

ACTA CLINICA

Trakcione povrede brahijalnog pleksusa

MIROSLAV SAMARDŽIĆ, GOST UREDNIK

VOLUMEN 4 ● SUPPLEMENT 1

Klinički centar Srbije, BEOGRAD

UREDNIK

Profesor dr sc. med. Dragan Micić, dopisni član SANU

SEKRETAR

Asistent dr sc. med. Đuro Macut

REDAKCIJA

Profesor dr sc. med. Slobodan Apostolski

Profesor dr sc. med. Zorana Vasiljević

Profesor dr sc. med. Dragoslava Đerić

Profesor dr sc. med. Vojko Đukić

Profesor dr sc. med. Petar Đukić

Profesor dr sc. med. Vladimir Kostić, dopisni član SANU

Profesor dr sc. med. Zoran Krivokapić, FRCS

Profesor dr sc. med. Zoran Latković

Profesor dr sc. med. Tomica Milosavljević

Profesor dr sc. med. Dragan Micić, dopisni član SANU

Profesor dr sc. med. Milorad Pavlović

Profesor dr sc. med. Predrag Peško

Profesor dr sc. med. Nebojša Radunović

Profesor dr sc. med. Ruben Han

IZDAVAČKI SAVET

Akademik Ljubiša Rakić, predsednik

Akademik Vladimir Bošnjaković

Profesor dr sc. med. Vladimir Bumbaširević, dopisni član SANU

Akademik Živojin Bumbaširević

Profesor dr sc. med. Felipe F. Casanueva, Španija

Profesor dr sc. med. Bogdan Đuričić, dopisni član SANU

Akademik Vladimir Kanjuh

Profesor dr sc. med. Joseph Nadol, SAD

Akademik Miodrag Ostojić

Profesor dr sc. med. Michel Paparella, SAD

Akademik Ivan Spužić

Akademik Vojin Šulović

Akademik Veselinka Šušić

RECENZENTI

Profesor dr sc. med. Petar Đukić, Institut za kardiovaskularne bolesti, Klinički centar Srbije

Profesor dr sc. med. Milorad Pavlović, Institut za infektivne i tropske bolesti, Klinički centar Srbije

Profesor dr sc. med. Nebojša Radunović, Institut za ginekologiju i akušerstvo, Klinički centar Srbije

LEKTOR

Vesna Kostić

Mirjana Crnčević

GOST UREDNIK

MIROSLAV SAMARDŽIĆ, dr. sc. med., specijalista neurohirurgije, profesor na katedri za hirurgiju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

SARADNICI

SLADANA ANĐELKOVIĆ, dr med., specijalista ortopedije i traumatologije, Institut za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

VLADIMIR BAŠČAREVIĆ, mr sc. med., specijalista neurohirurgije, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

IVA BERISAVAC, dr sc. med., specijalista neurohirurgije, profesor na katedri za hirurgiju Medicinskog fakulteta Srbinje Univerziteta u Srpskom Sarajevu. Neurohirurško odeljenje KBC Zemun, Zemun.

VLADIMIR BOJOVIĆ, dr sc. med., specijalista neurologije i neurofiziologije, Neurohirurško odeljenje KBC Zemun, Zemun.

IRENA CVRKOTA, dr med., specijalizant neurohirurgije, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

DRAGANA ČIROVIĆ, mr sc. med., specijalista fizikalne medicine i rehabilitacije, Univerzitetna dečja klinika, Beograd.

MLADEN DOSTANIĆ, dr med., specijalista anestezije sa reanimacijom, Institut za anesteziju i reanimaciju, Klinički centar Srbije, Beograd.

DANICA GRUJIČIĆ, dr sc. med., specijalista neurohirurgije, profesor na katedri za hirurgiju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

RADOVAN MANOJLOVIĆ, dr sc. med., specijalista ortopedije i traumatologije, asistent na katedri za hirurgiju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Institut za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

ANA MARŠAVELSKI, dr sc. med., specijalista fizikalne medicine i rehabilitacije i dečije fizijatrije, profesor na katedri za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Univerzitetna dečja klinika, Beograd.

MIRKO MIĆOVIĆ, dr med., specijalista neurohirurgije, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

- JASMINA MIJIĆ**, dr med., specijalista anestezije sa reanimacijom, Institut za anesteziju i reanimaciju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- BRANKO MILAKOVIĆ**, dr sc. med., specijalista anestezije sa reanimacijom, asistent na katedri za hirurgiju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Institut za anesteziju i reanimaciju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- MIHAJLO MILIĆEVIĆ**, dr med. specijalizant neurohirurgije, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- SVETLANA MILOŠEVIĆ**, dr sc. med., specijalista radiologije, Institut za radiologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- DIMITRIJE NIKOLIĆ**, mr sc. med., specijalista pedijatrije, asistent na katedri za pedijatriju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Univerzizetska dečja klinika, Beograd.
- IVANA PETRONIĆ**, dr sc. med., specijalista fizikalne medicine i rehabilitacije i dečje fizijatrije, profesor na katedri za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Univerzizetska dečja klinika, Beograd.
- DUŠAN POLOJAC**, dr med., specijalista ortopedije i traumatologije, Institut za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- BRANKO PRSTOJEVIĆ**, dr med., specijalista radiologije, Institut za radiologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- DANIJEL RASPOPOVIĆ**, dr med., specijalizant ortopedije i traumatologije, Institut za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- LUKAS RASULIĆ**, dr sc. med., specijalista neurohirurgije, asistent na katedri za hirurgiju Medicinskog fakulteta u Beogradu, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- VESNA SIMIĆ**, dr med., specijalizant neurohirurgije, Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- ČEDO VUČKOVIĆ**, dr sc. med., specijalista ortopedije i traumatologije, primarijus, Institut za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.
- VERA VUČKOVIĆ**, dr med., specijalista radiologije, Institut za radiologiju, Klinički centar Srbije, Beograd.

SADRŽAJ

Predgovor	7
Miroslav Samardžić	
Savremeni stavovi u hirurškom lečenju povreda perifernih nerava	9
Miroslav Samardžić	
Preganglionarne i postganglionarne tracione povrede brahijalnog plexusa – analiza 28 slučajeva	19
Vladimir Bojović, Iva Berisavac:	
Neuroradiološka dijagnostika kod tracionih povreda brahijalnog plexusa	28
Svetlana Milošević, Branko Prstojević, Vera Vučković	
Povrede brahijalnog plexusa tokom neurohirurških operacija – etiologija, dijagnoza, prevencija	33
Branko Milaković, Mladen Dostanić, Jasmina Mijić	
Ekstrapleksusni nervni transfer kod tracionih povreda brahijalnog plexusa	42
Lukas Rasulić, Miroslav Samardžić, Vladimir Baščarević, Vesna Simić	
Intrapleksusni nervni transfer kod tracionih povreda brahijalnog plexusa	62
Danica Grujičić, Miroslav Samardžić, Mirko Mićović, Mihajlo Milićević	
Rekonstruktivna hirurgija tracionih povreda brahijalnog plexusa – lična iskustva i dileme	71
Miroslav Samardžić, Danica Grujičić, Lukas Rasulić, Irena Cvrkota	
Mišićni transferi za obnovu abdukcije ramena i fleksije lakta u slučajevima definitivnih lezija brahijalnog plexusa	84
Čedo Vučković, Slađana Anđelković, Radovan Manojlović, Dušan Polojac, Danijel Raspopović	

Dijagnoza i terapija traktionih povreda brahijalnog pleksusa 91

Ivana Petronić, Ana Maršavelski, Dragana Ćirović, Dimitrije Nikolić

Uputstvo autorima 97

PREDGOVOR



MIROSLAV SAMARDŽIĆ
GOST UREDNIK

Povrede brahijalnog plexusa, pre svega one koje su posledica trakcije, predstavljaju najteži problem u rekonstruktivnoj hirurgiji perifernih nerava. Najvažnije činjenice koje ovo potvrđuju su (1) težina identifikacije zbog Česte udruženosti sa kranio-cerebralnim povredama praćenim poremećenim stanjem svesti, (2) teško dijagnostičko diferenciranje nivoa i ekstenzije nervnog oštećenja i (3) ograničene mogućnosti direktnog hirurškog lečenja, što se naročito odnosi na povrede sa avulzijom spinalnih korenova plexusa.

Mada su prve operacije na povređenom brahijalnom plexusu izvršene pre više od jednog veka, može se reći da rekonstruktivna hirurgija ovih povreda počinje početkom šezdesetih godina prošlog veka, odnosno 1963. godine kada je izvršen prvi interkostalni nervni transfer kod direktno ireparabilne povrede, tj., povrede sa avulzijom spinalnih korenova. Od tog vremena značajno se usavršava njihova dijagnostika uvođenjem kompjuterizovane tomografije, magnetne rezonance, pre-, i intraoperativnih elektrodijagnostičkih metoda, ali se uvode i nove hirurške metode nervne transplantacije i nervnog transfera u čemu presudnu ulogu igra uvođenje operacionog mikroskopa 1964. godine.

Počevši od prve operacije na povređenom brahijalnom plexusu izvršene 1980. godine u Institutu za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije, operisano je preko 300 pacijenata sa povredom brahijalnog plexusa od čega približno 60% čine pacijenti sa trakcionim povredama. Kod 80% ovih pacijenata izvršeni su nervni transferi, a u ostalim slučajevima neurolize i/ili nervne transplantacije. Danas primenom savremenih dijagnostičkih i terapijskih metoda, u zavisnosti od karakteristika povrede i primenjenih metoda hirurškog lečenja ostvarujemo prosečne stope funkcionalnog oporavka od 50% do preko 90%, što odgovara stopama koje publikuju najveći svetski centri. Verovatno bi ovi rezultati bili i bolji kada bi se

ove povrede na vreme prepoznavale, dijagnostikovale i upućivale u referentne ustanove radi hirurškog lečenja. Sve ovo dodatno dobija na značaju ako se ima u vidu činjenica da je preko 70% pacijenata mladih od 30 godina, odnosno predstavljaju najproduktivniju populaciju, a alternativa uspešnom lečenju je težak životni i radni hendikep.

Mada smo u ovom trenutku možda dostigli vrh u hirurškom lečenju traktionih povreda brahijalnog pleksusa, moguće je očekivati i dalja poboljšanja rezultata koja se odnose i na hirurgiju povreda ostalih perifernih nerava, a osnova za- to su radovi na farmakološkoj aktivaciji regeneracije, minimalizaciji hirurške traume, nesuturnim tehnikama anastomoze, elongaciji nerava, homotransplantaciji uz imunosupresiju i tkivnom inžinjeringu, tj., formiranju veštakih nerava kao donora za transplantaciju. Neke od ovih metoda su već delimično zaživele u kliničkoj praksi i dale obećavajuće rezultate.

U svakom slučaju naša želja je bila da naša iskustva i rezultate prezentujemo u časopisu kuće u kojoj smo sve to ostvarili, kao da i istovremeno pružimo relevantne informacije svim lekarima koji dolaze u dodir sa pacijentima koji imaju trakcionu povredu brahijalnog pleksusa. Zbog toga smo zahvalni pre svega uredništvu ACTA CLINICA na razumevanju i podršci.

Prof. dr Miroslav Samardžić
GOST UREDNIK

SAVREMENI STAVOVI U HIRURŠKOM LEČENJU POVREDA PERIFERNIH NERAVA

Miroslav Samardžić

*Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd,
Višegradska 26, 11000 Beograd*

CONTEMPORARY APPROACH IN SURGERY OF PERIPHERAL NERVE INJURIES

Miroslav Samardžić

*Institute of Neurosurgery, Clinical center of Serbia
26, dr Višegradska str, Belgrade, Serbia*

SAŽETAK

Mikrohirurške operacije kod povreda perifernih nerava izvode se u Institutu za neurohirurgiju od 1977 godine. U tom periodu urađene su 1394 operacije, 1119 na perifernim nervima i 275 kod povreda brahijalnog pleksusa.

