but the results remained similar, with no difference in statistical analysis.

Parameters identified in the preoperative evaluation of patients with Brachial Plexus injuries are: anamnestic data (time, injuries, joint injury, localization) have an independent prognostic significance in the postoperative outcome. But the choice of specific microsurgical reconstruction, has a prominent prognostic significance in postoperative recovery.

Nerve transfer is the only possibility of nerve reparation in cases of paralysis of the brachial plexus caused by avulsion of spinal roots. There is no ideal method, but using of a regional nerve as a donor in cases of an upper brachial plexus paralysis gives a greater functional recovery than the intercostal and / or transfer of the external branch of the accessory nerve. Although controversial, combined use of donors, especially when regional nerves were used, resulted in the highest rate of functional recovery and the highest quality recovery.

However, whether direct reparation in reparable injuries to the brachial plexus should remain the mainstay of the surgical technique of injury to the brachial plexus is now and will be a debate, after an impressive results that can be obtained after a nerve transfer procedure.

**Key words:** brachial plexus injuries, supraganglionic lesions, avulsion of nerv roots, nerve transfer, extrasplexal nerve transfer, intraplexal nerve transfer, distal nerve transfer, recovery.

**Scientific field: medicine;**

**Narrow scientific field: reconstructive surgery**

## SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Razvoj rekonstruktivne hirurgije brahijalnog pleksusa	4
1.2. Anatomija i sistematizacija brahijalnog pleksusa	7
1.3. Supraganglionarne traktione povrede	13
1.3.1. Etiologija	13
1.3.2. Anatomija	13
1.3.3. Šta se dešava sa nervnim strukturama nakon traktione povrede	15
1.3.4. Kako i zašto nastaju traktione povrede	17
1.3.5. Šta je avulzija korenova i kako nastaje	17
1.3.6. Supraganglionarne traktione povrede brahijalnog pleksusa	20
1.4. Anamneza i klinička slika supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa	21
1.4.1. Anamneza	21
1.4.2. Klinička slika	22
1.5. Preoperativna dijagnostika supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa	25
1.5.1. Elektrofiziološke dijagnostičke metode	26
1.5.2. Neuroradiološke dijagnostičke metode	28
1.5.3. Ostale dijagnostičke metode	34
1.5.4. Hirurška ekspozicija brahijalnog pleksusa i intraoperativni monitoring brahijalnog pleksusa	35
1.6. Koje su indikacije i koje je pravo vreme za operativno lečenje supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa	39
1.7. Rekonstruktivna hirurgija supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa	41
1.7.1. Nervni transfer	41
1.7.1.2. Intrapleksalni nervni transfer	48
1.7.2. Nervni transfer uz upotrebu okrajaka korenova spinalnih nerava	49
1.7.3. Oberlin procedura	50
1.7.4. Dvostruki fascikularni transfer za fleksiju lakta	50
1.7.5. Ekstrapleksusni nervni transfer	51
1.7.5.1. Interkostalni nervni transfer	51
1.7.5.2. Transfer spoljašnje grane akcesorijusa	56
1.7.5.3. Transfer frenikusa	58



1.7.6. Transfer grana cervikalnog pleksusa	59
1.7.6.1. Transfer prednjih grana C3i C4 spinalnih nerava	59
1.7.6.2 Transfer kontralateralnog korena C7	60
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	69
3. MATERIJAL I METODE	72
4. REZULTATI	76
5. DISKUSIJA	87
6. ZAKLJUČCI	99
7. LITERATURA	102

## 1.UVOD

Prema podacima iz literature, mehanički pristup rekonstrukciji brahijalnog pleksusa započet je polovinom XIX veka i traje do 1863. kada je publikovana prva epineurijalna sutura (Nelaton), a nakon toga Hueter (1873), te se pred hirurge gomila veliki broj nedoumica u vezi suture okrajaka nerava, o tome koliko i gde postaviti suture da bude dovoljno, a bez tenzije na istu, kako pripremiti okrajke. Perineurijalna sutura publikovana je 1917. od strane Langley-a i Hashimota, s tim da su upotrebili dotadašnja iskustva Sunderlanda i Milesija.

Procvat u daljem usvaršavanju rekonstruktivne hirurgije je XX veka, uvođenjem mikrohirurške tehnike i operativnog mikroskopa 1964. godine (Smith i Kurze). Ovo se može smatrati drugim periodom, zasnovanom na mikrohirurškoj tehnici i biološkom pristupu u rešavanju problema. Biološki pristup se bavio time kako jenerвно tkivo reagovalo na povredu, potom proces degeneracije i regeneracije, potom primena autoložnih graftova, kabl grafta. Sama mikrohirurška tehnika koja je počela da se primenjuje otklanja jatrogenu dodatnu povredu tokom operacije, već oštećenog nervnog tkiva. Odgovore na nedoumice u smislupripreme okrajaka, orijentacije i koaptacije dali su u svojim radovima Mishon (1964), Braun (1966), Ellis (1967), Millesi, Berger, Ganglberger (1967), Seddon (1975).

Krajem XX veka mnoge prethodne dileme razrešava novi pristup tzv. neurotropni pristup koji definiše dešavanja od nivoa ćelije (Švanove ćelije), preko fascikulusa (nervnih vlakana), perifernog nerva kao celine, kao i čitavog organizma. Sam napredak je bio moguć zbog razvoja bazičnih nauka kao i tehnologije.

Bez obzira na napredak i novinu u oblasti hirurgije nema mnogo neurohirurga zainteresovanih za ovu oblast, najverovatnije iz više razloga, sama specifičnost anatomije brahijalnog pleksusa uz velik broj varijacija, potom zahtevna i nesenzitivna diferencijalna dijagnostika, dužina operacije, kao i dužina postoperativnog lečenja u cilju iščekivanja rezultata izvršene operacije, kao i da oporavak nikada nije potpun.

Rezultati postignuti u rekonstruktivnoj hirurgiji brahijalnog pleksusa u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije u zadnjih četrdesetak godina, kao i u svetu, otklanjaju svu sumnju i vraćaju entuzijazamu lečenju ovakvih povreda. Vratiti

afunkcionalni ekstremitet u funkciju ima nesagledive lične i socijalne aspekte, a setimo se da je u ne tako dalekoj prošlosti ovakav problem rešavan amputacijom- jer je postojalo nepoznavanje hirurške rekonstrukcije i predubedenje o lošoj prognozi.

Pacijenti sa povredama brahijalnog pleksusa menjaju život iz korena, dolazi do smanjenja ili gubitka radne sposobnosti, kao i psihički pratećih problema da nisu nekada u mogućnosti da se samostaraju, kao i da se najčešće radi o radno sposobnim osobama, rekonstruktivna hirurgija kod ovih bolesnika ima vrlo bitan društveno ekonomski značaj.

Povrede brahijalnog pleksusa su najteže povrede perifernog nervnog sistema zbog neizvesnog i često lošeg oporavka i pored izvršenih ekstenzivnih rekonstruktivnih hirurških intervencija. Među njima supraganglionarne povrede po tipu avulzije svih i /ili pojedinih korenova.

Povrede brahijalnog pleksusa se mogu podeliti u dve grupe: otvorene (projektilne, oštre i tupe laceracije) i zatvorene (kontuziono-kompresivne i trakcione povrede). Konstatacija o najtežim povredama brahijalnog pleksusa odnosi se na trakcione povrede. Nepovoljna prognoza ovih povreda javlja se zbog dugog puta regeneracije sa vremenski uslovljenom redukcijom kalibra Švanovih tubulusa u nervima distalno od povrede i zbog fibrozno-atrofičnih promena u denervisanim mišićima; što je bitna razlika u odnosu na povrede drugih delova perifernog nervnog sistema.

Osnovni problemi koji se javljaju kod supraganglionarnih povreda su:

1. Identifikacija, obzirom da se radi o zatvorenim povredama, koje su često udružene sa teškim povredama glave.
2. Bezobzira na to što postoji dosta preoperativnih dijagnostičkih testova, ne postoji pouzdana metoda u određivanju nivoa povrede, naročito u slučajevima avulzija spinalnih korenova i kombinovanih povreda, te je postavljanje dijagnoze jako otežano kao i odluka o vremenu hirurške intervencije.
3. Jedina mogućnost kod supraganglionarnih povreda je nervni transfer, odnosno reinervacija funkcionalno najvažnijih nerava ruke (muskulokutaneus i aksilaris) interkostalnim nervima, spoljašnjom granom akcesorijusa,

regionalnim nervima(bočne grane plexusa), ili motornim granama cervikalnog plexusa, kao i distalni nervni transfer.

4. Funkcionalni oporavak traje i do pet godina i nikada nije potpun.

Sam napredak bazičnih nauka, posebno elektrofiziologije i neurofiziologije, kao i tehnologije ovu oblast diferencira kao atraktivnu i zahtevnu, ali dovodi i do boljih rezultata, te se radna sposobnost povećava značajno; setimo se da kod ovih pacijenata je prvo rešenje bila amputacija povređene ruke.

Reinervacija spinalnih korenova kod avulzija, primena veštačkih materijala u nervnu transpalntaciju, usavršavanje mikrohirurške tehnike i materijala, intraoperativni monitoring su samo neki od modaliteta na ovom planu koji otvaraju nove vidike u nervnoj reparaciji. Kod supraganglionarnih povreda kvalitet funkcionalnog oporavka je znatno slabiji u odnosu na druge povrede brahijalnog plexusa, zato je baš i ovo tema mog rada – jer postoji veliki prostor za predloge u smislu daljeg napretka i usavršavanja u našoj zemlji, s tim i bolji rezultati, odnosno postizanje radne sposobnosti ovih bolesnika. Sagledavanje uspešnosti obavljene operacije je i dalje dugotajno, obzirom na dug put reinerevacije. U našoj zemlji postoji i problem rane dijagnostike, obzirom na dijagnostičke metode koje su rezervisane za uskospecijalizovane ustanove.

## **1.1.RAZVOJ REKONSTRUKTIVNE HIRURGIJE BRAHIJALNOG PLEKSUSA**

Znamo da je prva operacija povređenog brahijalnog plexusa izvedena pre oko 120 godina, ali i do dana današnjeg reparacija tracionih povreda brahijalnog plexusa predstavlja veliki problem. Na početku XX veka publikovani su samo pojedinačni slučajevi, dok nakon šezdesetih i sedamdesetih godina XX vekase mogu smatrati preporodom u smislu interesa za ovu hirurgiju u smislu reparacije povreda brahijalnog plexusa posebno kod tracionih povreda sa avulzijom korenova spinalnih nerava koje su dugo smatrane za ireparabilne povrede.

Prvi pisani dokument o presečenom nervu datira od 1608. godine koje je opisao Ferrera, ali interes za ovu hirurgiju se javlja sredinom 19. veka. Tehniku direktne nervne reparacije i epineuralne suture usavršio je Hueter 1871. godine. Langley i Hashimoto predlažu 1917. godine i uvode fascikularnu reparaciju kao bolju i precizniju tehničku proceduru koja je kasnije usvojena od strane Sunderlanda-a.

Philippeaux u Vulpian 1870.godine eksperimentalno dokazuju da nervna vlakna mogu regenerisati kroz nervni transplantat, a 1878.godine odstrane Alberta uradjena je prva homotransplantacija i tako nadoknađuje defekt od 3cm na medianusu. Gluck (1880) uradio je prvu heterotransplantaciju bez ohrabrujućih rezultata. Deams (1896) koristi prvi svež autologni nervni transplantat. Nakon serije sa dobrim rezultatima objavljenih od strane Mayo i Robson-a 1917. godine ova tehnika postaje metoda izbora u rekonstrukciji nervnih defekata.

Prvu suturu nervnih struktura kod povreda brahijalnog plexusa objavio je Baudensi (1836). William Thobrun (1896) izveo je direktnu suturu rupturiranih korenova brahijalnog plexusa kod mlade žene koja je pretrpela povredu na radu. Neurolog Harris i hirurg Low(1903)publikovali su prvi nervni transfer između očuvanih korenova C6i C7 i povređenog korena C5 oštećenog u intervertebralnom foramenu kod tri slučaja Erbove paralize. Ovo se može smatrati početkom primene dva bazična hirurška pristupa u reparaciji tracionih brahijalnog plexusa, direktne suture kod ekstraforaminalnih povreda i nervnog transfera kod avulzija spinalnih korenova.

Američki hirurg Tuttle(1913) uvodi upotrebu spoljne grane aksesorijusa i dubokih motornih grana cervikalnog pleksusa u reinervaciji gornjih elemenata brahijalnog pleksusa. Vulpius i Stoffel (1920) koristili su neke od pektoralnih nerava u cilju reinervacije muskulokutaneusa i aksilarisa, a Foerster (1929) publikuje rad o primeni torakodorzalisa i subskapularnih nerava u reinervaciji aksilarisa. Nervni transfer u početkunije bio široko prihvaćen, bez obzira na to što je ruski hirurg Lurje (1940) objavio seriju neurotizacija u slučajevima Erbove paralize; transferom toracikus longusa na supraskapularis, pektoralnih nerava na muskulokutaneus i grana za triceps brahiji na aksilaris. Yeoman i Seddon (1963) izvode nervni transfer trećeg i četvrtog interkostalnog nerva na muskulokutaneus kod totalne paralize brahijalnog pleksusa kod avaluzije spinalnih korenova. Te se ovaj događaj može smatrati početkom moderne ere nervnog trasfera.

Hirurška tehnikaje bila slična nije se značajno menjala kada se obavljala direktna reparacija ili transpalatacija do početka 60-ih godina 20. veka. Posle uvođenja mikroskopa (Smith i Curze 1964. godine) operativna tehnika ostaje slična, a bitnije promene kreću od 1967. godine kada Goto uvodi perineuralnu suturu, Bora (1967), Millesi (1968) i drugi. a koju je teoretski obradio Sunderland još 1945. godine. Millesi i saradnici uvode tehniku interfascikularnog autolognog grafta kojom se rešava niz dotadašnjih problema u nervnoj transplantaciji i koja u suštini predstavlja pravi početak mikrohirurške rekonstrukcije povreda perifernih nerava. Perineuralna sutura malih fascikulusa postaje tehnički izvodljiva od 1969.godine kada napredak u razvoju suturnog materijala uvodi u primenu 25 mikrona debeli najlonski konac fiksiran za čeličnu iglu dijametra 70 mikrona. Nakon toga napredak u rekonstruktivnoj hirurgiji perifernih nerava više je vezan za farmakološka ispitivanja procesa regeneracije, kao i pronalaženjemetoda nervne suture i nadoknađivanje nervnih defekata.

Primena operativnog mikroskopa i mikrohirurške tehnike nervne transpaltacije(Millesi 1967. godine) hirurgija brahijalnog pleksusa uključujući i nervni transfer doživljava svoj značajan napredak. Japanski autori Tsuyama i Hara, kao i Kotani i saradnici, 1972. godine uvode metod interkostalnog nervnog transfera. Preparisali gornje intrekostalne nerve ( obično dva) iza srednje klavikularne linije koje su spajali sa muskulokutaneusom blizu insercije u bicepsu koristeći graftove različite dužine. Znajući(Cell i saradnici ), da donji interkostalni nervi imaju veći broj motornih vlakana,

koristili su za nervni transfer interkostalne nerve od osmog do jedanaestog i anastomozirali ih sa recipijentnim nervima brahijalnog pleksusa preko dugog grafta ulnarisa na peteljci. Rezultati i dalje nisu bili ohrabrujući. Kako bi se obezbedio što veći broj motornih vlakana Moreli je presecao interkostalne nerve neposredno po njihovom nastanku koristeći duge nervne graftove.

Kotani i saradnici (1972) koriste spoljašnju granu akcesorijusa za reinervaciju gornjeg trunkusa, radijalisa, kao i muskulokutaneusa zbog njegove bliske povezanosti sa supraklavikularnim delom brahijalnog pleksusa. Tutttle (1913) objavljuje transfer prednjih grana cervikalnog pleksusa. Brunelli (1977) vraća ovu metodu u upotrebu.

Intrapleksusni nervni transfer prvi put je uradjen 1903. god. od strane Haris i Low kada su upotrebili intaktan proksimalni nervi okrajak u nervnom transferu. Narakas dalje širi tehniku korišćenjem rupturiranog spinalnog nerva-njegovog ekstraforaminalnog dela za reinrevaciju nervnih elementa koji imaju poreklo od avulziranih korenova spinalnih nerava.

Dalji procvat u rekonstruktivnoj hirurgiji traktionih povreda brahijalnog pleksusa, počinje sedamdesetih godina u Japanu, u nekoliko evropskih centara u Švajcarskoj, Francuskoj, Austriji i Nemačkoj, kao i Sjedinjenim Američkim Dražavama (58, 70, 71)

U našoj zemlji, jedina ustanova u kojoj se leče bolesnici sa povredama brahijalnog pleksusa je Klinika za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije. Prve mikrohirurške operacije kod povreda perifernih nerava u tadašnjoj neurohirurškoj klinici u Beogradu urađene su 1977. godine, prva operacije na brahijalnom pleksusu urađena je 1980 godine. Od tada pa do 2001. godine uradjeno je kod 159 bolesnika sa traktionim povredama brahijalnog pleksusa od ukupno 255 svih povreda brahijalnog pleksusa. Kod 159 bolesnika je izvršeno 204 transfera korišćenjem različitih donornih nerava. Sve do današnjeg dana uvodi se svaka novina prateći svetske trendove (79).

## 1.2. ANATOMIJA I SISTEMATIZACIJA BRAHIJALNOG PLEKSUSA

Za hirurga koji se bavi rekonstruktivnom hirurgijom brahijalnog plexusa potrebno je dobro poznavanje anatomije i sistematizacije ove regije, kao i odgovori na sledeća pitanja: o sadržaju nervnog tkiva pojedinačnih elemenata plexusa brahijalisa, diferencijaciji fascikulusa i njihovim interrekcijama kao i njihovoj organizaciji, varijacijama, značaju pre i postfiksacije, zastupljenosti motornih odnosno senzitivnih vlakana na određenim nivoima nervnih elemenata.

### Anatomija

Brahijalni plexus nastaje spajanjem prednjih grana C5-C8 i prednje grane Th1 spinalnog nerva, gradeći van spinalnog kanala tri primarna stabla (trunci plexus), od kojih nastaju sekundarna ili završna stabla (fasciculi plexus): prednje grane C5 i C6 grade gornje stablo (truncus superior), prednja grana C7 sama za sebe srednje primarno stablo (truncus medius), prednje grane C8 i Th1 donje primarno stablo (truncus inferior). Trunkusi se ubrzo dele na dve grane prednju i zadnju. Prednja grana gornjeg trunkusa i prednja grana srednjeg trunkusa spajaju se međusobomi grade lateralni fascikulus. Prednja grana donjeg trunkusa čini, sama za sebe medijalni fascikulus. Zadnje grane svih trunkusa, koje se nalaze pozadi prednjih grana spajaju se i grade zadnji fascikulus. Iz fascikulusa ka pazušnoj jami se odvajaju završene :

- lateralnog fascikulusa: muskulokutaneus i lateralni koren medijanusa;
- iz medijalnog fascikulusa polaze ulnaris i medijalni koren medijanusa, a polaze i senzitivne grane koje se prema klasičnim anatomskim deskripcijama ubrajaju u završne grane, kutaneus brahi medijalis i kutaneus antebrahi medijalis;
- iz zadnjeg fascikulusa polaze aksilaris i radijalis.

U praksi je ipak sasvim dugačije veliki broj anatomskih varijacija odstupaju od ove navedene šeme građenja brahijalnog plexusa i predstavlja problem tokom evaluacije, dijagnostike i odluke o nervnoj reparaciji.

Kada govorimo o varijacijama treba istaći pre i post fiksaciju plexusa brahijalisa kada u sastav brahijalnog plexusa ulaze i prednje grane C4 ili Th2. U literaturi nađeno je prisustvo prednjih grana C4 62% (Kerr), 35% (Senecail), 28% (Jackimovicz). Prisustvo prednjih grana Th2 zabeleženo je u 16% (Ko Hirasawa), 13% (Adolphi). U prvom



slučaju govorimo o prefiksaciji a u drugom o posfiksaciji. Postfiksacija se vrlo često javlja sa rudimentiranim prvim rebrom, tako da tokom početne radiografske dijagnostike prisustvo istog može nas usmeriti da razmišljamo o posfiksaciji. Ako postoji prisustvo vlakana iz C4 onda je prilikom iz Th2 neznatan i obrnuto (48,58,72,84).

Brahijalni pleksus se može podeliti, a radi lakšeg razumevanja patoloških dešavanja, na centralni i periferni deo, odnosno intraspinalni i intertransverzalni i ekstraspinalni segment.

Ekstraspinalni segment se dalje može podeliti na supraklavikularni i infraklavikularni deo. U daljem radu biće predstavljena samo klinička anatomija i sistematizacija brahijalnog pleksusa koja je od značaja za rekonstruktivnu hirurgiju supragangliornih povreda brahijalnog pleksusa.

Anatomske karakteristike cervikalnih korenova kao i njihov različit pravac kretanja i ugao pod kojim izlaze iz spinalnog kanala, dovode i do razlike u dužini korenova, samim tim i različitosti pri odgovoru na trakcionu silu. Dužina korenova varira i raste sa uglom nastajanja (55-67mm) , odnosno 140°-160°( prikaz u Tabeli 1.).

Koren	Prosečan ugao	Minimum	Maksimum
C5	143°	138°	149°
C6	141°	137°	147°
C7	140°	137°	150°
C8	150°	146°	158°
T1	160°	154°	169°

Tabela 1. Prosečne vrednosti uglova nastajanja korenova spinalnih nerava i varijacije(58)

Dalja specifičnost anatomije se ogleda u tome da prilikom ulaska u svoj intervertebralni foramen korenovi menjaju pravac i zauzimaju horizontalni pravac u intertransverzalnom kanalu. Po izasku iz intertransverzalnog kanala govorimo o spinalnom nervu koji ponovo menja svoj pravac i ide koso inferomedijalno put lateralno i na dole zauzimajući interskalenski pravac i tok. Ova promena pravaca- dvostruka angulacija jedanput gore i spolja druga put dole i unutra formira takozvanu Z zonu, koja predstavlja

najvulnerabilnije mesto prilikom delovanja tracionih sila i nastajanja supraganglionarnih povreda (Sunderland, 1978.; Bonnel i Rabischong, 1981.).

Još jedna histološka specifičnost se ističe, a to je u pogledu broja mijelinskih vlakana da takodje varira, pa govorimo o prosečnom broju 118047, odnosno od 85566 do 166214 . Mijelinska vlakna se grupišu u snopiće. Potom više snopića u snopove i grupe istih grade fascikuluse. Put distalno raste broj fascikulusa, a opada njihov dijametar (54,58).

Ranije napomenuto da deo nervnih struktura unutar intervertebralnog foramena se naziva intertransverzalni ili intraforaminalni segment je veoma bitan jer predstavlja locus minoris resitencie te ću se osvrtnuti na anatomske strukture ovog segmenta. Nalazi se između transverzalnih nastavaka vratnih pršljenova. Prednji i zadnji korenovi napuštaju nezavisno kičmenu moždinu, invagiraju arahnoideu, probijaju meningealne omotače, te svaki ima svoj omotač od arahnoidee i dure. Arahnoidea obavija delimično zadnji pol gangliona, nikada u celini, a dok dura formira otporan perineuralni omotači epineuralni distalnije. U sastav epineuralnog omotača ulazi i epiduralno vezivno tkivo te stvara omotač značajne čvrstine i elsticiteta. Kondenzacija vezivnog tkiva intraneuralno doprinosi transformaciji u endoneurijum. Tako formirani epineuralno-perineuralno-endoneuralni omotač doprinosi rastu debljine nerva, te je transverzalni presek nerva značajno veći od preseka na nivou korenova od kojih je potekao.

Anatomske karakteristike meningealnih omotača imaju značaj za patofiziološka događanja nakon primena sile trakcije. Različitost osetljivosti pojedinih korenova krije se u ovoj suštini: subarahnoidalni prostor se pruža do doraznog gangliona i delimično ga obavija; arahnoidea je disatalnija kod zadnjih korenova, te su oni i manje osetljivi na traumau; zadnji korenovi imaju više vezivnog tkiva, kao i u određenom broju slučajeva postoje ganglionarna proširenja proksimalno od dorzalnog gangliona (Sunderland, 1978.); unutar arahnoide i dure koren leži slobodno.

Dalja specifičnost koja se odnosi na locus minoris reistencie u pogledu tracionih povreda brahijalnog pleksusa je nerv-koren kompleks. Njega obrazuju oba korena spinalnog nerva sa svojim omotačima, vezivnim tkivom i dorzalnim ganglionom u intervertebralnom prostoru.

Sunderland (1974.; 1976.;1978.) je opisao transevrazni presek intravertebralnog foramena: 35-50%obično centralnog prostora zauzima nerv-koren kompleks; unutar prostora nalazi se areolarno vezivno tkivo, masno tkivo, radikularna arterija sa svojom prednjom zadnjom granom, prateće vene, limfatici, rekurentni meningealni nerv koji potiče od spinalnog nerva; donji cervikalni korenovi i torakalni pružaju se descendentno, po probijanju dure oni se kratko pružaju ascendentno, tako da prelaze preko donje ivice unutrašnjeg otvora foramena da bi ušli u njega, te ponovo menjaju tok pružanja i pružaju se horizontalno da bi izašli iz istog; vezivno tkivo u donjem delu foramena fiksira za periost ali pokretljivost kompleksa je moguća.

Kod hiperekstenzije i lateralne fleksije kao i rotacije dolazi do sužanja u predelu foramena, te kao da se zatvara nerv-koren kompleks je opušten dok pri pokretima anterofleksije dolazi do otvaranja foramena, a kompleks je zategnut. Ova pojava je najizraženija u nivou C8-Th1.

Sile trakcije pri povredama ako pređu limite elastičnosti i akomodacije ovog kompleksa dolazi do oštećenja. Najbitniji faktor je dužina korenova, gde se kraći češće oštećeni. U Tabeli 2. prikazana je dužinakorenova brahijalnog pleksusa.

Koren	Prosečna dužina	Maksimalna dužina	Minimalna dužina
C5	13	15	11
C6	13	15	11
C7	13	15	11
C8	14,5	17	12
T1	21	25	17

Tabela 2. Dužina korenova spinalnih nerava (58)

Zadnji korenovi su tri puta deblji u odnosu na prednje, a najdeblji su C8 i Th1, otuda i zastupljenost parcijalne paralize kod jakih trakcionih sila.

U daljem toku spinalni nerv napušta foramen, i govorimo o ekstraspinalnom regionu nervnih segmenata. Po napuštanju foramena dolazi do drugog nivoa segmentnog mešanja vlakana( prvi je bio na nivou medule) i formira se veći broj fascikulusa (50,51,52, 58, 72).

Ekstraspinalni segment brahijalnog pleksusa pruža od foramena ka pazušnoj jami put spolja i završava svojim terminalnim granama.

**Bočne grane brahijalnog pleksusa** rađaju na svim nivoima brahijalnog pleksusa. Kao i u prethodnom segmentima i ovde su prisutne anatomske varijacije sa svim svojim značajem. One inervišu mišiće ramenog pojasa i pazuha. Prednje bočne grane su: subklavijus, prednji torakalni nervi (pektoralis major i minor) dok zadnje bočne grane su dorzalis skapule, supraskapularis i gornji i donji subskapularni nervi, torakodorzalis (srednji dugi ili najdonji subskapularni nerv), toracikus longus (spoljašnji respiratorni nerv, Bellov nerv).

Opet govorimo o varijetetima u poreklu bočnih grana, ali segmentalna distribucija je u nekoj meri ipak konstantna uz laka odstupanja i izgleda ovako

- Komunikantne grane za frenikus	C4, C5
- Grane za cervikalni pleksus	C4, C5
- Mišićne grane (za longus koli, skalenske mišiće, romboideuse)	C4, C5
- Toracikus longus	C5, C6, C7
- Dorzalis skapule	C5
- Subklavijus	C5, C6
- Supraskapularis	C5, C6
- Pektoralis lateralis	C5, C6, C7
- Pektoralis medialis	C8, T1
- Kutaneus brahi medialis	C8, T1
- Kutaneus antebrahi medialis	C8, T1
- Subskapularni nervi	C5, C6
- Torakodorzalis	C6, C7, C8

Poreklo završnih grana brahijalnog pleksusa:

- Iz lateralnog fascikulusa: muskulokutaneus (spoljašnji kožni ili Casserov perforantni nerv), lateralni koren medijanusa

- Iz medijalnog fascikulusa: ulnaris, medijalni koren medijanusa,

- Izzadnjeg fascikulusa: radijalis, aksilaris

U literaturi je dosta opisivana fascikularna organizacija, ali se došlo do zajedničkog zaključka da su dorzalni ( senzorni) korenovi veći otporniji od prednjih ( motornih)(58, 71,72).

### **1.3.SUPRAGANGLIONARNE TRAKCIONE POVREDE**

Trakcione povrede predstavljaju zatvorene povrede brahijalanog pleksusa nastale delovanjem tracionih sila različitog intenziteta. Radi se o povredama koje je teško dijagnostikovati u smislu nivoa i tipa oštećenja, kao i u skladu sa tim planirati hiruršku reparaciju i predočiti rezultate operativnog lečenja. Supraganglionarne povrede brahijalnog pleksusa su jedne od najtežih u ovoj grupi i predstavljaju težak zadatak za rekonstruktivnog hirurga. Naziv ove grupe prozilaži iz nivoa lokalizacije oštećenja, tj. iznad dorzalnog ganglionia.

#### **1.3.1.Etiologija**

Ove povrede nastaju najčešće u saobraćajnom traumatizmu, na prvom mestu motociklista koji su najbrojniji i u našoj seriji, biciklista, industrijskih povreda, a potom padova. Brza, neusklađena vožnja pod dejstvom alkohola, neisparvnost i neopreznost u radu sa industrijskim i poljoprivrednim mašinama, a i od jatrogenih kao što su porođajna povreda, neprikladan položaj tokom dugih anestezija, katotni poremećaj, stupor, kao i povrede u masovnim nesrećama tipa crush povreda. Kod motociklista senajčešće dešava da se usled sila otvara ugao između glave, vrata i skapulo humeralnog ugla, dok kod industrijskih povreda imamo direktno delovanje sila na ruku i nervne elemente jer je ruka obično zaglavljena u mašini. Kod povreda prilikom zatrpavanja dešava se da dolazi do jakog udarca u supraklavikularni predeo i predeo ramena praćen otvaranjem ugla između glave i vrata kada dolazi do preloma klavikule.(7,71).

#### **1.3.2.Anatomija**

Brahijalni pleksus je formacija slična izduženom trouglu sa osnovicom – medijalnim delom kojim se oslanja na spoljašnju ivicu kičmenog stuba od C5 do Th1, pruža koso nadole i upolje preko klavikularnog predela sve do pazuha, kao vrh truglaste formacije. Specifičnost njegova odnosi se na značajno mešanje nervnih vlakana tokom njegovog puta od rađanja do davanja završnih grana, s tim da je u proksimalnom segmentu izraženije.

Od svog početka do svog kraja brahijalni pleksus, slobodan bez fiksacija sa okolnim tkivom, zategnut samo težinom pripadajuće ruke, omogućava fiziološke pokrete glave

vrata, ramena i ruke bez zatezanja, a zahvaljući elastičnosti nerava, čvrstini i elastičnosti fascikulusa, pleksiformnoj strukturi brahijalnog pleksusa, uz pripojenost omotača petog, šestog i sedmog spinalnog nerva za transverzalne nastavke odgovarajućih kičmenih pršljenova. U traumi, nakon delovanja sile trakcije prvenstveno dolazi do disperzije sile na sve strukture pre nego dođe do korenova i spinalnih nerava, a nasuprot njihovoj elongaciji, kada prevaziđu fiziološke limite elongacije, dolazi do oštećenja pojedinih struktura.

Anatomske karakteristike brahijalnog pleksusa koje predstavljaju nedostatke i koje čine ove strukture osetljivijim u odnosu na okolno tkivo na tracionu silu su:

Intraspinalni segment je najosetljiviji na prekomerenu tracionu silu, odnosno nerv-koren kompleks zbog samog sastava spinalnih nerava odnosno korenova, oni nemaju zaštitni epineurijum i perineurijum, kratki su imaju dvostruku fiksaciju u Z formacijidok ostali deo brahijalnog pleksusa nije nigde fiksiran. Po napuštanju foramena formiraju jedan snop vlakana-odsustvo pleksiformnosti smanjuje njegov otpor na tracionu silu jer nema disperzije sile, pravac je logitudinalnan sve do formiranja trunkusa te se i na ovu formaciju sila prenosi direktno bez disperzije. Povrede transverzalnih nastavaka dodatno lediraju nervne strukture ovog segmenta. Korenove C5, C6, C7, gornji i srednji trunkus su zategnutiji u položaju kada je ruka pored tela.

Pri naglim intenzivnim pokretima po tipu fleksije glave i vrata značajne elongacije elemenata intraspinalnog segmenta, kao i npr. lateralna fleksija vratnog dela kičme koja dovodi do elongacije kontralateralnih korenova i moguće rupture.

Osetljivost posebno donjih korenova cervikalnog pleksusa javlja se pri pokretima gde dolazi do oštećenja a zbog: povećavanja supraklavikularnog ugla između vrata i ramena, lateralna fleksija vratne kičme, rotacija glave i vratne kičme, depresija ramenog zgloba i trakcija ruke. Pojedinačni ili najčešće kombinacija ovih pokreta prilikom sile trakcije kada je ona jakog intenziteta i nagla dovodi do prelaženja fiziološkog limita elastičnosti i dovodi do raznoolikih oštećenja nervnih struktura posebno intraspinalnog segmenta zbog prethodno navedenih nedostataka.

Međutim, nervne strukture ovog intraspinalnog segmenta imaju i svoje zaštitne mehanizme koji se ogledaju kroz:dura predstavlja deo omotača pa pri povlačenju ceo

kompleks se povlači put upolje i zatvara foramen. Sem dure i fiksiranost korenova C4,C5,C6 i C7 za njihove transverzalne nastavke pri pokretima glave i vrata onemogućava njihovo istežanje, za razliku od gornjih, koji ovom prilikom su podložniji oštećenju, jer nisu fiksirani. Ista je situacija je i sa donjim korenovima C8 i TH 1 koji nisu fiksirani te podložniji oštećenju nakon sila trakcije, pa su oni podložniji avulziji ako sila koja dovodi do oštećenja nije dovoljno jaka, kao u slučajevima kada su oštećeni svi korenovi po tipu avulzije.

Karakteristike prednjih korenova u smislu manje tenziona sile, izraženija disperzija snopića, kao i pri trakciji kontakt sa dentikulranim ligamnetom čini ih osteljivijim na traumu, posebno u položaju rotacije glave i abdukcije ruke.

Što se tiče zadnjih korenova njihova zadnja pozicija, debljina veća od prednjih korenova, prisustvo dorzalnog gangliona, kao i omotača čini ih otpornijim na sile trakcije u odnosu na svoje parnjake istog segmenta.

### **1.3.3.Šta se dešava sa nervnim strukturama nakon traktionih povreda**

Kod svake tracione povrede govorimo o funkcionalnom oštećenju koje može pratiti i morfološko intraneuralno oštećenje različitog stepena od neurparksije, aksontmeze, neurotmeze ili da se radi o kombinaciji svih ovih tipova oštećenja po Sunderlandovoj klasifikaciji. Što se tiče raznolikosti povreda one su višestruke od jednog do više nivoa oštećenja do kombinacija raznih stepena oštećenja Sunderlandove klasifikacije, kao i obrazovanje neuroma u konitnuitetu ili sa prekidom nervne strukture, a što se tiče korenova govorimo o avulziji ili rupturi. Posttraumatsko ožiljno tkivo takođe predstavlja dodatni problem u dijagnostici i operaciji.

Sunderland (1951) definišući morfološko-histološke promena nervnog tkiva, podelio je povrede nervnih struktura na sledeće stepene oštećenja :

I stepen: dolazi do prekida u provodljivosti, zbog gubitka na undulatornog toka aksona i fascikulusa, makorsopski nerv je neizmenjen, histološki postoji segmentalna



demijelinizacija sa očuvanim aksonom, nema Wallerove degeneracije, te je Tinel negativan, oporavak je kompletan i javlja se najkasnije do kraja 3 meseca.

II stepen: ovde imamo prekid kontinuiteta aksona, ali nema prekida endoneurijalnog omotača nervnih vlakana. kako je prisutno oštećenje mijelinskog omotača tako ima i Wallerove degeneracije pa je i Tinelov znak pozitivan i napreduje put distalno. Oporavak funkcije je takođe kompletan, ima serijsku progresiju u skladu sa ciljnim organima.

III stepen: kod ovog stepena postoji oštećenje i aksona i endoneurijama sa gubitkom kontinuiteta nervnih vlakana. Javlja se ožiljno tkivo u kome se neki aksoni gube prilikom regeneracije, te je oporavak nekompletan, i može izostati.

IV stepen: ovde dolazi do gubika kontinuiteta fascikulusa, endoneurijuma, perineurijuma, uz očuvan epineurijum, kontinuitet nerva je fizički očuvan održava se ožiljnim tkivom, Tinelov znak je pozitivan, ali ne napreduje, dolazi do Wallerove degeneracije distalno od povrede, ali nikada nema spontanog oporavka, do oporavka se stiže samo nakon hirurške operacije koju treba izvršiti nakon tri meseca kada prođe vreme spontanog oporavka kod prethodnih stepeni oštećenja, kao i nakon kliničkog praćenja i primenjenih elektrofizioloških dijagnostičkih metoda ispitivanja.

V stepen: ovde se srećemo sa potpunim prekidom nerva, sa ili bez defekta, povrede su mahom otvorene i lakša je diferencijalna dijagnoza. U daljem toku na proksimalnom okrajku se formira neurom, a na distalnom okrajku fibrom. Hirurška intervencija je jedini mogući put do oporavka funkcije.

VI stepen: Mackinnin i Dellon 1988. godine ga uvode i predstavlja kombinaciju svih prethodnih, sa neuromom u kontinuitetu i podrazumeva se predstavlja dijagnostički i hirurški problem. Oporavak je u zavisnosti od dominirajućeg stepena obzirom da se radi o mešovitom oštećenju, pa tako ako je kombinacija I i II stepena dolazi do potpunog oporavka funkcije ako je III stepen delimičan oporavak, odnosno odsutan ako se radi o kombinaciji IV i V stepena po Sunderlandu(46,72).

U zavisnosti od stepena ili će se izbeći operativni tretman ili će se raditi spoljašnja ili interfascikularna neuroliza, ili sutura ili interfascikularni graft.

#### **1.3.4.Kako i zašto nastaju traktione povrede**

Prilikom prisustva sile, nerv reaguje tako što gubi svoj undulentni tok nervnih vlakana i fascikulusa, dalje istezanje utiče na vezivno tkivo tj. endoneurijum i perineurijum, dolazi do pucanja endoneurijuma koja prelazi krajnju tačku elastičnosti, javlja se pucanje nervnih vlakana unutar fascikulusa i svih fascikulusa, zatim i perineurijum strada, gde se javlja potpun morfološki i funkcionalni prekid.

Donji limit elastičnosti su procenili na 8 % dužine (Lundburg i Tydevik 1973), a istezanje preko 11-18% dovodi do kompletnih ishemičkih promena unutar nerva, dok istezanje preko 18% dovodi do ireverzibilnih promena u nervu posmatrajući cirkulaciju.

Ako traktione sile deluje na pomeranje brahijalnog pleksusa put napred i dole, doći će do oštećenja C5 i C6 korena preko prednjeg tuberkuluma transverzalnih nastavaka, a ako deluju put dole i pozadi korenovi C5 i C6 će biti zategnuti preko zadnjih tuberkuluma transverzalnih nastavaka. Obzirom na to da transverzalni nastavci nemaju tuberkulume na pršljenskim telima distalnije korenovi C7, C8 i Th 1 neće se oštetiti. Koren C7 se može oštetiti ako se zateže preko transverzalnog nastavka jer je on i najizraženiji.

#### **1.3.5.Šta je avulzija korenova i kako nastaje**

Do avulzije korenova može doći na dva načina jedan kada dolazi do povrede koštanog sistema sa konsektivnim oštećenjem i nerualnih struktura, a drugi kada sile traktije deluju put centralno i dovode do oštećenja nervnog korena. Kod ekstenzivnih povreda ova dva mehanizma se ne mogu razdvojiti već deluju udruženo. Nervni elementi se mogu oštetiti između dve tačke fiksacije, pa možemo govoriti o različitim nivoima oštećenja, od koji jedan, za ovaj rad najbitniji nivo spinalnih korenova. Može postojati lezija i na više nivoa koja nije predmet našeg rada (Sunderland, 1974, 1978).

Isti autor navodi još dva mehanizma koji izazivaju oštećenja na nivou spinalnih korenova.

1. **Periferni mehanizam u nastajanju avulzija korenova** - kod ovog mehanizma tracione sile deluju na ekstraspinalni segment brahijalnog pleksusa, ali se iste prenose na duru i korenove spinalnih nerava, pa se može javiti samo oštećenje duralnih omotača bez oštećenja nervnog korena kada se govori o rupturi i javlja se meningocela traumatska, bez avulzije korenova. Ako su sile jače, dolazi i do oštećenja korenova te i njihove avulzije. Pod dejstvom jakih tracionih sila koje prelaze limite fiziološke elastičnosti-adaptacije, prvo strada spinalni nerv koji je kao prva zaštita odbrane fiksiran za transversalni nastavak, koji pri jakoj sili se kida, jače sile dovode do prenosa sile na intraforaminalni deo brahijalnog pleksusa gde dolazi do pomeranja nervnih struktura i pratećih krvnih sudova, vezivnog tkiva, a kako isti nisu fiksirani u intraforaminalnom regionu dolazi do njegovog povlačenja i pomeranja put spolja i do uglavljanja u anatomskim otvorima-izlazu iz foramina. Ako su pridodate i koštane lezije, onda i one dodaju značajnu silu i intenzivnije oštećenje kompleksa nerv koren. Dalji i krajnji ishod najjače sile je delovanje na intraspinalni segment brahijalnog pleksusa kada dolazi do povlačenja i oštećenja na korenovima i samoj kičmenoj moždini koja se nateže preko dentikularnog ligamenta i pucanja i duralnih ovojnica i do avulzije korenova.

Nakon jakih tracionih sila koje dovode do avulzije korenova kako je do sada opisano mogu biti i kombinovane lezije, jer tako jaka traciona sila vrlo često dovodi do oštećenja na distalnim segmentima brahijalnog pleksusa-infraganglionarni. Zapaženo je da prilikom nastajanja avulzije dorzalni ganglion bude očuvan u potpunosti ili delimično; vrlo je retko da postoji oštećenje duralnih ovojnica sa verifikovanim traumatskim meningocelama a da nema avulzije, dok je pojava avulzija korenova unutar očuvanih duralnih omotača češća obzirom na otpornost na traumu ovih inače odbrambenih sistema.

2. **Centralni mehanizam u nastajanju avulzija korenova**-kod ovog mehanizma sile trakcije zbog prekomerenih pokreta vratne kičme uz prenošenje sile na vratni deo kičmene moždine dovodi do istezanja i ruptore korenova bez oštećenja duralnih omotača. Kako je poznato da je kompleks nerv-koren fiksiran na mestu odvajanja od kičmene moždine i u predelu intervertebralnog foramina, kako je tu njegova dužina i najkraća podložniji je na istezanje između ove dve tačke

fiksacije i dovodi do supraganglionarnih lezija tipa avluzija, gde takodje dorazni ganglion može biti neoštećen.

Treba znati da tracione sile mogu naneti višestruka oštećenja brahijalnog plexusa tj. na više nivoa, različitog stepena. Avulzije svih pet korenova su zastupljeneu 25% slučajeva. Postoje podaci raznih autora o procentu učestalosti avulzija, 11% Millesi (1987), 40% kod Dolenca, 70% kod Narakasa. Zaključili su da korenovi C5 i C6 češće podležu rupturi nego avulziji, za razliku od C8 i Th1 koji češće imaju oštećenje tipa avulzije nego rupture, ato sve obajšnjavaju anatomske karakteristike ranije opisane. Spinalni koren C7 ima sličnu procentualnu zastupljenost u smislu rupture i avulzije.

Avulzije najčešće nastaju kod prekomerenih pokreta vratnog dela kičme, prekomerenih pokreta ruke u odnosu na rameni pojas, ramenog pojasa u odnosu na telo, nagle pokrete tela ako je ruka fiksirana, svaki od ovih mehanizama za sebe ili udruženo. Svaka tenziona sila koja prelazi limite fizioloških pokreta dovodi do oštećenja nervnih struktura brahijalnog plexusa uperena u regiju: glava - vrat - rame - ruka. U slučaju udruženih povreda koštano zglobnog sistema oštećenja na nervnim strukturama su ekstenzivnija.

Kada je traciona sila jako snažna ona dopire do intraspinalnog segmenta brahijalnog plexusa i kao posledica toga nastaje avulzija korenova. Nervne strukture su relativno otporne na sile koje deluju postepeno i sporo, ali kada se dogodi iznenadni neadekvatan pokret usled jake sile koja deluje u momentu nema vremena za adaptaciju-istezanje, kako se inače nervne strukture bore pod uticajem sile koja nastupa postepeno.

U trenutku delovanja sile bitno je u kom je položaju bila ruka, te posledično dovodi po oštećenja ili u gornjim partijama, ili gornjim i distalnijim partijama brahijalnog plexusa.

Položaj glava vrat – rame - ruka su mesta gde dolazi do promene fizioloških uglova, te se nervi istežu, zaglavljaju u prirodnim otvorima dislociraju se i oštećuju o susedne koste grebene.

Evo nekih primera kako reaguju pojedini delovi brahijalnog plexusa u odnosu na položaj tela i ekstremiteta u trenutku iznenadne sile traksije:

Ako je ruka bila pored tela i napred ili put nazad, dolazi do povreda proksimalnih elemenata brahijalnog pleksusa kada sila deluje na dole; ovo se dešava kod industrijskih povreda kada je ruka zarobljena u mašini. Slično se dešava i ako je ruka bila u stranu, takodje stradaju proksimalni delovi brahijalnog pleksusa, kao na primer pri propadanju u rupu a da je ruka zastala na obodu iste. Takodje povrede proksimalnih partija brahijalnog pleksusa se mogu desiti prilikom teških povreda glave sa i/ ili bez povrede košatnog sistema vratne kičme.

Promene u širini ugla glava vrat kada su ruke u abdukciji do horizontalne linije uz kombinaciju sa silom koje deluje u predelu ramenog pojasa je pri naglom kočenju i preletanju motocikliste preko glave prema napred kada bivaju oštećeni prvenstveno proksimalni segmenti brahijalnog pleksusa. Slično se dešava i kod karličnog položaja kod teškog porođaja (27,49,50)

### **1.3.6.Supraganglionarne tracione povrede brahijalnog pleksusa**

Nastaju delovanjem tracionih sila, prema mehanizmu spadaju u centralne lezije, prema lokalizaciji ili nivou lezije to su intraduralne lezije, koje mogu zahvatati sve korenove ili pojedninačne korenove. Lezije nervnog tkiva su po tipu avulzija i ruptura s tim da su gornji korenovi (C5, C6) češće rupturirani, a donji (C8 i Th1) po tipu avulzije, dok je kod korena C7 slična procentualna zastupljenost oba vida lezija. Što se tiče patoanatomskog supstrata koji vidamo kod lezija ovih mogu biti lezije u kontinuitetu, sa pseudokontinuitetom, potpunim prekidom, kao i kombinovane lezije.

Millesi 1991. godinedefinisao povrede nervnih struktura brahijalnog pleksusa koje se odnose na sve pa i supraganglionarne povrede; lako je izmenio i upotrebio Sunderlandovu klasifikacije uvođenjem Gradusa: A( kada govorimo o epifascikularnoj epineurijalnoj fibrozi), B (interfascikularnoj epineurijalnoj fibrozi), C (endoneurijalnoj fibrozi), IV-N ( neurom), IV –S (ožiljno tkivo)(1,71,72,83).

## **1.4. ANAMNEZA I KLINIČKI PREGLED SUPRAGANGLIONARNI POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA**

Za bolji i uspješni oporavak naravno krećemo od anamneze preko kliničkog pregleda da bi što ranije postavili tako tešku dijagnozu kao što je supraganglionarna povreda brahijalnog pleksusa.

### **1.4.1. Anamneza**

**Anamneza-** što se tiče anamnestičkih podataka, krećemo od osnovnih ličnih i socijalnih podataka, godine rođenja, potom se osvrćemo na povredu i sam dan povrede. Datum nastanka povrede, mehanizam povređivanja, detalje položaja tela u trenutku povrede, ako je moguće, onda udružene povrede koje su nastale u trenutku zadobijanja povrede brahijalnog pleksusa, potom da li su izvršene operacije ili bilo kakve druge intervencije i tretmani, da li je oštećenje od dana i trenutka povrede ili se kasnije razvijalo ili poboljšavao nastali deficit. Obzirom da takvi bolesnici vrlo često budu tretirani u regionalnim centrima od strane neurologa, fizijatra ortopeda i vaskularnih hirurga, neurohirurga upoređujemo uvidom u medicinsku dokumentaciju stari nalaz sa novim kliničkim nalazom.

### **1.4.2. Klinička slika**

**Klinička slika** kod pacijenata sa supraganglionarnim povredama brahijalnog pleksusa zavisi od nivoa lezije, te se prezentira kao potpuna ili delimična oduzetost mišića inervisanih od strane brahijalnog pleksusa, sa vidnom manje ili više hipotrofijom mišića u denervisanom području, sa izmenjenim senzibilitetom, neurovegetativnim promenama, deformiteta u predelu ramenog zgloba, kao i trofičkim promenama, kontrakturama na afunkcionalnom gornjem ekstremitetu.

Kod oštećenja na korenovima C5, C6 verifikuje se oduzetost proksimalnih mišića kao što su serratus anterior, romboideus, levator scapulae, toracicus longus kod C7 i napr. Dorsalis scapulae ili frenikusa kod C5, verifikovan Hornerov sindrom ukazuje na oštećenje distalnih koreonova C8 i TH1 i ima loš prognostički znak.

Oštećenje korenova može dovesti do totalne ako su oštećeni svi korenovi, gornje ako su oštećeni C5 i C6 korenovi, srednje ako je oštećen koren C7, donje paralize ako su oštećeni korenovi C8 i Th1. Može se govoriti i o proširenoj gornjoj odnosno donjoj paralizi, kada je koren C7 pridodat ovim vrstama oštećenja.

**Totalna paraliza:** Postoji oštećenje svih korenova brahijalnog pleksusa. Bolesniku je potpuno oduzeta cela ruka, izmenjen ili ugašen senzibilitet duž cele ruke, sa ili bez Hornerovog sindroma. Ova paraliza je najzastupljenija kod svih bolesnika i sreće se u 75 do 80% bolesnika.

**Gornja paraliza (Erb-Duchenne):** Postoji oštećenje korenova C5 i C6. Bolesniku ruka visi pored tela, sa nemogućnošću savijanja u laktu, ispružena i rotirana ka telu. Pokreti u ramenom pojasu po tipu abdukcije su nemogući. Verifikuje se izmenjen i ugašen senzibilitet u predelu ramena, a reflekse na bicepsu i brahioradijalisu ne možemo izazvati. Zastupljenost ovih povreda je od 20 do 25% bolesnika.

**Srednja paraliza:** Postoji oštećenje korena C7. Klinička slika je po tipu oštećenju nervnih struktura za radijalis. Kao što je već navedeno retko se javlja kao samostalna češće je udržena sa gornjom odnosno donjom paralizom.

**Donja paraliza ( Klumpke-Dejerein):** Postoji oštećenje korenova C8 i Th1. Kod bolesnika srećemo oduzetost malih mišića šake i fleksora ručja, sa izmenjenjem senzibilitetom u regiji inervaciji ulnarisom, kao i Hornerov sindrom. Zastupljenost se svodi na svega 2-3% bolesnika.

Ako se verifikuje paraliza svih mišića ramena osim pektoralnih mišića verovatno se radi o oštećenju gornjeg trunkusa; ako verifikujemo sačuvanost pokreta u zoni inervacije supraskapularisa i supraspinatus onda je povreda distalnije na gornjem trunkusu ili jos distalnije te zahvata lateralni fascikulus. Kada se govori o distalnijoj leziji trunkusa onda imamo lezije bicepsa i brahijalisa uz izmenjen senzibilitet palca i kažiprsta. Ispadi kod oštećenja lateralnog fascikulusa su slicni ispadima gornjeg trunkusa, sa minimalnim pokretima po tipu fleksije lakta zbog delimične denervacije brahijalisa; prati ga i oduzetost podlaktice u regiji inervacije medijanusom. Ispadi u predelu deltoideusa govore u prilog lezije na nivou između prve i srednje trećine gornjeg trunkusa.

Kod oštećenja srednjeg trunkusa srećemo oduzetost tricepsa i ekstenzora podlaktice.

Kod oštećenja zadnjeg trunkusa srećemo ispade deltoideusa, tricepsa, brahioradialisa i ekstenzora podlaktice, malih mišića šake. Kod oštećenja medijalnog fascikulusa srećemo se sa sličnom kliničkom slikom. Može se javiti i delimično oštećenje funkcije fleksora podlaktice koji su inervisani od strane medijanusa, a izmenjen senzibilitet je u predelu ulnarne inervacije.

Toracicus longus se može oštetiti kao izolovan prilikom oštećenja sa pratećom skapulom alatom te tada bolesnik ne može opruženu ruku podignuti iznad nivoa od horizontalnog; oštećenje torakodorzalisa koji inerviše latissimus dorsi se klinički prezentuje sa ograničenom adukcijom i untrašnjom rotacijom; spoljašnji i unurašnji pektoralni nervi koji inervišu veliki i mali grudni mišić klinički se prezentuju takođe oslabljenom adukcijom, te bolesnik na zahtev da dodirne suprotno rame istu radnju ne može izvesti; oštećenje supraskapularisa koji inerviše supraspinatus i infaspinatus klinički se prezentuje sa deformitetom u predelu ramena po tipu subluksacije, a zbog denervacije mišića koji održavaju glavu humerusa u fiziološkom položaju; kod oštećenja dorzalisa skapule kod bolesnika primećujemo da lopatica sa povređene strane više odstoji u odnosu na kičmeni stub; ako su oštećeni untrašnji kutani nervi brahi i antebrahi javlja se oštećenje senzibiliteta uz povremeno jak bolni sindrom u regiji hipestezije ili anestezije. To je ukratko o lezijama završnih grana koje su ređe samostalno oštećene u trakcionim povredama brahijalnog plexusa, od značaja za proces rekonstruktivne hirurgije obzirom na njihov upotrebnii značaj kao donora.

Motorna funkcija mišića se ispituje na određenim mestima na ruci 10 cm iznad i 10 ispod medijalnog epikondila humerusa, gde se meri obim ekstremiteta pri voljnim radnjama, a definiše se skalom od M0-M5. M0 –odsustvo kontrakcija, M1-tragovi kontrakcija, ali nema aktivnih pokreta, M2-aktivni pokreti kada se ukloni dejstvo sile gravitacije, M3-aktivni pokreti i protiv sile gravitacije, M4-aktivni pokreti protiv sile gravitacije i otpora, M5-normalna motorna snaga.

Kod bolesnika sa paralizom pojedinih mišića javiće se neki pokreti koji se inače ne beleže kod zdrave ruke obzirom da se zna da susedni mišići suplementarnom akcijom pokušavaju da nadomeste deficit u susednom području. Javljaju se i tzv. trik pokreti kada zbog paralize i relaksacije mišić antagonist reaguje minimalno pri snažnim pokretima njegovog agoniste.



Što se tiče ispitivanja senzibiliteta kod bolesnika sa supraganglionarnim povredama brahijalnog pleksusa, treba imati u vidu da se zona analgezije i anestezije može razlikovati, ali i ne mora. Između ove dve zone nalazi se zona toplo hladno, a proprioceptivni senzibilitet nalazi se u zoni analgezije. Nekoliko dana nakon povrede sužava se zona izmenjenog senzibiliteta jer se područje oživčava od strane susednih intaktnih nerava. Oporavak senzibiliteta je brži i bolji, i napreduje cirkuferencijalno.

Test ispitivanja znojenja nam ukazuje i definiše u zoni anestezije gde je prisutan kompletan gubitak znojenja-anhidroza, oko ove zone se nalazi zona izmenjenog znojenja a van te zone, zona normalnog znojenja. Postoji još promena nakon ovih povreda, kao na primer u trofici kože, krtosti noktiju, ali i promene toplo - hladno u denervisanom području, gde se vrlo brzo nakon povrede javlja toplota u dervisanoj regiji, koža je meka i glatka ali ne za dugo jer posle 20-ak dana nastupa hladna faza, ruka je hladna, crvena ili cijanotična, koža perutava, nokti lomljivi. Koža postaje vulnerabilnija i na minimalne povrede te se primećuje razne ožiljne promene različitog hroniciteta.

Ako posle hirurške intervencije ili prilikom spontanog oporavka dolazi do oporavka, prvo se vraća vazogena funkcija potom senzibilitet, a tek onda motorna funkcija (78, 84,85).

## **1.5. PREOPERATIVNA DIJAGNOSTIKA SUPRAGANGLIONARNIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA**

Preoperativna dijagnostika kod svih povreda brahijalnog plexusa je ista bez obzira na mehanizam povređivanja, nivo povrede i u svim slučajevima je delikatna. Odluka o operativnom tretmanu, vremenu operacije je presudno za što bolji oporavak i povratak radno sposobnog povređenog na staro ili uz prekvalifikaciju novo radno mesto. Pred hirurga koji se bavi ovom specifičnom, zahtevnom i sofisticiranom patologijom stoje veći broj pitanja, ali poznavanje anatomije i varijeteta, patofizioloških procesa koji se dešavaju nakon povrede u nervnim strukturama uz odlično uzetu anamnezu i klinički pregled, kao i mnogobrojne, ali nažalost nespecifične dijagnostičke procedure dolazi do značajnih rezultata i najbitnije bolesnika koji se raduje svakom i minimalnom pomaku ranije oduzetog ekstremiteta.

Cilj preoperativne dijagnostike je odrediti nivo lezije i tip oštećenja nervnih struktura povređenog brahijalnog plexusa.

Kada govorimo o preoperativnoj dijagnostici, metode ispitivanja mogu se svrstati u sledeće grupe: elektrofiziološko ispitivanje, neuroradiološka dijagnostika, ostala radiološka dijagnostika, hirurška eksploracija i primena intraoperativnih elektrofizioloških metoda.

Dubuisson i Kline (1992) navode da elektrofiziološka evaluacija je od izuzetnog značaja za određivanje nivoa lezije, odnosno procenjuje da li se radi o supraganglionarnoj povredi ili ne. Metode koje su i danas u upotrebi su elektromiografija (EMG) odgovarajuće ruke i paravertebralne muskulature, senzorne nervne akcione potencijalne (SNAP) i somatosenzorne evocirane potencijale (SSEP).

Neuroradiološke metode su nativni rentgenski snimci, mijelografija cervikalnog dela, CT mijelografija, Magnetna rezonanca.

Od značaja su ostale dijagnostičke procedure kao što je i angiografija obzirom na veliku udruženost povreda nervnih i vaskularnih struktura.

Nakon obavljene prethodne dijagnostike ako je potrebno pristupa se hirurškoj eksploraciji uz upotrebu intraoperativnog monitoringa.

### *1.5.1.ELEKTROFIZIOLOŠKE DIJAGNOSTIČKE METODE*

#### **Elektromiografija (EMG)**

Elektromiografijom se utvrđuje postojanje ne samo denervacije klinički paralizovanih mišića ruke, već uključuje i one inrevisane toracikus longusom i dorzalis skapule, registruje denervaciju paraspinalnih mišića inervisanih zadnjim granama spinalnih nerava koji nastaju na nivou odgovarajućih foramena. EMG koji se uradi nakon samo nekoliko dana od dana povrede može da pokaže postojanje delimično očuvanog kontinuiteta nervnih struktura, ako su prisutni motorni akcioni potencijali u oduzetom gornjem ekstremitetu sa izmenjenim ili izgubljenim senzibilitetom. Prvi kontrolni pregled EMG-om treba načiniti nakon tri nedelje od dana povređivanja, ne bi li se verifikovali talasi tipa fibrilacije koji ukazuje da se radi o denervaciji u oštećenom mišiću ( Robles, 1968; Waren i sar., 1969). Verifikovana denervacija u romboideusu i seratusu anterioru ukazuje na najverovatnije gornju proširenu paralizu ili leziju svih korenova brahijalnog pleksusa. EMG-om može se verifikovati i oporavk pre samog klinčkog oporavka tako da je značajan i u postoperativnom toku, kao i kod povreda koje će se same spontano oporaviti (19,36,37).

#### **Senzorni nervni akcioni potencijali**

Senzorni nervni akcioni potencijalipredstavljaju (Parry 1992) elektrofiziološku dijagnostičku proceduru kojom seregistruje prisustvo očuvanih senzornih nervnih akcionih potencijala (SNAP) u zoni anestezije nakon povreda brahijalnog pleksusa kod oštećenje dorzalnih korenova. Ova elektrofiziološka dijagnostička procedura sebazira na činjenici da periferni aksoni ostaju povezani sa telima nervnih ćelija u dorzalnom ganglionu i ne podležu degeneraciji uprkos avulziji spinalnih korenova. Ali, stimulisani nervi obično poseduju više anastomoza sa ostalim korenovima, tako da prisustvo SNAP ne potvrđuje uvek supraganglionarni nivo lezije, podarzumeva se da postoji odsustvo SNAP kod lezija distalno od dorzalnog ganglionona. Međutim, kod lezija na dva ili više nivoa ne isključuje mogućnost postajanja supraganglionarne lezije. Kada se registruju SNAP, jedino je poznato da je periferna lezija minimalna ili je nema (18,36,37,78).

### **Somatosenzorni evocirani potencijali**

Somatosenzorni evocirani potencijali -Zalis i saradnici (1970) uvode ovu metodu u kliničku praksu, tokom narednih dvadesetak godina značajno napreduje i uvodi u redovnu preoperativnu dijagnostičku proceduru uvidom u literaturu(Jones,1979; 1987; Landi i sar.,1980; Synek i Cowan 1982; Jones i sar., 1984; Synek 1986).