U radu su izneti rezultati pojedinih vrsta mikrohirurških operacija i analizirani faktori koji utiču na ishod. Uprkos napretku koji je donelo uvođenje operacionog mikroskopa ostale su brojne dileme, pre svega u hirurškoj tehnici, koje su diskutovane u svetlu sopstvenih iskustava.

Ključne reči: Mikrohirurgija, Nervna transplantacija, Nervni transfer, Periferni nerv, Povreda

ABSTRACT

Microsurgical procedures on injured peripheral nerves have been performed in Institute of neurosurgery in Belgrade from year 1977. During this period 1394 procedures, including 1119 on peripheral nerves, and 275 on brachial plexus were done.

In this paper we analyze surgical results of individual procedures and the other factors influencing the outcome. Despite advances caused by introduction of the operating microscope, there are numerous controversies mainly in microsurgical technique that are discussed.

Key words: Injury, Microsurgery, Nerve grafting, Nerve transfer, Peripheral nerve

UVOD

U poslednjih 40 godina došlo je do značajnih promena u hirurgiji perifernih nerava koje su posledica **(a)** uvođenja mikroskopa sa odgovarajućom instrumentacijom, **(b)** poboljšanja preoperativne elektro i radiološke dijagnostike, naročito kod povreda brahijalnog pleksusa, **(c)** uvođenja intraoperativne elektrodijagnostike i **(d)** usavršavanje tehnika nervne anastomoze i transplantacije.

Mikroskop u hirurško lečenje povreda perifernih nerava uvodi James Smith 1964. godine [1]. Međutim, on nije bitnije promenio dotadašnju operativnu tehniku već su to učinili 1967. godine Bora uvodeći tehniku fascikularnog šava [2] i Millesi i sar., uvodeći tehniku autologne interfascikularne transplantacije [3]. Primena mikrohirurške tehnike omogućava i usavršavanje unutrašnje neurolize, odnosno interfascikularnu neurolizu [4], kao i uvođenje i razvoj niza metoda nervnog transfera [5].

Pored opštih prednosti mikroskopa kao što su osvetljenje i uveličanje, njegova primena u hirurgiji perifernih nerava donosi i niz drugih poboljšanja kao što su: **(a)** tačno raspoznavanje intraneuralne ekstenzije povrede, **(b)** mogućnost fascikularne reparacije uz bolju orijentaciju i apoziciju fascikulusa, **(c)** smanjivanje fibrozne reakcije na suturnoj liniji zbog minimalne traumatizacije tkiva, dobre intraneuralne hemostaze, upotrebe fmg suturnog materijala i odstranjivanja epineuriuma u većini procedura.

Mikrohkirurške operacije na povređenim perifernim nervima u Neurohirurškoj linici u Beogradu uvedene su 1977. godine. U proteklom periodu urađeno je 1119 isključujući operacije kod povreda brahijalnog pleksusa. Bez obzira na napredak u ovoj oblasti ostale su brojne dileme o kojima ćemo raspravljati na osnovu sopstvenih iskustava i literaturnih podataka.

NAŠA ISKUSTVA

Prve mikrohkirurške operacije kod povreda perifernih nerava u tadašnjoj neurohirurškoj klinici u Beogradu izvršene su 1977. godine. Od tada pa zaključno sa 2003. godinom kod povreda perifernih nerava urađeno je 1119 operacija među kojima predomiraju transplantacije čineći 74% svih operacija. U 66 slučajeva radilo se o delimičnoj sekciji nerava i kod njih je izvršena parcijalna transplantacija (Tabela 1).

Tabela 1. Ukupan broj mikrohkirurških operacija kod povreda perifernih nerava izvršenih u periodu od 1979 do 2003 godine.

Vrsta operacije	Broj operacija
Interfascikularna neuroлиза	260
Direktna fascikularna sutura	7
Direktna epineurialna sutura	31
Interfascikularna transplantacija	691
Kabl transplantacija	130
Ukupno	1119

U analizi rezultata hirurškog lečenja povreda perifernih nerava koristili smo Highetov skor za motornu funkciju i Millesijev skor za senzitivnu funkciju. Rezultati su klasifikovani na:

1. **dobro**-M4,5, odnosno M3 za mišiće šake i S3
2. **zadovoljavajuće**-M3 i S2
3. **loše** M_{0,1,2} i S0,1.

Interfascikularnom neurolizom i direktnom suturom postignut je funkcionalni oporavak u preko 90% slučajeva, nervnom transplantacijom u 88,7% slučajeva nezavisno od tipa transplantacije, interfascikularna ili kabl graft (Tabela 2). Postignuti rezultati kod nervne transplantacije daleko su bolji kod operacija na muskulokutaneusu, medianusu i radijalisu (Tabela 3). Međutim, kod prostrelnih povreda stopa oporavka je u proseku niža za 10% što je uzrokovano češćim visokim povredama i ekstenzivnijim nervnim defektima (Tabela 6). Bitno je istaći da rezultati pokazuju sniženje stope oporavka u odnosu na starost pacijenta tako da ona iznosi 94,7% kod dece starosti do 16 godina, 89,2% u dobi od 17 do 32 godine i

81,3% u dobi od 33 do 48 godina. Naravno, na ishod utiču i drugi faktori tako da visok nivo povrede, defekt nerva duži od 5 cm i operacija izvršena posle 6 meseci od povređivanja predstavljaju nepovoljne prognostičke faktore, naročito ako su udruženi. Ovo najbolje ilustruje činjenica da je u odsustvu ovih faktora oporavak funkcije postignut kod svih pacijenata u dečijem dobu.

Tabela 2. Rezultati hirurškog lečenja povreda perifernih nerava u odnosu na vrstu operacije.

Vrsta operacije	Stopa oporavka
interfascikularna neuroliza	92,7%
direktna sutura	90,4%
parcijalna transplantacija	92,8%
nervna transplantacija	88,7%

Tabela 3. Rezultati nervne transplantacije u odnosu na povređeni nerv i vrstu povrede.

Povređeni nerv	Stopa oporavka	
	Laceracija	Prostrel
muskulokutaneus	100%	100%
medjanius	95,3%	85%
ulnaris	81,3%	66,6%
radijalis	91,9%	85%
peroneus	62,5%	57,1%
ukupno	88,7%	77,2%

Rezultati operacija kod povreda išijadikusa se takođe specifično procenjuju jer je prioritet funkcija tibijalisa, a u ishod se uključuju i sekundarne procedure, ukoliko se on oporavi. Zbog toga stopa funkcionalnog oporavka tibijalisa od 86,7% ujedno predstavlja i stopu oporavka išijadikusa (Tabela 4).

Tabela 4. Rezultati hirurškog lečenja povreda išijadikusa.

Vrsta operacije	Stopa oporavka	
	Peroneus	Tibijalis
transplantacija	71,4%	33,3%
parcijalna transplantacija	93,3%	63,6%
neuroliza	93,7%	68,7%
ukupno	86,7%	53,3%

DISKUSIJA

Na ishod hirurškog lečenja povreda perifernih nerava utiče niz faktora kao što su starost pacijenta, funkcionalni tip nerva, vreme operacije, i karakteristike povrede koje uključuju mehanizam povređivanja, visinu povrede i dužinu defekta, a u vezi sa tim i

osnovni prognostički faktor za ishod mikrohirurške operacije povređenog nerva, vrstu mikrohirurške operacije. Prema našim iskustvima, osnovni prognostički faktori su opšti, tj. vreme operacije i starost pacijenta, kao i dužina defekta kod nervne transplantacije.

Indikacije i vreme hirurškog lečenja

Postoje četiri osnovne indikacije za hiruršku intervenciju kod povreda perifernih nerava:

- zatvorene povrede kod kojih nije došlo do oporavka funkcije po isteku tri meseca, odnosno perioda u kome se povrede tipa neurapraksije po pravilu oporavljaju. Ovaj period može biti i duži kod nekih specifičnih mehanizama povređivanja, tj., koštano-zglobnih povreda kod kojih se termin za operaciju pomera na 4 meseca.
- otvorene povrede sa jasnim prekidom kontinuiteta nerva
- progresivni neurološki deficit zbog razvoja ožiljnih promena ili vaskularne kompresije
- kauzalgični ili nekauzalgični bolni sindrom, čak i kada se ne očekuje funkcionalni oporavak.

Vreme operativnog lečenja zatvorenih povreda nerava je jasno defmisano i stav je da zatvorene povrede treba eksplorisati po isteku tri meseca što predstavlja period oporavka lezije i stepena, tj. neurapraksije. Naravno, ovaj period se može produžiti i na 4 do 5 meseci kod nekih specifičnih mehanizama povređivanja, kao što su injekcione povrede, udružene koštano-zglobne povrede i slično. Sličan princip važi i za prostore povrede premda su one u suštini otvorene povrede, jer kod njih nemamo uvid u stanje nerva, a često se radi o prva tri stepena oštećenja koji se spontano oporavljaju [6, 7]. Za razliku od njih kod otvorenih povreda postoje dve osnovne mogućnosti, primarna, ili rana sekundarna reparacija. Primarna reparacija se savetuje kod oštih sekcija u prva 24 časa [8], ili čak u prvih 7 dana [9]. Njene osnovne prednosti su laka identifikacija nervnih okrajaka, minimalna retrakcija koja omogućava direktnu suturu i dobitak u vremenu potrebnom za regeneraciju što je naročito bitno za visoke lezije. Rana sekundarna reparacija ima samo dve suštinske prednosti, a to su tačno raspoznavanje ekstenzije nervne lezije i saniranje udruženih povreda uz jasno formiranje zdravog ležišta za nerv. Ostale prednosti koje su vezane za degenerativno-regenerativne procese su teoretske, jer se pri osvežavanju okrajaka trauma ponavlja. Međutim, kod povreda sa kontuzovanim nervom ovaj termin je idealan za reparaciju. Bitno je istaći da je akutna, a ponekad i urgentna operacija indikovana i kod progresije neurološkog deficita zbog udružene vaskularne lezije ili kompresije otokom mekih tkiva, kao i kod bolnog sindroma uzrokovanog stranim telom. Dilema je šta uraditi sa povredom kod koje je indikovana rana reparacija, a ona nije urađena. U tim slučajevima savetuje se iz ranije navedenih razloga odložena primarna neurorafija između drugog i 18-og dana od povređivanja [8, 9]. Ukoliko operacija nije izvršena u navedenom periodu, treba nastojati da se ona uradi u prva tri do četiri meseca, pošto motorne ploče postaju rezistentnije na reinervaciju po isteku dva meseca od povređivanja, a po isteku 6 meseci kalibar endoneuralnih tubulusa se redukuje na 50% i regenerativna sposobnost neurona opada. Na osnovu toga se 6 meseci smatra kao preloman termin za povoljan ishod hirurškog lečenja.

Mikrohirurške operacije

Uvođenje mikroskopa je bez sumnje unapredilo hirurško lečenje povređenih perifernih nerava, kako uvođenjem novih tako i unapređenjem postojećih tehnika. Bez obzira na evidentno poboljšanje hirurških rezultata ostale su brojne dileme, između ostalog o unutrašnjoj neurlizi, tipu direktne suture, tipu nerve transplantacije, tehnici nervne anastomoze i naročito u oblasti nervnog transfera (Tabela 5).

Tabela 5. Dileme u hirurgiji povreda perifernih nerava

Vreme operacije
Primarna ili sekundarna operacija
Neurliza
Unutrašnja ili spoljašnja
Direktna sutura
Epineurijalna ili fascikularna
Nervna transplantacija
Slobodan ili vaskularizovani graft
Interfascikularni ili kabl graft
Nervni graft ili neneuralni tubus
Nervna anastomoza
Mikrohirurški šav ili nesuturna anastomoza

Unutrašnja neurliza

Odstranjivanje vezivnog tkiva između fascikulusa prvi su predložili Curtis i Eversman kod sindroma karpalnog kanala sa intraneuralnom fibrozom [4]. Pouzdanost ovog postupka je i dalje predmet diskusije i stavovi su kontroverzni. Argumenti protiv su oštećenje interfascikularnih konekcija sa formiranjem neuroma, oštećenje intraneuralne vaskularizacije i moguć recidiv fibroze. Naravno, ovo samo ukazuje na potreban oprez u toku operacije. Neurliza ne sme rezultirati potpuno ogoljenim i izolovanim fascikulusima već mora biti prilagođena stepenu fibroznih promena i ograničena na epifascikularnu epineurotomiju kod fibroze epifascikularnog epineurijuma, odnosno na epifascikularnu i parcijalnu interfascikularnu epineurektomiju kod fibroze interfascikularnog epineurijuma [5]. Ovim postupkom omogućava se identifikacija fibrotičnih ili prekinutih fascikulusa ukoliko postoje uz očuvanje ostalih, njihova resekcija i parcijalna transplantacija [10].