U Erbovoj tački(N9), između II i VII spinoznog nastavka vratnog dela kičmenog stuba (N13) i iznad kontralateralnog senzomotornog korteksa (N20) SSEP se mogu uraditi za medianus, ulnaris, radijalis i muskulokutaneus. Registrovanjem potencijale bi trebalo uporediti sa potencijalima zdrave ruke. Oštećenje nervnih struktura na verifikovanom nivou postoji ako je vrednost atenuacije SSEP preko 40%(Jones,1979). Kod supraganglionarnih povreda ( avulzija) spinalnih korenova SSEP se ne menja na tački N9, ali postoji značajno odstupanje ili ih nema na tačkama N13 i N20. Kako kod drugih tako i kod ove dijagnostičke procedure postoje nedostaci- a to su da SSEP nas informiše samo o senzitivnim potencijalima; ako ispitujemo samo jedan nerv ovom procedurom npr. medianus može se dobiti lažno negativni rezultati kod supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa ako su povređeni samo jedan ili dva korena jer postoje značajne anastomoze i sporvodljivost do ciljnog mišića kroz nepovređene nervne strukture, čak i ako su malobrojne nekoliko stotina vlakana ima centralne konekcije (Kline i Hudson, 1995). Još jedan od nedostataka ove metode je da koren C5 ne može se sa preciznošći dijagnostikovati u slučajevima kada se radi o kombinovanoj leziji( i centralna i periferna)(18,19, 36,37,78).

### **Intraoperativne elektrodijagnostičke procedure**

Intraoperativne elektrodijagnostičke procedure nam omogućavaju da tok operacije nakon eksploracije i identifikacije pojedinih elemenata brahijalnog pleksusa stimulacijom potvrdimo prisustvo odnosno odsustvo motornih i senzornih potencijala. Takođe pruža nam odgovor postoji li intraneuralna lezija kod makroskopski intaktnih nervnih stabala kao i ukazuje na funkcionalnost pojedinih fascikulusa tako da tokom operacije dobijamo precizne odgovore koji nam pomažu da se hirurška rekonstruktivna operacija obavi i primeni najadekvatnija metoda transfera kod supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa.

Da bi se ova metoda primenila pristupa se kompletnoj eskploraciji ekstraspinalnog dela brahijalnog pleksusa u interskalenskom prostoru i to što bliže može intervertebralnom otvoru. Nakon toga je potrebno načiniti interfascikularnu neurolizu nervnih elementa, koja je jako otežana izraženim ožiljnim tkivom, ali se minucioznom tehnikom uz strepljenje i vreme ostvaruje.

### 1.5.2.NEURORADIOLOŠKE DIJAGNOSTIČKE METODE

Primena ovih metoda zasniva se prvo na nativnim rentgenskim snimcima koji se obično načine na dan povređivanja dok ostale dijagnostičke metode su specifičnije rezervisane samo za veće ili čak samo tercijerne ustanove, pa se obavljaju u daljem toku tokom prehirurške evaluacije nakon pegleda neurohirurga.

#### **Nativni rentgenski snimci**

Kod bolesnika sa povredama brahijalnog pleksusa potrebno je obaviti rentgeneske snimke cele vratne kičme, potom ramenog pojasa sa klavikulom i grudnog koša. Jedno od pravila u dijagnostičkoj evaluaciji pacijenata sa povredama brahijalnog pleksusa je da moraju imati kompletan radiološki bilans cervikalne kičme, ramenog pojasa sa klavikulom i grudnog koša. Povrede brahijalnog pleksusa su često udružene sa povredama koštano zglobnog sistema, ali ne znači da kada nema ovih povreda da povrede brahijalnog pleksusa ne mogu biti tako intezivne. U slučajevima kada su udružene sa povredma koštano-zglobnog sistema one mogu biti i vrlo su često intenzivnije i na više nivoa zbog samog delovanja kostih okrajaka na nervno tkivo u njihovoj blizini. Kod intezivnih traktionih sila oštećenje brahijalnog pleksusa može biti značajno proksimalnije u odnosu na lediranu kost zbog rezultantne sile koja deluje na udaljenosti (Kline i Hudson, 1995). Ako na nativnim retngenskim snimcima verifikujemo prelome vratnih pršljenova ili njihovih transverzalnih nastavaka, možemo sa sigurnoću posumnjati da se radi o proksimalnoj leziji –supraganglionarnoj jer su C4, C5, C6 i ponekad C7 snažno vezani za ove nastavke. Kod preloma ključne kosti , takođe se može posumnjati na proksimalnu povredu brahijalnog pleksusa jer je postojala intenzivna sila trakcije i istezanja nervnih struktura u odnosu na rameni pojas koji je ostao nepovređen. Kod preloma ključne kosti sa dislokacijom možemo sa opravdanjem

očekivati infraganglionarnu leziju sa oštećenjem trunkusa i fascikulusa tako da se može raditi i o povredi kombinovanoj na dva nivoa (Leffert, 1988)(26,78).

### **Mijelografija**

Cervikalnu mijelografiju kao dijagnostičku proceduru za procenu nivoa lezije brahijalnog plexusa prvi uvodi Murphey i sar. (1947). U daljem toku analizirana od strane više autora i došlo se do toga da su njene vrednosti u to doba vrhunske posebno za povrede tipa supraganglionarnih tracionih povreda (Davies i sar., 1966; Shapiro, 1968; Yeoman, 1968; Frot, 1977; Sunderland, 1978), kasnije i Cobby (1988) i Hashimoto (1991) ističu mijelografske znakove koji dokazuju prisustvo avulzije spinalnih korenova.

Znaci avulzije su : 1. prisustvo traumatske meningocele, 2. zbog obliteracije duralne vreće ivica kontrastnog stuba je isparavljena ili čak konkavna, 3. beleži se i cistična promena likvorom ispunjena u spinalnom kanalu koji potiskuje i pomera kičmenu moždinu na neoštećenu stranu, 4. koreni koji se inače prikazuju kao radiolucentne trake bivaju ili pomereni ili ih jednostavno nema na broju, 4. zbog fibroze subarhnoidalnog prostora javljaju se defekti punjenja konkavnog oblika, 5. kontrastni stubac može biti sužen zbog postrumatskog edema kičmene moždine ako je procedura sprovedena do 15 –og dana dok se edem još nije povukao, 6. takođe se mogu prikazati i linearne kolekcije u subduralnom i epiduralnom prostoru zbog rascepa na omotačima korenova.

Treba voditi računa o količini datog kontrasta jer kod manje količine mogu se javiti lažno negativni rezultati.

Ipak ni ova metoda ne mora da ukaže da se radi o avulziji ako nema rascepa na duralnim ovojnica, što se i događa kod centralnog mehanizma nastanka avulzija. Još nedostataka je i vreme u kom se radi, može prikazati nalaz koji ne ukazuje na prisustvo meningocele, jer se ista zatvorila fibroznim ožiljnim tkivom, a ukoliko se uradi mnogo rano krvni koagulumi mogu zatvoriti rascep i obliterišu meningocelu ili će pak kontrast prolaziti kroz rascepe na duri, te se preporučuje zbog lažno pozitivnih odnosno lažne negativnih rezultata da se ova procedura primenjuje 6 nedelja nakon

povrede. Zabeleženi su različiti rezultati na primarnoj -ranj mijelografiju u odnosu na kontrolnu nakon nekoliko nedelja.

Ali jasno je da ukoliko ova procedura ukaže da je više segementa cervikalne regije zahvaćeno i prikazuje patološki supstrat, verovatno se radi o proksimalnoj leziji.

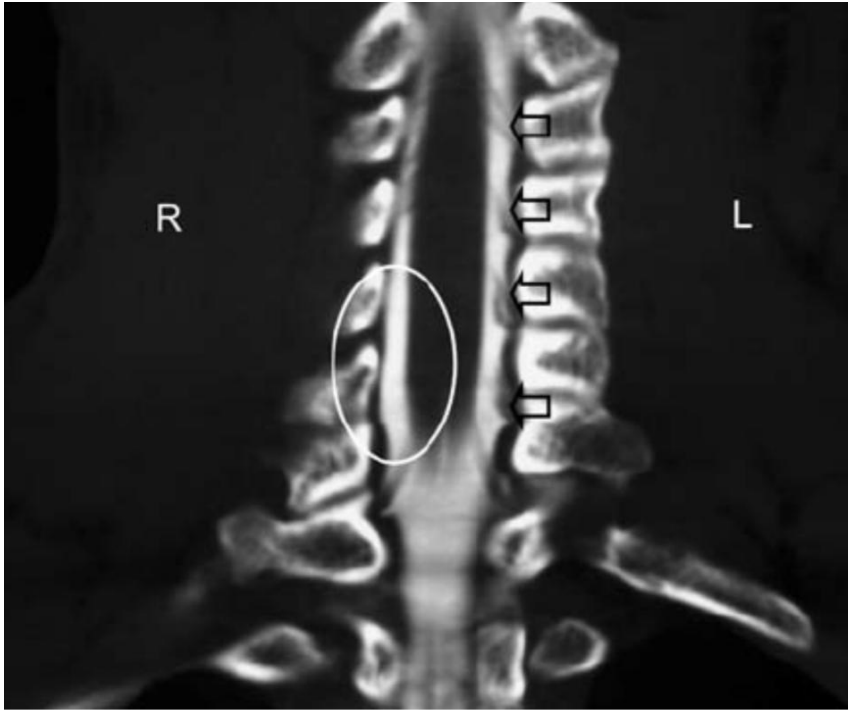
Grupa autora je objavila ( Lffert, 1988; Kawai i sar., 1989 ), Hentz i Narakas (1988) postojanje lažnopolitivnih i lažnonegativnih nalaza u 20% do 50% slučajeva za korenove C5, C6 i C7, dok su se rezultati dobijeni za donje korenove ( C8 i Th1) podudarali sa većom tačnošću(22,26,40,44,71).

### **Kompjuterizovana tomografija-mijelografija**

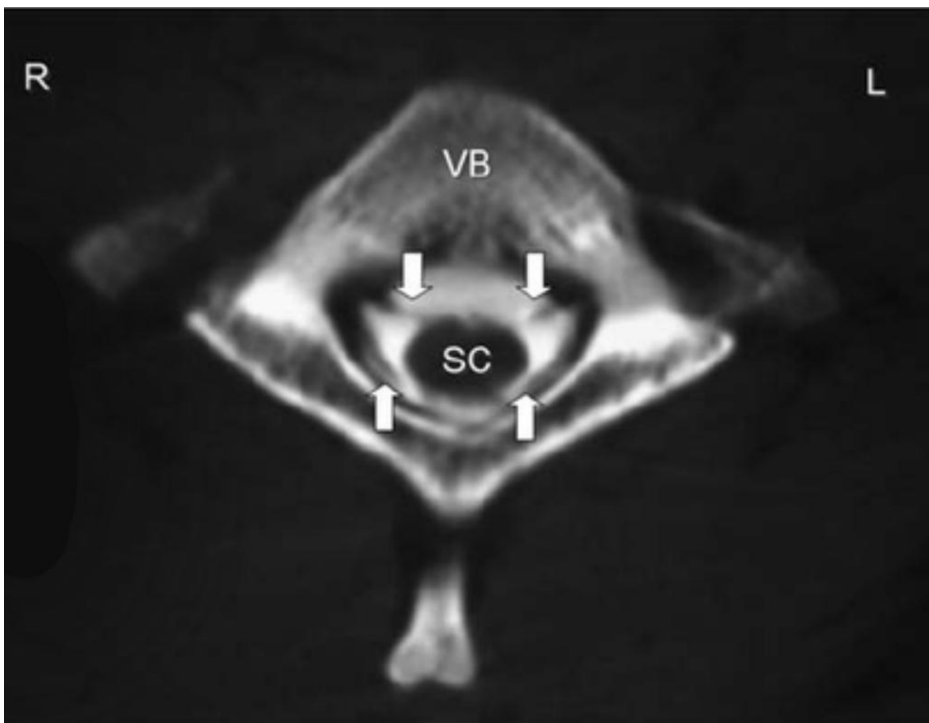
Nativna Ct dijagnostika može ukazati na postojanje trumatskih lezija kostnih struktura kao i postojanje epiduralnog hematoma ako postoji, traumatskih menogocela ali ne i prikaz korenova (Kaiser i sar., 1984). Primenom kontrasta intradularno dobijamo, odnosno primenom kompjuterizovane mijelografije dobijamo i podatke o do tada ne vidljivim korenovima i eventualno prisustvo avulzije.

Nalaz CT mijelografije je sličan nativnoj rentgenskoj mijelografiji i ukazuje na iste znake u smislu potvrđivanja avulzije spinalnih korenova, stim da daje preciznije podatke o meningoceli i njenoj ekskuziji u intervertebralni foramen, kao i eventualno pomeranje kičmene moždine(Petras i sar., 1985; Marshal i De Silva, 1986). Petras i saradnici (1985) navodi da je velika sličnost dijagnostičke vrednosti CT mijelografije i cervikalne mijelografije. Pak Marschal i De Silva (1986) su ukazali, a Brunelli (1995) potvrdio prednost CT mijelografije u odnosu na nativnu cervikalnu mijelografiju na svim nivoima. Ovom metodom se prikazuju i finiji detalji kao na primer rascepi na duri, subarhnoidalni divertikulumi (Roger i sar.,1988; Samardžić i sar., 1991). Povremeno se ne mogu vizuelizovati korenovi u meningocelama zbog njihove male dužine kao i postraumatske retrakcije.Ovom metodom je prevaziđen problem jasne vizuelizacije korena C5 i C6 koji je značajan problem kod cervikalne mijelografije (26,40,58,71,72,84).

Na prikazanim fotografijama (Slika 1 a, b, c) u daljem tekstu prikazani su snimci CT mijelografije kompletne avulzije C6 korena i nekompletne C7 sa desne strane;1.au koronornom preseku i 1.b uaksijalnom preseku .

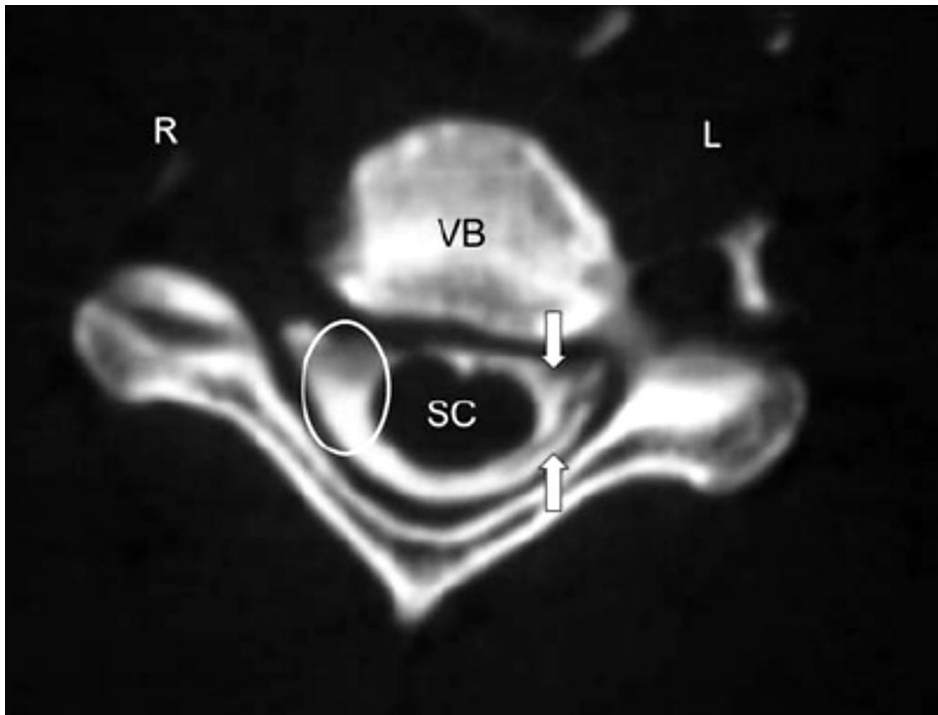


Slika 1.a CT mijelografija avulzije korenova C6 i C7 desno(29)



Slika 1b -CT mijelografija avulzije korenova C6i C7 desno(29)





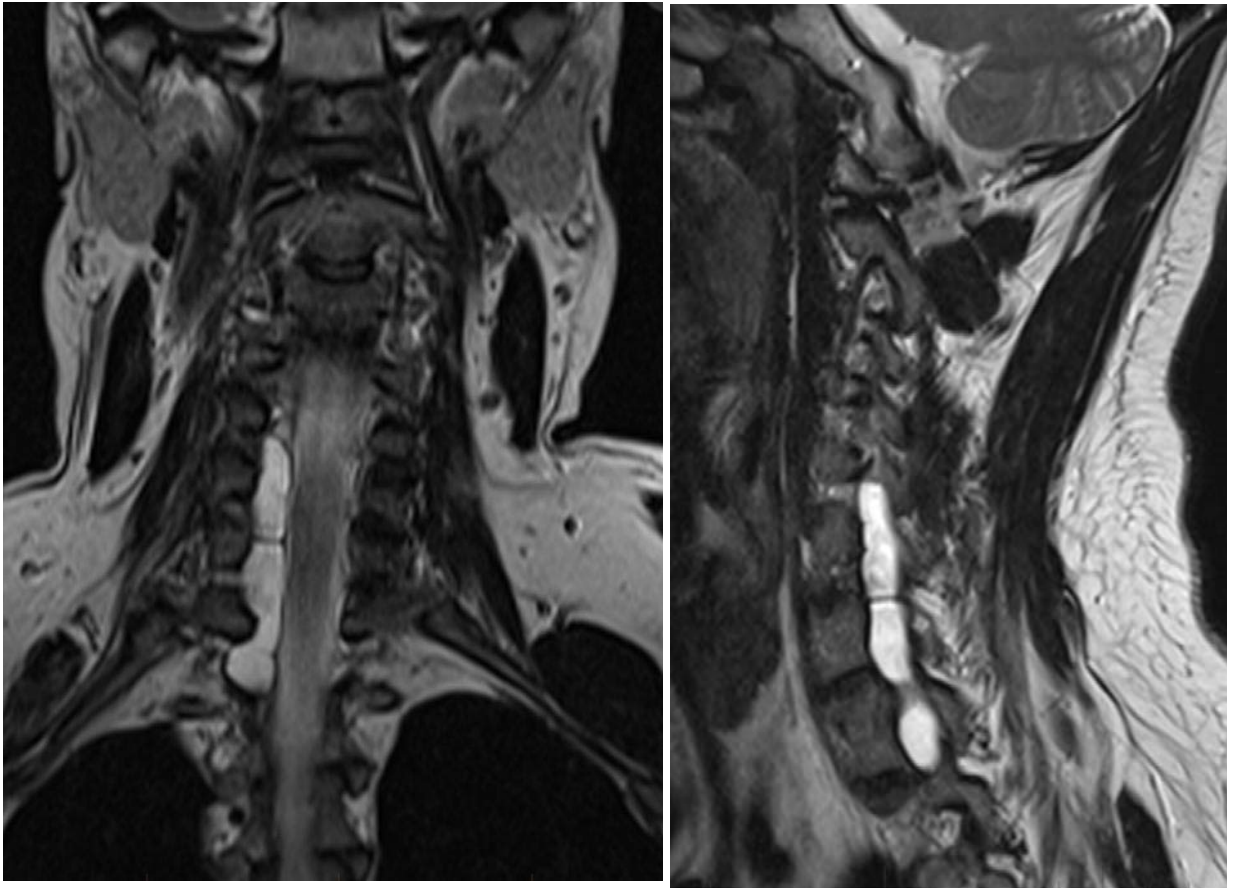
**Slika 1.** cCT mijelografija avulzije korenova C6i C7 desno(29)

### **Magnetna rezonanca**

Magnetna rezonanca je najmlađa neuroradiološka procedura koja se koristi u proceni traktionih povreda brahijalnog pleksusa. MR prikazuje jasno mekotkivne strukture u više osovina bez superpozicije artefakata prouzrokovanih okolnim kostnim strukturama. Ima poseban značaj u prikazu ekstraspinalnog dela brahijalnog pleksusa, što nije moguće dobiti ostalim radiološkim procedurama. Sa druge strane dijagnostička vrednost u evaluaciji avulzije spinalnih korenova je relativno mala ( Vielvoye i Hoffman, 1993). Međutim, MR omogućava vizuelizaciju traumatskih meningocela i intra ili ekstramedularnih spinalnih hematoma, ali značajan nedostatak ove metode je nemogućnost sagledavanja spinalnih korenova i njihove očuvanosti zbog njihove dužine koja je mala.

Kao što je već više puta navedeno zbog anatomskih varijeteta koji su prisutni kod brahijalnog plexusa i njegove građe i grananja potrebno je sagledati i zdravu stranu(Blair i sar., 1987; Kellman i sar., 1987). (32)

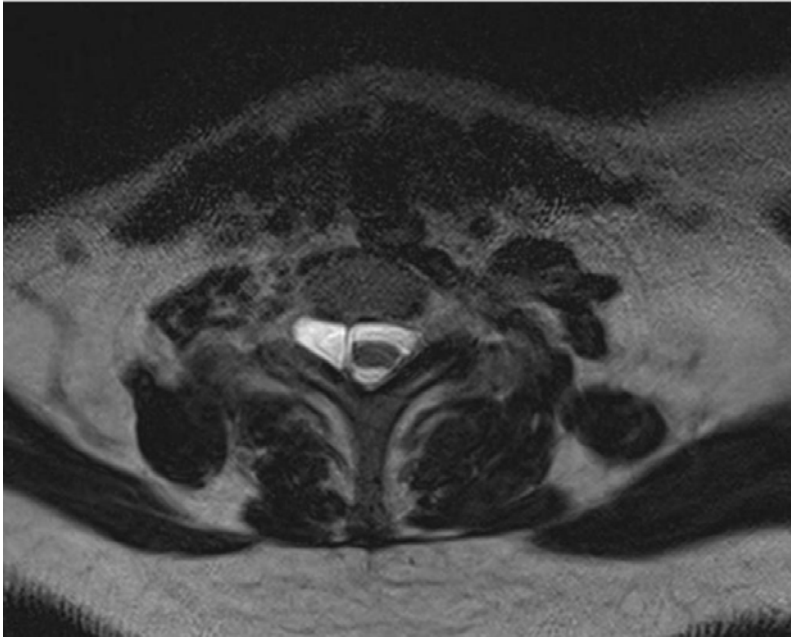
Udaljem tekstu fotografije MR snimaka u T2 sekvenci, koronarnom sagitalnom i aksijalnom preseku koji ukazuje na pseudomeningocele kod avulzije korenova C5 do C8 desno.



Slika 2.a Mr snimak pseudomeningocele  
presek(33)

Slika2.b Sagitalni T2 koronarni

nakon avulzije korenova C3-C7 desno



Slika 2.caksijalni T2 presek(33)

### 1.5.3.OSTALE DIJAGNOSTIČKE METODE

#### **Angiografija**

Obzirom da se povrede elemenata brahijalnog pleksusa udružene i sa vaskularnim povredama, kao da se stvaraju pseudoaneurizme nakon intenzivnih traktionih sli a i ova je jedna od metoda koju je potrebno uraditi u prehirurškoj evaluaciji. Kada raditi- naravno kada postoje upozoravajući klinički i radiološki znaci za postojanje oštećenja na vaskularnim elementima. Neki od najbitnih znakova su odsustvo karotidnog i radijalnog pulsa, ili ako se palpira pulsatilna ekspanzivna tumefakcija sa šumom/ trilom u regiji pružanja elemenata brahijalnog pleksusa. Zastupljenost udruženih povreda sa vaskularnim je nego od 10 do 20%(62,64).

#### 1.5.4.HIRURŠKA EKSPLOKACIJA I INTRAOPERATIVNI MONITORING

##### **Hirurška eksploracijabrahijalnog pleksusa**

Iz svega navedenog, zaključujemo da ne postoji apsolutno pouzdana dijagnostička procedura u dijagnostici tracionih povreda brahijalnog pleksusa, ali se kombinacijom svih do sada navednih može dobiti informacija relativno pouzdana o mogućem nivou lezije brahijalnog pleksusa.Hirurška eksploracija brahijalnog pleksusa može biti od značajne pomoći pri postavljanju dijagnoze, naročito u dijagnostičko nedovoljno jasnim slučajevima. Postoje dve mogućnosti za hiruršku eksploraciju brahijalnog pleksusa, eksplorativna hemilaminektomija i ekstenzivna ekstraspinalna eksploracija.

Preporuke kada raditi eksplorativnu hiruršku dijagnostiku bila je u slučajevima koji su nejasni (Verbiest 1970) kada je preporučivana hemilaminektomija i čak u svim slučajevima ( Privat 1982). Međutim, zahtevna hirurška intervencija kao i da je to sasvim jasno prvi akt da bolesnika očekuje i drugi akt hirurške reparacije izlaganje bolesnika je bio argument protiv, bez obzira što bi se sa 100 % sigurnošću verifikovala eventualna avulzija korenova.

Ali zato procvat minimalne invazivne hirurgije i primena endoskopa može zameniti prethodno predloženu hemilaminektomiju( Monsivais i sar., 1994).

Veći broj autora je ukazao na drugačiju hiruršku eksploraciju , a to je ekstenzivna ekstraspinalna hirurška eksploracija brahijalnog pleksusa (Narakas, 1978; Sedel, 1982; Samardžić, 1991; Trojaborg, 1994), naravno, sa intraoperativnim elektrodijagnostičkim procedurama (3,6,12,78).

##### **Intraoperativne elektrodijagnostičke procedure**

Onenam omogućavaju da tokom operacije nakon eksploracije i identifikacije pojedinih elementa brahijalnog pleksusa stimulacijom potvrdimo prisutvo, odnosno odsustvo motornih i senzornih potencijala.. Takođe, pruža nam odgovor postoji li intraneuralna lezija kod makroskopski intaknih nervnih stabala koja i ukazuje na funkcionalnost pojedinih fascikulusa, tako da tokom operacije dobijamo precizne odgovore koji nam pomažu da se hirurška rekonstruktivna operacija obavi i primeni najadekvatnija metoda transfera kod supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa.

Da bi se ova metoda primenila pristupa se kompletnoj eskploraciji ekstraspinalnog dela brahijalnog pleksusa u interskalenskom prostoru i to što bliže može intervertebralnom otvoru. Nakon toga je potrebno načiniti interfascikularnu neurolizu nervnih elementa, koja je jako otežana izraženim ožiljnim tkivom, ali se minucioznom tehnikom uz strepljenje i vreme seostvaruje.

Intraoperativno se primenjuje jednostavna stimulacija koja beleži kontrakcije u smislu ima li ih ili ne na određenom mišiću nakon stimulacije odgovarajućeg nerva. Nalaz je subjektivnog karaktera, i zavisi od same preciznosti elektrofiziologa i neurohirurga, te to predstavlja nedostaka ove metode, a označava se + do +++. Na indirektan način se dobija podatak o leziji ispitivanog nervnog stabla ili pojedinih fascikulusa, ali ne ukazuje na promene na senzitivnim vlaknima.

### **Registrowanje nervnih akcionih potencijala (NAP)**

Druga metoda je tegistrovanje nervnih akcionih potencijala (NAP):ova metoda je najznačajnija za ispitivanje infranglionarnih lezija koje su u kontinuitetu. Obavlja se na korenovima a prati na trukusima i fascikulusima uz sagledavanje i segmentalne distribucije. Obavezna je obrnuta stimulacija radi provere rezultata. U nalazu prati se amplituda, dužina trajanja NAP, i njihova distanca. Ovom metodom se mogu identifikovati povrede sa pseudokontinuitetom. Zaključno ova dijagnostička metoda ukazuje na stepen očuvanosti i broj očuvanih vlakana.

I ova metoda kao i prethodne ima svoje nedostatke: odsustvo NAP može da nastane kao posledica lezije korenova na različitom nivou; NAP može biti prisutan zbog preganglionarne lezije uz očuvanje senzitivnih vlakana, bez jasne diferencijacija o količini i intergritetu nervnih vlakana, te je ova metoda najznačajnija, kako je već rečeno samo za ekstraforaminalne lezije u kontinuitetu.

### **Registrowanje somatosenzornih akcionih potencijala SSEP**

Treća metoda je Registrowanje somatosenzornih akcionih potencijala (SSEP) :Rezultati se beleže u kontralateralnom centroparijetalnom primarnom senzornom korteksu, u udruženim sekundarnim i asocijativnim senzitivnim zonama u frontalnom regionu, uz elektrodu uzemljenja u potiljačnom regionu ili kontralateralnoj ruci. Ako postoje SSEP

to je potvrda o intaktnom senzornom traktu intraforaminalno (Jones, 1980).Kao fiziološki uredan nalaz uzima se negativan talas nakon latence od 7-10 msec, koga prati pozitivan talas veće latence, preko 20msec.

I ova metoda kao i prethodne ima nedostatak, a to je nemamo nikvu informaciju o stanju motrnih segmenata intraforaminalno.U slučaju da nema SSEP, ne dobijamo nikakvu informaciju gde je lezija intraforaminalno ili ekstraforaminalno ili kombinacija ova dva tipa lezije.

### **Registrowanje cervikalnih paravertebralnih motornih potencijala**

Četrta metoda jeRegistrowanje cervikalnih paravertebralnih motornih potencijala:Kod ove metode vrši se stimulacija na spinalnom nervu pre odvajanja zadnje grane neposredno iza intervertebralnoog otvora. Koaksijalna igla promera 0,5cm koja se plasira spolja od spinalne apofize paravertebralne muskulature, tik uz lamine.

I ova metoda kao i prethodne ima svoja ograničenja, a to je u ovom slučaju; u samoj tehnici obavljanja procedure- nesterilna iglena elektroda se ne može plasirati na najboljem mestu,potom ona ne daje pouzdane odgovore za korenove svaki za sebe, takođe. ne dajenikakve podatke o senzitivnom segmentu brahijalnog pleksusa.Ova metoda se obavlja na bolesniku koji je izveden iz mišićne relaksacije. Registrowanje centralne kondukcije upućuje nas na hiruršku rekonstrukciju po tipu graftova, a ne nervnim transferom. Daje pouzdanu informaciju o intraneuralnoj leziji i njenom nivou (Leffert,1988).

U daljem tekstu je prikazana tabela (Tabela 3.) koja nam može pomoći, u smislu sistematizacije primenjenih kliničkih i elektrodijagnostičkih procedura, kako bi sagledali najverovatnije mesto lezije kod bolesnika sa povredama brahijalnog pleksusa(36,37,78,79).

Tabela 3.Diferencijacija supra- i infraganglinarnih lezija ( modifikovana prema Roblesu, 1968; i Leffertu, 1988)(71)

Dijagnostički test	Supraganglionarna lezija	Infraganglionarna lezija
Klinički nalaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- paraliza proksimalnih mišića (seratus ant., levator skapule, romboideus</li> <li>- paraliza hemidijafragme</li> <li>- paraliza muskulature ruke</li> <li>- Hornerov sindrom</li> <li>- gubitak senzibiliteta u pogođenim dermatomima</li> <li>- Tinelov znak odsutan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-paraliza muskulature ruke</li> <li>-gubitak senzibiliteta u pogođenim dermatomima</li> <li>- Tinelov znak prisutan</li> </ul>
EMG	- denervacija paraspinalnih i mišića ruke	- denervacija mišića ruke
NAP	- prisutni i normalni	- odsutni ili redukovane amplitude
SSEP	- nepromenjeni na Erbovoj tački (N9), smanjeni ili odsutni na N13 i N20	- odsutni na Erbovoj tački(N9), N13 i N20
Mijelografija	-traumatske meningocele -nema detalja o korenovima	-normalan nalaz
CT mijelografija	-traumatske meningocele -prekid kontinuiteta korenova	-normalan nalaz
MRI	-traumatske meningocele	-prekid kontinuiteta nervnih elemenata

## **1.6.KOJE SU INDIKACIJE I KOJE JE PRAVO VREME ZA OPERATIVNO LEČENJE SUPRAGANGLIONARNIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA**

Vreme operativnog lečenja predstavlja jedan od zavisnih prognostičkih faktora za oporavak. Sama indikacija i vreme operativnog lečenja zavisi od mehanizma povređivanja, a u manjoj meri od tipa i nivoa lezije nervne formacije, ali se to ne odnosi i na lezije pleksusa brahijalisa koji ima svoje specifičnosti u pogledu vremena i indikacije za operativnim lečenjem, što se odnosi na neke specifičnosti povreda brahijalnog pleksusa.

Debata o terminu hirurške reparacije datira još osamdesetih godina prošlog veka (Millessi) koji navodi da istu treba uraditi čim se potvrdi da se radi o supraganglionarnoj leziji; devedesetih godina prošlog veka postoji mišljenje daleko agresivnije da istu treba obaviti još tokom prvog meseca od povrede (Dolenc, Kawai, Kawabata). Iz sve literature i prikazanih rezultata operativnog lečenja jasno je da operativni tretman treba obaviti nakon 6 meseci od trenutka povređivanja. Dobijeni su i podaci da se rezultati ne razlikuju značajno kod operisanih do godinu dana, ali je poznato da zakasnela operacija umanjuje oporovak čak i proksimalnih mišića. Nakon dve godine od povrede nema smisla obavljati operativno lečenje, oko ovoga su se saglasili svi autori već navedeni gore u tekstu.

Treba imati na umu da svi ovi rezultati daju preporuku o tome kada raditi operativni zahtev, ali ne treba zaoboraviti da na stepen oporavka indirektno ili direktno utiču i nivo i tip lezije, vrsta nerahirurške metode koja je primenjena kod lezije brahijalnog pleksusa, kao i godine starosti bolesnika, udružene povrede itd.

Ispitivanje i praćenje bolesnika sa povredom brahijalnog pleksusa je složeno i dugotrajno.

Kliničke pregled treba obavljati nakon primarnog mesec dana kasnije, a potom za dva meseca od strane neurohirga. Primarni EMG za povređeni ekstremitet treba načini nakon mesec dana i potom obaviti kontrolni nakon tri meseca od povrede. Ako se nakon tri meseca dokaže nekompletan opravak ili potpun, uz neravnomeran disociran oporavak funkcije povređenog ekstremiteta treba nastaviti mesečno kliničko i EMG praćenje, u slučaju da posle 6 meseci nema oporavka funkcije oštećene ruke, nakon



neuroradiološke kompletne dijagnostike pribegava se hirurškoj intervenciji. Ako se tokom prvih meseci ne registruje klinički oporavak, a registruje elektrodijagnostikom potrebno je mesečno dalje praćenje, što važi i za bolesnika gde smo verifikovali spontano poboljšanje izgubljene funkcije.

Povrede brahijalnog pleksusa se u velikom broju oporavljaju i sponatno, tako da je njihovo produženo praćenje opravdano, ali ne i duže od već navedenih termina, dovešće do dobrih rezultata oporavka. Tokom praćenja svi bolesnici su podvrgnuti intezivnim, produženim fizikalnim tretmanom radi očuvanja punih obima pokreta u zglobovima pasivnim vežbama, radi prevencije kontraktura, i gubitka neuromišićne spojnice malih mišića šake, koja znamo da se gubi nakon oko 120 dana.

## **1.7. REKONSTRUKTIVNA HIRURGIJA SUPRAGANGLIONARNIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA**

Uvidom u nalaze preoperativnog ispitivanja i intraoperativni nalaz primenjuju se različite hirurške procedure. Intraoperativno potvrđen patoanatomski supstrat može varirati od golim okom intaktnih nervnih struktura, nervnih struktura u kontinuitetu, pseudokontinuitetu, potpunog prekida nervnih stabala i avulzija, kao i kombinacija svih navedenih.

Kod hirurškog lečenja vrlo često se pribegava kombinaciji hirurških procedura, kao npr. neuroliza i transplantacija, neuroliza i nervni transfer, kao i različite kombinacije nervnog transfera.

### **1.7.1. Nervni transfer**

Kod supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa jedini mogući način reparacije je nervni transfer. Ovom metodom se postiže motorna i senzorna reinervacija funkcionalno najbitnijih nerava ruke korišćenjem očuvanih, manje značajnih nerava u pogledu funkcije-tj donori. Donori se odvajaju od svojih inervacionih područja i spajaju sa najbitnijim nervima ruke direktno ili u slučaju potojećeg defekta uz pomoć kraćih ili dužih graftova. Teži se što kraćim graftovim u cilju boljeg oporavka, a da nema tenzije na suturnoj liniji kao i pri pokretima ruke.

Na osnovu porekla odakle potiču donori se mogu podeliti na: Ekstrapleksusne (potiču iz susednih pleksusa vratni, torakalni) i intrapleksusne ili regionalne (potiču iz brahijalnog pleksusa).

Nervni transfer ili neurotizacija kako se još naziva ovaj vid hirurške reparacije zasniva se na spajanju dva inervaciono različita polja, gde značajnu ulogu imaju njihove cerebralne i medularne anastoze i plasticitet koji doprinosi oporavku funkcije. Primenom ove metode analogan aksonalni tok nervu recipijentu nakon spajanja sa nervima i njihovim neuronima koji su bili namenjeni drugom inervacionom različitom i sličnom području. Pri izboru donora teži se na sličnosti funkcije koju želimo oporaviti, ali veoma često isto nije moguće, pa se pribegava i drastično različitim u pogledu prethodne funkcije, ali kod primene ovih donora potrebno je da postoji makar i

delimično voljna radnja da bi se započeo i postigao oporavak recipijentnog nerva ( npr. kihanje, kašljanje, dubok udah kod upotrebe interkostalnih nerava kao donora ili pak podizanje ramena kod primene spoljašnje grane akcesorijusa kao donora).

Kod primene inerkostalnih nerava veliku ulogu igra i centralni plasticitet, posebno kod mlađih bolesnika. Treba se osvrnuti i na to da funkcija po tipu fleksije u laktu je mnogo manje zahtevna od značajno složenijih faznih pokreta, gde je prolongiran oporavak i nekoliko godina.

Tokom perioda oporavka u početnoj fazi pokreti su automatski, ali nakon treće godine uspostavlja se voljna kontrola npr. kod upotrebe interkostalnih nerava, dok posle 4 godine automatizam je beznačajan i neprimetan (Narakas 1991).

Pred hirurgom je jedan glavni cilj, kako oporaviti motoriku denervisane ruke nakon supraganglionarnih povreda brahijalnog plexusa, te pribegava reinervaciji jednostavnijih funkcija kao što je fleksija lakta i značajno složenijih kao što su abdukcija u zglobu ramena i znatno složeniji pokreti šake. Nekada pred sebe postavlja i cilj senzibilitet, ali on se jedino može ostvariti po tipu protektivnog senzibiliteta, najčešće kod medijanusa. Senzorna reinervacija se postiže korišćenjem kao donora prednjih grana cervikalnog plexusa ili prednje grane interkostalnih nerava. Oporavak je značajno duži nakon ove reinerevacije, ostaje izmenjen, kasni i nakon 5 i više godina, javlja se tek nakon treće godine, dok neki minimalni osećaji dodira mogu se zabeložiti tokom praćenja bolesnika i do druge godine(Narakas, 1991)(17,38,39,58).

Kako odabrati najbolju moguću kombinaciju donora u cilju reineravcije hirurrg postavlja na osnovu više činilaca i to na osnovu tipa avulzije odnosno tipa paralize nakon povrede kao i brojem motornih vlakana pojedinih segmenata brahijalnog plexusa koji se koriste kao donori, a imajući u vidu sve, njihovo poreklo, prisutne konekcije kao i moguće brojne varijetete, kao i novonastala slabost presecanjem donora od njegovog nervnog stabla, te ovo nije nimalo lak zadatak. U daljem tekstu biće prikazana tabela koja ukazuje na moguće donore i njihove karakteristike-poreklo, broj motonih vlakana i dijametar.

Tabela 4. Karakteristike potencijalnih donora za reinervaciju brahijalnog pleksusa.(58)

Donorni nerv	Poreklo	Broj motornih	Prosečan dijametar
<b>Interkostalni nervi ( II do VI ) 1</b>	<b>Gornji torakalni</b>	<b>500-700</b>	<b>1,5 -1,8</b>
<b>Prednje grane cervikalnog pleksusa 2</b>	<b>C3, C4</b>	<b>4100( +3250 senzitivnih)</b>	
<b>Spoljašnja grana akcesorijusa 2</b>	<b>Gornji cervikalni</b>	<b>1700-3000</b>	<b>2,1-3,2</b>
<b>Frenikus 2</b>	<b>C3, C4</b>		<b>1,5-2,0</b>
<b>Pektoralis lateralis 2</b>	<b>C5, C6, (C7)</b>	<b>920-1060</b>	<b>1,3-1,7</b>
<b>Subscapularis sa granom za teres major 2</b>	<b>C5, C6, (C7)</b>	<b>2140-3010</b>	<b>1,9-2,5</b>
<b>Toracikus longus 2</b>	<b>C5, C6, (C7)</b>	<b>1260-1470</b>	<b>1,5-1,7</b>
<b>Toracodorsalis 2</b>	<b>C6, C7, C8</b>	<b>1530-2470</b>	<b>2,1-3,0</b>
<b>Pectoralis medijalis 2</b>	<b>C8, T1</b>	<b>1170-2140</b>	<b>1,5-2,5</b>
<b>Medijalna grana pektoralne omče 2</b>	<b>C8, T1</b>	<b>330-440</b>	<b>0,8-1,2</b>

\* Kompozicija vlakana: 1. Mešovita 2. Predominantno motorna

Kod supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa neki tipovi nervnog transfera, odnosno upotreba donora se može koristiti u bilo kojoj situaciji, jer je njihovo poreklo različito od zone lezije iz koje polaze povređeni korenovi. Ovo se odnosi na regionalne donore, tj bočne grane brahijalnog pleksusa kod gornje paralize brahijaallnog pleksusa.

Povremeno se ne može iskoristi kao donor ni spoljašnja grana akcesorijusa kao donor kod intenzivnijih tracionih sila koje izazivaju oštećenja na kranijalnim segmentima vratnog dela kičme i pripadajućim korenovima.

Najzastupljenija kod gornje paralize je ruptura korena C5 i avulzija C6, avulzija korenova C5 i C6 je ređa pojava, kao što je i navedeno do sada, a tek izolavana avulzija C5 je najređa. Kao najadekvatnija metoda hirurške reparacije u ovim slučajevima je regionalni nervni transfer, odnosno upotreba proksimalnog okrajka C5, tj. tzv. intrapleksalni ili plekso-pleksalni transfer (Narakas, 1985).

Međutim, kod donjih C7, C8 i Th1 ili C8 i Th1 korenova avulzija je češća i često udružena sa ekstraforaminalnom povredom spinalnih nerava C5, C6. Donja paraliza sama za sebe je baš retka.

Na kraju još i avulzija svih pet korenova ili ruptura C5 i avulzija od C6 do Th1 je zastupljena u sličnom procentu kao prethodno navedena dva tipa lezija. Kod ovog tipa oštećenja brahijalnog plexusa za nervni transfer kao metoda izbora kao donori, koriste se ekstrapleksusni nervni donori: interkostalni nervi, spoljašnja grana akcesorijusa, motorne grane cervikalnog plexusa. Postoji mogućnost i uključenja u reinervaciju i proksimalnog okrajka korena C5 ako je hirurški dostupan.

U nervnom transferu da bi se ostvario najbolji funkcionalni oporavak nerava denervisane ruke koriste se funkcionalno manje značajni nervi. Prilikom presecanja donornog nerva iz njegovog primarnog polja inervacije može doći do dodatnog funkcionalnog oštećenja ukoliko se kao donori koriste akcesorijus, toracikus longus, torakodorsalis i pektoralni nervi, a o čemu će biti reči kasnije.

Rezultat operacije tj. oporavak funkcije nakon nervnog transfera u velikoj meri zavisi od broja mijelinskih, pre svega motornih, vlakana koji će transferisati u paralitičnu ciljnu mišićnu grupu ili mišić su dati u tabeli broj 4.

Mešovita struktura vlakana II-IV interkostalnih nerava na srednjoj pazušnoj liniji je u pravcu senzitivnih vlakana, te se isti mogu koristiti za reinervaciju u pravcu nadoknade senzorne funkcije (Narakas, 1982; Ploncard, 1982; Samardžić i sar., 1985).

Za razliku od gornjih interkostalnih nerava spoljna grana akcesorijusa ima prevashodno motorna vlakna, ali njihov broj pada tokom njegovog toka, te se na mestu sekcije istog, a nakon odvajanja bočnih grana značajno manji, ali ipak dovoljan (Allieu i sar., 1982; Samardžić i sar., 1985).

Kada je reč o bočnim granama brahijalnog plexusa, ovde se srećemo sa još manjim brojem motornih vlakana, obzirom da je veliki broj motornih vlakana izgubljen zbog porekla iz oštećenih korenova.

Proksimalni okrajak korena C5 ima veliki broj motornih vlakana, nakon povrede, najčešće ruptur koja se dešava gubi se značajan broj motornih vlakana i smanjuje po nekim autorima od 15 do 85%, prosečno pola se gubi u procesu degeneracije, i još treba naglasiti njegovu mešovitu strukturu, odnosno da poseduje i senzitivna nervna vlakna, ali u manjem procentu u odnosu na korenove kaudalnije od C5 (Narakas 1985).

Recipijentni nervi imaju mnogo veći broj motornih ( mijelinskih) vlakana od svih navedenih donora koji će se transferisati sa ili bez nervnih graftova i prevažodno su motorni.

Najčešći recipijentni nervi su muskulokutaneus i aksilaris. Zašto baš ovi, a ne neki drugi, jer njihova lokalizacija i kraći put regeneracije do ciljnog denervisanog mišića je kraća od drugih, funkcija jednostavnija muskulokutaneusa ili nešto složenija aksilarisa, potom izbegava se ukrštena reakcije i pojava sinkinezija, koje mogu dodatno jako onesposobiti nakon reinervacije na nivou trunkusa ili fascikulusa kada zbog ukrštene reakcije i mešanja fascikulusa na putu ka aksili dolazi do reinervacije agonista i antagonista. Od oko 6000 motornih vlakana koje imaju ovi recipijentni nervi, samo 30% je potrebno da bi se vratila kakva takva funkcija mišića, i kao npr. Bicepsu je potrebno samo nekoliko stotina vlakana za oporavak (Alnot, 1977; Narakas, 1988, 1991). Nakon reinervacije mišići koji imaju proksimalniji položaj su sa boljim oporavkom jer do njih dolazi veći deo aksonalnog rasta.

Prioritet u reinervaciji supraganglionarnih povreda brahijalnog plexusa je reinervacija muskulokutaneusa, a radi ostvarivanja punog obima pokreta u laktu. Nakon reinervacije muskulokutaneusa i oporavka bicepsa dolazi i do delimične stabilizacije u ramenom pojasu.

Za bolesnika sa povredom brahijalnog plexusa i minimalni oporavak funkcije ruke je od značaja, ranije mu je smetala a sada može poslužiti i za pridržavanje, te se zadovoljavajući oporavak funkcije nakon nervnog transfera može smatrati oporavak funkcije lakta u punom obimu koja se dobija od strane bicepsa a reinervacijom

muskulokutaneusa i stabilizacija ramena i minimalna abdukcija od strane deloideusa, a nakon reinervacije aksilarisa.

Nakon reinervacije supraskapularisa se takođe mogu dobiti rezultati u stabilizaciji ramena i aktivna abdukcija ruke, ali tu postoje oprečna mišljenja.

Nakon reinervacije i oporavka bicepsa i deltoideusa a u cilju fleksije lakta i rešavanja subluksacije ramena i abdukcije ruke, razmišljalo se i o drugim prioritetima kao što su pokreti fleksije a potom i ekstenzije prstiju i ručja. Mislilo se na na protektivni senzibilitet u inervacionom području medijanusa(misleći na prva dva prsta), što Mackinon i Dellon odbacuju jer reinervacija senzibiliteta u oduzetoj regiji nema značaja, ali stavlja naglasak što se tiče reinervacije senzibiliteta, da se ista uputi na untrašnju stranu podlaktice i šake.

Konačni rezultat nervnog transfera procenjuje se nakon tri godine od operacije. I najmanji oporavak posebno priksimalnih mišića za bolesnika je od značaja da iole koristi ekstremitet za samostaranje. Nakon isteka tri godine većina radnosposobnih bolesnika, potražiće prekvalifikaciju, i naučiti da živi sa deficitom koji je za njega značajno manji nego pre nervnog transfera.

Bol nakon tracionih povreda predstavlja jošjedan problem. Prisutan je kod oko 40% bolesnika sa avulzijom spinalnih, prvenstveno donjih korenova. Nakon operacije prestaje jak bolni sindrom kod 50% bolesnika, a kod preostalih postaje podnošljiv. Intenzivan bol menja bolesnika na psihičkom i fizčkom nivou i onesposobljava za ikakve poslove i fizikalne tretmane. Ako bol zaostaje i nakon nekog vremena nakon načinjenog nervnog transfera pristupa se koagulaciji ulazne zone dorzalnih korenova na kičmenoj moždini ili nekoj drugoj od operacija u terapiji bola(4,5,20,41,42,45,47,52,53,56,57,58,59,60,61,66,75,84,85,86).

### Hirurški postupak

Koju će dimenziju dobiti hirurška operacija brahijalnog pleksusa zavisi od rezultata dijagnostičkih procedura obavljenih tokom preoperativnog ispitivanja u smislu avulzije spinalnih korenova, nivoa i ekstenzije intraneuralne lezije, kao i planiranog nervnog transfera.

Kod većine slučajeva prikazuje se i prepariše čitav brahijalni pleksus, supra i infraklavikularnim pristupom bez resekcije klavikule. Kod slučajeva koji su dijagnostički jasni identifikacija i prepacija elemenata brahijalnog pleksusa može biti svedena samo na supra ili infraklavikularni pristup. Prikazuju se svi elementi brahijalnog pleksusa, identifikuju, preparišu, kao i recipijentni nervi ( muskulokutaneus i aksilaris), kao i pripreme za sekciju i preseku. Potrebna je preparacija čitavog toka muskulokutaneusa sve do fascije korakobrahijalisa i aksilarisa do ulaza i kvadrangularni otvor u cilju isključivanja moguće i periferne lezije. Recipijentni nervi se presecaju u nivou njihovog nastanka, tj. odvajanja od fascikulusa, a zbog smanjenja dužine nervnih graftova kada kao donore koristimo bočne grane brahijalnog pleksusa. Kroz isti pristup se identifikuju, preparišu i pripremaju za sekciju kao i presecaju donorni nervi : spoljna grana akcesorijusa, gornji interkostalni nervima(obično trećem, četvrtom i petom).

Prema poreklu donora nervni transferi se mogu podeliti na:

Intrapleksusni nervni transfer:

-Bočne grane intaktnih segmenata brahijalnog pleksusa

-Okrajci korenova spinalnih nerava

Distalni nervni transfer

-Oberlin procedura

-Dvostruki fascikularni transfer za fleksiju lakta

Ekstrapleksusni nervni transfer:

Nervi poreklom od torakalnog dela kičmenog stuba

-Intrekostalni nervi (obično od III do VI)

Nervi poreklom od cervikalnog dela kičmene moždine

-Spoljašnja grana akcesorijusa

-Frenikus

- Prednje grane cervikalnog pleksusa

-C3 i C4 spinalni korenovi

-Kontralateralni transfer korena C7



### 1.7.1.2. INTRAPLEKSUSNI NERVNI TRANSFER

#### Regionalni nervni transfer

Može se smatrati vrstom intrapleksusnog transfera. Kod ove tehnike nervnog transfera kao donori koriste se bočne grane koje su „preživjele“ trakcionu povredu i moguća je kod bolesnika sa delimičnom oduzetošću nakon avulzije korenova.

Još tridesetih godina prošlog veka obavljen je transfer grana za pektoralne mišiće na muskulokutaneus i aksilaris, kao torakodorsalis i subskapularis na aksilaris kao jedino lediranog (Vulpus i Stoffel Foerester).

Kroz infraklavikularni pristup brahijalnom pleksusu se pristupa torakodorsalisu, pektoralis medijalisu i ponekad toracikus longusu i subsakapularisu. Funkcija se proverava intraoperativno elektrostimulacijom, bez obzira na nalaze preoperativne kliničke i elektromiografske dijagnostike.

Nervni transfer **torakodorsalisa** kao donora se može ostvariti direktnom anastomozom na muskulokutaneus (Samardžić i sar., 1992). Dok pektoralis medijalis može, a ne mora zahtevati kratke graftove do 5cm (Samardžić i sar., 1992).

**Toracikus longus** (Bellov nerv), nakon sekcije nakon grananja i davanja grane za seratus anterior može se direktno anastomozirati najčešće sa muskulokutaneusom (Narakas i Hentz, 1988).

Ovaj nervni transfer može biti i modifikovan, kada se koriste interkostalni nervi ili spoljašnja grana akcesorijusa i to radi nadoknade zbog razlike u promeru sa recipijentnim nervom.

Aksilaris obično ima monofascikularnu organizaciju fascikulusa na svom početku, dok muskulokutaneus ima polifascikularnu sa difuznim rasporedom fascikulusa.

Regionalni nervi, tj. **pektoralis medijalis**, torakodorzalis, toracikus longus i **subskapularis** mogu da se koriste u slučajevima gornje paralize brahijalnog pleksusa;

Glavne prednosti ovog nervnog transfera su: oko tri puta veći broj motornih vlakana u odnosu na interkostalne nerve (iako je deo njih pretrpeo denervaciju), značajno aksonalno mešanje, mogućnost direktne anastomoze ili anastomoze blizu motorne

ploče. Reseciranje regionalnih nerava ne rezultira značajnim poremećajima funkcije ramenog pojasa, naročito u slučajevima kada inače postoji teško oštećenje funkcije ramenog pojasa i ruke.

Iako je upotreba prednjih pektoralnih nerava napuštena zbog hendikepa bolesnika u odsustvu abdukcije mi smo postigli dobar oporavak u većini slučajeva sa gornjom paralizom brahijalnog plexusa koristeći pektoralis medijalis kao donor. Glavni razlog je mogućnost da se sačuva izvesna funkcija pektoralis majora distalnom sekcijom pektoralis medijalisa uz očuvanje nekih od njegovih grana (Samardić 1992).(13,14,15,31,73,76,77,80,84,85).

### **1.7.2.Nervni transfer uz upotrebu okrajaka korenova spinalnih nerava**

Haris i Low (1903) uvode ovu metodu-upotrebivši očuvani proksimalni nervni okrajak u nervnom transferu. Narakas je proširuje i usavršava i koristi proksimalni nervni okrajak ekstraforaminalno rupturiranog spinalnog nerva za reinervaciju struktura brahijalnog plexusa koji imaju poreklo vlakana od avulziranih korenova spinalnih nerava.

Kao što je već navedno čest nalaz je ruptura gornjih korenova C5, C6 i avulzija donjih koreova C7-Th1, pa se kod intrapleksusnog ili kako se još naziva plekso-pleksalnog transfera mogu iskoristiti proksimalni okrajci C5, C6 i ponekad C7 spinalnih nerava kao donori.

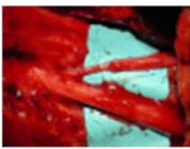
Prednosti upotrebe proksimalnih krajeva cervikalnih korenova se ogledaju u velikom broju regenerišućih motornih vlakana oko 15 hiljada, obzirom da je polovina izgubljena tokom degeneraciji, interfascikularno tkivo je beznačajne zastupljenosti, slična funkcija sa ciljnim mišićima. Dok su značajni i nedostaci zbog mešovitog sastava spinalnih nerava, ukrštene reakcije zbog disperzije regenerišućih vlakana, kao i otežan hirurški pristup sa otežanom identifikacijom nervnih okrajaka čak i uporebom SSEP-a (Narakas 1985).

### **1.7.3.Oberlin procedura**

Christophe Oberlin opisuje transfer jedne ili više motornih grana ulnarisa za biceps brahi. Ona se primenjuje za oporavak fleksije lakta kod bolesnika koji imaju ireparabilnu gornju paralizu(avulziju) i očuvane donje spinalne korenove. Pažljiv izbor fascikulusa ularnog nerva uz pomoć intraoperativne elektorstimulacije izbegava se bilo kakav deficit senzorni ili motorni u zoni inervacije donornog nerva.

#### **Hirurška tehnika**

Načinise rez dužine oko 15 cm na medijalnoj strani ruke od pektoralisa i ide distalno duž neurovaskuarnog snopa. Nakon otvaranja površne brahijalne fascije identifikuje se muskulokutaneus. Motorne grane za obe glave bicepsa identifikuju se na 12 cm distalno od akromiona i stimulišu da se potvrdi potpuna denervacija, a ujedno se identifikuju i proksimalno gde se spajaju u jedno stablo muskulokutaneusa, nakon čega se preseku za transfer na ulnaris. Ulnaris se identifikuje, načini spoljašnja a potom i epineurijalna neuroliza, izdvoje se fascikulusi, i na 3-4cm distalno od nivoa grana muskulokutaneusa za bicep, provere elektrostimulacijom. Obično se identifikuje jedan veliki fascikulus koji izaziva snažnu kontrakcijufleksor karpi ulnarisa, bez značajne kontrakcije ularnih intrising mišića. Taj fascikulus( ili više njih) su dovoljno distalno odvojeni da se mogu direktno anstomozirati na muskulokutaneus.(55).



Slika 3. Transfer fascikulusa Ulnarisa na Muskulokutaneus (Oberlin procedura) u cilju oporavka funkcije bicepsa(55)

### **1.7.4.Dvostruki fascikularni transfer za fleksiju lakta**

Mackinon je objavio kod 6 pacijenta direktan transfer motornih fascikulusa ulnarisa i medijanusa na grane za biceps i brahijalis muskulokutaneusa. Reinervacija je

zabeležena 5,5 meseci nakon operacije, a oporavak fleksije je bio 4+. Nije bilo senzornih ni motornih ispada ni kod jednog pacijenta nakon operacije. Autori navode brzi i uspesniji oporavak fleksije lakta nakon dvostrukog fascikularnog transfera u odnosu na jedan transfer(8,43,46).

## **1.7.5.EKSTRAPLEKSUSNI NERVNI TRANSFERI**

### **1.7.5.1.Interkostalni nervni transfer**

Za mogućnost nervnog transfera uz pomoć donornih nerava torakalnog plexusa kao što su intrekostalni nervi zna se još pre više od 55 godina, tokom razvoja rekonstruktivne hirurgije brahijalnog plexusa doživljava lake izmene u izboru gornjih interkostalnih nerava ili donjih koji su bili bogatiji motornim vlaknima, ali su zahtevali značajno duge nervne graftove pa rezultati nisu bili zadovoljavajući, potom su menjali mesto sekcije intrekostalnih nerava bilo od njihovog radjanja do srednje interklavikularne linije, potom mesto sekcije recipijenata na samoj inserciji uz biceps takođe sa dugim graftovima. Tokom daljeg razvoja dolazi se do zaključka o nedostacima prethodnih te petnestak godina kasnije govori se o dva najzastupljenija metoda interkostalnog nervnog transfera sa anastomozom u nivou srednje pazušne linije uz pomoć graftova (Milesi, 1977; Sedel, 1982; Narakas, 1987).

Intermedijarna tehnika potencira presecanje interkostalnih nerava između srednje klavikularne i srednje pazušne linije, ovom tehnikom su izbegnuti graftovi, te se ostavljuje direktna sutura donora i recipijentnog nerva ako se koriste interkostalni nervi ispod Th5 ili uz korišćenje kratkih graftova(Ploncard, 1982; Friedman i sar., 1991; Samardžić i sar.,1992), ova metoda se primenjuje u Klinici za neurohirurgiju KCS u Beogradu.

Interkostalni nervi su tanke nervne strukture debljine oko 1,5 do 1,8 mm, koji se obično sastoje od tri fascikulusa međusobno povezana rastresitim epineurijalnim tkivom. Treći interkostalni nerv je deblji od prethodnih i debljine od 2 do 2,5 mm.Naravno i ovde se javljaju varijacije, pa je interkostalni nerv sačinjen od tri nezavisne paralelne grane. Kao što je već navedeno gore u tekstu infraklavikularnim pristupom se pristupa i gornjim interkostalnim nervima (drugom i trećem), ali radi eksploracije, preparacije i

identifikacije ostalim interkostalnim nervima neophodna je načiniti inciziju duž slobodne ivice pektorlis majora sa lateralne strane grudnog koša. Tupom preparacijom u međurebarnom prostoru duž donje ivice gornjeg rebra na srednoj pazušnoj liniji kroz mišićna vlakna seratus anteriora dužine oko 5 do 6 cm. Preparišu se u što većoj dužini sve do srednje klavikularne linije i presecaju. Neretko se identifikuju i mišićne grane koje takođe treba preparirati ušto dužem njihovom toku, iseći i iskoristiti kao donore. Za graftove se koristi obično kutaneus antebrahii medijalis i njegove distalne grane, jer su sličnog promera kao jedan ili dva interkostalna nerva.

### Mikrohirurška procedura

Anastomoze donora sagraftovima i graftova sa recipijentnim nervom se izvode koristeći standardne mikrohirurške tehnike. Epineurijum recipijentnih nerava se uklanja kao prevencija naknadne fibroze na suturnoj liniji, ali se interfascikularna neuroliza ne radi obzirom na obrazac fascikularne organizacije i dijametar nerava. Suture se izvode kroz epineurijum donornih nerava i kožnih nervnih graftova i kroz interfascikularno nervno tkivo ili perineurijum fascikulusa recipijentnih nerava. Svaka anastomoza se kompletira sa dva šava na gornjoj strani nerva ili cirkumferencijalnim sa četiri do pet šavova oko nerva. Suturna linija se može zaliti fibrinskim lepkom. Problem perineurijalne ili epiperineurijalne suture leži u činjenici da sutura na gornjoj strani nerva ne obezbeđuje dovoljnu stabilnost protiv sila koje dovode do istezanja i cepanja suturne linije i koje prouzrokuju rotaciono pomeranje suturne linije. Teško je sprečiti rotaciju na suturnoj liniji šavovima zadnje strane kratkih nervnih segmenata. Može doći do pomeranja i uvrtnja suturne linije usled disanja bolesika. Za dobar oporavak bitna je mikrohirurška tehnika koja je inače atrumatska, ali zahteva vreme i spretnost, jer produžavanjem iste dolazi do prominiranja fascikulusa i njihovog sadržaja na liniji sekcije, što bi zahtevalo dodatnu sekciju, te je potrebu za dužim graftovima što može biti faktor koji će umanjiti krajnje rezultate hirurške intervencije.

Ostvarivanje anastomoze uz ubotrebu fibrinskog lepka značajno traje kraće u odnosu na već opisanu intermedijarnu tehniku upotrebom samo šavnog materijala. Priprema okrajaka donornih nerava graftova i recipijentnog nerva je ista kao kod prethodne tehnike, stin da se po pripremi interkostalnih nerva dva ili tri naređaju i spakuju

daimitiraju oblik grafta ili recipijentnog nerva, te nakon pripreme lepka( mešanjem dve faze ako se radi o gotovom preparatu) i postavljanje najlonske folije ili aluminjumske ispod pripremljenog okrajka, zalije se sa 2-3 kapi, nakon nekoliko minuta kada se pojavi belicasta neprozirna masa usled koagulacije fibrinskog lepka odvaja se od folije, opseca višak lepka kao i preseca okrajak oštrim sečivom po tipu žileta da ne bi zaostali lepak onemogućio prorastanje aksona kroz anastomozu. U daljem toku se skida sav višak lepka koji je dok je bio u tečnoj fazi slio sa strane oko okrajka mikromakaza i tog trenutka je taj okrajak spreman za dalji tok operacije. Isti postupak se vrši i sa graftovima takodje spajaju formira stablo, i takodje na isti način zalije fibrinskim lepkom i obradi na već neveden način. Potom se ostvaruje anastomozna za koju je potrebno da je u horizontalnoj ravni i dovoljne dužine da nema tenzije na suturnoj liniji jer adhezivnost fibrinskog lepka nije u istoj meri kao i sutrnog materijala. I ovde se upotebe dve suture šavnog materijala debljine 10,0 ili 11,0. Dalji postupak je isti kao i pri pripremanju okrajaka ponovo se postavlja folija i adaptiraju pripremljeni okrajci gde fibrinski lepak predstavlja na neki način veštački epineurijum, kroz koje su postavljene suture, i zalije se sa još 2-3 kapi suturna linija. Nakon opet 2-3 minuta doći će do očvršćavanja lepka, odvaja se od folije, odstrani ponovo višak slivenog fibrinskog lepka mikromakazama i time je anastomozna završena.