Ukoliko se pravilno indikuje i izvede interfascikularna neurliza omogućava funkcionalni oporavak u preko 90% slučajeva. Ponekad ovaj oporavak je dramatičan i započinje u prvom postoperativnom danu.

Direktna nervna sutura

Direktna sutura nervnih okrajaka, tzv. »end to end« neurorafija predstavlja logičnu rekonstrukciju presečenog nerva. Obzirom da na distancu nervnih okrajaka utiče nekoliko faktora (Tabela 6), ovaj način reparacije je idealan za akutnu fazu čistog preseka nerva

kada na udaljenost okrajaka pored unutrašnje elastičnosti nerva deluju samo longitudinalne ekskuzije pri pokretima zgloba. Normalna retrakcija okrajaka posle čiste sekcije nerva uvećava se približno dvostruko zbog longitudinalnih ekskuzija nerva. Međutim u akutnoj fazi, ukoliko se okrajci spoje pod malom tenzijom mogu se očekivati normalne longitudinalne ekskuzije nerva [5, 11, 12]. U slučajevima kod kojih postoji primarni defekt nerva zbog povrede rana reparacija po pravilu nije indikovana. Pri sekundarnoj reparaciji defekt se povećava zbog razvoja neuroma, a sam nerv gubi elastičnost zbog razvoja ožiljnih promena. U toj situaciji teško je privući okrajke bez tenzije, čak i primenom pomoćnih mera kao što su široka mobilizacija i transpozicija nerva i fleksija susednog zgloba za 10 do 15 stepeni [12, 13].

Tabela 6. Faktori koji utiču na distancu nervnih okrajaka

1.	Elastična retrakcija
2.	Pozicija zglobova
3.	Defekt nervnog tkiva zbog povrede
4.	Fibrozna retrakcija
5.	Defekt nervnog tkiva zbog resekcije

Na izbor metode direktne suture utiče nivo povrede, fasikularna građa, količina interfascikularnog epineurijalnog tkiva i vreme operacije [5, 14]. Okrajci se mogu približiti epineurialnim šavom koji se savetuje kod visokih povreda nerava gde ne postoji jasna diferencijacija motornih i senzitivnih grana, odnosno kod polifaseikularnih nerava sa difiiznim rasporedom fascikulusa i oligofascikularnih nerava sa dva do četiri fascikulusa, ili fascikularnim šavom kod distalnih povreda gde ova diferencijacija postoji, tj. kod polifascikularnih nerava sa grupnim rasporedom tzv. grupna fascikularna reparacija i oligofascikularnih nerava sa više od pet fascikulusa tzv. individualna fascikularna reparacija [5]. Grupna ili individualna fascikularna reparacija savetuje se i kod parcijalnih sekcija [11, 12]. Potrebno je istaći da je epineurijalna reparacija metoda izbora za akutne laceracije jer je lakša i zahteva manje manipulacije, a grupna fascikularna reparacija za motorne nerve kod kojih je preciznost orijentacije bitna za kvalitet oporavka.

U našoj seriji direktne suture su retko rađene, svega 21 slučaj, jer smo u većini slučajeva radili sekundarnu reparaciju. Direktna sutura je uvek rađena u ranoj sekundarnoj fazi kada ožiljne promene još uvek nisu uznapredovale. Primenjivali smo fascikularni šav kod parcijalnih sekcija, a u ostalim slučajevima epineuralni šav pojačan fibrinskim lepkom. U svakom slučaju iskustva su pokazala da nijedna od ovih tehnika nema ubedljive prednosti [5, 12, 13, 14, 15]. Mi smo fiinkcionalni opofavak postigli u preko 90% slučajeva.

Nervna transplantacija

Odsustvo tenzije na suturau liniju najvažniji je faktor za uspeh u rekonstrukciji presečenog nerva, jer njeno postojanje i u najblažem obliku utiče na intraneuralnu cirkulaciju i redukuje poprečni presek fascikulusa uz povećanje endoneuralnog pritiska [14, 16]. Da bi se sve ovo izbeglo nervni transplantat (graft) je optimalno rešenje, a nervna regeneracija je neuporedivo bolja nego kod direktne suture pod umerenom tenzijom. Millesi 1967.g. iznosi

stav da je transplantacija potrebna u svim slučajevima izuzevši **(a)** defekte dužine do 2 cm, **(b)** defekte ulnarisa u predelu lakta dužine do 4 cm koji se mogu premostiti antepozicijom nerva i **(c)** defekte praćene pseudoartrozom kosti koji se mogu direktno premostiti posle osteotomije. Tehnika nervne transplantacija ima izvesne nedostatke u odnosu na direktnu nervnu suturu a to su **(a)** prisustvo dve suturne linije što predstavlja teoretsku prepreku za rast regenerišućih aksona **(b)**, teškoća identifikacije i premošćavanja odgovarajućih fascikularnih grupa kod dužih defekata **(c)** i fibroza distalne suturne linije ili samog grafta kod upotrebe dužih transplantata, što uslovljava signifikantno bolje rezultate kod graftova dužine do 5 cm.

Graft se može primeniti kao slobodan i kao graft sa mikrovaskularnom anastomozom. O nervnoj transplantaciji govori se još od 1870 godine kada su Phillipeaux i Vulpian dokazali da nervna vlakna mogu regenerisati kroz graft, odnosno 1878. godine kada Albert vrši prvu homotransplantaciju i 1896. godine kada Deams koristi prvi svež autograft. Naravno prekretnica u nervnoj transplantaciji nastaje 1967. godine kada Millesi i sar. uvode tzv. interfascikularni nervni graft [3]. Ovom tehnikom oni omogućavaju **(a)** usaglašavanje debljine nervnog okrajka i grafta, **(b)** precizniju fascikularnu orijentaciju, **(c)** ishranu grafta difuzijom iz ležišta i njegovu kasniju revaskularizaciju, i **(d)** smanjenje fibrozne reakcije. U daljem toku ova tehnika postaje jedna od varijanti transplantacije u zavisnosti od fascikularne građe nerva [5]. Kod mono i oligofascikularnih nerava sa dva do četiri fascikulusa zbog male količine interfascikularnog epineurijanog tkiva dovoljno je spojiti više graftova za epineurijum okrajka. Međutim, kod oligofascikularnih nerava sa pet do dvanaest fascikulusa i polifascikularnih nerava sa grupnim rasporedom zbog nepovoljnog količinskog odnosa sa interfascikularnim tkivom reseca se epineurijum i graftovi spajaju za individualne fascikuluse ili fascikularne grupe. Kod polifascikularnih nerava sa difuznim rasporedom fascikulusa kao što su trunkusi i fascikulusi brahijalnog pleksusa ili išijadikus kod kojih se ne mogu izdvojiti fascikularne grupe mi smo od 1991. godine počeli da primenjujemo tehniku modifikovane kabl transplantacije koja je uvedena početkom osamdesetih godina prošlog veka kao zamena za prvu metodu. Ovaj način transplantacije uklapa se u stav da sve suturne linije treba da se nalaze u istom nivou čime se omogućava preuzimanje bar dela regenerišućih ekstrasfascikularnih aksona, za razliku od izvorne tehnike interfascikularnog grafta gde su suturne linije na različitom nivou [16]. Ova metoda ima svoje mesto i kod transplantacije na spinalnim nervima gde su proksimalni okrajci kratki i ograničene mobilnosti što otežava preciznu koaptaciju i postavljanje zadnjih graftova kod interfascikularne transplantacije. Osnovni problem kabl transplantacije je nepreciznost nervne koaptacije zbog razlike između difuzne fascikularne građe okrajka i vrpce kabl grafta. Rezultati ove tehnike su u najmanju ruku slični rezultatima interfascikularne transplantacije sa stepenom oporavka za elemente brahijalnog pleksusa preko 90% i za išijadikus preko 80%, a ušteda u vremenu potrebnom za operaciju je ogromna [6, 7, 17, 18, 19]. U svakom slučaju kod obe tehnike bitno je voditi računa o dužini grafta, odnosno o činjenici da on mora biti duži za oko 20% od defekta u položaju ekstenzije susednog zgloba, da bi se oni mogli adaptirati pokretima zgloba po formiranju adhezija [11]. Ovome u prilog ide činjenica da se rezultati pogoršavaju sa povećanjem dužine defekta, a ne grafta.

Vaskularizovani graft koji je prvi primenio Taylor 1976.g. ima svoje indikacije kod reparacije u ishemičnom ležištu, reparaciji velikih i proksimalnih defekata i upotrebe debelih graftova. Međutim, eksperimentalni radovi su pokazali da je protok krvi u vaskularizovanom graftu veći u toku prva tri dana, a u slobodnom graftu od četvrtog do šestog dana po izvršenoj transplantaciji. Uz činjenicu da su vaskularni zahtevi tankog grafta minimalni i imajući u vidu dodatno vreme potrebno za transplantaciju kao i neizvestan rezultat retko se mogu naći striktno indikacije za njegovu primenu.

Naravno da autologna nervna transplantacija ima i izvesne komplikacije kao što su anestezija u zoni inervacije donora, ožiljne promene i formiranje bolnog neuroma. Ovo su bili razlozi za primenu neneuralnih tubusa, najčešće venskih graftova, mišićnih graftova i biodegradabilnih tubusa poliglikolne kiseline koji su kliničku primenu za sada našli samo kod defekata dužine 1 do 3 cm na digitalnim nervima [16]. Imajući u vidu navedene prednosti i nedostatke pojedinih tehnika transplantacije mi ostajemo pri tehnici autologne interfascikularne transplantacije kao metodi izbora. Ovu vrstu operacija počeli smo da primenjujemo od 1977. g. i od tada smo izvršili preko 800 transplantacija. Koristan oporavak funkcije (motorika M3 i više, senzibilitet S2 i više) postignut je u više od 85% slučajeva, a ukoliko postoje povoljni preduslovi za transplantaciju kao što su vreme operacije do 3 meseca, starost pacijenta do 20 godina i dužina defekta do 5 cm funkcionalni oporavak se postiže u preko 90% slučajeva.

Tehnika nervne anastomoze*

Koaptacija nervnih okrajaka se može održati primenom mikrohkirurških sutura (epineuralna, epineurijalna, perineurijalna, interfascikularna) ili nesuturnim tehnikama kao što su primena fibrinskog lepka, lasera i slikonskih tubusa.

Kod suture bez tenzije u interfascikularnoj transplantaciji dovoljan je jedan šav uz prirodnu fibrinsku koagulaciju [5]. Međutim, u cilju što bolje koaptacije grafta i fascikularne grupe mi smo primenjivali tri do četiri šava ili jedan do dva šava uz dodatak fibrinskog lepka. Na taj način smo sprečavali distorziju anastomoze pri vraćanju mekih tkiva u primarni položaj. Iako je neurotropizam bitan u procesu regeneracije, a deluje samo na rastojanju većem od 5 mm, činjenica da je aksonalni rast slučajan u prve dve nedelje ukazuje na potrebu za preciznom koaptacijom fascikulusa koja omogućava preživljavanje aksona i njihovu dalju regeneraciju [5].

Od nesuturnih tehnika anastomoze mi smo primenjivali fibrinski lepak. Osnovne prednosti lepljenja su atraumatska tehnika, hemostaza, zaštita suturne linije od prodora krvi i okolne fibroze, ranije pomenuta prevencija distorzije suturne linije i ono što je najuverljivije, značajna ušteda u vremenu potrebnom za operaciju. Međutim, neophodno je istaći da su postignuti rezultati ipak slični onim ostvarenim kod anastomoza mikrohkirurškim suturama.

PERSPEKTIVE

Mada je mikrohkirurška tehnika dovela do značajnog poboljšanja operativnih rezultata sa stopom oporavka i preko 90% ukoliko postoje svi povoljni prognostički faktori, ostale su brojne dileme na koje smo pokušali da damo odgovor. U svakom slučaju dalje poboljšanje rezultata se može očekivati (**a**) primenom koncepta »ćelijske hirurgije«, odnosno hirurgije

ćelijskog nastavka aksona sa smanjenjem fizičke i hemijske traume pri osvežavanju nervnog okrajka **(b)** razvojem nesuturnih tehnika nervne anastomoze, **(c)** elongacijom nervnih okrajaka balon ekspanzijom koja omogućava direktnu suturu, **(d)** farmakološkom aktivacijom procesa regeneracije primenom neurotrofičnih faktora koja je još uvek u eksperimentalnoj fazi, **(e)** oživljavanjem tehnike homotransplantacije uz imunosupresiju, pre svega Cyclosporinom A, i **(f)** tkivnim bioinžinjerinom tj., formiranjem veštačkih nerava. Ove dve poslednje metode mogu naći svoje mesto pre svega kod povreda više nerava i dugačkih nervnih defekata kod kojih je broj donora za autotransplataciju ograničen. Na kraju, ne treba izgubiti iz vida da se postignuti funkcionalni status može poboljšati simultanom ili naknadnom primenom sekundarnih procedura, pre svega tetivnim i mišićnim transferom.

LITERATURA

1. Smith J.W.: Microsurgery of peripheral nerves, *Plast. Reconstr. Surg.*, 1964, 33*317-329
2. Bora F.W.: Peripheral nerve repair in cats; the fascicular stitch, *J. Bone Joint Surg.*, 1967, 49-A: 659-666.
3. Millesi H., Meissl G., Berger A.: The interfascicular nerve grafting of the median and ulnar nerves, *J. Bone Jt. Surg.*, 1972, 54A: 727-750.
4. Curtis J. W., Eversman W. W.: Interaal neurolysis as an adjunct in the treatment of carpal tunnel syndrome, *J. Bone Jt. Surg.*, 1973, 55A: 733-740.
5. Millesi H.: Progress in peripheral nerve reconstruction, *World J. Surg.*, 1990, 14: 733-
6. Samardžić M. M., Rasulić G. L., Vučković D. C.: Missile injuries of the sciatic nerve, *Injury, Int. J. Care Injured*, 1999, 30: 15-20.
7. Samardžić M. M., Rasulić G. L., Grujičić M. D., Antunović D. V.: Missile injuries to the peripheral nerves, *The European Journal of Emergency Surgery and Intensive Care*, 1998, XXI/4: 173-178.
8. Wright Ph, Jobe M.: Peripheral nerve injuries, u Crenshaw A.H. (ed.): *Campbell's operative orthopaedics*, St Louis, Mosby Year Book, 1992, 4:2215-2285.
9. Wilgis Sh.: Nerve repair and grafting u Green D. (ed.): *Operative hand surgery*, New York, Churchill Livingstone, 1998, 2:1373-1403.
10. Samii M.: Modern aspects of peripheral and cranial nerves surgery, u Krayenbuhl H. (ed): *Advances and technical standards in neurosurgery*, Wien, Springer Verlag, 1975,2:33-85.
11. Millesi H.: Nerve grafts, u Omer G., Spinner M., Van Beek A. (eds): *Management of peripheral nerve problems*, Philadelphia, W. B. Saunders Co, 1998, 180-293.
12. Wilgis Sh.: Epineural repair: technique and long term results, u Omer G., Spinner M, Van Beek A. (eds): *Management of peripheral nerve problems*, Philadelphia, W. B. Saunders Co, 1998, 271-273.
13. Tupper J.: Fascicular nerve repair, u Omer G., Spinner M., Van Beek A. (eds): *Management of peripheral nerve problems*, Philadelphia, W. B. Squnders Co, 1998, 274-279.
14. Polder T.: Techniques of peripheral nerve repair, u Palmer J. D. (ed): *Neurosurgery*, New York, Churchill Livingstone, 1996, 809-814.

15. Kline D.G., Hudson A.: Nerve injuries, Philadelphia, W B Saunders Co, 1995.
16. Mackinnon S.E., Dellon A.L.: Surgery of the peripheral nerve, New York, Thieme, 1988, 1-148.
17. Samardžić M. M., Rasulić G. L., Grujičić M. D.: Results of cable graft technique in repair of large nerve trunk lesions, *Acta Neurochirurgica*, 1998, 140: 1177-1182.
18. Samardžić M., Grujičić D., Milinković Z.B.: Radial nerve lesions associated with fractures of the humeral shaft, *Injury*, 21: 220-222, 1990.
19. Samardžić M., Sekulović N., Grujičić D.: Mikrohkirurška rekonstrukcija ozleđenih perifernih živaca, *Srpski Arhiv celok. lek.*, 1991, 119: 14-17.

PREGANGLIONARNE I POSTGANGLIONARNE TRAKCIONE POVREDE PLEKSUSA BRAHIJALISA – ANALIZA 28 SLUČAJEVA

Vladimir B. Bojović¹, Iva Berisavac²

1. Neurofiziološki odelsek neurohirurškog odeljenja KBC Zemun; Vukova 9. Zemun

2. Neurohirurško odeljenje KBC Zemun; Vukova 9. Zemun

PREGANGLIONARY AND POSTGANGLIONARY TRACTIONARY INJURIES OF PLEXUS BRACHIALIS – ANALYSIS OF 28 CASES

Vladimir B. Bojović¹, Iva Berisavac²

1. Neurophysiological section, Department of neurosurgery, Clinical center of Zemun, Vukova 9, Zemun

2. Department of neurosurgery, Clinical center of Zemun, Vukova 9, Zemun

SAŽETAK

Trakcione povrede brahijalnog pleksusa (PB) su značajan neurološko neurohirurški problem kod kojih se u velikom broju slučajeva samo hirurškom rekonstrukcijom mogu popraviti narušene, pre svega motorne funkcije, delimično ili totalno paraličnog ekstremiteta. Prvi terapijski cilj je plan hirurške rekonstrukcije kojom će se vratiti deo oštećenih funkcija, pa je zbog toga neophodno da se napravi precizna dijagnostika nivoa i obima lezije PB. Precizno odvajanje pre od postganglionarnog oštećenja je jedan od prvih uslova kojim se lokalizuje nivo lezije. Zimmerman i Weiland (10) ističu da je kod povreda pleksusa brahijalisa najvažnije utvrditi tri stvari a) da li je povreda ograničena samo na brahijalni plexus, b) da li se radi o pre ili postganglionarnoj leziji i c) da li je povreda PB supra ili infraclavikularna. Važnost pre ili postganglionarne lokalizacije povrede je bitna zbog planiranja operacije. Postganglionarna povreda se operiše direktnim povezivanjem okrajaka povređenog nervnog stabla ili premošćenjem autolognim graftom a preganglionarna nervnim transferom ili neurotizacijom ili transferom tetiva. U radu je izložena primena kliničkih i elektrofizioloških testova u dijagnostici 28 pacijenata sa trakcionom povredom PB.

Cljučne reči: povrede brahijalnog pleksusa, preganglionarna oštećenja, somatosenzorni evocirani potencijali

ABSTRACT

Brachial plexus traction injuries are important neurological and neurosurgical problem, because in many such patients damaged functions may be repaired only by surgical reconstruction. The first therapeutic goal is plan for surgical reconstruction that should repair part of damaged functions - precise diagnostics of level and extent of a BP injury. Precise differentiation of preganglionic from postganglionic injuries is one of the first conditions for diagnosis of injury level. According to that Zimmerman and Weiland pointed out the three questions that are very important at brachial plexus lesions a) whether injury is limited only to brachial plexus, b) whether injury of BP is supra or infraclavicular and c) whether the plexus injury is pre or postganglionic. Value of differentiation of preganglionic from postganglionic injuries is important because of operation planning. Postganglionic lesions can be directly repaired by «end to end» or grafting and preganglionic lesions are treated by nerve transfer or neurotization with intercostal or peripheral nerves and reconstruction method such as tendon transfer. This article presents application of clinical and electrophysiological tests in diagnosis of the 28 patients with BP traction injuries.

Key words: brachial plexus injuries, preganglionic lesions, somatosensory evoked potentials

ANATOMIJA BRAHIJALNOG PLEKSUSA

Brahijalni plexus se nalazi u donjem lateralnom delu vrata između prednjeg i srednjeg skalenskog mišića iza ključne kosti i u dnu aksilarne jame. Nastaje od C₅, C₆, C₇, C₈, i Th₁

radiksa koji se međusobno spajaju praveći tri trunkusa. Postoje brojne anomalije i varijacije i u centralnoj i u perifernoj distribuciji nervnih vlakana pleksusa brahijalisa. Varijacije veoma otežavaju tačnu lokalizaciju lezije kao naprimer u slučaju kada je pleksus «preinervisan» (prefixed) [6]. Tada 60% vlakana korena C₄ odlazi u gornji trunkus čineći povrede i ozdravljenje pleksusa znatno lakšim.

Koren C₅ se spaja sa korenom C₆ i pravi gornji trunkus, koren C₇ se produžuje u srednji trunkus a C₈ i Th₁ grade donji trunkus. Trunkusi se zatim dele na tri prednje i tri zadnje grane koje se ponovo spajaju dajući fascikuluse. Tri zadnje grane sva tri trunkusa se spajaju i daju zadnji fascikulus (nosi vlakna C₅, C₆, C₇, C₈ i Th₁). Prednje grane gornjeg i srednjeg trunkusa daju lateralni fasciculus (nosi vlakna C₅, C₆ i C₇). Prednja grana donjeg trunkusa produžava kao medijalni fascikulus (nosi vlakna C₈ i Th₁).

Distribucija inervacije mišića bočnim i završnim granama pleksusa brahijalisa je takva da gornji spinalni segmenti (C₅, C₆) inervišu proksimalne mišiće ramenog pojasa a donji segmenti (C₈, Th₁) distalnu muskulaturu šake.

Radikularne bočne grane PB su: 1. grana za n. phrenicus (C₅), 2. n. dorsalis scapule (C₅) inerviše m. rhomboideus major i minor i daje grane za m. levator scapule, 3. n. thoracicus longus (C₅, C₆, C₇) za m. serratus anterior koji je glavni mišić ramenog pojasa koji nosi težinu tereta u rukama. Kod njegove paralize nastaje scapula alata i nemogućnost abdukcije ruke iznad horizontalne linije.

Bočne grane trunkusa su: n. subclavius (C₅, C₆) i n. suprascapularis (C₅, C₆) inervišu mišiće supra i infrascapularis.

Bočne grane lateralnog fascikulusa: 1. n. pectoralis lateralis (C₅, C₆, C₇) za mišiće m. pectoralis major i minor i 2. grana za n. medianus (C₆, C₇)

Bočne grane zadnjeg fascikulusa: 1. n. subscapularis superior (C₅, C₆) za m. subscapularis, 2. n. thoracodorsalis (C₅, C₆, C₇) za m. latissimus dorsi, 3. n. subscapularis inferior (C₅, C₆) za m. subscapularis i m. teres major.

Bočne grane medijalnog fascikulusa: 1. n. pectoralis medialis (C₈, Th₁) za pektoralni mišić, 2. n. cutaneus palmaris medialis (C₈, Th₁) senzitivne grane za medijalnu polovinu šake, n. cutaneus antebrachii medialis (C₈, Th₁) za medijalnu polovinu nadlaktice, 3. grana za n. medianus (C₈, Th₁).

Završne grane brahijalnog pleksusa 1. n. musculocutaneus (C₅, C₆ i C₇) 2. n. medianus (C₆, C₇, C₈, Th₁), 3. n. ulnaris (C₈, Th₁), 4. n. radialis (C₅, C₆, C₇, C₈, Th₁), 5. n. axillaris (C₅, C₆).