Prednost ove tehnike je zato što je najjednostavnija, atrumatska u potpunosti i relativno kratkotrajna. Prednosti ove metode su da nema mogućnosti prorastanja aksona na suturnoj liniji, kao i da ne postoji mogućnost prorastanja vezivnog tkiva kroz suturnu liniju, kao i da tokom operacije je značajno lakša manipulacija okrajcima (Samardžić i sar.).

Šta još treba znati o strukturi interkostalnih nerava radi odluke o izboru kao donora?

Značajna različitost u strukturi nerava, odnosu motornih i senzitivnih vlakana i njihovoj zastupljenosti tokom njihovog toka, debljini, funkciji pojedinih interkostalnih nerava. Mešovita je kompozicija sa oko 500 do 700 motornih nerava. Gornji interkostalni nervi imaju relativnu konstantnu zastupljenost motornih vlakana između srednje klavikularne i srednje pazušne linije, motorni deo interkostalnog nerva je lociran na većoj dubini u odnosu na senzitivna, pa se uz pomoć intraoperativne elektrostimulacije sa potpunom sigurnošću detektuje motorna komponenta koja se koristi u svojstvu donora. Drugi

interkostalni nerv ima veliku senzitivnu granu, kao i da može postojati mala motorna grana koja je dovoljna za inervaciju pektoralisa. Treći nerv je deblji od četvrtog interkostalnog nerva i funkcionalno značajan za inervaciju dojke dok peti i šesti, njihove senzitivne grane treba izbegavati kod bolesnika ženskog pola kao donora obzirom da je odgovoran za inervaciju bradavice. Donji interkostalni nervi su bogatiji motornim vlaknima, ali u nervnom transferu zahtevaju dužu prepraciju, kao i duge graftove, pa još ako na to dodamo i udaljenost od ciljnog mišića, kao i dvostruku anastomozu, najčešće nisu predmet interesovanja hirurga novijeg doba.

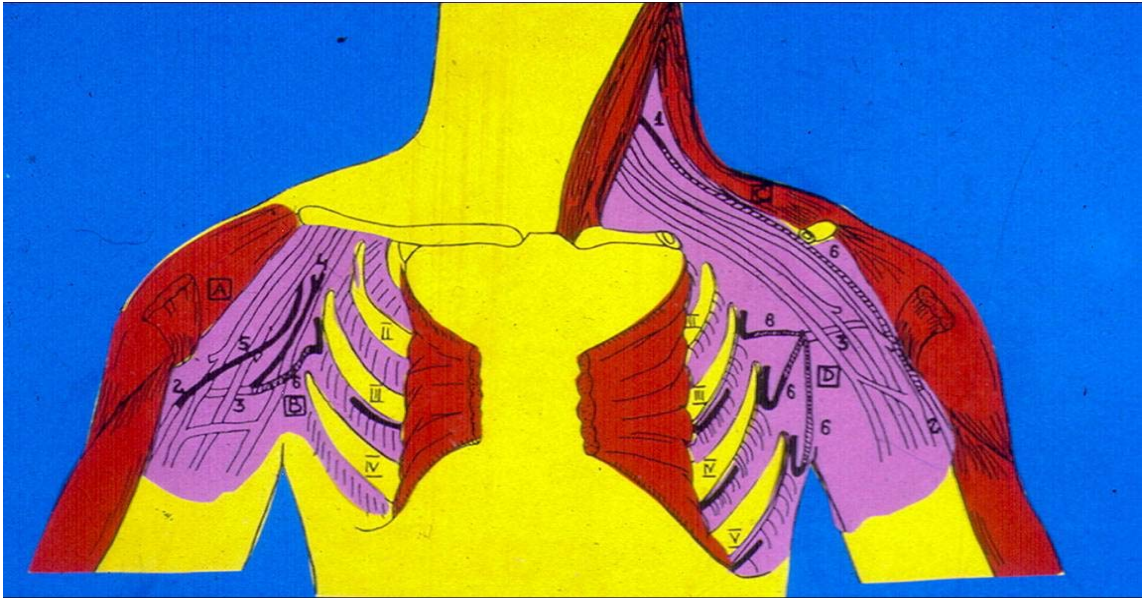
Bez obzira na široku primenu ovog transfera on ima i svoje nedostatke: dvostruka anastomoza, a kako se je poznato da se i do 30% aksona gubi na suturnoj liniji, značaj dve anastomoze je krucijalni, uz dodatno eventualno prorastanje vezivnim tkivom, dugi graftovi, mešovita struktura interkostalnih nerava uz znatan procenat senzitivnih vlakana koji učestvuju, značajno mali broj motornih vlakana u odnosu na recipijentne nerve kao što su muskulokutaneus i aksilaris oko 6000, kao i da je aksonalni rast do recipijentnog nerva procenjen na svega 17 do 31% .

Idealna anastomoza je ona koja je blizu motorne ploče jer se značajno umanjuje aksonalno mešanje.

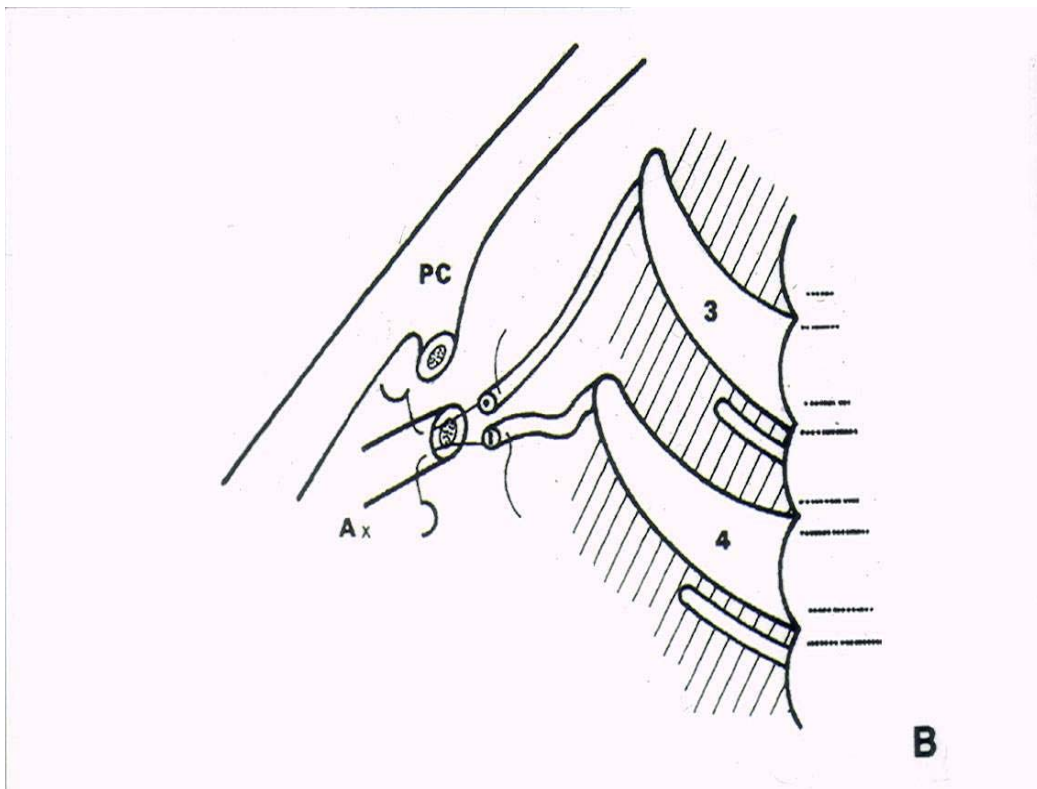
U literaturi je navedeno da su potrebna najmanje dva interkostalna nerva za postizanje zadovoljavajuće inervacije bicepsa, ima autora koji pribegavaju i većem broju interkostalnih nerava čak četiri nije donelo poboljšanje u ciljnom mišiću (Kawai , 1988).

Ispitivanja kako transfer više interkostalnih nerava na različite recipijente ne daje sinkinezije nije razjašnjena, kao i da li postoji neka nezavisna funkcija pojedinačnih interkostalnih nerava.

Promene nakon sekcije interkostalnih nerava na respiratornu funkciju ukoliko nema paralize dijafragme je neznatan, ali kada ista postoji smanjena je za čak 50% te se ova metoda u tim slučajevima ne primenjuje (Allieu, Clauzel i sar., 1986)(10,11,16,23,28,30,63,65,67,69,74,85,88).

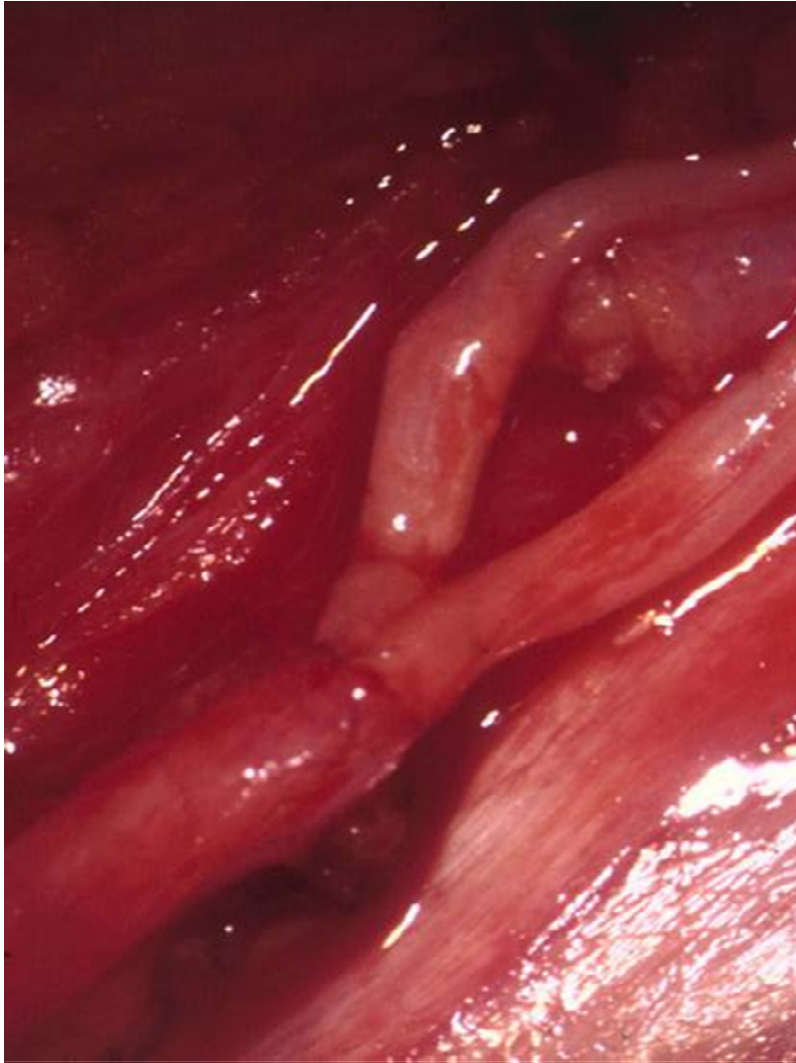


Slika 4. Šema najčešćih primera nervnih trasfera interkostalnih nerava (58)



Slika 5. Šema nervnog transfera Intrekostalnog III i IV nerva na aksilaris (71)





Slika 6. Intraoperativni snimak nervnog transfera Intrekostalnog III i IV nerva na aksilaris (71)

#### **1.7.5.2. Transfer spoljašnje grane akcesorijusa**

Primena spoljašnje grane akcesorijusa prvi put je upotrebljen kao donor u nervnom transferu supraganglionarnih povreda brahijalnog plexusa jos početkom prošlog veka od strane Tuttlea. Kotani i saradnici 1972. godine upotrebljavaju ovaj nerv sa različitim

recipijentnim nervima koji su u bliskoj lokalizaciji kao što su gornji trunkus, muskulokutaneus, radialis. U savremeno doba rekonstruktivne hirurgije koriste se dve tehnike u kojima spoljašnja grana akcesorijusa učestvuje u svojstvu donora.

Prva tehnika nervnog transfera- tehnika parcijalne direktne nervne anastomoze sastoji se od direktne anastomoze spoljašnje grane akcesorijusa i indirektna anastomoze bočnih grana brahijalnog plexusa sa muskulokutaneusom. Kod ove anastomoze potrebno je uraditi retrogradnu endoneuroлізу lateralnog fascikulusa i skraćenje klavikule ( Kotani i sar).

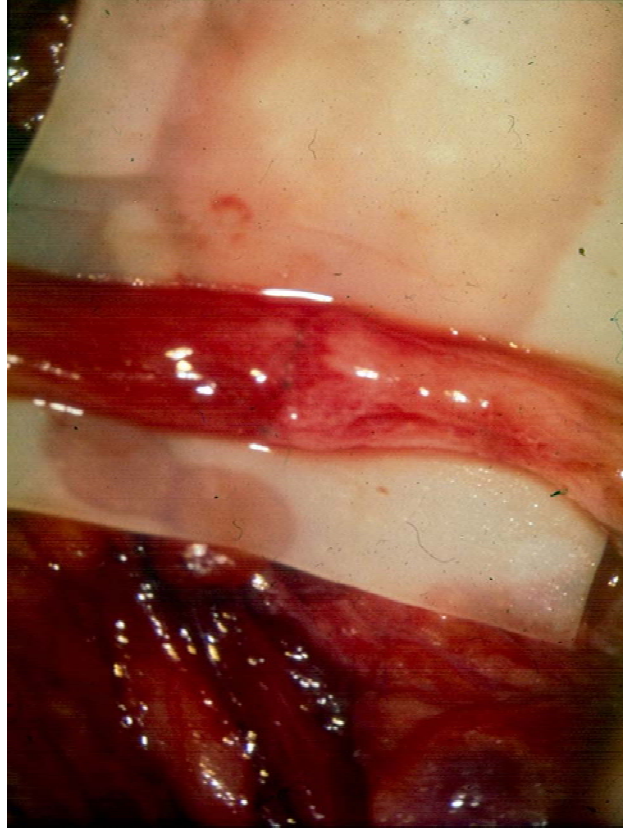
Druga tehnika nervnog transfera, sastoji se od anastomoze spoljne grane akcesorijusa sa muskulokutaneusom uz upotrebu jednog ili dva duga kožna nervna grafta (Allieu).

Kroz supraklavikularni pristup se identifikuje u omotrapezoidnom trouglu, kao nervna struktura koja se pruža koso i na dole i pozadi i ulazi u trapezijus, na oko 2cm iznad ključne kosti. Distalno reseciranje nakon grananja je bitno zbog očuvanja parcijalne funkcije trapezijusa.

Pogodnosti spoljašnje grane akcesorijusa kao donora: pretežno motorni nerv. Broj motornih vlakana koji učestvuju u reinervaciji je oko 1500 i 1700, tj. distalno od bočnih grana, gde se inače resekira, a zbog očuvanja funkcije trapezijusa. Promera oko 2-3 mm, sa 4 do 6 fascikulusa. Poreklo mu je van zone lezije, od korenova C1-C4 nivoa kičmene moždine. Veoma su retke povrede ovog nerva u trakcionim povredama brahijalnog plexusa, svega 1%. Nakon resekcije slabost trapezija je beznačajna (Samardžić i sar., 1990); ona, ipak, može biti očuvana jednim delom ako prima inervaciju iz C3 segmenta kičmene moždine, kao i da se kompenzuje funkcijom levatora skapule ili seartus anteriora, te i abdukcija ruke do nivoa od 70% u odnosu na aktivnu abdukciju ispod horizontalne ravni koja zadovoljavajući nalaz nakon reinervacije deltoideusa.

Spoljašnja grana akcesorijusa se transferiše na različite recipijentne nervne strukture: spinalne nerve, gornji trunkus, zadnji fascukulus, supraskapularis, radialis ili muskulokutaneus. Transfer na proksimalnije elemente brahijalnog plexusa se kao što je već ranije navedeno ne preporučuje zbog disperzije, te gubitkom motornih vlakna tokom puta regeneracije, ukrštene reakcije. Preporuka je da recipijentni nerv a zbog sličnosti funkcija je supraskapularis (Millesi, 1991; Narakas 1991). U nervnom transferu na

muskulokutaneus se upotrebljava jedan ili dva grafta koji se pružaju ispod ili iznad ključne kosti (2,9,24,61,6381



Slika 7. Transfer spoljašnje grane akcesorijusa na muskulokutaneus uz pomoć graftova

### **1.7.5.3. Transfer frenikusa**

Lurje(1948) je prikazao ovu metodu kao izvor motornih vlakana. Yu-dong (1972) objavljuje seriju od 164 operisanih pacijenata.

Preoperativno se obavlja provera funkcije frenikusa obzirom da kod 3% odraslih sa povredom brahijalnog pleksusa je ona nedovoljna, posebno ako se planira kombinacija sa interkostalnim nervnim transferom. Frenikus se identifikuje na prednjoj strani prednjeg skalenskog mišića, proverava elektrostimulacijom, i nakon minuciozne diskekcije, seče se distalnije, obično na pripoju prednjeg skalenskog mišića. Najčešći recipijentni nerv je muskulokutaneus, direktno ili uz pomoć nervnih graftova.

Frenikus kao najveća, motorna grana sa malim udelom senzitivnih vlakana, cervikalnog pleksusa. Žrtvovanjem istog nema posledica na respiratornu funkciju. Treba znati da kod 1/3 bolesnika postoji varijetet-frenikus akcesorijus. Njegovo poreklo je od C3 i C4 spinalnih nerava ili subkalvijusa i pridružuje se glavnom stablu ispod klavikule. Ovaj nerv se takodje može koristiti za reinervaciju, ali ne bez prethodne provere funkcije ako se planira kombinovanje sa interkostalnim nervnim transferom(58,72,82).

#### **1.7.6. Transfer grana cervikalnog pleksusa**

Tuttle 1913. godine pominje ovaj transfer dok 1977. godine Brunelli ga ponovo aktivira-vršio je neurotizaciju supraskapularisa, muskulokutaneusa i medijanusa.

Prednost ove procedure je vremenski kraća, manje traumatska operacije nego što je transfer interkostalnih nerava. Senzitivne grane cervikalnogpleksusaje lako identifikovati, ali motorne grane zahtevaju disekciju i elektrostimulaciju. Dužina senzitivnih grana dovoljna je za direktnu anastomozu sa medijanusom, što nije slučaj i sa motornim granama, gde se javlja potreba za nervnim graftovima. Glavne karakteristike ove metode su ( Brunelli i Monini, 1984; Brunelli, 1987): se sastoji u velikom broju motornih i senzitivnih vlakana nekoliko hiljada, nervi su ili motorni ili senzitivni sa voljnom ili autonomnom funkcijom, deficit nakon sekcije u pripremi donora je sa beznačajnim gubitkom funkcije, anstomoze su direktne, kao i da postoji mogućnost kombinacije sa dodatnom upotrebom spoljašnje grane akcesorijusa u transferima kada je dijametar recipijentnog nerva veći u odnosu na donore.

#### **Transfer prednjih grana C3 i C4 spinalnih nerava**

Krajem dvadesetog veka u rekonstruktivnu hirurgiju supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa se dodaje i transfer prednjih grana C3 i C4 spinalnih nerava. Hirurški pristup je kroz proširen supraklavikularni pristup, sekcija donornih nerava se vrši nakon odvajanja frenikusa i indirektno se anastamoziraju, uz upotrebu graftova prosečne dužine 5cm( 3-7cm ) na recipijentne nervne strukture - korenove C5 i C6 (Yamada).

Prednost ove procedure je veliki broj mijelizovanih vlakana(14000 ukupno za oba spinalna nerva na mestu sekcije), a nedostaci kao i kod već navedenih kada se kao

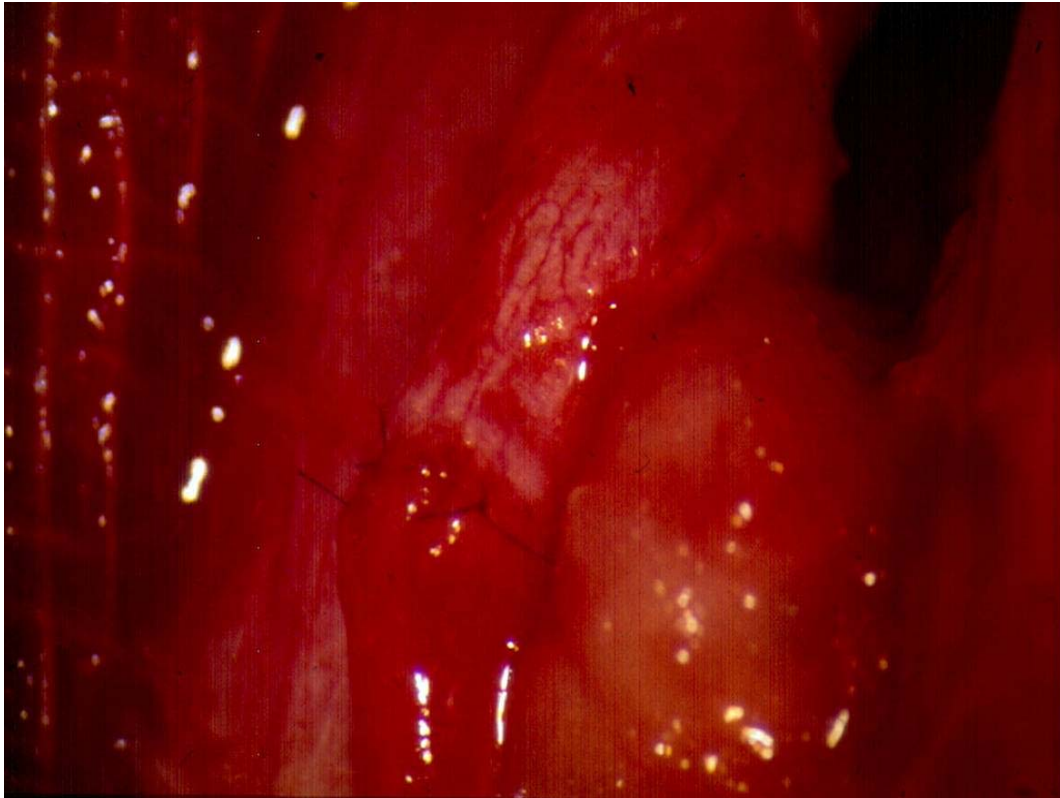
donori koriste proksimalni segmenti brahijalnog pleksusa su mešovita kompozicija vlakana uz moguće aksonalno mešanje na suturnoj liniji i mogućnost mass i /ili ukrštene inervacije. (58).

### **1.7.6.2. Transfer kontralateralnog korena C7**

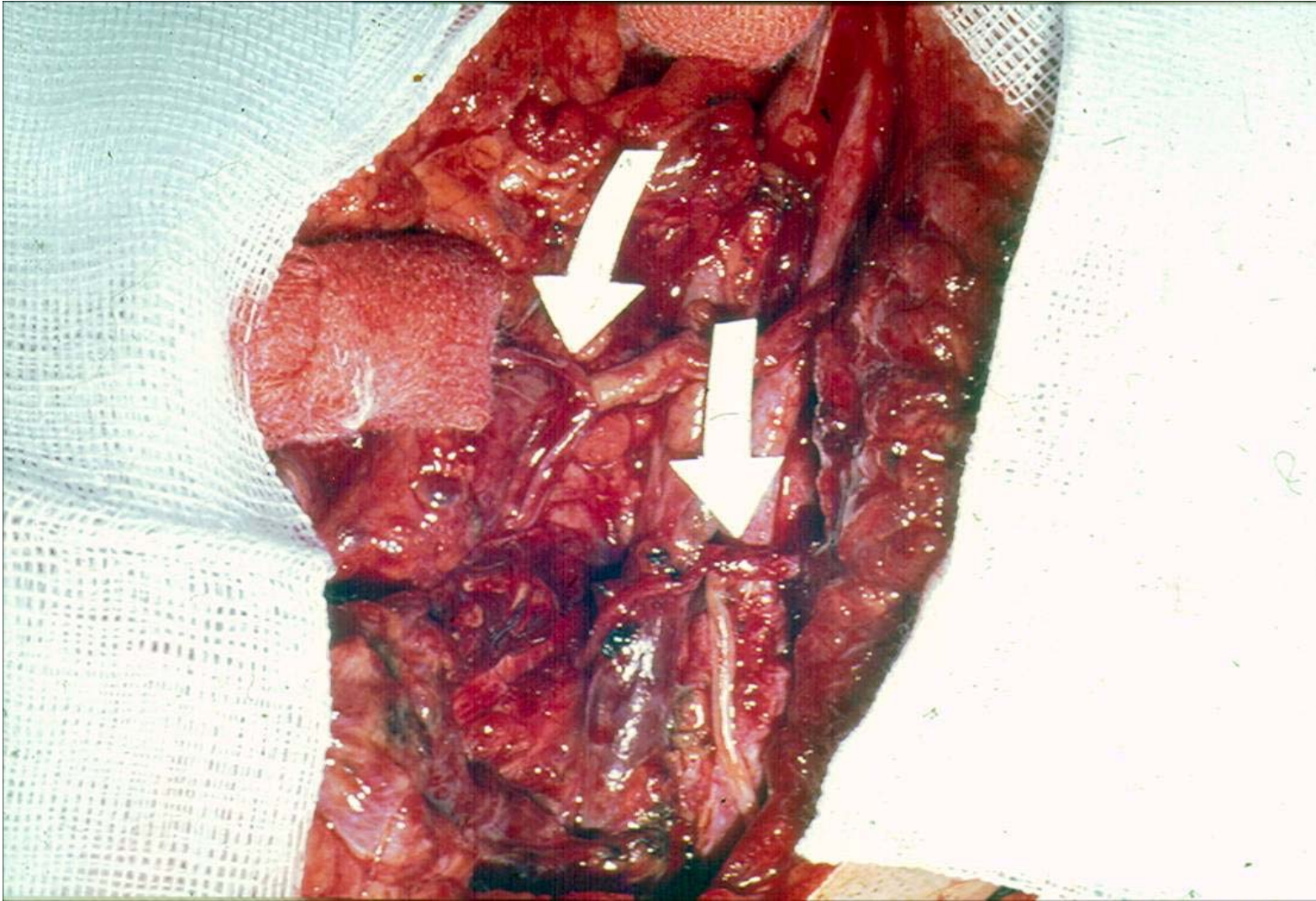
Yu-dong Gu i sar. 1986. godine predstavljaju ovu metodu. Hirurški postupak se obavlja u dve etape. U prvoj etapi C7 spinalnom nervu pristupa se na uobičajeni način supraklavikularnim pristupom. Kao donor u ovom transferu može se koristiti celo stablospinalnog nerva C7 pre grananja ili pojedinična njegova zadnja grana, ređe i prednja grana spinalnog korena C7. Operativno lečenje se izvodi u dva akta, s tim da se u prvom aktu donor anastomozira sa graftom vaskularizovanim ili ne suralisa ili ulnarisa, graftovi su položeni potkožno i u daljem postoperativnom toku se prati proces regeneracije elektrofizioloski (SEP-om) i klinički praćenjem napredovanja Tinellovog znaka. Drugi akt operacije ovog transfera treba izvesti kada regenerišući impuls dostigne pazuh ledirane strane, za što je potrebno oko desetak meseci u proseku (4 do 20 meseci). Recipijentni nervi su obično medianus, muskulokutaneus i radialis.

Zašto je koren C7 podoban za rekonstrukciju? Pa znamo da je izolovana povreda C7 korena retka, kao i da je deficit beznačajan nakon lediranja ovog korena u smislu prolazne tegobe po tipu bola i trnjenja u prstima kao i mišićna slabost koja je prestala nakon nekoliko meseci, čak se ovo može izbeći ako se ne koristi zajedničko stablo već samo njegova zadnja grana. Poznato je da postoji preklapanje u inervaciji sa gornjim i donjim trunkusom. Može se kombinovati sa drugim nervnim transferima npr. kontralateralnim transferom cervikalnog pleksusa kod bolesnika sa teškim udruženim povredama grudnog koša, gde su drugi transferi nepoželjni zbog dodatnog oštećenja već oštećene npr. respiratorne funkcije/(upotreba interkostalisa).

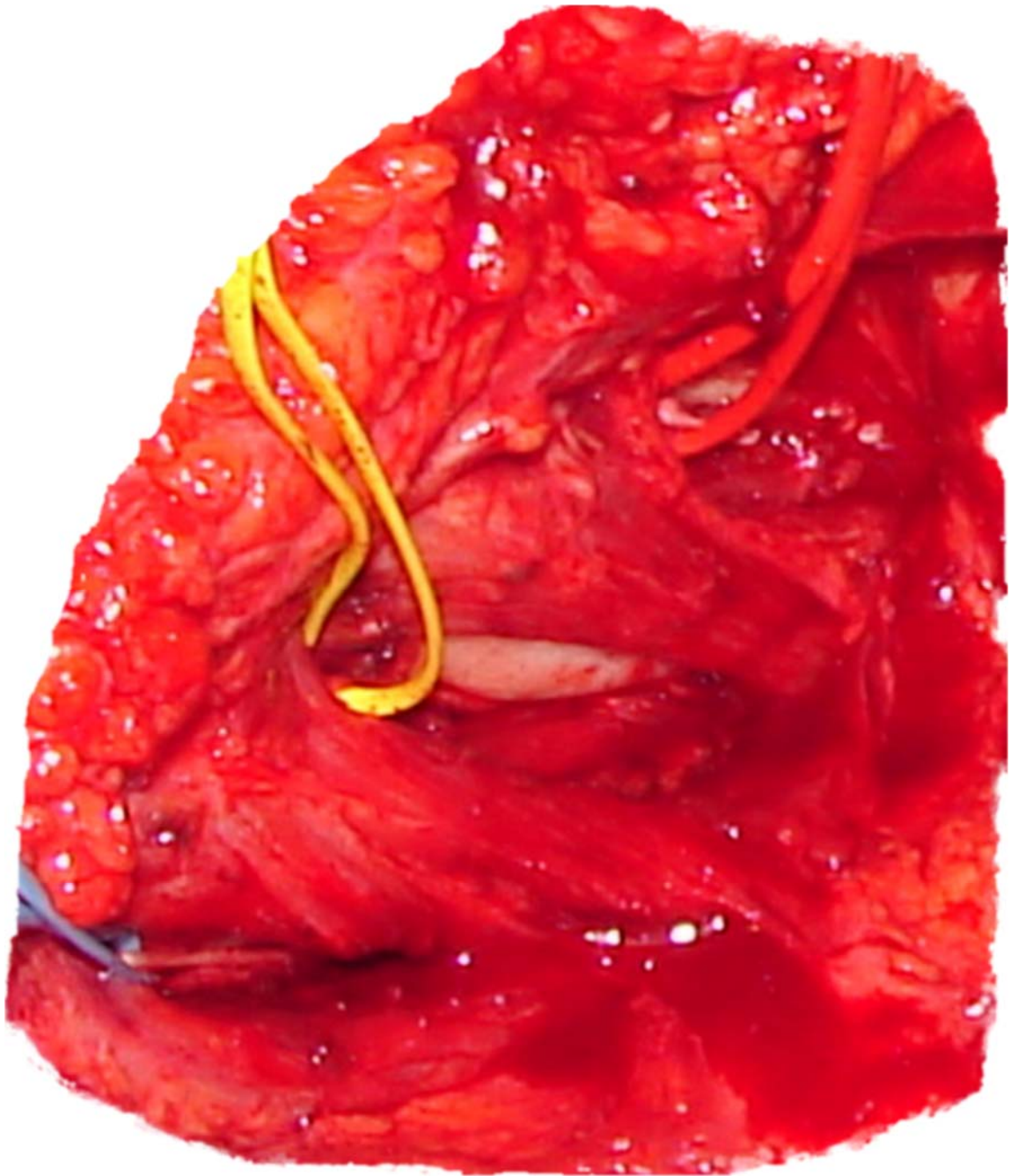
Ali kao i kod svake metode postoji nedostatak, a to je potreba za jako dugim graftom od prosečno dvadesetak centimetar(34, 68,72).