MEHANIZMI TRAKCIONIH POVREDA

Skelet ramenog pojasa, dok je u kontinuitetu, štiti brahijalni pleksus od longitudinalne sile na koju su ove nervne strukture najosetljivije. Kada dođe do preloma kostiju koje pripadaju ramenom pojasu, tada pleksus postaje izuzetno vulnerabilan i na longitudinalnu silu kao i na kompresiju od ulomaka kostiju ili hematoma u tom predelu [7].

Lezije gornjeg dela pleksusa brachilaisa C₅ i C₆ (Erbova paraliza) nastaju usled trakcije pri porođaju (povlačenjem glave naniže i u stranu kao i povećanjem ugla između vrata i ramena) ili pri padu na rame kada je ruka u adukciji (ruka uz telo), oslonac je prvo rebro a sile trakcije se prenose linijom gornjeg dela pleksusa [7].

Spinalni koren C₇ najviše je izložen delovanju tracione sile kada je ruka u abdukciji. Lezije donjeg dela pleksusa C₈ i Th₁ (Dushenova paraliza) nastaju kada je ruka u elevaciji, iznad glave (trakciona povreda koja nastaje pri pokušaju zaustavljanja pada sa visine). Tada korakoidni nastavak služi kao tačka oslonca. Sile trakcije se u toj situaciji prenose na dobro formirane poprečne radikularne ligamente koji mogu da podnesu značajan stepen istezanja i zaštite radikse. Pomenute veze postoje na C₅ i C₆ ali na C₇, C₈ i Th₁ radiksi nemaju ove ligamente [7]. U pogledu pravca delovanja sile kao i pozicije ruke i intenziteta sile trakcijom mogu biti pogđeni podedini ili svi spinalni korenovi PB.

KLINIČKI ZNACI LEZIJE PLEKSUSA BRAHIJALISA

Osnovni subjektivni simptomi pacijenta sa povredom brahijalnog pleksusa su bol u ramenu i vratu, otok ramena, bolna pokretljivost, hipestezijske, dizestezijske, i motorne slabosti. Otok ramena može biti dramatična komplikacija, on može veoma brzo da se povećava i ukoliko puls na a.radijalis počinje da se gubi postoji opravdana opasnost da je došlo do kidanja subklavijalnih krvnih sudova. Frakture ključne kosti su palpabilne, pažljivom inspekcijom i palpacijom skeleta aksilarne jame mogu se otkriti dodatne povrede.

Posebna pažnja mora biti posvećena ispitivanju senzibiliteta i motorike povređene ruke. Neki opšti klinički znaci poremećaja ove dve funkcije su veoma značajni prilikom prvog pregleda. Odsustvo Tinelovog znaka znači da nema neuroma i istovremeno da postoji korenska avulzija [4]. Prisustvo Tinelovog znaka sa iradirajućom parestezijom duž ekstremiteta označava da je bar jedan koren, koji učestvuje u senzitivnoj inervaciji regiona, funkcionalan odnosno nije otkinut [3,4]. Prisustvo neuropatskog žarećeg bola u anestetičnom ekstremitetu sigurno označava korensku avulziju [8]. Takođe odsustvo diskriminacije oštrog i tupog dodira u regionu poremećenog senzibiliteta ukazuje na avulziju.

Oštećenjem gornjeg dela pleksusa dolazi do hipestezijske ili anestezije lateralne strane ramena, nadlaktice, podlaktice i ruke u celini, dok lezija donjeg dela PB uzrokuje ispad senzibiliteta medijalne strane ruke

Kod ispitivanja senzibiliteta prisustvo osećaja dubokog pritiska može biti veoma značajno kod pacijenata koji već imaju potpun gubitak drugih modaliteta senzibiliteta i motorike. Snažan pritisak na bazu nokta i povlačenje prsta prema sebi, koje dovodi do osećaja paljenja, označava da je kontinuitet nerva ostao očuvan. Međutim treba imati u vidu da odsustvo osećaja žarenja može da postoji i zbog neuropraksije koja može da traje i do šest meseci što je u konkretnom slučaju lažno negativan znak[4]. Supraklavikularna anestezija obično ukazuje na preganglionarnu povredu [4].

Kod ispitivanja motorike treba uvek imati na umu činjenicu da je najveći broj pojedinačnih mišića multisegmentalno inervisan. Kod Erbove paralize nadlaktica mlitavo visi pored tela u položaju unutrašnje rotacije sa podlakticom u pronaciji i relaksacijom ručja i prstiju. Ovakav položaj nasaje zbog paralize abduktora i lateralnih rotatora ramena inervisanih od n. axilarisa (mm. deltoideus i teres minor) i suprascapularisa (mm. supraspinatus i infraspinatus) kao i paraliza supinacije zbog slabosti istoimenog mišića. Takođe treba uporedo ispitati postojanje voljne motorne aktivnosti u mišićima romboideusu i seratus anterioru. Romboidni

mišić je inervisan od korena C₅ i kod negove paralize nastaje tzv. scapula alata. Mišić seratus anterior je inervisan od n. thoracicus longusa koji dobija vlakna od C_{5,6,7}. Kod preganglionarnog oštećenja korena C₄ i C₅ nastaje paraliza dijafragme sa iste strane

Pareze ili slabosti kod povrede gornjeg dela PB se manifestuju slabošću fleksije podlaktice (biceps, n. musculocutaneus C_{5,6,7}, brachialis, n. musculocutaneus C_{5,6,7}, brachioradialis, n. radialis C_{5,6,7,8} i Th₁) kao i slabošću adukcije i medijalne rotacije ramenog zgloba (m. pectoralis major, n. pectoralis lateralis C_{5,6,7} i m. latissimus dorsi, n. thoracodorsalis C_{5,6,7}).

Kod Klumpkeove paralize nastaje potpuna oduzetost interosealnih mišića kao i fleksora prstiju (duboka grana ulnarnog nerva Th₁) takođe se notira i slabost ekstenzora lakta, ručja i prstiju (radijalni nerv vlakna iz C₈ Th₁). Kod preganglionarnih lezija Hornerov sindrom na strani oštećenja je značajan indikator lokalizacije lezije na ovoj visini. Oko 61% pacijenata sa avulzijom C₈ Th₁ imaju pozitivan ovaj simptom. [1,4]

ELEKTROFIZIOLOŠKA DIJAGNOSTIKA TRAKCIONIH POVREDA PLEKSUS BRAHIJALISA

Ispitivanje periferne (motorne i senzorne) prohodnosti ili kondukcije (nerve conduction study) je jedan od načina da se utvrdi nivo i stepen oštećenja perifernog neurona i indirektno nivo i stepen lezije PB. Na osnovu tih rezultata se izvode zaključci o etiopatogenezi i patofiziološkim mehanizmima nastanka lezije. Elektromiografsko ispitivanje je najbolje raditi nekoliko nedelja posle povrede kada se završi proces Walerrove degeneracije [3].

Funkcionalno ili strukturno oštećenje motornih korenova PB uvek će ispitivanjem kondukcionijskih parametara da da manje ili veće oštećenje, sobzirom da je došlo aksonalne lezije odnosno da je poremećen put motornog impulsa do efektnog organa mišića. Zavisno od intenziteta i brzine delovanja faktora oštećenja može se očekivati spektar različiti vrednosti merenja od minimalnog usporenja brzine provođenja kod očuvanog integriteta aksona do potpunog kondukcionog bloka ukoliko je njegov integritet prekinut. Motorna provodljivost se ispituje stimulacijom pojedinih motornih nerava ili brahijalnog plexusa u celini i detekcijom odgovora u odgovarajućim miotomima. Tip odgovora i visina stimulacije mogu da ukažu da li se radi o leziji korenova, trunkusa, fascikulusa ili njegovih završnih grana. Niska amplituda zbirnog motrontog akcionog potencijala mišića (compound muscle action potential – CMAP) i mala brzina provođenja potvrđuju postojanje povrede nerva kao i stepen njegove lezije. H i F odgovori zavisno od težine oštećenja mogu imati produženu latenciju ili se ne mogu uopšte dobiti [2]. Klinička korist od ispitivanja motornih brzina provođenja je limitirana mogućnošću da se tehnički korektno izvrši merenje samo na završnim granama medijalnog fascikulusa odnosno n. medianus i n. Ulnarisu [3]. O stanju proksimalnih motornih korenova plexus brahijalis mnogo korisnije informacije daju EMG paraspinalne muskulature i F odgovori. Denervacione promene u m. rhomboideusu i m. seratus anterioru ukazuju na oštećenja u spinalnim korenima C₅ i C₆. Paravertebralna muskulatura je u visini istoimenih spinalnih segmenata inervisana od dorzalnih radikularnih nerava tako da denervacija u ovim mišićima ukazuje na proksimalnost lezije ali ne govori ništa o stepenu lezije odnosno da li je u pitanju neuropraksija, ruptura ili avulzija [4].

Rezultati ispitivanja senzitivnih kondukcionih karakteristika daje mnogo sigurnije podatke o visini lezije. Ukoliko se radi o preganglionarnom (radikularnom) oštećenju senzitivnog korena, telo senzitivnog neurona je sačuvano u ganglionu samim tim je i konduktivna sposobnosti (senzitivni nervni akcioni potencijal - SNAP) očuvan i pored subjektivnog gubitka senzibiliteta [2,6]. Kod pleksusnih lezija zavisno od tipa oštećenja senzitivnih vlakana kondukciona brzina i amplituda će biti sniženi ili nemerljivi. Ako je SNAP sniženih vrednosti a terminalna latencija normalna to znači da je usporenje nastalo povredom aksona a ne zbog poremećaja demijenzacije što je indirektni dokaz za postganglionalnu leziju [6]. Senzitivni nervni akcioni potencijali se dobijaju stimulacijom prstiju i to za koren C₆ palac i drugi prst, C₆ i C₇ drugi i treći prst i C₈ i Th₁ četvrti i peti prst. Ne postoji pogodno stimulaciono mesto za ispitivanje korena C₅.

Već je rečeno da elektromiografsko ispitivanje paravertebralne muskulature takođe daje značajne informacije o visini lezije. Radikularna avulzija motornog korena manifestuje se ranom denervacijom u paraspinalnoj muskulaturi dok avulzija senzitivnog korena ima očuvan SNAP. Pleksusne lezije brahijalnog spleta redukuju ili gase SNAP odgovore uz očuvanu normalnu elektromiografsku aktivnost paraspinalne muskulature.

Međutim u manjem broju slučajeva kod lateralnih nepotpunih korenskih lezija SNAP može biti snižen a EMG aktivnost paravertebralne muskulature sačuvan. Takođe i pleksusne lezije u manjem broju slučajeva mogu da daju SNAP normalne amplitude uz potpuno očuvanu brzinu provođenja [5].

Primena somatosenzorno evociranih potencijala pruža informacije o senzitivnoj deaferencijaciji kao i SNAP stim da daje podatke o funkcionisanju sekundarnog senzitivnog i kortikalnog neurona. Stimulacija se vrši na periferiji, stimulišu se mešoviti nervi medijanus, ulnaris, radijalis i muskulokutaneus ili čitav brahijalni pleksus supraklavikularno ili iz aksilarne jame. Podaci o latenciji i amplitudi Erbovog odgovora N₉ zatim kompleksa cervikalnog odgovora N_{11/13/14}, talamičnog N₁₉ i kortikalnog odgovora P₂₂/N₃₅ ukazuju na prohodnost ili postojanje kondukcionog bloka odnosno očuvan ili poremećen integritet senzitivne percepcije. Kada je u pitanju korenska avulzija SEP je jedina potvrda prolaznosti zadnjih snopova. Limitirajući faktori su multisegmentarnost senzitivne inervacije i grananje PB kao i oštećenja perifernih nerava.

MATERIJAL I METODOLOGIJA

Analizirano je 28 pacijenata sa trakcionom lezijom pleksusa brahijalisa koji su ispitivani u neurofiziološkoj ambulanti tokom 2003. i 2004. godine.

Sa kliničkog aspekta grupa je podeljena na četiri kategorije i prema tim kategorijama su analizirani rezultati kliničkog i elektrofiziološkog ispitivanja. Svim pacijentima je pored pomenutih dijagnostičkih testova urađena i imidžing dijagnostika (NMR ili mijelo CT) čiji rezultati ovom prilikom nisu analizirani.

Distribucija pacijenata prema kliničkim kriterijumima

- | | |
|---|--------------|
| 1. izolovana gornja Erbova paraliza C ₅ C ₆ | 3 pacijenata |
| 2. izolovana donja Klumpkeova paraliza C ₈ Th ₁ | 4 pacijenata |

3. udružena avulzija donjih korenova C₈ Th₁ sa postganglionarnom lezijom gornjih C₅ C₆ 8 pacijenata
4. totalna avulzija plexusa brahijalisa 3 pacijenata

U grupi pacijenata sa kompletnom avulzijom plexusa brahijalisa je četiri pacijenta sa komplikovanom povredom ramena koja podrazumeva koštanozlobnu povredu i kidanje vaskularnih elemenata u aklilarnoj jami.

REZULTATI

Tri pacijenta su imali kliničke i elektrofiziološke znake za avulziju gornjeg dela PB. Studije nervne provodljivosti ukazivale su na sniženje motornog nervnog akcionog potencijala i smanjenje motorne brzine provođenja u n. muskulokutaneusu. Senzitivni nervni akcioni potencijali (SNAP) u n. cutaneus antebrachi lateralis su normalne latencije ali snižene amplitude. Elektromiografija je ukazivala na denervaciju u mišićima rhomboideusu, seratus anterioru i deltoideusu ili u samo jednom od poslednja dva mišića kao i u odgovarajućim nivoima paravertebralne muskulature.

Somatosenzorno evocirani potencijali kod dva pacijenta su ukazali na postojanje Erbovog odgovora i funkcionalni blok iznad radikasa odnosno odsustvo cervikalnog talamičnog i kortikalnog odgovora. Kod jednog pacijenta nisu dobijeni odgovori ni na jednom nivou zbog perifernih nervnih lezija ili kombinovane lezije tunkusa.

Četiri pacijenta su imali znake pareze donjeg dela PB. Dva od četiri pacijenta sa ovom lokalizacijom lezije su imali Hornerov sindrom na strani lezije. Ispitivanja nervne provodljivosti su pokazala znatno usporenje brzine u motornom delu ulnarisa, samo dva pacijenta su imala usporenje i u senzitivnom delu n. medianusa. Disocijacija senzibiliteta i motorike u medijanusu nije registrovana ni kod jednog od pacijenata iz ove grupe. Senzitivni nervni akcioni potencijal u medijanusu je bio normalne amplitude i latencije kod sva četiri pacijenta. Kod dva pacijenta u ulnarisu SNAP je bio normalnih vrednosti do je kod druga dva pacijenta zabeleženo sniženje amplitude i povećanje latencije SNAPa.

Somatosenzorno evociranim odgovorima su dobijeni Erbovi potencijali N₉ kod sva četiri pacijenta. Dva pacijenta su imali odgovore sekundarnog i trecijernog senzitivnog neurona tj. cervikalni, talamični i kortikalni odgovori su bili prisutni, dok su druga dva pacijenta imali funkcionalni blok iznad cervikalnog nivoa. Direktna stimulacija plexusa pokazala je prisustvo senzitivne prohodnosti u ostalom delu plaksusa kod svih ispitivanih pacijenata ove podgrupe.

Osam pacijenata su imali znake lezije gornjeg plexusa i avulzije donjeg dela. Osim evidentnih kliničkih i elektrofizioloških znakova avulije C₈ i Th₁ evidentirani su znaci denervacije u rhomboideusu seratus anterioru i m. latisimus dorsi. Ispitivanje sezivne konduktivnosti (SNAP) ukazuje da kod petoro pacijenata postoji očuvana prohodnost do senzitivnog ganglionu sa normalnom amplitudom u ulnarisu i medijanusu, kod troje je amplituda bila snižena (kod dvoje u ulnarisu i kod jednog u medijanusu).

Studija somatosenzorno evociranih potencijala kod ove grupe pacijenata je pokazala postojanje Erbovog odgovora kod svih pacijenata i funkcionalni blok iznad tog nivoa samo kod stimulacije ulnarisa. Parametri odgovora kod kojih je prohodnost bila očuvana

do kortikalnog receptora, bili su manje ili više izmenjenjeni zavisno od drugih pratećih poremećaja (kombinovana radikularno pleksusna oštećenja).

Tab.br 1 Rezultati neurografskih studija 28 pacijenata sa lezijom pleksus brahijalisa

Avulzije	ms SDL	μ V SNAP	m/s SNCV	F talas	ms MDL	mV MNAP	m/s MNCV
C ₅ ,C ₆ /3/ n. muscul. n. c.a.l.	3.1-3.0	24-25	48-60		2.8-3.2	7-9	16-20
C ₈ ,Th ₁ /4/ n. ulnaris	2.8-3.2	25-32	55-64		3.2-3.8	6.5-7.5	18-24
C ₅ ,C ₆ (p.l) + C ₈ , Th ₁ /8/ n.med. n.ulnaris n.radialis	3.3-3.8 2.8-3.3 3.0-3.2	28-30 27-44 30-49	62-64 58-62		3.1-0 0 3.2-0	5.6-8.2 0 7.2-6.6	12-18 0
C ₅ ,Th ₁ /13/ n.med. n.ulnaris n.radial. n.muscul.	13.8-5.0 14.3-5.5 14.1-5.1 14.1-5.5	4-5.8 3-6.2 3.2-6 2.8-7.2	21-25 34-40 23-41 19-38		0 1.2-0 0 0	0 7.2-0 0 0	0 0

Legenda: L=lezija, ms=milisekunde, SDL=senzorna distalna latencija, μ A=mikroamper, SNAP=senzorni nervni akcioni potencijal, m/s=metara u sekundi (brzina), SNCV=brzina provođenja kroz senzorni nerv, MDL=motorna distalna latencija, MNAP=motorni nervni akcioni potencijal, mV=milivolt, MNCV=brzina provođenja kroz motorni nerv.

Tab.br.2 Rezultati ispitivanja somatosenzorno evociranih potencijala kod 28 pacijenata sa povredom pleksusa brahijalisa

Avulzije	ms/ μ A N9	ms N11	ms N13	ms CCT	\pm , $-$, $+$ stim. PB
C ₅ ,C ₆ /3/ n. muscul. n. c.a.l.	12-0/1.2-0 13-0/1.6-0	0 0	0 0	0 0	-/+
C ₈ , Th ₁ /4/ n. ulnaris	11-14/1.8-0.3	13-0	15-0	6.2-0	-/+
C ₅ ,C ₆ (p.l) +C ₈ , Th ₁ /8/ n.med. n.ulnaris n.radialis	11-14/0.1-0.3 14-16/0.1 14-15/0.3-1.0	13-15 0 14-16	16-18 0 15-18	6-8.2 0 7-9	-/+
C ₅ ,Th ₁ /13/ n.med. n.ulnaris n.radial. n.muscul.	11-0/01-03 12-0/01-03 14-0/01-05 14-0/01-03	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	-

Legenda: (L)=lezija, ms/ μ A=milisekundi latencija i mikroamperi amplituda, \pm , $-$, $+$ = nepotpun odgovor u cervikalnom delu, negativan odgovor na istom detekcionom mestu, prisutan odgovor sa normalnom amplitudom i latencijom talasa, CCT=centralno vreme provođenja.

Grupa sa totalnom avulzijom PB je imala najneujednačenije nalaze. Ispitivanja konduktivnih karakteristika završnih mešoviti nerava PB pokazivala su znake prohodnosti zavisno od vremena povrede i stepena Wallerove generacije završnih grana PB. Svi pacijenti iz ove grupe imali su znake denervacije u različitim nivoima paraverebralne muskulature. Senzitivne brzine provođenja usporene, latencije senzitivnih odgovora produžene i amplitude istih odgovora snižene. Snižene amplitude i produžene latencije motornih odgovora dobijene samo kod jednog od 13 pacijenata prilikom simulacije ulnarisa.

Od 13 pacijenata sa totalnom lezijom pleksusa Erbov odgovor je dobijen kod 7 ostali delovi odgovora kod tih pacijenata nisu dobijeni. Kod pet preostalih pacijenata iz grupe ni Erbovi odgovori nisu dobijeni što je protumačeno kombinovanom radikularno pleksusnom lezijom.

DISKUSIJA

Morfološka i funkcionalna struktura brahijalnog pleksusa je izuzetno kompleksna pa traumatska oštećenja ovog živčanog spleta zahtevaju preciznu dijagnostičku lokalizaciju obima povrede da bi se isplanirala adekvatna operativna funkcionalna i morfološka rekonstrukcija. Glavni uzroci kompleksnosti u inervaciji pleksus brahijalisa su polisegmentalna inervacija muskulature ramenog pojasa i nekoliko preraspodela senzitivnih i motornih vlakana koje nastaju zbog višekratnog grananja brahijalnog pleksusa. Završne grane PB su mešoviti nervi koji nose senzitivne i motorne funkcije iz više različitih segmenata kičmene moždine. Kao jedan od primera pomenute kompleksnosti u grananju može se navesti senzitivnomotorna disocijacija medijanusa kod parcijalnih lezija pleksusa na nivou radiksa ili trunkusa. Vlakna za n. medijanus potiču iz četiri korena C₆ do Th₁. Senzitivna inervacija prva tri prsta ide preko medijanusa koji ova vlakna dobija iz gornjeg i srednjeg trunkusa dok motorna vlakna istog nerva koja inervišu mišiće tenera, potiču iz donjeg trunkusa [9]. Zato lezije koje pogađaju gornji trunkus dovode do oštećenja senzibiliteta u prva tri prsta šake, motorna inervacija mišića tenera pri tom ostaje intaktna. Obrnuta situacija sa senzomotornom inervacijom medijanusa koja je preostala posle lezije donjeg trunkusa. Slična dijagnostička dilema nastaje kod gubitka senzitivne funkcije u regionu ulnarisa ili medijanusa zbog tracione povrede radiksa i očuvane brzine senzitivnog provođenja (SCV) kroz isti nerv. Slični primeri su normalna motorna brzina provođenja kroz odgovarajuće motorne završne grane uz znake denervacije u paraspinalnoj muskulaturi u prvim danima posle avulzije pleksusa, ili odsustvo ili sniženje amplitude motornog nervnog odgovora uz normalnu motornu terminalnu latenciju i očuvanu senzitivnu brzinu provođenja što govori za visoku motornu aksonalnu leziju koja ako je praćena anestezijom govori takođe u prilog preganglionarnog odnosno radikularnog oštećenja. Imidžing metode i funkcionalni testovi EMG i ENG komplementarna ispitivanja koje mogu precizno da lokalizuju i odrede obim i starost povrede nervnih struktura. Radom su obuhvaćene dve grupe pacijenata sa parcijalnom (na različitim nivoima) i sa totalnom avulzijom pleksusa kod kojih se kombinovanim ispitivanjem elektromiografijom, studijama ispitivanja nervne provodljivosti i somatosenzornim evociranim potencijalima može detaljno ispitati obim i nivo povrede pleksus PB.