Slika 8. Transfer interkostalisa na muskulokutaneus

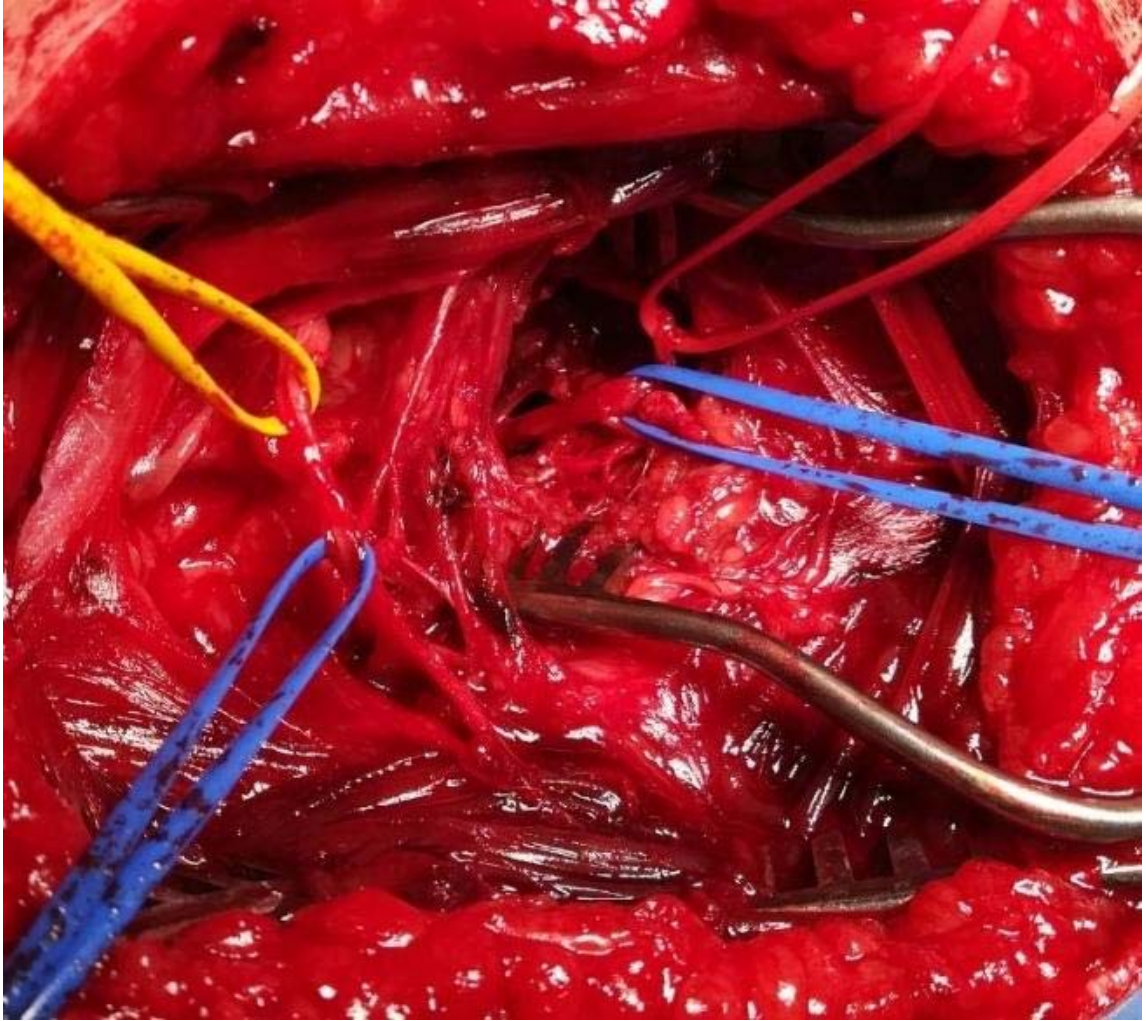


Slika 9. Kombinovani transfer IC III i pectoralis medijalis sa muskulokutaneusom i akscesorijusa i torakodorzalis na muskulokutaneus



Slika 10. Interkostalni nervi III, IV i V.





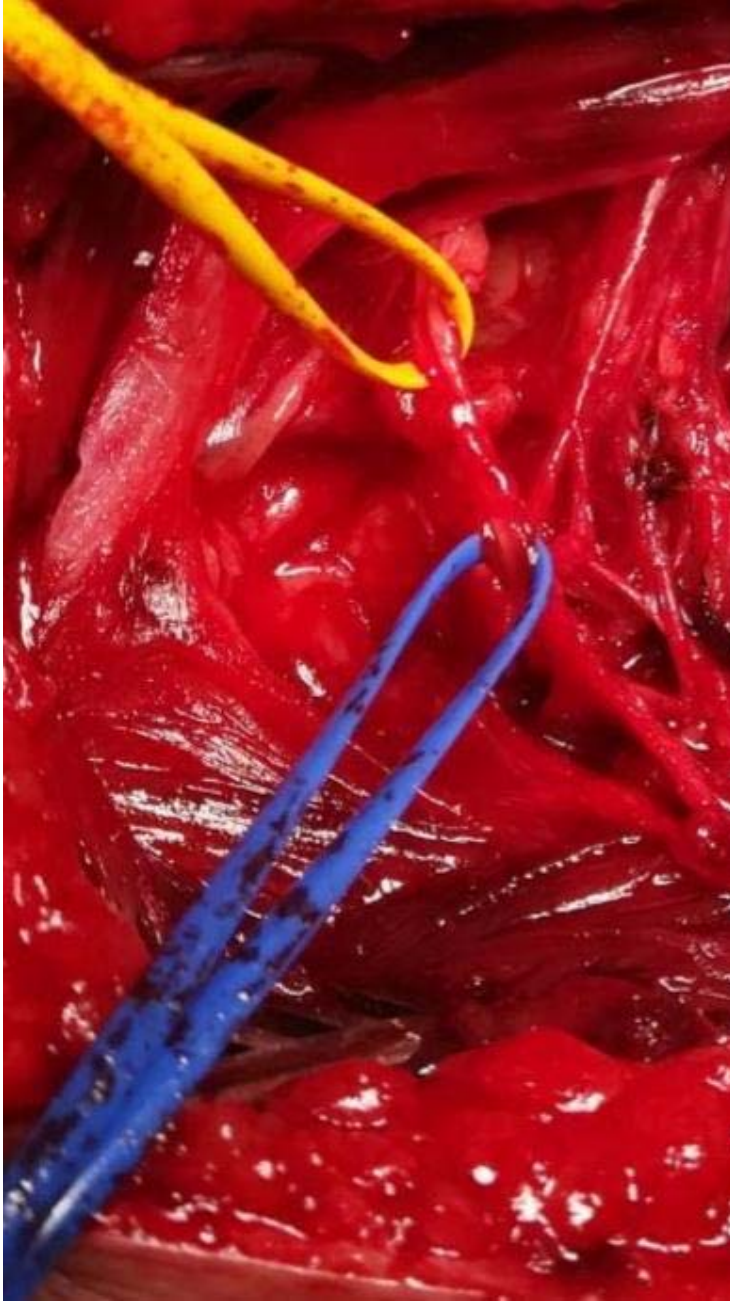
Slika 11. Preparacija akcesorijusa i njegove spoljašnje grane u toku pripreme za transfer



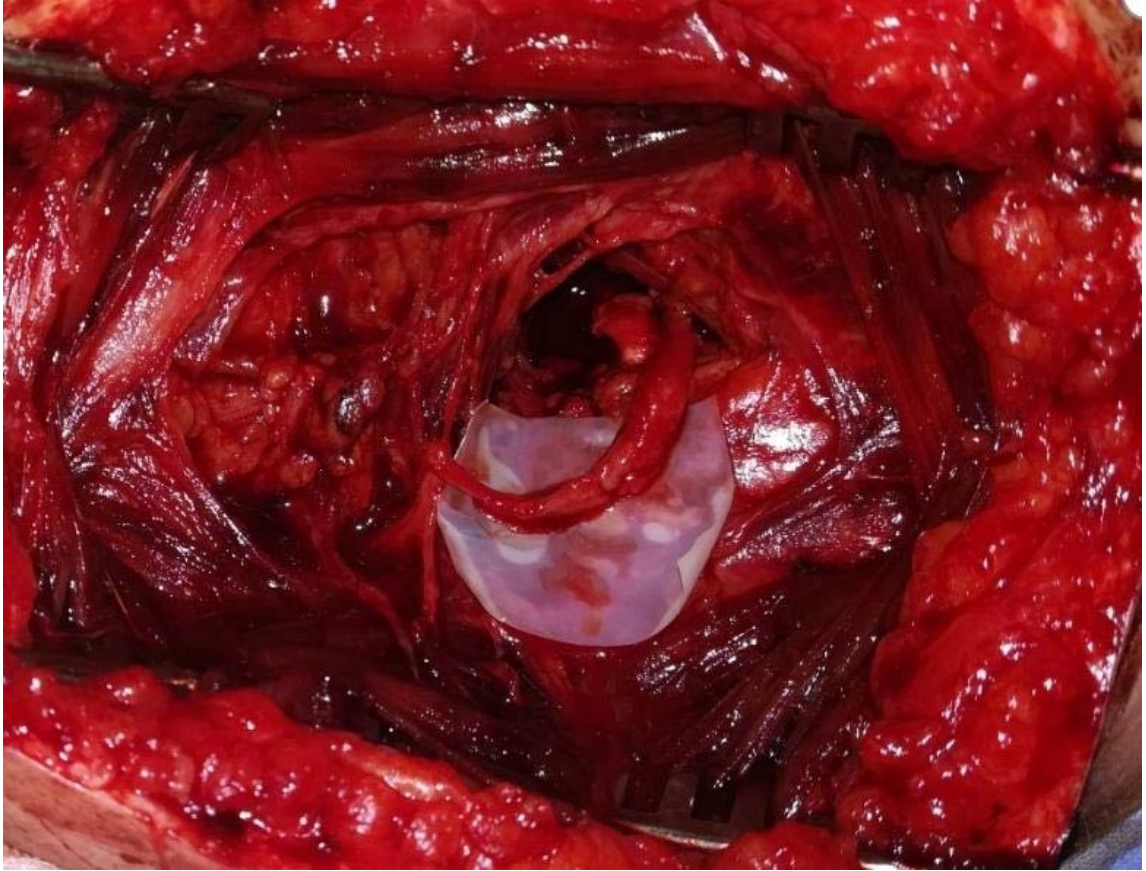
Slika12. Transfer interkotalisa na muskulokutaneus uz pomoć grafta



Slika 13. Oberlin procedura; anastomoza fascikulusa ulnarisa na muskulokutaneus



Slika 14. Preparacija akcesorijusa



Slika 15. Inetrokostalni nerv transferisan preko grafta na muskulokutaneus

### 3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Najčešće među povredama brahijalnog pleksusa su trakcione povrede( oko 70% svih povreda brahijalnog pleksusa), pa se zatvorene i trakcione često koriste kao sinonimi. Vrlo su raznolike jer su kombinacije različitih nivoa, lokalizacija i stepena nervne lezije mnogobrojne.

Klinička slika oštećenja brahijalnog pleksusa kod trakcionih povreda ne karakteriše ništa specifično da bi se povezalo isključivo sa ovim povredama kao i nivom lezije. Za određivanje nivoa lezije koristi se više dijagnostičkih procedura, kako bi se utvrdio, sa većom verovatnoćom, nivo lezije. Dijagnostika podrazumeva kombinaciju više elektrodijagnostičkih i radioloških metoda. Najteže je diferenciranje supraganglionarne povrede (avulzija) od infraganglionarnih (periferna lezija). Obzirom na postojanje lažno pozitivnih rezultata postoji i konfuznost u preoperativnoj evaluaciji. Stepenn senzitivnosti ovih metoda je različit od metode do metode, pa samim tim ne postoji apsolutno pouzdana dijagnostička procedura za postavljanje dijagnoze supraganglionarne lezije. Kod trakcionih povreda brahijalnog pleksusa, bilo da se radi o avulziji spinalnih korenova i/ili njihovoj ireparabilnoj proksimalnoj leziji je neurotizacija ili nervni transfer koja je jedini vid nervne reparacije. Upotrebom intaktnih funkcionalno manje značajnih nerava koji se presecaju, odvajaju od svog inervacionog područja i spajaju direktno ili pomoću graftova sa funkcionalno značajnim nervima ruke u cilju motorne i senzorne reinervacije. Upotreba određenih nerava (donora) u cilju reinervacije motorne funkcije determinisano je njihovim anatomskim odnosima sa brahijalnim pleksusom, ekstenzijom avulzije korenova spinalnih nerava, funkcionalnim deficitom nakon presecanja nerva koji se koristi kao donor, kao i brojem motornih vlakana.

Paralitična ruka koja nema funkciju, čak i smeta bolesniku, naročito nakon avulzije spinalnih korenova predstavlja teški hendikep za pacijenta. Bez obzira na značajan napredak dijagnostike i mikrohiruske reparacije, prognoza je i dalje nepovoljna. Nervni transfer je jedina mogućnost za reparaciju u slučajevima avulzije spinalnih korenova.

Osnovni cilj doktorske disertacije je utvrđivanje ishoda operacije i određivanje zavisnih i nezavisnih prognostičkih faktora, pronalaženje najbolje metode u grupi bolesnika

operisanih zbog supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa različitim tipovima nervne reparacije. U tom smislu konkretni ciljevi rada su bili:

1. Analiza hirurških metoda u pogledu njihovih prednosti i nedostataka.
2. Utvrđivanje rezultata mikrohirurškog lečenja supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa, odnosno ukupnog funkcionalnog oporavka (stepen uspostavljenosti punog opsega i snažne fleksije podlakta, stabilnosti ramena, aktivne abdukcije ruke i spoljne rotacije ruke u ramenu).
3. Utvrđivanje uticaja demografskih i kliničkih parametara, rezultata dopunskih ispitivanja ( motorna snaga, stepen senzornog oštećenja gornjeg ekstremiteta, mehanizma povređivanja, nivoa lezije, vremena proteklog od povređivanja, prisustva i stepena udruženih povreda, SSEP, EMNG, MR spinalnog i ekstraspinalnog segmenta brahijalnog pleksusa, i ili CT vratne kičme i/ ili mijelografije,) perioperativnih karakteristika ( tipa mikrohirurške tehnike, intrapleksusni ili ekstrapleksusni nervni transfer, distalni nervni transfer), nalaza intraoperativnog monitoringa, ranih i kasnih postoperativnih komplikacija (infekcija, hematoma ili dehiscencija neurorafija), sprovođenje fizikalnog tretmana na ishod lečenja prema Highetovoj skali.
4. Određivanje kvaliteta života kroz sagledavanje da li se bolesnik vratio na posao, odnosno nastavio radne aktivnosti koje su postojale pre povrede i da li je u stanju da se sam brine o sebi.
5. Na osnovu dobijenih rezultata biće predložen protokol lečenja bolesnika sa supraganglionarnim povredama brahijalnog pleksusa čija klinička slika se ispoljava paralizom.

Hirurgija brahijalnog pleksusa predstavlja najtežu rekonstruktivnu hirurgiju, zahteva opsežnu preoperativnu evaluaciju, uz upotrebu mikrohirurških tehnika i intraoperativnog elektrofiziološkog neuromonitoringa. Rezervisana je za visoko specijalizovane ustanove kakva je Klinika za neurohirurgiju, kao praktično jedinstveni centar u Srbiji i regionu ( Republika Srpska i Crna Gora) gde se ove operacije izvode. Uspešna rekonstrukcija teške i ekstenzivne paralize brahijalnog pleksusa, omogućava bolesniku da se vrati normalnom životu, u suprotnom ostavlja ga kao trajnog invalida kome je neophodna tuđa nega i pomoć. Naučni doprinos ove disertacije bi se ogledao u tome da se prikažu

naši rezultati u rešavanju ovih kompleksnih povreda metodama nervne reparacije i da se pokuša dati odgovor na dileme koje ni u svetskoj literaturi nisu do kraja razjašnjene, a to je koja vrsta mikrohiruskog tretmana-vrsta transfera optimalna za rešavanje paralize brahijalnog pleksusa kod supraganglionarnih povreda.



### 3. MATERIJAL I METODE

Podrazumeva statističku analizu serije pacijenata operisanih zbog supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa. Bolesnici, njih 69 obuhvaćeni studijom operisani su u Kliničkom centru Srbije, Klinici za neurohirurgiju u periodu od 13 godina od 1.1.2002-31.12.2015.godine. Studija je delom retrospektivnog delom prospektivnog karaktera, s tim da pacijenti koji su operisani su kontrolna grupa, a jedan deo njih pripadaju takodje prospektivnoj studiji, jer je praćenje u toku.

Podaci za studiju dobijeni su iz istorije bolesti, odakle su uzeti podaci o godinama starosti, polu, mehanizmu povređivanja, nivou lezije, vremenu operativnog tretmana, vrsti operativnog tretmana, dužini defekta ukoliko je rađena transplantacija, udruženim povredama, prisustvu i karakteristikama bola, načinjenoj neuroradiološkoj i neurofiziološkoj dijagnostici. Konačni ishod lečenja dobijen je na osnovu popunjenih upitnika i izvršenih kontrolnih pregleda na Klinici za neurohirurgiju ili na osnovu upitnika poslatog na kućnu adresu pacijenta. Postoperativni evaluacioni period iznosi minimalno dve, a maksimalno deset godina.

Upitnikom bolesnici su se izjašnjavali o tome koliko su sposobni za samostaranje, od obavljanja lične higijene, spremanje ličnog prostora, spremanja obroka, kupovine, učestvovanja u gradskom prevozu/ saobraćaju, za pomoć ostalim članovima porodice/deci, povratak na stari posao, odnosno promena radnog mesta –lakše radno mesto manje zahtevno prilagođeno njegovim mogućnostima, čime je prcenjivan oporavak nakon primenjene bar jednog od tipova nervnog grafta. Odgovori su bili deskriptivni:

- 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

Na pitanja o potrebnoj pomoći drugog lica za obavljanje zahtevnijih poslova, eventulanih bolnih sindroma, uzimanje terapije, koliko se osećao hendikepiranim nakon povrede, a potom i nakon operacije, fizikalnih tretmana i kompletno završenog lečenja:

- 0- Svakodnevno
- 1- Skoro svakodnevno
- 2- Često
- 3- Ponekad
- 4- Retko
- 5- Nikad

Upitnik je sadržao i koliko su zadovoljni nakon operacije i završenog lečenja, takođe odgovori su bili deskriptivni:

- 0- Veoma nezadovoljan
- 1- Umereno nezadovoljan
- 2- Diskretno nezadovoljan
- 3- Diskretno zadovoljan
- 4- Umereno zadovoljan
- 5- Veoma zadovoljan

Nakon obavljenog popunjavanja upitnika sledio je detaljan pregled operisane ruke i verifikovanja postignutog oporavka.

Oporavak funkcije ramena odnosno oporavka aksilarnog nerva procenjvana je kroz:

- abdukcija u ramenu,
- spoljašnja rotacija u ramenu,
- bol u ramenu,
- stabilnost u ramenu prilikom hoda i

Kod abdukcije u ramenu analizirani su obim pokreta i snaga.

Evaluacija motorne funkcije je obavljena na osnovu skale gradacije mišićne snage koju je dao Highet 1954, koja je prilagođena našim zahtevima

M0- nema kontrakcije mišića

M1- prisutna kontrakcija mišića, ali bez pokreta

M2- prisutna kontrakcija mišića uz pokret, ali samo u pravcu sile zemljine teže

M3- postoji mogućnost pokreta nasuprot sili zemljine teže

M4- postoji mogućnost pokreta nasuprot sili zemljine teže kada pacijent u šaci drži teg težine do 1kg.

M5- postoji mogućnost pokreta nasuprot sili zemljine teže kada pacijent u šaci drži teg težine veće od 1kg.

Pri tom su M0, M1 i M2 označeni kao funkcionalno nezadovoljavajući, a M3, M4, 5 kao funkcionalno zadovoljavajući. Među funkcionalno zadovoljavajućim rezultatima M5 je označen kao odličan, M4 kao vrlo dobar, M3 kao dobar.

Konačni rezultati su klasifikovani u M0-M5 skalom, odnosno oporavkom je smatrano od M3 do M5

Procena funkcije lakta odnosno muskulokutanog nerva nakon primenjenih hirurških procedura procenjivana je kroz:

- Fleksija u laktu i
- Supinacija podlakta

I ovde je primenjena lako modifikovana skala gradacije motorne snage

M0- nema kontrakcije mišića

M1- prisutna kontrakcija mišića, ali bez pokreta

M2- prisutna kontrakcija mišića uz pokret ali samo u pravcu sile zemljine teže

M3- postoji mogućnost pokreta fleksije u laktu nasuprot sili zemljine teže, ali pacijent nije u stanju da izvrši isti pokret kada u šaci drži teg težine 0,5kg.

M4- postoji mogućnost pokreta fleksije u laktu do 90° nasuprot sili zemljine teže kada pacijent u šaci drži teg težine od 0,5kg do 4,5kg.

M5- postoji mogućnost pokreta fleksije u laktu do 90° nasuprot sili zemljine teže kada pacijent u šaci drži teg težine od 5kg pa naviše.

Pri tom su M0, M1 i M2 označeni kao funkcionalno nezadovoljavajući, a M3, M4, 5 kao funkcionalno zadovoljavajući. Među funkcionalno zadovoljavajućim rezultatima M5 je označen kao odličan, M4 kao vrlo dobar, M3 kao dobar.

Konačni rezultati su klasifikovani u M0-M5 skalom, odnosno oporavkom je smatrano od M3 do M5.

Za statističku obradu podataka korišćene su metode deskriptivne i analitičke statistike. Kategorički podaci opisani su brojem jedinica posmatranja i procentom koji taj broj predstavlja u određenoj kategoriji. Povezanost predisponirajućeg faktora sa ishodom i oporavkom ispitivani su Fisherovim testom tačne verovatnoće i T testom, s obzirom da je broj pacijenata u svim grupama bio relativno mali.

Za statističku obradu podataka korišćen je IBM SPSS 22 softver za Windows.

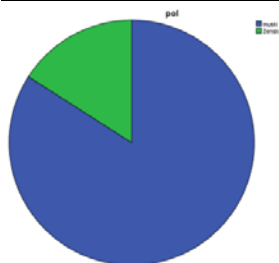
Od metoda deskriptivne statistike korišćeno je grafičko i tabelarno prikazivanje mera centralne tendencije i mera varijabiliteta, kao i apsolutne i relativne učestalosti za

distribuciju frekvencija posmatranih atributivnih obeležja. Izbor metoda analitičke statistike (parametarskih i neparametarskih testova) zavisio je od vrste posmatranog obeležja. Za atributivna obeležja, korišćen Pearson-ov  $X^2$  test, uz Fisher-ovu korekciju u slučaju male učestalosti ispitivanih obeležja. Za statističku evaluaciju numeričkih obeležja studentov t test. Za ispitivanje uticaja pojedinačnih faktora na rezultujuće obeležje - ishod operativnog lečenja, korišćene su univarijantne metode, a metode multivarijantne analize za izdvajanje nezavisnih faktora iz skupa svih prisutnih. Ispitivane varijable smatrane statistički značajnim ukoliko je verovatnoća rizika za slučajnu razliku između empirijskih i teorijskih vrednosti manja od 0,05 ( $p < 0,05$ ).

#### 4. REZULTATI

Tabela 5. Zastupljenost bolesnika sa supraganglionarnim povredama u odnosu na pol

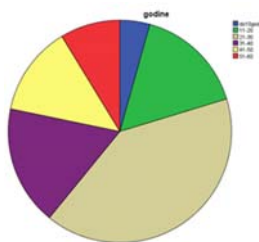
Pol	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid muski	58	84,1	84,1	84,1
ženski	11	15,9	15,9	100,0
Total	69	100,0	100,0	



U obrađenom materijalu je bilo značajno više bolesnika muškog pola u odnosu na broj pacijenata ženskog pola 84,1:15,9.

Tabela 6. Zastupljenost bolesnika sa supraganglionarnim povredama u odnosu na godine starosti

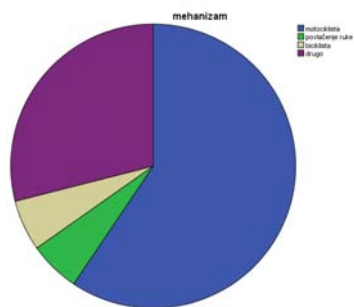
Godine	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid do10god	3	4,3	4,3	4,3
11-20	11	15,9	15,9	20,3
21-30	28	40,6	40,6	60,9
31-40	12	17,4	17,4	78,3
41-50	9	13,0	13,0	91,3
51-60	6	8,7	8,7	100,0
Total	69	100,0	100,0	



Najveći procenat bolesnika je bio starosti između 21-30 godina, čak 40,6%, potom 31-40 17,4%, što ukupno oznosi 58% predstavlja radnosposbne mlade osobe.

Tabela 7. Zastupljenost bolesnika sa supraganglionarnim povredama u odnosu na mehanizam povređivanja

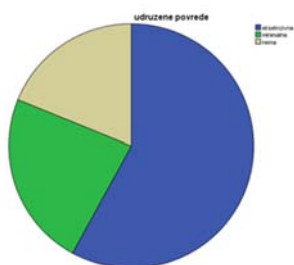
Mehanizam	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid motociklista	41	59,4	59,4	59,4
povlačenje ruke	4	5,8	5,8	65,2
biciklista	4	5,8	5,8	71,0
drugo	20	29,0	29,0	100,0
Total	69	100,0	100,0	



U našem materijalu je zabeleženo značajan procenat bolesnika povredjenih kao motociklista čak 59,4 % ,kao osnovni uzrok povređivanja supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa.

Tabela 8. Zastupljenost bolesnika sa supraganglionarnim povredama u odnosu na udružene povrede

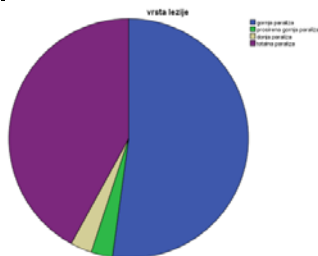
Udružene povrede	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid eksetnzivna	40	58,0	58,0	58,0
minimalna	16	23,2	23,2	81,2
nema	13	18,8	18,8	100,0
Total	69	100,0	100,0	



Kod čak 58% bolesnika sa supraganglionarnim povredama brahijalnog pleksusa su verifikovane ekstenzivne udružene povrede.

Tabela 9. Zastupljenost bolesnika sa supraganglionarnim povredama u odnosu na vrstu lezije

Vrsta lezije	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid gornja paraliza	36	52,2	52,2	52,2
proširena gornja paraliza	2	2,9	2,9	55,1
donja paraliza	2	2,9	2,9	58,0
totalna paraliza	29	42,0	42,0	100,0
Total	69	100,0	100,0	



U obrađenom materijalu je bilo najviše bolesnika sa gornjom paralizom pleksusa brahijalisa 52,2 %, potom totalnom paralizom 42%.

Tablea 10. Zastupljenost bolesnika sa supraganglionarnim povredama u odnosu na timing operacije

Timing	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 3 do 6 nedelja	2	2,9	2,9	2,9
do 3meseca	11	15,9	15,9	18,8
3-6meseci	38	55,1	55,1	73,9
6 meseci do godinu dana	16	23,2	23,2	97,1
vise od godinu dana	2	2,9	2,9	100,0
Total	69	100,0	100,0	

Najveći broj bolesnika je operisano u vremenskom intervalu od 3 do 6 meseci nakon povrede

55,1% , što je i u drugim studijama definisano kao odlično vreme za reinervaciju, potom 23,25 nakon 6 meseci do godinu dana.

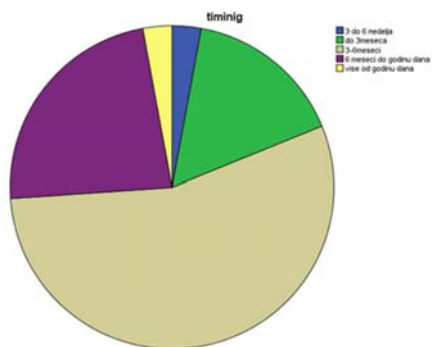




Tabela 11. Oporavak fleksije lakta u odnosu na nervni transfer i poreklo donora

Nervni transfer	Oporavak fleksije lakta					Total
	M0 , M1	M2	M3	M4	M5	
Cervikalni pleksus	0	0	8	0	5	13
Torakalni pleksus	2	2	10	7	6	27
Intrapleksusni nervi	0	0	1	5	12	18
Distalni transferi	0	0	0	5	6	11
Total	2	2	19	17	29	69

Postoji statistička značajnost oporavka fleksije lakta u odnosu na nervni transfer i poreklo donora ( $p < 0.05, p = 0.001$ ).

Tabela 12. Oporavak pokreta abdukcije u ramenu u odnosu na nervni transfer i poreklo donora

Nervni transfer i poreklo donora	oporavak Ax				Total
	M0, M1	M2	M3	M4	
Grane cervikalnog pleksusa	1	8	4	0	13
Grane torakalnog pleksusa	2	11	1	0	14
Intrapleksusni nervi	0	13	6	2	21
Total	3	32	11	2	48

Ne postoji statistička značajnost u oporavku pokreta u ramenom zglobu u odnosu na nervni transfer i poreklo donora ( $p > 0.05, p = 0.209$ ).

Tabela 13. Oporavak fleksije lakta u odnosu na prisustvo udruženih povreda

Udružene povrede	oporavak Mc					Total
	M0, M1	M2	M3	M4	M5	
Eksetnzivna	1	1	14	7	17	40
Minimalna	0	1	2	5	8	16
Nema	1	0	3	5	4	13
Total	2	2	19	17	29	69

Ne postoji statistička značajnost oporavka fleksije lakta u odnosu na prisustvo udruženih povreda ( $p > 0.05$ ,  $p = 0.381$ ).

Tabela 14. Oporavak Ax u odnosu na prisustvo udruženih povreda

Udružene povrede	oporavak Ax				Total
	M0, M1	M2	M3	M4	
Eksetnzivna	2	20	5	2	29
Minimalna	1	8	2	0	11
Nema	0	4	6	0	10
Total	3	32	13	2	50

Nema statističke značajnosti oporavka Ax (aksilarisa) u odnosu na prisustvo udruženih povreda ( $p > 0.05$ ,  $p = 0.205$ )

Tabela 15. Oporavak fleksije lakta u odnosu na starosnu dob

Starosna dob	oporavak Mc					Total
	M0, M1	M2	M3	M4	M5	
do10god	0	0	0	1	2	3
11-20	0	0	6	2	3	11
21-30	0	2	6	6	14	28
31-40	1	0	5	4	2	12
41-50	0	0	2	1	6	9
51-60	1	0	0	3	2	6
Total	2	2	19	17	29	69

Nema statističke značajnosti oporavka fleksije lakta u odnosu na starosnu dob pacijenata (  $p > 0.05$ ,  $p = 0.178$ )

Tabela 16. Oporavak Ax u odnosu na starosnu dob

Starosna dob	oporavak Ax				Total
	M0, M1	M2	M3	M4	
do10god	0	2	0	0	2
11-20	1	6	1	1	9
21-30	0	13	4	0	17
31-40	2	4	2	1	9
41-50	0	4	4	0	8
51-60	0	3	2	0	5
Total	3	32	13	2	50

Nema statističke značajnosti oporavka Ax u odnosu na starosnu dob pacijenata (  $p > 0.05$ ,  $p = 0.400$ )

Tabela 17. Oporavak fleksije lakta u odnosu na vreme operacije

Timing	oporavak Mc					Total
	M0, M1	M2	M3	M4	M5	
3 do 6 nedelja	0	0	0	2	0	2
do 3meseca	0	1	0	6	4	11
3-6meseci	1	0	12	8	17	38
6 meseci do godinu dana	1	1	7	0	7	16
vise od godinu dana	0	0	0	1	1	2
Total	2	2	19	17	29	69

Postoji statistička značajnost oporavka fleksije lakta u odnosu na vreme izvođenja operacije ( $p < 0.05$ ,  $p = 0.005$ )

Tabela 18. Oporavak Ax u odnosu na vreme operacije

Timing	oporavak Ax				Total
	M0, M1	M2	M3	M4	
3 do 6 nedelja	0	0	2	0	2
do 3meseca	0	7	0	0	7
3-6meseci	3	15	11	2	31
6 meseci do godinu dana	0	8	0	0	8
vise od godinu dana	0	2	0	0	2
Total	3	32	13	2	50

Ne postoji statistička značajnost oporavka Ax u odnosu na vreme operacije ( $p > 0.05$ ,  $p = 0.067$ )

Tabela 19. Oporavak Muskulokutaneusa nakon nervne rekonstrukcije

		radna sposobnost		Total
		ima	Nema	
Mc+?	Pec med	16	0	16
	Td	2	0	2
	IC	11	16	27
	fascikulus ulnarisa	11	0	11
	C5	4	2	6
	spolj grana Acc	2	4	6
Total		46	22	68

Radna sposobnost nakon reinervacije muskulokutaneusa kada je upotrebljen pectoralis medijalis je najveća 34,78%(16/46) bolesnika od ukupnog broja oporavljenih bolesnika koji su nakon operacija bili radno sposobni 67,65%(46/68) bolesnika od ukupnog broj praćenih operisanih bolesnika, što iznosi 100%(16/16) bolesnika sa ovim donornim nervom.

Potom odlični rezultati su postignuti nakon procedura distalnog nervnog graftinga sa upotrebom fascikulusa ulnarisa kao donornog nerva gde je takodje 100%(11/11) bolesnika imalo radnu sposobnost nakon operacije, odnosno 23,9% (11/46) sa radnom sposobnošću, odnosno 16,18% (11/68).

U obrađenom materijalu je verifikovana je radna sposobnost velikog procenta i nakon upotrebe interkostalnih nerava 23,91 (11/46) od ukupnog broja oporavljenih bolesnika, odnosno 68,75% (11/16) u grupi kod kojih su korišćeni interkostalni nervi, odnosno 16,18% (11/68) ukupnog broja bolesnika kod kojih je obavljena reinervacija muskulokutaneusa.

**Tabela 20. Chi-Square Tests**

	Value	Df	Asymptotic Significance (2- sided)	Monte Carlo Sig. (2-sided)		
				Significance	99% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Pearson Chi-Square	26,031 <sup>a</sup>	5	,000	,000 <sup>b</sup>	,000	
Likelihood Ratio	33,837	5	,000	,000 <sup>b</sup>	,000	
Fisher's Exact Test	27,350			,000 <sup>b</sup>	,000	
Linear-by-Linear Association	4,297 <sup>c</sup>	1	,038	,037 <sup>b</sup>	,032	
N of Valid Cases	68					

a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,65.

b. Based on 10000 sampled tables with starting seed 2000000.

c. The standardized statistic is 2,073.

**Tabela 21. Oporavak Aksilarisa nakon nervne rekonstrukcije**

		radna sposobnost		Total
		Ima	Nema	
Ax+?	Td	19	0	19
	IC	9	5	14
	C5	4	2	6
	Thoracicus longus	0	2	2
	spoljasnja grana Acc	2	3	5
Total		34	12	46

Oporavak aksilarisa je značajan nakon primene torakodarzalisa kao donornog nerva, ali smo zadovoljavajuće procentualne rezultate dobili i nakon primene okrajka korena C5 (75%), kao I interkostalnih nerava 64,3%.

**Tabela 22. Chi-Square Tests**

	Value	Df	Asymptotic Significance (2- sided)	Monte Carlo Sig. (2-sided)		
				Significance	99% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Pearson Chi-Square	16,191 <sup>a</sup>	4	,003	,002 <sup>b</sup>	,001	
Likelihood Ratio	20,187	4	,000	,001 <sup>b</sup>	,000	
Fisher's Exact Test	16,927			,000 <sup>b</sup>	,000	
Linear-by-Linear Association	12,929 <sup>c</sup>	1	,000	,000 <sup>b</sup>	,000	
N of Valid Cases	46					

a. 8 cells (80,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,52.

b. Based on 10000 sampled tables with starting seed 2000000.

## 5.DISKUSIJA

Napredak u poslednje vreme u dijagnostici i mikrohiruskoj reparaciji poboljšao je prognozu hirurški tretiranih tracionih povreda brahijalnog pleksusa. Međutim, u slučajevima avulzije spinalnih korenova rezultati su jos uvek nezadovoljavajući, naročito kompleksna funkcija kao što je abdukcija ramena.

**Specifičnost i senzitivnost-** Precizna preoperativna dijagnostika kao i sagledavanje svih dijagnostičkih procedura unakrsno omogućava veću verovatnoću tačnosti preoperativne dijagnoze. Najznačajnija je diferencijacija između supraganglionarnih (avulzija spinalnih korenova) i infraganglionarnih

( periferna lezija) povreda. Ovaj zadatak koji se nalazi pred hirugom je veoma delikatan obzirom na mnoštvo različitih kombinacija mesta, nivoa kao i stepena oštećenja nervnih struktura kod povreda brahijalnog pleksusa.

Svaka od metoda prethodno navedena sama za sebe je nedovoljno pouzdana, naravno ima svoju vrednost u diferencijaciji nivoa i stepena oštećenja nervnih segmenata brahijalnog pleksusa nakon dejstva tracione sile.

Do dijagnoze se teško dolazi, ali se ipak dolazi sagledavanjem svih navedenih procedura. Počevši od anamneze, kliničkog pregleda, elektrofizioloških metoda, neuroradiološke dijagnostike, hirurške eksploracije uz intraoperativni monitoring brahijalnog pleksusa. Prema Narakasu(1991.) sve aktuelne ( prethodno navedene) dijagnostičke procedure imaju nivo greške 3-4%. Ukupna senzitivnost 80-90%, tj. 75% kod kombinovanih lezija, odnosno 91,7% za izolovane lezije. Usled verifikovanih u literaturi ovih vrednosti senzitivnosti navedenih metoda retko je indikovana ekstenzivna ekstrapinalna hirurška eksploracija dijagnostički, ograničena samo na nejasne slučajeve nakon sprovedene kompletne preoperativne dijagnostike.

**Hirurški prioriteti-**I minimalni funkcionalni oporavak je veoma značajan za bolesnika, ruka ne smeta bolesniku čak može da služi kao oslonac. Funkcionalni oporavak se može



smatrati korisnim ako nema subluksacije ramena i ako m.deltoideus omogućava određeni stepen aktivne abdukcije. Prioritet nervne reparacije je reinrevacija n.muskulokutaneusa i oporavak fleksije lakta . Treba postići kompletan i snažan pokret. Oporavak m.bicepsa takođe doprinosi stabilizaciji ramena. Oporavak subluksacije ramena i određenog stepena aktivne abdukcije ruke se može postići reinervacijom bilo n. suprascapularisa, n.aksilarisa ili oba. Postoji neslaganje oko uloge supraspinatusa i deltoidnog mišića u abdukciji ramena. Skorašnji radovi daju primat reinrevaciji supraskapularnog nerva naročito koristeći spoljašnju granu akcesorijusa. Na osnovu iskustava drugih reinrevirali smo aksilaris koristeći kombinaciju donora i postigli smo koristan funkcionalni oporavak deltoideusa i dobru abdukciju ruke kod velikog broja pacijenata 74,2%. Međutim, funkcionalno poboljšanje abdukcije ruke je bilo bolje kod pacijenata sa uspešnom reinervacijom bicepsa.

**Nervni transfer**-Kod izvođenja nervnog transfera ima smisla primeniti anastomozu sa nervima, a ne sa trunkusima, fascikulusima zbog smanjenja disperzije nervnih vlakana na suturnoj liniji, mogućnosti za cross i mass- inervaciju i bliskost motorne ploče. Pored funkcionalnog prioriteta dodatni razlozi za reinrevaciju muskulokutaneusa i aksilarisa uključujući: kraći vremenski period potreban za regeneraciju, uglavnom monofunkcionalnu motornu konstituciju nerva i mono ili polifascikularnu strukturu aksilarisa. Oko 30% nervnih vlakana je neophodno za oporavak neke mišićne funkcije, ali samo nekoliko stotina aksona se čini dovoljnim za reinervaciju slabo diferentovanog mišić kao što je biceps.

**IC transfer**-Rezultati u velikoj meri zavise od tipa donora. Inetrkostobrahjalna anastomoza je bila prva procedura izvedena kao način da se reinreviše avulzija brahijalnog pleksusa. Nedostaci ove metode uključujući distancu između mesta anastomoze i denervisanih mišića, upotreba nervnog grafta, mešanje motornih i senzitivnih aksona na suturnoj liniji i relativno mali broj motornih vlakana (500-700). Ovaj mali broj je važan ako imamo na umu da recipijent ima značajno veći broj vlakana u proseku 6000 za oba nerva. Iako neki autori prijavljuju veliki funkcionalni oporavak kod velikog % bolesnika mi smo postigli, zadovoljavajuće rezultate kod samo 55,5% , slično je izveštajima većine autora. U našoj seriji stopa funkcionalnog oporavka se nije menjala u zavisnosti od upotrebe 2 ili više IC nerava te reinervaciju jednog recipijenta

ili od tipova nervne anastomoze. Međutim, rezultati su bili bolji kod slučajeva sa neurotizacijom u blizini motorne ploče i bez intermedijarnog nervnog grafta.

Cho i grupa autora objavili su rezultate kod totalne paralize pleksusa brahijalisa nakon operacije nervnim transferom dva interkostalna nerva na motornu granu za biceps a u svrhu oporavak fleksije lakta. Praćeni su bolesnici od 2007 do 2012. godine, 19 njih operisano, ali 15 je praćeno  $\geq 2$  godine i uključeno u rad. Timing operacije je bio 6,88 meseci (u rasponu od 3 meseca do 9 godina). Operacija je izvedena direktnom suturom dva interkostalna nerva na motornu granu za bicepsa. Srednji period praćenja je iznosio 38,06 meseci (od 24 do 62 meseca). 10 (66,6%) pacijenata je povratilo snagu fleksije lakta  $\geq M3$ . 4 od njih (26,6%) su povratili jaku fleksiju lakta  $\geq M4$ . Jedan pacijent (6,25%) oporavio do nivou M2, a četiri pacijenta (26,6%) nisu povratili nikakve pokrete u laktu. Zaključili su da korišćenje dva interkostalna nerva namotornu granu za biceps daje umerene rezultate, ali kada se radi o totalnoj paralizi pleksusa brahijalisa je jedna od dostupnih opcija(23).

Amal i grupa autora su objavili rezultate takodje kod totalne paralize brahijalnog pleksusasa interkostalnim nervima i neurotizacijom korena C5 u cilju reinervacije funkcije lakta i šake. Koristili su 4 interkostalna nerva na muskulokutaneus i grafting C5 od toga jednu grupu fascikulusa na granu za dugu glavu tricepsa i tri grupe fascikulusa (medijalno pozicioniranih) na medijanus. Kohorta je obuhvatala 21 pacijenta, srednje starosti 21 godina. Prosečni timing operacije bio je 4,8 meseci, praćenje oko 22 meseca. 67% pacijenata je postiglo oporavak  $\geq M3$  fleksije lakta, a 62% je dostiglo  $\geq M3$  za ekstenziju lakta. Procena oporavka medijanusa 40%  $\geq M3$ , te su zaključili da korišćenje korena C5 je korisno za oporavak ekstenzije lakta i fleksije prstiju (10).

**Transfer spoljašnje grane akcesorijusa**-Nedostaci i nezadovoljavajući rezultati interkostobarhijalne anastomoze doveli su do uvođenja tehnika koristeći spoljanju granu akcesorijusa kao donor za reinervaciju brahijalnog pleksusa. Spoljašnja grana akcesorijusa je motorni nerv sa 1500-3000 motornih vlakana i samo nekolicine senzitivnih vlakana. Dodatna paraliza m. trapezijusa ne menja već postojeći deficit ramena kod avulzivnih spinalnih korenova. Međutim, funkcija trapezijusa naročito distalnog dela može biti delimično očuvana zahvaljujući nezavisnoj inervaciji od C3

korena i presecanje spoljašnjih grana Acc distalno od njenih grana. Nedostatak ove metode je dužina dugog nervnog grafta 7-20cm, a kod naših pacijenata 10-15cm. Uprkos ovom problemu postigli smo koristan funkcionalni oporavak kod 64,3% pacijenata. Stopa oporavka slična kao i u drugim objavljenim radovima, rezultati su bili bolji nego kod slučajeva reinrevacije sa IC nervom verovatno zbog 3-4 puta većeg broja motornih vlakana.

Songchareoen i grupa autora je prikazala rezultate nakon nervnog transfera spoljašnje grane akcesorijusa na muskulokutaneus kod 216 pacijenata. Praćenje postoperativno je bilo oko 6godina sa minimalno 2 godine za sve pacijente. Zadovoljavajući oporavak M3 i bolji bio je u 72,5%. Prosečan interval između operacije i oporavka do M3 je bio 17 meseci. Procenat loših rezultata povećao se sa 25,5% na 62,5% kod pacijenta koji su bili operisani kasnije od 9 meseci nakon povrede. Zaključili su da ovaj metod neurotizacije daje rezultat uporediv sa , ako ne i bolji, od rezultata drugih tipova neurotizacije za fleksiju lakta(82).

**Regionalni nervni transfer**-Gore spomenuti problemi su nas vratili na metode koje su koristili Vulpian i Stoffeli Foerester rane 1900 godine, kao što je naveo Narakas. U slučajevima gornje paralize brahijalnog pleksusa, koristili smo kao donore regionalne intaktne bočne grane brahijalnog pleksusa kao što su medijalni pektoralni nervi, torakodorsalis, toracikus longus i subskapularis. Pošto ovi nervi vode poreklo uglavnom od intaktnih korenova spinalnih nerava i voljni su motorni nervi sa autonomnom funkcijom. Glavne prednosti ove metode su: postojanje 3x više motornih vlakana nego interkonstalnih nervi (iako su neki od njih denervisani), beznačajno aksonalno mešanje, mogućnost direktne anastomoze ili anastomoza uz pomoć kratkih nervnih graftova, i mogućnost postizanja anastomoze u blizini motorne ploče. Slično žrtvovanju spoljašnje grane Acc, mi verujemo da je dodatna paraliza abdukcije ruke i unutrašnja rotacija zbog sekcije regionalnih nerava, nije toliko značajna kod teškog oštećenja ramena i pokreta ruke. U slučajevima predominantne inervacije od C7, funkcija sinergičkih mišića kao što su teres major može ponekad biti delimično očuvana. Pored toga dodatno neka funkcija pektoralnih mišića može biti oporavljena distalnom sekcijom medijalnog pektoralnog nerva i spajanjem nekih njegovih grana. U nekim slučajevima koristili smo

samo jedan regionalni nerv sa ovim nervima kao donorima postigli smo koristan funkcionalni oporavak u 83,8% , što je značajno bolje od rezultata dobijenih koristeći druge donore. Važno je naglasiti da nije bilo razlike u rezultatima dobijenih između individualnih nerava.

Grupa autora iz Luizijane objavila je rezultate 81 operisanih pacijenata, od 1995 do 2005. godine sa prosečnim 3,5 godišnjim praćenjem nakon operacije, s tim da se sedmero pacijenta izgubilo tokom praćenja; prikazali su rezultate za 74 pacijenta: 90% pacijenata se oporavilo do M3 nakon transfera pectoralis medijalisa , 60% nakon transfera interkostalnih nerava za fleksiju lakta. Oporavak abdukcije ramenado M3 nakon korišćenja spolašnje grane akcesorijusa na supraskapularni nerv, odnosno torakodorzalni nerv na aksilarni nerv. Zaključili su nervni transfer daje odlične rezultate za fleksiju lakta i abdukciju ramena; kao i da pacijenti koji su imali direktnu reparaciju elemenata brahijalnog pleksusa sa dodatnim nervnim transferom su imali bolji oporavak(35).

**Oberlin procedura** -Christophe Oberlin opisuje transfer jedne ili više motornih grana ulnarisa za biceps brahi. Ona se primenjuje za oporavak fleksije lakta kod pacijentakoji imaju ireparabilnu gornju paralizu(avulziju) i očuvane donje spinalne korenove. Pažljiv izbor fascikulusa ulnarnog nerva uz pomoć intraoperativne elektrostimulacije izbegava se bilo kakav deficit senzorni ili motorni u zoni inervacije donornog nerva.

Venkatramani i grupa autora su prikazali rezultate 15 uzastopnih slučajeva sa povredom po tipu gornje paralize u periodu od januara 2004.do decembra 2005. godine. Prosečna starost pacijenata je bila 35,6godina, svi povređeni u saobraćajnom udesu, 14 pacijenata je imalo povredu dominantne desne strane, operacija je urađena u terminu od drugog do šestog meseca od trenutka povrede. Praćenje postoperativno trajalo je u proseku 15 meseci. Kod svih je urađena Oberlin procedura, kao i transfer spoljašnje grane akcesorijusa na supraskapularni nerv. Svi pacijenti su imali određeno poboljšanje u funkciji ramena.Osam od 15 pacijenata je povratilo aktivnu abdukciju . Pet pacijenata je imalo oporavak stepena M3, a tri su imala oporavak stepena M4. Osam pacijenata je povratilo aktivnu spoljašnju rotaciju( 5 pacijenata sa M3 stepenom oporavka i 3 pacijenta do M4). Sedam od 15 pacijenata nikada nije oporavilo nikakvu aktivnu abdukciju ili spoljašnju rotaciju, ali je svih 7 pacijenata osećalo da im je rame stabilnije

da su razvili kontrolu nad ekstremitetom. Zaključili su da proksimalni nervni graftovi/transferi daju najmanje jednake ili bolje rezultate u poređenju sa distalnim nervnim transferom za funkciju ramena i lakta zajedno. Distalni transfer mogu da pruže efikasniju fleksiju lakta.

Prednost distalnog transfera: 1. Udružen sa drugim transferima doprinosi ranom oporavku funkcija ramena i lakta. 2. Nervni transfer blizu ciljnog mišića bez graftova omogućava brži i bolji oporavak 3. Upotreba fascikulusa ulnarisa za oporavak fleksije lakta je pouzdana tehnika, a funkcija ularnog nerva nije umanjena. 4. Iako funkcionalni oporavak ramena nije tako dramatičan kao u laktu, zadovoljstvo pacijenata je fenomenalno. 5. Starost pacijenata ne treba da bude kriterijum za odbijanje postupka, naročito do kraja pedesetih godina, i ako se operacija uradi u roku od 6 meseci, redovno se dobijaju dobri rezultati(46,55).

**Dvostruki fascikularni transfer za fleksiju lakta**-Mackinon je objavio kod 6 pacijenta direktan transfer motornih fascikulusa ulnarisa i medianusa na grane za biceps i brahijalis muskulokutaneusa. Reinervacija je zabeležena 5,5 meseci nakon operacije, a oporavak fleksije je bio 4+. Nije bilo senzornih ni motornih ispada ni kod jednog pacijenta nakon operacije. Autori navode brzi i uspešniji oporavak fleksije lakta nakon dvostrukog fascikularnog transfera u odnosu na jedan transfer(46).

Livemeaux i grupa autora je ukazala na rezultate dvostrukog fascikularnog grafta kod starijih bolesnika i koji su zakasnili na operaciju a imali su avulziju korenova C5-C7. Koristili su jedan ili više fascikulusa ularnog nerva koje su transferisali na nerv za biceps i fascikuluse medianusa na motornu granu za brahijalni mišić. Postoperativno praćeno je 15 pacijenata, od toga 10 više od 6 meseci. Prosečna starost je bila 27,2 godine, prosečno kašnjenje operacije je bilo 6,6 meseci, prosečno postoperativno praćenje je bilo 12,1 mesec. Rezultati su ukazali na oporavak kod svih 10 pacijenata koji su praćeni duže od 6 meseci oporavak do M4, svi su mogli da podgnu težinu od 1 do 5kg. Nije bilo sekundarnog deficita u snazi i senzaciji stiska šakom. Autori predlažu dvostruki fascikularni graft kao standardnu proceduru kod povreda tipa avulzije C5C6 i C5-C6- C7(43).

**Osvrtom na literaturu i naše rezultate-**U objavljenom radu Thunga pokazalo se da primena Oberlin procedure ima značajne rezultate. Na poslednjoj evaluaciji, snaga fleksije lakta bila je MRC ocena 4 kod pet pacijenata i stepen 4 kod tri pacijenta. Kontrolne EMG studije su izvedene kod jednog pacijenta 4 godine nakon rekonstruktivne procedure. Ovi nalazi su pokazali ponovnu inervaciju mišića brahijalisa koji je bio sličan mišićima bicepsa. Pacijenti su praćeni od 15 do 53 meseca sa srednjom dužinom praćenja 29,3 meseca (87).

U jednoj meta analizi Garga(Indiana) koja je obuhvatila 31 seriju pacijenta sa kod kojih je rađena reinervacija u pravcu fleksije lakta i abdukcije i spoljašnje rotacije ramena dobijeni su slični rezultati kao u našoj seriji.

Trideset i jedna studija ispunila je kriterijume uključivanja. Dvesta četrdeset i sedam (83%) i 286 (96%) od 299 pacijenata sa nervnim graftom postignuta je snaga savijanja lakta M4 ili više i M3 ili više, u odnosu na trideset dva (56%) i četrdeset i sedam (82%) od pedeset sedam pacijenata sa nervnim transplantatima ( $p < 0,05$ ). Četrdeset (74%) od pedeset i četiri pacijenta sa dvostrukim nervnim graftom za funkciju ramena imao je jačinu abdukcije ramena M4 ili veću u odnosu na dvadeset (35%) od pedeset sedam pacijenata sa nervnim transferom na jedan nerv i trinaest (46%) od dvadeset osam pacijenata sa nervnim graftom ( $p < 0,05$ ). Prosečna abdukcija ramena i spoljna rotacija iznosili su 122 stepena (raspon od 45 do 170) i 108 stepeni (raspon, 60 do 140) nakon dvostrukog transfera nerava i 50 stepeni (raspon, 0 do 100) i 45 stepeni (raspon, 0 do 140) kod pacijenata sa nervnim transferom na jedan nerv (70).

Grupa autora iz Brazila(Daniel Tôrres Jácome i drugi) su analizirali rezultate nakon reinervacije aksilarisa aksilarnim i posteriornim pristupom, da nisu vidjeni statistički značajni rezultati za aksilarni u odnosu na posteriorni pristup. U ovoj seriji, oporavak efektivne abdukcije, smatra se BRMC ocenom većom ili jednakom na 3 (76,9% u grupi sa aksilarnim pristupom i 71,4% u posteriornog pristupa grupi), i efektivne snage spoljašnje rotacije (69,2% u grupi sa aksilarnim pristupom) i 50% u grupi sa posteriornim pristupom bila je slična drugim izveštajima u literaturi (35).

Londonška škola iznosi lična iskustva kod kompletnih avulzija C5 do T1: Carlstedt je nastavio i proširio rad na ponovnom spajanju kičmene moždine sa spinalnim nervima koji su pretrpeli avulziju; više od 30 slučajeva obavljeno u Roial National Orthopedic Bolnica od 1996. koje su pratili. Ta regeneracija iz kičmene moždine u periferni nervni sistem se više ne postavlja kao pitanje: šta je potrebno –to je usavršavanje u selekciji, uvažavanje rizika i poboljšanja u tehnici i razumevanjuprotoka kroz prednju spinalnu arteriju radikularnim sudovima koncentrisanim na cervikalnu regiju. Nepotpun Brown Sequard-ov sindrom se može detektovati na najmanje 10% slučajeva potpune avulzije. Smanjenje protoka kroz prednju spinalnu arteriju uzrokovane prekidom radikularnih arterija je jedino moguće objašnjenje. Potencijalna ishemija cervikalne vrpce zasenio je pokušaje reimplantacije spinalnih korenova koji su pretrpeli avulziju. Direktna pristup rupturiranom ventralnom korenu je jedna zanimljiva mogućnost. „U jednom od naših slučajeva, mali zglobovi artroskop unet u foramen od C8 je otkrio da ventralni koren pluta uokolo u cerebrospinalnoj tečnosti, a u tri slučaja bilo je moguće presaditi na okrajak ventralnog korena. Takvi slučajevi predstavljaju izazov za budući razvoj u rekonstrukciji kod povreda brahijalnog pleksusa. Imperativ hitnosti operacije u ovim teškim povredama je dodatna tehnička lakoća rane eksploracije i operacije. Imamo loše iskustvo operacija u kasnijim slučajevima, kada je fibroza sprečila potpunu analizu lezije i ograničila mogućnosti za operaciju. U nekim slučajevima je bila fibroza toliko izaržena da je operacija napuštena, što je posebno istinito kada je došlo do nepotrebnog odlaganja između hitne intervencije arterije subklavije i dijagnostikovanja nervne lezije. Neke metode su moguće samo rano u nekoliko dana nakon povrede, a to uključuje selektivnu reinervaciju ventralnog korena i ponovno povezivanje avulzivnih spinalnih nerava na kičmenu moždinu. Defekt između okrajaka može biti znatno smanjen i, često, distalni okrajci leže duboko, ili čak ispod ključne kosti. Snimanje centralne provodljivosti je od suštinskog značaja u ranoj analizi lezije da se utvrdi kvalitet proksimalnog okrajka“(21). Trakcijska lezija supraklavikularnog brahijalnog pleksusa je različita od one koja se vidi kod teških infraklavikularnih povreda brahijalnog pleksusa gde nervi mogu biti u velikoj meri rastegnuti ali očuvanog kontinuiteta i da predstavljaju težak zadatak za hirurga. Umesto toga, povreda kičmenog nerva u zadnjem trouglu je očiglednija i može biti u smislu avulzije, rupture ili lezije koja će se sponatno oporaviti. „Priprema okrajaka oštećenih nerava je mnogo lakše u

ranim slučajevima, posebno kada periferna provodljivost i dalje prisutna. Odbacujem ideju da će rana operacija biti ugrožena fibrozom; najteže i najviše bezuspešnih slučajeva je bilo u grupi onih koji su nam upućeni kasno. Udružene povrede i povrede kičme i kičmenog stuba, mogu nametnuti apsolutnu kontraindikaciju hitnom istraživanju brahijalnog pleksusa u najmanje 15% svih naših slučajeva. Rizik za izlivanje cerebrospinalne tečnosti je takođe faktor u ranom slučaju. Iako nikada u slučaju koninga, odgovorni kliničar mora imati na umu tu mogućnost, i zatvaranje duralnog rascepasurgicelom uz lepak fibrinskog ugruška i čepovi mišića ili masti pokazali su se kao neophodni“ (21). Predmet rada u nekompletnoj avulziji, kod pacijenata kod kojih su C8 i T1 neledirani, vraćanje korisne funkcije ruke reinervacijom ramena i lakta. U potpunoj leziji, predmet operacije je da renervira dva segmenta, ili čak i više, unutar a jedan od glavnih ciljeva reinervacije je da ublaži bol. Potpuna avulzija je užasna, treba uraditi mnogo više posla istražiti mogućnosti za ponovno povezivanje između kičmene moždine i perifernog nervnog sistema postavljen pionirskim radom Džordža Bonnei i Thomas Carlstedt. Kliničar nikada ne treba zaboraviti da pacijent koji ima potpunu leziju brahijalnog pleksusa će biti potišten i depresivan više meseci. Njegov život je ugrožen. Operacija je samo prvi korak u rehabilitaciji. Prvi hirurrg mora aktivno da se uključi u ceo proces rehabilitacije i mora se angažovati u aktivnom tretmanu bola, u ublažavanju invalidnosti obezbeđivanje ortoza i aktivno podržavanju ranog povratka na posao, povratak na posao modifikovan, ranu obuku za alternativni rad ili povratak na školovanje. Ove bolesnike treba pratiti mnogo godina a kasniji razvoj neuroloških simptoma ili pogoršanje bola zahteva temeljno ispitivanje. Većina ovih bolesnika su rizični, a većina će pokazati izuzetan duh i hrabrost (21).

Rezultati naše serije ne odsutapaju od rezultata objavljenih serija drugih zemalja, mada postoji razlika u dužini praćenja. A što se tiče Londosnke škola u našoj zemlji nije razvijena mreža Magnetnih rezonanci kao u svetu tako da brza dijagnostika u našim uslovima je za sada samo želja neurohirurga koja čeka svoje ostvarenje.

Na Neurohiruškoj klinici Kliničkog centra Srbije u Beogradu 2004. godine je objavljeno ličnodvadesetpetogodišnje iskustvo (Samardžić i dr.) da je koristan funkcionalni oporavak postignut kod 57(74%) od 77 nervna transfera na muskulokutaneus i 52 (76%)



od 69 transfera na aksilarisu. Međutim, koristan oporavak je bio kod muskulokutaneusa nego kod aksilarisa pošto je među oporavljenima 65% iz prve i 45% iz druge grupe imalo odlične i dobre rezultate. Opšta statsitička analiza nije pokazala značajnu korelaciju starosti pacijenata i vremena operacija sa konačnim ishodom, mada su rezultati nešto bolji kod osoba mlađih od 30godina i u slučajevima kod kojih je operacija urađena unutar 6 meseci od povrede (79).