LITERATURA

1. Lederman RJ, Wilbourn AJ.: Brachial plexopathy: recurrent cancer or radiation? *Neurology*.34:1331-1335.1984
2. Benecke R, Conrad B.: The distal sensory nerve action potential as a diagnostic tool for the differentiation of lesions in the dorsal roots and peripheral nerves. *J.Neurol.* 223:231-239.1980
3. Ball RA: Plexopathies.In: *Clinical Electrophysiology-State of the art review*. Dumitru D (ed).3:725-740.1989.
4. Balakrishan G, Bharath KK.:Clinical examination versus routine paraspinal electromyographic studies in predicting the site of lesion in the brachial plexus . *J.of hand Surg.* 29.:140-143.2004.
5. Bufalini C, Prescatori G.:Posterior cervical electromyography in the diagnosis and prognosis of brachial plexus injuries. *Bone Joint Surg.* 1B:pp: 627-631.1969.
6. Lefert RD.:Clinical diagnosis, testing and electromyographic studeies in brachial plexus traction injuries. *CORR* 237.pp:24-37.1988.
7. Jones SJ: Investigation of brachial plexus traction lesions by peripheral and spinal somatosensory evoked potentials. *Neurol.Neurosurg.Psychiatry.* 42:107-116.1979.
8. Millesi H.: Brachial plexus injuries, in:Chapman MW, Szabo RM, Mann RA et al., eds *CI Orthopedic surgery*. Philadelphia. Pa Lippincott William and Wilkins. Pp 1703-1720.2001.
9. Aminoff MJ, Olney RK, Parry et al.:Relative utility of different electrophysiologic techniques in evaluation of brachial plexopathies. *Neurology*.38:546-550.1988.
10. Zimmereman NB, Weiland AJ.: Assessment and monitoring of brachial plexux injury in adult. In:Gelberman RH (ed). *Operative nerve repair and reconstruction*. Vol 2. Philadelphia.JB Lipincott.pp:1273-1283.1991

NEURORADIOLOŠKA DIJAGNOSTIKA KOD TRAKCIONIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA

Svetlana Milošević, Branko Prstojević, Vera Vučković
Institut za radiologiju, Klinički Centar Srbije, Beograd
Višegradska 26, 11000 Beograd

NEURORADIOLOGICAL ASSESMENT IN TRACTION INJURIES OF BRACHIAL PLEXUS

Svetlana Milošević, Branko Prstojević, Vera Vučković
Institute of Radiology, Clinical center of Serbia, Belgrade
26, dr Višegradska str, Belgrade, Serbia

SAŽETAK:

Traumatske lezije brahijalnog plexusa vidaju se najčešće kod mladih osoba i u velikom procentu su rezultat saobraćajnih nesreća.

Kod ovih povreda radi se u osnovi o avulziji brahijalnog plexusa koja može biti kompletna ili ograničena na samo prednje ili samo zadnje cervikalne korenove. Od izuzetnog je značaja precizna dijagnoza mesta povrede. Neophodno je utvrditi da li se lezija nalazi intraduralno (ispred gangliona) ili ekstraduralno (iza gangliona). Ova dijagnoza određuje indikaciju za hirurški zahvat, kao i vrstu reparacije nerva [1].

U dijagnostičkoj obradi pacijenata sa suspektnom avulzijom brahijalnog plexusa koriste se brojne metode od kojih se u neuroradiološkom spektru nalaze cervikalna mijelografija, CT-mijelografija i magnetna rezonansa (MR). Korisne dodatne informacije mogu dati i elektrofiziološke pretrage.

Standardna mijelografija dugo je korištena kao osnovna dijagnostička metoda, pri čemu je nalaz traumatske meningocele smatran dokazom avulzije [2]. Ovo ne mora biti tačno, niti uredan mijelografski nalaz obavezno znači da ne postoji avulzija. Značajne dodatne informacije daje i tzv. CT – mijelografija koja može pokazati i intraduralno oštećenje. Ipak, i ova metoda može dati mali procenat lažno pozitivnih i lažno negativnih dijagnoza, a osim toga je invazivna kao i klasična mijelografija. Magnetna rezonansa pruža izvrsnu vizualizaciju lezija izvan i. v. foramena, dok se intraduralne lezije teže prikazuju. Da bi se dobili optimalni rezultati potreban je aparat veće jačine magnetnog polja, tanki slojevi, kao i potpuna saradnja pacijenta [3].

I pored opisanih metoda postoji manji procenat pacijenata (oko 15%) kod kojih nijedna od njih ne može da prikaže nervne korenove, te je neophodan hirurški zahvat – hemilaminektomija, da bi se došlo do dijagnoze.

Ključne reči: Avulzija plexusa, cervikalna mijelografija, CT mijelografija, magnetna rezonansa

ABSTRACT:

Traumatic injuries of brachial plexus occur most frequently in young individuals, usually as a result of traffic accidents. The injury may be complete or limited to dorsal or ventral roots only.

Diagnosis of the site of injury is essential in planning of the operative repair. It is very important to know whether the lesion is situated intra- or extradurally (in front or behind the ganglion).

Neuroradiological assesment of these patients includes cervical myelography, CT myelography and magnetic resonance (MR). Electrophysiological methods may also give very useful informations.

Classical myelography was considered in past decads as a method of choice in these patients. The finding of traumatic meningocele was understood as a proof of plexus avulsion. This is not always true because there are also cases of false negative and false positive results. The additional informations may be acquired by performing CT-myelography which gives more details and has a better overall sensitivity than myelography alone.

MR gives a perfect visualisation of extraforaminal lesions, while it is less precise in intraforaminal ones. For getting optimal results a high strength magnetic field is needed together with total cooperation of patient.

In spite of all above mentioned diagnostic possibilities, there are however some rare cases in which the operative exploration – hemilaminectomy, remains as the final diagnostic method.

Key words: Plexus avulsion, cervical myelography, CT-myelography, magnetic resonance

UVOD

Najčešći uzroci avulzije pleksusa su porođajna trauma i povrede u saobraćajnim nesrećama. Njene kliničke manifestacije mogu biti veoma raznovrsne uzimajući u obzir brojne kombinacije različitih nivoa lezije, lokalizacije i stepena oštećenja [1].

Hirurška anatomija

Da bi se procenilo stanje cervikalnih korenova nakon povrede pleksusa neophodno je dobro poznavanje mikrohirurške anatomije cervikalne regije.

Prednje cervikalne korenove čini grupa nervnih završetaka koji izlaze iz medule 1-3 mm od medijalne linije i imaju prečnik 1,5 do 3 mm. Dužina korenova između medule i v. foramina varira i iznosi od 5 – 20 mm. Dorzalni korenovi su obično deblji od ventralnih i nešto kraći [3].

Brahijalni pleksus nastaje iz korenova C5, C6, C7, C8 i Th1 sa mogućim angažmanom vlakana korenova C4 i Th2. On završava u vidu pet perifernih nerava (n. ulnaris, n. medianus, n. musculocitaneus, n. radialis i n. axillaris). Ventralni ogranci korenova C5 i C6 spajaju se i čine truncus superior, ventralni ogranci C7 čine truncus medialis, dok ventralni ogranci C8 i Th1 čine zajedno truncus inferior. Sva tri trunkusa zatim se dele na prednju granu koja inervira mišiće fleksore gornjih ekstremiteta i zadnju koja inervira ekstenzore.

NEURORADIOLOŠKA OBRADA

Mijelografija

Ova klasična metoda izvodi se najčešće subokcipitalnom ili cervikalnom lateralnom punkcijom, a ukoliko to iz bilo kog razloga nije moguće, kontrastno sredstvo ubrizgava se lumbalnom punkcijom i dovodi u vratnu regiju anguliranjem pacijenta. Od vremena prvog opisa traumatske od strane Murphey-a i sar., nalaz traumatske meningokele smatra

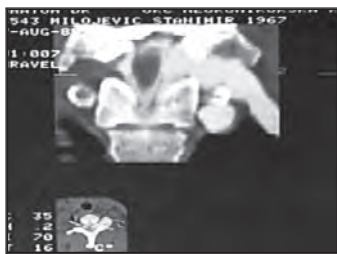


a)



b)

Sl. 1 a i b Cervikalna mijelografija i mijelo-sken: Opsežne pseudomeningokele u nivoima C6C7 i C7Th1 desno sa zahvatanjem i prednjih i zadnjih korenova.



a)



b)

Sl. 2 a i b Cervikalna mijelografija i CT rekonstrukcija u koronarnoj ravni: Izvanredan prikaz velike pseudomeningokele u nivou C7Th1 desno.

se karakterističnim za avulziju brahijalnog pleksusa. Ipak, neki autori opisuju avulziju bez nalaza meningokele, kao i obrnuto, nalaz traumatske meningokele bez avulzije korenova. Prema Sunderlandu postoje dva mehanizma avulzije cervikalnih korenova, periferni i centralni. Meningokela može postojati i bez avulzije pleksusa kod uvrtnja dure, što daje lažno pozitivan rezultat [1]. Naprotiv, intraforaminalna avulzija može da nastane centralnim mehanizmom, bez cepanja dure mater, kao i zbog fibrozne obliteracije orificijuma meningokele. Prema tome, traumatska meningokela najčešće znači rascep dure, ali nije patognomonična za avulziju korenova, već se ova mora identifikovati na samim korenovima [2].

Do avulzije inače dolazi na najslabijem mestu korena, tamo gde nervna vlakna – filla radicularia, izlaze iz medule spinalis.

Kod inkompletne avulzije smanjene su dimenzije otiska nervnog korena ili je smanjen broj korenova; ipak, inkompletna avulzija smatra se izuzetno retkim nalazom.

Nalaz defekta punjenja zbog arahnoidalne fibroze, obliteracije džepa korena ili intraspinalne cistične kolekcije kao posledice rascepa arahnoidalnog rukavca korena takođe su indikatori moguće avulzije pleksusa.

Senzitivnost ove metode kreće se između 37,5 i 84% prema različitim podacima iz literature [1]. U svakom slučaju, iz mnogobrojnih navedenih razloga, dijagnoza avulzije korena ne može se bazirati samo na nalazu klasične mijelografije.

CT – Mijelografija

Ova metoda omogućava dobru vizualizaciju cervikalnih korenova u svim nivoima i pouzdanija je od klasične mijelografije. CT skenovi se prave oko 30 minuta nakon intratekalne aplikacije kontrastnog sredstva. Debljina sloja iznosi 2 mm, kao i razmak između slojeva, a skenovi se izvode pod uglom koji odgovara ravni i. v. prostora. Najčešće se skeniraju i. v. prostori od C4 do Th1, ili ciljano i. v. prostor određen na klasičnom mijelogramu, kao i jedan prostor iznad i jedan ispod lezije.

Prednost ove metode u odnosu na konvencionalnu mijelografiju je mogućnost prikaza malih divertikula, parcijalne avulzije ili valovite konture korena. Takođe je izvanredna



Slika 3 CT mijelografija: Minimalna avulzija pleksusa – prednjeg radikusa, u nivou C6C7 levo.

vizualizacija korenova C5 i C6 koji se manje precizno mogu prikazati drugim dijagnostičkim metodama. Naprotiv, niži korenovi se ponekad slabije prikazuju zbog svog kosog toka [1].

Magnetna rezonansa

Da bi se dobio optimalan prikaz lezije brahijalnog plexusa, pregled se izvodi na aparatu jakog magnetnog polja [1,5 T po mogućnosti). Potrebno je uraditi skenove u koronarnoj i aksijalnoj ravni, u obje sekvence (T1 i T2). Aksijalni slojevi ne treba da budu deblji od 3 mm.

Ova metoda daje dobre rezultate kod prikaza brahijalnog plexusa izvan spinalnog foramena, te omogućava prikaz distalnih lezija. Naprotiv, vizualizacija intraduralnog dela korenova može biti teška. Optimalan prikaz često otežava i problem mirovanja pacijenata koji najčešće imaju jake bolove i nisu u stanju da leže mirno dovoljno dugo, te onda dolazi do pojave artefakata kretanja koji otežavaju interpretaciju snimaka. Osim toga, intraduralni deo korenova ima debljinu od 1,5 – 3 mm, tako da je otežan njihov prikaz na slojevima debljine 3 mm.

Prema podacima iz literature [3] MR daje pouzdanu dijagnozu tek kod oko 52% pacijenata sa avulzijom plexusa. Sa daljim tehnološkim napretkom u smislu poboljšanja kompenzacije respiratornih pokreta, novih tehnika supresije artefakata, kao i upotrebe specijalnih zavojnica koji bi popravile odnos signal – šum, kod aparata visoke snage magnetnog polja mogao bi se očekivati precizniji prikaz intraduralnih ogranaka kod lezije plexusa.