Tabela 23. Rezultat 77 nervnih transfera na muskulokutani nerv (79)

Recipijentni nerv

Donorni nerv	Muskulokutenaus			
	I	II	III	IV
Interkostalis	8	3	5	
Akcesorijus	6	8	7	
Torakodorzalis		1	5	2
Torakodorzalis*			1	1
Torakodorzalis**			2	
Pektoralis medijalis	1	6	5	3
Pektoralis medijalis *	1		2	1
C5i /ili C6 spinalni nerv	4	2	3	
<b>Ukupno</b>	20	20	30	7

\*- kombinovani sa interkostalisom\*\*-Kombinovani sa subskapularisom ili toracikusom longusom I,II; III; IV- stepen oporavka(I-loš, II- zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan)

Tabela 24. Rezultati 69 nervnih transfera na aksilarni nerv (79)

Recipijentni nerv

Donorni nerv	Aksilaris			
	I	II	III	IV
Interkostalis	8	11	4	1
Akcesorijus	2	5	1	
Torakodorzalis		5	4	1
Torakodorzalis*	1		1	1
Torakodorzalis**		1	2	
Pektoralis medijalis	2	2	2	1
Pektoralis medijalis *			3	1
C5i /ili C6 spinalni nerv	4	5	1	
<b>Ukupno</b>	17	29	18	5

\*- kombinovani sa interkostalisom\*\*-Kombinovani sa subskapularisom ili toracikusom longusom I, II; III; IV- stepen oporavka (I-loš, II- zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan

U daljem toku uvedena je Oberlin metoda i češće se pristupalo istoj, obzirom na naše dobijene rezultate. U prethodnoj evaluaciji izadotoj 2004. obuhvaćeni su i pacijenti koji su obuhvaćeni i našom serijom u prvoj godini. Stepenn oporavka je drugačije procenjivan (Skalom Ido IV) u odnosu na pacijente u našoj seriji (M0 do M5), ali su rezultati ostali slični, bez razlike u statističkoj analizi.

U nekim slučajevima, kombinovali smo donore uprkos mišljenju nekih da dva različita donora reinervišu isti mišić samo jedan će funkcionisati. Pored kompletiranja suturne linije, kad je to bilo moguće anastomoza je bila locirana u blizini ciljnog organa gde su

fokusirana nervna vlakna za inervaciju različitih mišića ili njihovih funkcionalnih delova. Postigli smo čak višu stopu funkcionalnog oporavka i kvaliteta oporavka kod ovih pacijenata. Međutim, nismo sigurni da li je ovo rezultat kombinovane reinervacije ili reinervacije samo jednim nervom, verovatno regionalnim.

## 6. ZAKLJUČCI

U mom radu sagledano je 69 bolesnika sa supraganglionarnim povredama brahijalnog pleksusa, koji su operisani bar jednom od metoda: nervni transfer bilo da je cervikalni, torakalni, intrapleksusni ili distalni nervni transfer što je dalo rezultate i samim tim i došlo se do sledećih zaključaka:

1. Da radna sposobnost u oporavku funkcije lakta nakon reinervacije muskulokutaneusa, gde je kao donor korišćen nerv pektoralis medijalis je najveća i iznosi 34,78% bolesnika od ukupnog broja operativno rešivih bili su radno sposobni 67,65% bolesnika, što iznosi 100% bolesnika sa ovim donornim nervom.
2. Odlični rezultati što se tiče radne sposobnosti u pogledu funkcije lakta su dobijeni i nakon procedure distalnog nervnog graftinga sa upotrebom fascikulusa ulnarisa kao donornog nerva gde je takođe 100% bolesnika imalo radnu sposobnost nakon operacije. U ovoj studiji je to bilo zastupljeno u 23,9% operativno rešivih bolesnika. Verovatno uspešnost ovog modaliteta leži i u tome što je zona operacije udaljena od mesta povrede, na tkivima bez fibroza i oštećenja, kraći put reinervacije do ciljnog organa.
3. Dobijen je dobar oporavak funkcije lakta i radna sposobnost kod upotrebe kao donora interkostalnih nerava u vrednosti od 16,8% operativno rešivih bolesnika.
4. Primena nerva torakodorzalisa kao donora u oporavku aksilarnog nerva i funkcije ramena je 55,88% , kao najpogodniji donor od upotrebljenih, obzirom da su svi operisani bolesnici kod kojih je primenjen ovaj donor postali radno sposobni.
5. Uvidom u rezultate kao pogodan donor za oporavak funkcije ramena reinervacijom aksilarnog nerva pokazao se i okrajak korena C5 u 75% bolesnika kod kojih je primenjen ovaj transfer u odnosu na ukupan broj bolesnika kod kojih je primenjen okrajak korena C5. Udeo ovih bolesnika u odnosu na sve operativno rešivih je 11,76%, ali se treba imati u vidu i manji broj bolesnika koji je tretiran ovom metodom.

6. U reinervaciji aksilarnog nerva u cilju oporavka funkcije ramena korišćeni su interkostalni nervi kao donori koji su u odnosu na ukupan broj operisanih ovom metodom pokazala oporavak u 64,3%, a u odnosu na ukupan broj oporavljenih iz studije zastupljenost pozitivnih rezultata operacije verifikovana je kod 26,47% bolesnika kod kojih je načinjena bar jedna od gore navedenih vidova transfera za oporavak funkcije ramena.
7. U studiji uvidom u rezultate više je bilo povređenih osoba muškog pola, značajno 84,1%, i to starosne dobi između 21-30 godine čak 40,6% i grupe od 31-40 godina u 17,4% što ukupno iznosi 58% što predstavlja radno sposobne osobe, koje treba vratiti na posao nakon reparacije povređenog brahijalnog pleksusa. Oporavak bolesnika u ovoj studiji je u značajnom procentu nakon operacija prozilazi i iz starosne dobi i većeg regenerativnog potencija kod mlađih osoba sa supraganglionarnim povredama brahijalnog pleksusa.
8. U studiji gde je sagledano 69 bolesnika sa udruženim povredama koje su klasifikovane u tri grupe –ekstenzivne udružene povrede, minimalne udružene povrede i treća grupa gde nije bilo udruženih povreda, ukazala je na veliku zastupljenost udruženih povreda čak u 58% bolesnika, verovatno i zbog samog mehanizma povređivanja koji je u ovoj studiji verifikovan u 59,4% gde se radilo o saobraćajnom traumatizmu odnosno motociklistima. Oporavak funkcije lakta nakon primenjene bar jedne od gore navedenih metoda transfera nije pokazala statističku značajnost u odnosu na prisustvo udruženih ekstenzivnih povreda.
9. Oporavak funkcije ramena u odnosu na ekstenzivnost udruženih povreda takođe nije pokazala statističku značajnost.
10. Vreme operacije nakon povreda supraganglionarnih povreda brahijalnog pleksusa procentualno je bilo u najvećem broju u vremenskom intervalu 3-6 meseci nakon povrede u 55,1%, i nakon 6 meseci do godinu dana u 23,2% , koje se i u drugim studijama definisalo kao najbolje vreme, koje uticalo na oporavak. Operisani nakon 6 meseci su bili bolesnici sa ekstenzivnim udruženim povredama koje su ometale dijagnostiku i maskirale kliničku sliku povređenih nerava. Oporavak funkcije lakta za grupu bolesnika operisanih u vremenskom intervalu od 3-6 meseci je imalo značajnu statističku vrednost.

11. Vreme operacije u grupi bolesnika nije imalo statistički značaj za bolesnike gde je praćen oporavak funkcije ramena, ali je najveći procenat bio u grupi bolesnika koji su operisani u vremenskom periodu 3-6 meseci nakon povređivanja.
12. Oporavak bolesnika, nezavisnost od strane drugih osoba kao i mogućnost samostaranja, značajna psihička stabilnost i odsustvo osećaja hendikepiranosti nakon nervne rekonstrukcije supraganglionarnih povreda zabeležen je kod svih praćenih bolesnika.
13. Nervni transfer predstavlja jedinu mogućnost nervne reparacije u slučajevima paralize brahijalnog pleksusa koja je nastala avulzijom spinalnih korenova. Nema idealne metode, ali upotreba regionalnog nerva kao donora u slučajevima gornje paralize brahijalnog pleksusa daje veće šanse za koristan funkcionalni oporavak nego interkostalni i /ili transfer spoljašnje grane akcesorijusa. Iako kontroveržno, kombinovana upotreba donora naročito kada su regionalni nervi bili korišćeni je dovela do najviše stope funkcionalnog oporavka i najkvalitetnijeg oporavka.
14. Hirurški tretman povreda kod dugih nervnih stabala kao što je brahijalni pleksus je u stalnom napretku sa osvrtom na poboljšanje funkcionalnog oporavka pacijenata koje su zadobile ovakvu devastirajuću povredu. Polje neurotizacije naročito brzo napreduje sa mnoštvom inovativnih ideja dosetljivih neurohirurga. Međutim, da li direktna reparacija kod reparabilnih povreda brahijalnog pleksusa treba da ostane glavno uporište u hirurškoj tehnici povreda brahijalnog pleksusa je sada i biće debata, nakon zapaženih impresivnih rezultata koji mogu biti dobijeni posle procedure nervnog transfera. Neki rezultati ukazuju da pacijenti teže boljem kada je direktna reparacija elemenata brahijalnog pleksusa dodatak nervnom transferu. Međutim, taj nalaz nije zaključak. Možda će dati odgovor na ovo pitanje jedna multicentrična randomizovana studija, poređenjem sa kontrolnom grupom uz operacije nervnim transferom kao samostalnom sa kontrolnom grupom nervnog transfera udruženog sa direktnom reparacijom u hirurgiji nerava i staviti tačku na ovu debatu. Dok takva studija ne bude urađena, hirurgija nerava uvek će koristiti individualne kriterijume kao bazu u njihovoj praksi.

## LITERATURA

- 1) Aferzon J., Wagle VG., Weiser HC.: Root avulsion in brachial plexus injury: a case report. *Conn-Med.* 1994, 58(5):256-6
- 2) Allieu Y., Cenac P.: Neurotization via the spinal accessory nerve in complete paralysis due to multiple avulsion injuries of the brachial plexus. *Clin Orthop*, 1988, 237:67-74
- 3) Allieu Y., Cenac P.: Is surgical intervention justifiable for total paralysis secondary to multiple avulsion injuries of the brachial plexus, *J. Hand. Clin.*, 1988, 4(4): 609-18
- 4) Allieu Y., Clauzel A., Mekhaldi A., Triki F.: Consequences sur la fonction respiratoire de paralysies du plexus brachial de l'adulte et de leur traitement chirurgical. *Rev. Orthop.*, 1986, 72:455-460
- 5) Allieu Y., Triki F., Goodebout J.: Les paralysies totales du plexus brachialis. Valeur de la conservation du membre et de la restauration de la flexion active du coude. *Rev. Chir Orthop*, 1987, 73: 665-673
- 6) Alnot JY.: Traumatic brachial plexus lesions in the adult: indications and results. *Microsurgery* 1995; 16(1): 22-9
- 7) Alnot Y.: Lesions et leur mécanisme, *Rev. Chir Orthop*, 1997, 63:39-43
- 8) Alvaro BC., Renata GP., Marcelo RR. : Median nerve fascicle transfer versus ulnar nerve fascicle transfer to the biceps motor branch in C5-C6 and C5-C7 brachial plexus injuries: Nonrandomized prospective study of 23 consecutive patients, *Microsurgery*, 2014, 34,(7):511-5
- 9) Ando M.: Reconstruction for brachial plexus injury by the accessory nerve: anatomy of the accessory nerve and its innervation of the trapezius, *Nippon-Seikeigeka-Gakkai-Zasshi*, 1993, 67(10): 911-8
- 10) Arnal A., Cambon A., Marchesi PS., Belkhyar Z.: Restoration of elbow and hand function in total brachial plexus palsy with intercostal nerves and C5 root neurotization, *Hand Surg. Rehabil.*, 2016 sept; 35(4) :283-7
- 11) Azze RJ., Mattar-Junior J., Ferreira MC., Starck R., Canedo AC.: Extraplexal neurotization of brachial plexus, *Microsurgery*; 1994; 15(1):28-32.
- 12) Berger A., Becker MH.: Brachial plexus surgery: our concept of the last twelve years *microsurgery* 1994; 15(11): 760-7

- 13) Bertelli JA, Ghizoni MF.:Nerve transfer from triceps medial head and Anconeus to deltoid for Axillary nerve palsy, J Hand Surg. Am.,vol 39.,2014.940-7
- 14) Birrch R.:Brachial plexus injury:The London experiience with supraclavicular traction lesions, neurosurg Clin N Am 20.2009:15-23
- 15) Blaauw G., Slooff A. : Transfer of Pectoral nerves to the Musculocutaneous nerve in obstetric uppeper brachial plexus palsy, Neurosurgery, 2003, 53 :338-342.
- 16) Braudf KE., Mackinnon SE.: A techinque for maximizing bicesp recovery in brachial plexus recontruction, J-Hand-Surg\_A; 1993, 18(4):726-33.
- 17) Brunelli G., Monini L.: Neurotization of avulsed rootsof the brachial plexus by means of anterior nerves cervical plexus.ClinPlast Surg.1984,11:149-152.
- 18) Brunelli GA., Brunelli GR.:Preoperative assesment of the adult plexus patients, Microsurgery, 1995, 16:17-21.
- 19) Bufalini C., Pescatori G.:Posterior cervicals electromyography in the diagnosis and prognosis of brachial pleus injures, J.Bone Joint Surg.,1969,51B(4):627-631.
- 20) Callahan DJ., Scullz BT., Shapiro AS., Worth MR.: Suprascapular nerve entrapment. J. Neurosurg. 1991 74:893-896.
- 21) Carlstedt TP.: Spinal nerve root injures in brachial plexus lesions: basic science and clinical aplication of new surgical strategies A review Microsurgery 1995, 16(1):13-6.
- 22) Carvalho G., Nikkah G., Mathies C., Sammi M.: Diagosis of root avulsion in traumatica brachial plexus injuries: value of computerized tomography myelography and magnetic resonance imaging, J neurosurg., 1997, 86:69-76
- 23) Cho AB., Iamahuchi R., Silva GB. :Intercostal nerve transfer to the biceps motor branch in complete traumatic brachial plexus injuries, Microsurgery, sept 2015 35(6):428-31
- 24) Chuang DC, LeeGW., Hashem F., Wei FC.: Restoration of shoulder abduction by nerve transfer in avulsed brachial plexus injury: evaluation of 99 patients with various nerve transfers, Plast. Reconstr. Surg., 1995, 96: 122-128



- 25) Chuang DC., Epstein MD., Yeu MC., Wei FC.: Functional restoration of elbow flexion in brachial plexus injuries: results in 167 patients (excluding obstetric brachial plexus injury), *J-Hand-Surg-Am*; 1993, 18(2): 285-91.
- 26) Cobbi M., Leslie JI., Watt I.: Cervical myelography of nerve root avulsion injuries using water-soluble contrast media, *The British Journal of Radiology*, 1988, 61:673-678.
- 27) Coene L.: Mechanism of brachial plexus lesions, *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 1993, 95:24-29.
- 28) Dolenc VV.: Intercostal neurotization of the peripheral nerves in avulsion plexus injuries, u Trsis JK., (ed): *Microreconstruction of nerve injuries*, Philadelphia-Toronto, WB Saunders, 1987, 425-437.
- 29) Feinberg JH., Radecky J., Wolfe SW., Strauss HL: Brachial plexopathy, Nerve root avulsion in a football player: the role of electrodiagnostics, *HSSJ*, 2008 4:87-95
- 30) Freilinger G., Holle J., Sulzgruber S.: Distribution of motor and sensory fibres in the intercostal nerves, *Plast Reconstr Surg*, 1978, 62: 240-244.
- 31) Friedman Ah., Nunley JA., Goldner RD., et al.: Nerve transposition for the restoration of elbow flexion following brachial plexus avulsion injuries, *J Neurosurg.*, 1990, 72:59-64.
- 32) Gupta RK., Mehta Sv., Banjerji KA., Jain KR.: MRI evaluation of brachial plexus injuries, *Neuroradiology*, 1989, 31: 377-381.
- 33) Haider AS., Watson I., Sulhan S., Leonard D., Traumatic cervical nerve root avulsion with pseudomeningocele formation, *Cureus* 2017, 9(2).1028
- 34) Hierner R., Berger A.K. : Did the partial contralateral C7-transfer fulfil our expectations? Results after 5 year experience, *Acta neurochirurgica*, 2007, 100 (Suppl ): 33-35.
- 35) Jacome DT., Alencar FH., Vieira MV., Kobig RN.: Axillary nerve neurotization by a triceps motor branch: comparison between axillary and posterior arm approaches, *Rew Bras Ortop.* 2018, 53(1): 15-21
- 36) Jones JS.: Investigation of brachial plexus traction lesions by peripheral and spinal somatosensory evoked potentials, *J Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 1979, 42:107-116.

- 37) Jao Km, Hu Jj, Lao J., Zhao X.: Evaluation of nerve transfer options for treating total brachial plexus avulsion injury: A retrospective study of 73 participants, *Neural Regen. Res.* , 2018, 13 (3), 470-6
- 38) Kachramanoglou C., Carlstedt T., Koltzenburg M.: Long-Term Outcome of brachial plexus reimplantation after complete brachial plexus avulsion injury, *World Neurosurg.*:2017, 103: 28–36.
- 39) Kawai H., Kawabata H., Masada K., et al.: Nerve repair for traumatic brachial plexus palsy with root avulsion, *Clin Orthop.Rel.Res.*, 1988, 237:75-86.
- 40) Kawai H., Tsuyuguchi Y., Kawabata H., Masada K., Ono K., Yamamoto K., Tada K.: Identification of the lesion in brachial plexus injuries with root avulsion: a comprehensive assessment by preoperative findings, myelography, surgical exploration and intraoperative electrodiagnosis, *Neuro\_Orthopedics*, 1989,7:15-23.
- 41) Kline D., Judice D.: Operative management of selected brachial plexus injuries, *J Neurosurg.*,1983, 58:631-649.
- 42) Kotani T., Matsuda H., Suzuki T.: Trial surgical procedures of nerve transfer to avulsion injuries of brachial plexus; IN Delchef J.,de Marneff R., Vander E., et al.: *Orthopaedic Surgery and traumatology. Proceedings of the 12th Congress of the International Society of Orthopaedic Surgery and Traumatology*, Amsterdam: Elsevier, 1973,pp 348-350.
- 43) Liverneaux PA., DiazLC.,Beaulieu JY., Durand S., Oberlin C.: Preliminary results of double nerve transfer to restore elbow flexion in upper type brachial plexus palsies, *Plast.Reconstr Surg*, 2006 mar; 117(3):915-9
- 44) Leffert R.: Clinical diagnosis, testing and electromyographic study in brachial plexus traction injuries, *Clin-. Orthop. Rel. Res.*, 1988, 237:24-31.
- 45) Lusskin R., Campbell J.,ThompsonW.:Post-traumatic lesions of the brachial plexus: treatment by transclavicular exploration and neurolysis or autograft reconstruction, *J Bone Joint Surg.*,1973, 55-A;1159-1176.
- 46) Mackinnon SE., Novak CB., Myckatyn TM.: Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. *J Hand Surg. Am.* 2005. 30(5): 978-985.

- 47) Millesi H.: Brachial plexus injury in adults: operative repair, in Gelberman RH.: Operative nerve repair and reconstruction, J.B.Lippincott Company, Philadelphia, 1991,2:1285-1301.
- 48) Milesi H.: Brachial plexus injuries, Clin.Orthop. Rel.Res.,m 1988, 237:36-42.
- 49) Millesi H.: Brachial plexus injuries: management and results, in Terzis JK: Microreconstruction of nerve injuries, Saunders, Philadelphia London Toronto, 1987, pp 347-360.
- 50) Millesi H. : Coordinated function oriented movements after multiple root avulsion, Acta neurochirurgica,2007, 100 (Suppl ): 117-9
- 51) Narakas A. O.: Lesions found operating traction injuries of the brachial plexus.,Clinical Neurology and Neurosurgery, 1993, 95:56-64
- 52) Narakas A.:Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus, Clin Orthop.Ret. Res., 1978, 33:71-90.
- 53) Narakas A., Herzeberg G.: Neuro-neural intraplexal transfers in traumatic radicular avulsions of the brachial plexus, Ann.Chir.Main.,1985, 4:211-8
- 54) Nathan J.R., David G.K., Michael L.McG.: Clinical problem-solving:Brachial plexus closed injury and reconstruction, Neurosurgery, 2008, 62 :1330-9.
- 55) Oberlin C., Beal D., Leechavegvongs S.: Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: Anatomical study and report of four cases. : J.Hand.Surg.1994, 19A (232-7)
- 56) Olawale A.R.,Daniel D.K.,Clint B.,David G.K.: Nerve transfer surgery for adult brachial plexus injury: A 10-year experience at Louisiana State University, Neurosurgery, 2009, 65(Suppl): 55-62.
- 57) Pavel H., Filip Š., Robert T.,Ladislav H. : Direct repair (nerve grafting), neurotization, and end-to-side neurotization in the treatment of brachial plexus injury, J. Neurosurg, 2007, 106: 391-9.
- 58) Rasulic L., Rekonstruktivna hirurgija tracionih povreda brahijalnog pleksusa, Doktorska disertacija, Medicinski fakultet Beograd,1999.
- 59) Rasulic L., Samardzic M., Bascarevic V., Jovanovic M., Crvkota I., Savic A., Micovic M.: Nerve transfer in cases with upper brachial plexus palsy due to the traction injuries to the brachial plexus: regional nerve transfer, Acta Clinica Croatica, 2011, Vol. 50, Suppl. 1, 80

- 60) Rasulic L., Samardzic M., Bascarevic V., Jovanovic M., Crvkota I., Savic A., Micovic M.: Complex brachial plexus injuries: nerve repair and results, *Acta Clinica Croatica*, 2011, Vol. 50, Suppl. 1, 79
- 61) Rasulic L., Samardzic M., Bascarevic V., Micovic M., Crvkota I., Savic A., Zivkovic B.: Brachial Plexus Surgery - Present Limits and Perspectives. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2014; 75
- 62) Rasulic L., Samardzic M., Bascarevic V., Micovic M., Crvkota I., Savic A., Zivkovic B.: Peripheral Nerve Surgery - View through Multidisciplinary Approach Window. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2014;
- 63) Rasulic L., Samardzic M.: Minimally invasive brachial plexus and peripheral nerve surgery - where we are now? *World Neurosurg*, 2015, 82(2): 599.
- 64) Rasulic L., Cinara I., Samardzic M., Savic A., Zivkovic B., Vitosevic F., Micovic M., Bascarevic V., Puzovic V., Mandic-Rajcevic S. Nerve injuries of the upper extremity associated with vascular trauma – surgical treatment and outcome. *Neurosurg Rev*, 2017; 40(2):241-249.
- 65) Rasulic L., Savic A., Zivkovic B., Vitosevic F., Micovic M., Bascarevic V., Puzovic V., Novakovic N., Lepic M., Samardzic M., Mandic-Rajcevic S. Outcome after brachial plexus surgery and impact on quality of life. *Acta Neurochir*, 2017; 159(7): 1257-1264
- 66) Rasulic L. Current Concept in Adult Peripheral Nerve and Brachial Plexus Surgery. *Journal of Brachial Plexus and Peripheral Nerve Injury*, 2017;12(1):e7-e14 – corresponding author,
- 67) Rasulic L. Peripheral Nerve Surgery: the road less traveled. *Acta Neurochirurgica* 2018,
- 68) Rasulic L., Savic A., Lepic M., Kovacevic V., Vitosevic F., Novakovic N., Mandic-Rajcevic S., Samardzic M. Viable C5 and proximal C6 stumps use in reconstructive surgery of the adult brachial plexus traction injuries. *Neurosurgery*, 2018, in press
- 69) Rasulic L., Lepic M., Savic A., Lepic T., Samardzic M. Peripheral nervous system surgery: Travelling through no man`s land to new horizons. *Neurology India*, 2019; 67: Supplement 1

- 70) Rohit G, Gregory AM., Howard J.H, Scot WW.: Comparasio of nerve transfers and nerve grafting for trumatic upper plexus palsy: A systematic review and analysis, Jbone Joint Surg.Am 2011; 93:19-29.
- 71) Samardžić M., Rasulić L.: Povrede i oboljenja perifenih nerva, u Samardžić M.: Osnovi neurohirurgije za sve lekare, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1998: 259-74.
- 72) Samardžić M., Rasulić L.: Povrede brahijalnog pleksusa, u Samardžić M., Antunović V., Grujičić D.: Povrede i oboljenja perifernih nerava, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1998, 269-322.
- 73) Samardžić M., Rasulić L, Lakićević N, Baščarević Cvrkota I, Savić A: Collateral branches of the brachial plexus as donors in nerve transfers-Bočne grane brahijalnog pleksusa – donori u transferima nerava, Vojnosanit Pregled, 2012, 69 (7): 594-603
- 74) Samardžić M., Rasulić L., Grujičić D. : Results of nerve transfers to the musculocutaneous and axillary nerves, Neurosurgery 2000, 46: 93-103.
- 75) Samardžić M., Grujičić D., Antunović V. : Nerve transfer in brachial plexus traction injures, J. Neurosurg, 1992, 76: 191-7.
- 76) Samardžić M., Grujičić D., Rasulić L., Miličić B. : The use thoracodorsal nerve transfer in restoration of irreparable C5 and C6 spinal nerve lesions, British J. of Plastic surgery, 2005, 58:541-6.
- 77) Samardžić M., Grujičić D., Rasulić L., Bacetić D. : Transfer of the medial pectoral nerve: myth or reality?, Neurosurgery, 2002, 50:1277-82.
- 78) Samardžić M., Grujičić D., Bajić V., Bojović V.: Preoperative evaluation of brachial plexus traction injuries, Clin. Neurosci, 1994, 47:197-8.
- 79) Samardžić M., Grujičić D., Rasulić L.: Rekonstruktivna hirurgija tracionih povreda brahijalnog pleksusa -lična iskustva i dileme, Acta Clinica, 2004. vol.4, Supp.1, str 71-83
- 80) Samaradzic M., Rasulic L., Lakicevic N. : Collateral branches of the brachial plexus as donors in nerve transfers, Vojnosanitetski pregl.2012, vol. 69, br. 7, str. 594-603

- 81) Songcharoen P Mahaisavariya B., Chotigavanich C. : Spinal accessory neurotization for restoration of elbow flexion in avulsion injuries of the brachial plexus , J Hand Surg.,1996 may, V 21, Iss 3:387-90
- 82) Songcharoen P.,Monreal R. et al.: Restoration of elbow flexion by transfer of the phrenic nerve to musculocutaneous nerve after brachial plexus injuries., J Hand Surg [Am] 26(A):1058-1064, 2001Hand (N Y)\_ 2007 Dec;2(4):206-11
- 83) Sunderland S: Mechanisms of cervical nerve root avulsion in injures of the neck and shoulder, J Neurosurg.,1974,4:705-14
- 84) Simic V. Nervni transfer kod tracionih povreda brahijalnog pleksusa; Medicinski fak. Beograd; Zavr. akademski spec. rad; 2012
- 85) Simic V., Savic A., Samardzic M., Rasulic L.: Nerve grafting versus common infraclavicular intraplexal nerve transfer in elbow flexion restoration, Turk Neurosurg, 2018: 28(4):636-44.
- 86) SulimanOA., KimDD., Burkett C., Kline DG.: Nerve transfer surgery for adult brachial plexus injury: a 10-yaer experience at Louisiana State University, Neurosurg. 2009. Oct; 65, 4 Supp A :55-62
- 87) Tung TH., NovakCB.,Mackinon SE.:nerve transfers to the biceps and brachialis branches to improve elbow flexion strength after brachial plexus injuries, J Neurosurg.2003. vol 98,:313-8
- 88) Venkatramani H., Bhardwaj P., Faruguee SR., Sabapathy SR. : Functional outcome of nerve transfer for restoration of shoulder and elbow function in upper brachial plexus injury, J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.2008; 3:15-36.

## BIOGRAFIJA

Vesna, Dragoslav, Simić je rođena 30.06.1969. godine u Paraćinu. Medicinski fakultet, Univerziteta u Kragujevcu je upisala se 1988/1989. godine, diplomirala 1995. godine sa srednjom ocenom 7,00. Tokom 1995/1996. završila je obavezan lekarski staž i položila stručni ispit 1996. godine. Stalni radni odnos zasnovala 1996. godine u Medicinskom centru Čuprija. Specijalizaciju iz neurohirurgije na Medicinskom fakultetu, Univerziteta u Beogradu započela 1998. godine, a specijalistički ispit sa odličnom ocenom položila 26.10.2004., ispred komisije kojom je predsedavao Prof. Dr M. Janićijević. Specijalističke akademske studije iz neurohirurgije upisala je školske 2009/2010 godine na Medicinskom fakultetu, Univerziteta u Beogradu. Rad na temu „Nervni transfer kod tracionih povreda brahijalnog pleksusa“ javno odbranila 26.3.2012. Mentor – Prof. Dr M. Samardžić. Upisala doktorske studije na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer rekonstruktivna hirurgija, 2012/13. Učestvovala na Kongresima neurohirurga u zemlji ( Zlatibor 2000., Igalo 2002., Tara 2002., Novi Sad 2005., Niš 2008. i Evropskim kongresima neurohirurga ( Lisabon 2003g., Glazgov 2007g., Rim 2011, Prag 2014), pohađala KME ( Savremeni principi lečenja povreda kičmenog stuba- Banjica decembar 2007),( Endoskopski endonazalni pristup pituitarnim tumorima, septembar 2012, Novi Sad), I Kongresu neurohirurga Jugoistočne Evrope, SEENS 2013 u Beogradu( aktivno se predstavila poster prezentacijom Presentation of the family inherited enlarged parietal foramina), Sarajevu 2015. Učestvovala je i na Masin kongresima V i VI u Beogradu i Bečićima 2016. i 2017, aktivno pohađala „ 2 Teoretical, Practical & Hands-on international Course in Peripheral Nerve & Brachial Plexus Surgery 2017. u Beogradu, Interacionalnom kongresu WFNS 2019. u Beogradu. Objavila je radove kao autor i koautor iz oblasti perifernih nerava u međunarnim naučno priznatim časopisima.

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Весна Симић

Број индекса PX 13/12

*Изјављујем*

да је докторска дисертација под насловом

„Нервна реконструкција супраганглионарних повреда брахијалног плексуса“

---

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени
- да ни сам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

*Потпис аутора*

У Београду, 14.09.2020.

---



образац изјаве о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Весна Симић Број индекса PX

13/12 Студијски програм Реконструктивна хирургија, у же:

Неурохирургија Назлограда „Нервна реконструкција супраганглионарних повреда брахијалног плексуса“

Ментор Проф. Др Лукас Расулић.

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског \_\_\_\_\_ назива докторанаука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбра нерада.

Ов лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

*Потпис аутора*

У Београду, 14.09.2020.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Нервна реконструкција супраганглионарних повреда брахијалног плексуса“

---

---

---

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моја докторска дисертација похрањена у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступна у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CCBY)
2. Ауторство – некомерцијално (CCBY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CCBY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – дели тип под истим условима (CCBY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CCBY-ND)
6. Ауторство – дели тип под истим условима (CCBY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратакопис лиценције саставни део ове изјаве).

*Потпис аутора*

У Београду, 14.09.2020. \_\_\_\_\_

1. **Ауторство.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

образац изјаве о ауторству

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Весна Симић

Број индекса PX 13/12

*Изјављујем*

да је докторска дисертација под насловом

„Нервна реконструкција супраганглионарних повреда брахијалног плексуса“

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

*Потпис аутора*

У Београду, 14.09.2020.

Весна Симић

образац изјаве о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Весна Симић Број индекса PX  
13/12 Студијски програм Реконструктивна хирургија, уже:  
Неурохирургија Наслов рада, „Нервна реконструкција  
супраганглионарних повреда брахијалног плексуса“  
Ментор Проф. Др Лукас Расулић.

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива докторанаука, као што су име и презиме, година и место рођења и дата модбрана рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

*Потпис аутора*

У Београду, 14.09.2020.

Весна Симић

образац изјаве о коришћењу

### Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Нервна реконструкција супраганглионарних повреда брахијалног плексуса“

---

---

---

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CCBY)
2. Ауторство – некомерцијално (CCBY-NC)
3. Ауторство–некомерцијално–без прерада (CCBY-NC-ND)
4. Ауторство–некомерцијално–делити под истим условима (CCBY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CCBY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CCBY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратакопис лиценције саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, 14.09.2020.

Večna Lukić