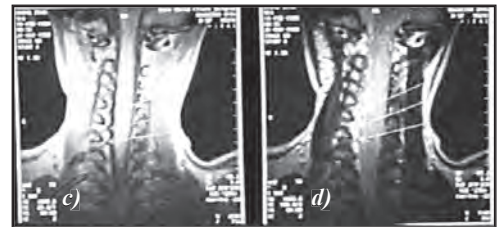
ZAKLJUČAK

I pored široke lepeze neuroradioloških metoda koje se nude u dijagnostici avulzije plexusa, može se reći da nijedna od njih nije apsolutno sigurna, niti potpuno pouzdana u svakom slučaju. Mijelografija je pre svega invazivna metoda, sa visokim procentom tačnosti, ali i određenim brojem lažno negativnih i lažno pozitivnih dijagnoza. Kao i CT, i ova metoda je ograničena na intraforaminalni deo plexusa. CT-mijelografija je jednako invazivna, ali daje veću količinu informacija od klasične mijelografije ukoliko se uradi na aparatu visoke rezolucije i tehnički adekvatno. Njen relativni nedostatak je nedovoljno precizan prikaz nižih korenova zbog njihovog kosog toka. Ipak, ova metoda urađena na adekvatan način na aparatu visoke rezolucije daje najpouzdaniju preoperativnu dijagnozu (85% po Carvalhu).



Slika 4

a, b, c i d. Cervikalna mijelografija, mijelo – sken i koronarni MR preseći T1W i T2W. Multietažne avulzije plexusa desno jasno vidljive uz pomoć sve tri metode snimanja.



Kod magnetne rezonanse nije dovoljno kvalitetan prikaz intraduralnih lezija, a veliki problem predstavljaju artefakti zbog nemogućnosti potpunog mirovanja pacijenta.

Zbog svega izloženog smatramo da je najbolji pristup kombinovana preoperativna dijagnostička obrada, pri čemu CT-mijelografija može da bude definitivna dijagnostička metoda u vrlo visokom procentu slučajeva. Za manji broj pacijenata koji ostaju dijagnostički nejasni i pored svih učinjenih pretraga ostaje eksplorativna hemilaminektomija kao definitivna dijagnostička metoda.

LITERATURA:

1. Samardžić M, Grujičić D, Bajić R, Bojović. V, Vesović V. Preoperative Evaluation of Brachial Plexus Traction Injuries. *Neuro-Orthopedics* 11:29-42, 1991.
2. Hashimoto T, Mitomo M, Hirabuki N et al. Nerve Root Avulsion of Birth Palsy: Comparison of Myelography with CT Myelography and Somatosensory Evoked Potential. *Radiology* 178:841-845, 1991.
3. Carvalho GA, Nikkhah G, Matthies C, Penkert G, Samii M. Diagnosis of root avulsion in traumatic brachial plexus injuries: value of computerized tomography myelography and magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 86:69-76, 1997.

POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA TOKOM NEUROHIRURŠKIH OPERACIJA – ETIOLOGIJA, DIJAGNOZA, PREVENCIJA

Branko Milaković, Mladen Dostanić i Jasmina Mijić

Institut za anesteziju i reanimaciju Kliničkog centra Srbije.

Kneza Miloša 17; 11000, Beograd

THE BRACHIAL PLEXUS INJURY DURING NEUROSURGICAL OPERATION – ETIOLOGY, DIAGNOSIS, PREVENTION

Branko Milaković, Mladen Dostanić i Jasmina Mijić

Institute of anesthesiology and reanimation of Clinical centre of Serbia.

N°17, Kneza Miloša str.; 11000, Beograd, Serbia

SAŽETAK

Položaj bolesnika tokom hirurške intervencije ima važnu ulogu u uspehu operacije i incidenci javljanja postoperativnih komplikacija. Povećana svest o mogućnosti invaliditeta bolesnika usled perioperativnog nastanka povrede nervnih stabala/pleksusa, navela je anesteziologe da više pažnje obrate etiologiji i prevenciji ovih oštećenja. U članku rezimiramo glavne: preoperativne, intraoperativne i postoperativne etiološke faktore povređivanja perifernih živaca. Analizirani su: incidenca, etiologija, faktori rizika i prevencija povređivanja brahijalnog pleksusa prilikom neurohirurških operacija bolesnika u: leđnom, trbušnom, bočnom i/ili sedećem položaju. Zaključujemo da pet do deset minuta posvećenih optimalnom položaju bolenika na operacionom stolu mogu biti presudni za izbegavanje mnogobrojnih perioperativnih komplikacija, među kojima povređivanje brahijalnog pleksusa zauzima jedno od najviših mesta.

Ključne reči: Brahijalni pleksus, intraoperativno povređivanje, etiologija, dijagnoza, prevencija; Neurohirurške operacije.

ABSTRACT

Positioning the patient during surgical intervention has gained its importance for the success of the operation and the minimization of the incidence of postoperative complications. Emerging awareness about possibility of postoperative injury of nerve trunks/plexuses focused the anesthesiologists to pay more attention to the etiology and prevention of these injuries. In this article we resume the most important: preoperative, intraoperative and postoperative risk factors of peripheral nerve injuries. There has been analysed: incidence, etiology, risk factors and prevention of brachial plexopathy during neurosurgical operations in: supine, prone, lateral and/ or sitting position. It was concluded that five to ten minutes dedicated to proper patient positioning may be the key to prevention of many perioperative complications amongst which the brachial plexopathy has gained one of the priorities.

Key words: Brachial plexus, intraoperative injury, etiology, diagnosis, prevention; Neurosurgical operation.

UVOD

Položaj bolesnika tokom hirurške intervencije ima važnu ulogu u uspehu operacije i incidenci javljanja postoperativnih komplikacija. Položaj koji najbolje obezbeđuje pristup hirurškom polju rada, ujedno smanjujući krvarenje na minimum, često prevazilazi anatomske

i fiziološke mogućnosti kompenzacije od strane bolesnika. Nadalje, položaj bolesnika mora anesteziološkom timu da obezbedi brz i pouzdan pristup: gornjem disajnom putu, venskim putevima i mestima za praćenje vitalnih funkcija.

Fiziološke promene koje su posledica određenog položaja bolesnika na operacionom stolu prvenstveno nastaju usled dejstva sile zemljine teže. Povećana svest o mogućnosti invaliditeta bolesnika usled perioperativnog nastanka povrede nervnih stabala/pleksusa, navela je anesteziologe da više pažnje obrate etiologiji i prevenciji ovih oštećenja. Nažalost, pažljiv postupak prema bolesniku, tokom njegovog boravka na operacionom stolu, nije garancija sprečavanja nastanka perioperativnih povreda nerava. Drugim rečima, perioperativno oštećenje nervnih stabala nije uvek sinonim za nebrigu oko položaja bolesnika u operacionoj sali [1].

Prvi, objavljeni izveštaj o perioperativnoj povredi nerava datira iz 1894.g. i odnosi se na oštećenje brahijalnog pleksusa [2]. Na sreću, incidenca javljanja perioperativnih povreda nerava je veoma niska i decenijama se kreće oko ili ispod 0.1% (Tabela 1). Bez sumnje, ovako niska incidenca javljanja perioperativnih povreda nerava glavni je razlog relativno malog broja istraživanja koja se bave: etiologijom, dijagnozom i prevencijom jatrogenih oštećenja nerava.

Tabela 1. Incidenca javljanja perioperativnih povreda nerava [3]

Godina	Istraživač	Broj bolesnika	Incidenca
1950	Duhner	30,000	0.1%
1973	Parks	50,000	0.14%
1986	Virginia-Mason	26,167	0.11%

ETIOLOGIJA PERIOPERATIVNE POVREDE NERAVA

Etiološki faktori jatrogenog oštećenja nervnih stabala mnogobrojni su. Međutim, naše razumevanje uzroka javljanja perioperativnih povreda nerava često je zamagljeno nemogućnošću da utvrdimo tačan trenutak javljanja oštećenja.

Preoperativni faktori

Preoperativno perzistiranje neuropatije značajan je faktor rizika za pojavu perioperativne egzacerbacije već postojećeg poremećaja nervne funkcije. Pažljivo uzimanje anamnestičkih podataka i neurološki pregled često nisu dovoljni da otkriju postojanje subkličičkog nivoa oštećenja funkcije nervnog stabla. U tim slučajevima, kada nema kliničke potvrde disfunkcije nerva, samo preoperativno elektromiografsko ispitivanje (EMG) može da otkrije poremećaj sprovodne funkcije nervnog stabla. Preoperativno EMG ispitivanje otkriva i do 40% prisutnih, subkličičkih neuropatija.

Intraoperativni faktori

Svaki položaj bolesnika na operativnom stolu dovodi neki od perifernih nerava/pleksusa u rizik od postoperativne neuropatije. Najčešći uzroci neuropatije su: prekomerna ekstenzija i/ili fleksija ekstremiteta. Osnovne mehaničke sile koje izazivaju povredu nerava

su: istežanje i pritisak (kompresija). Hirurški rad može, dalje, dovesti do povrede nerava: a) direktnim presecanjem (transekcija) ili b) indirektno, spaljivanjem krvnih sudova koji hrane nerv (ishemija). Korišćenje manžetne (turnikea) za izvođenje intravenske, regionalne anestezije (Bierov blok) može izazvati lokalnu ishemiju koja se postoperativno registruje kao ishemična neuropatija. Primećeno je da produžena hipoksija i anaerobni metabolizam nervnih vlakana distalno od manžetne dovode do edema i intraneuralnog mikrovaskularnog oštećenja. Ishemične promene mogu se registrovati već 10 – 30 minuta posle naduvavanja manžetne (promene u nervnoj sprovodljivosti) i postepeno progrediraju do totalnog gubljenja funkcije nerva. Promene su reverzibilne, ukoliko se pritisak manžetne popusti u bezbednom periodu od 60 – 90 minuta.

Tabela 2. Najčešći faktori rizika pojave perioperativnih neuropatija [4, 5, 6]

Pridružene bolesti	šećerna bolest	(svaki drugi dijabetičar ima neki oblik periferne neuropatije koja je, bar delom, uzrokovana ishemijom nervnih vlakana)
	hipotiroidizam	
	perniciозна anemija	
	alkoholizam	(prethodno postojeća [poli]neuropatija)
	oboljenja perifernih krvnih sudova	(polyarteritis nodosa)
	koagulopatija	
	uremija	
	porfirija	
	ekstremna mršavost	
	ekstremna gojaznost	
Pridruženi deformiteti koštano-zglobnog i/ili mišićnog sistema	(stvaraju uslove za hronično: istežanje, pritisak i/ili kompresiju nervnih vlakana)	● vratno rebro
		● hipertrofija skalenskih mišića
		● nenormalna derivacija plexusa
Neuromišićna oboljenja	(izazivaju anatomske promene koje povećavaju rizik perioperativnog oštećenja nerava)	
Infekcije	virusne	(često su praćene neuropatijom koja obično zahvata jedan živac, ali neretko i više njih, istovremeno)
	herpes zoster	
	bakterijske	(pogotovo ako su praćene formiranjem apscesa)
	zapaljenska artropatija (artritis)	
Povrede	(neprepoznata istegnuća nervnih stabala koja mogu da rezultiraju pojavom perioperativne neuropatije)	
	deformiteti ramenog regiona	

Davanje premedikacije, u obliku intramuskularne injekcije, nosi određen rizik od razvoja postoperativne neuropatije. Povreda nerva, najčešće ishijadičnog, može nastati: a) direktno, mehaničkim delovanjem injekcione igle, ili b) indirektno, fibrozom perineuralnog tkiva od strane injiciranog koktela lekova. Takođe, postinjekcioni hematoma može da izazove kompresiju nervnih vlakana i posledičnu neuropatiju.

Dužina operativnog zahvata značajno utiče na rizik od postoperativne neuropatije. Operacije kod kojih je bolesnik duže od 4 sata u opštoj, endotrahealnoj anesteziji (OETA) nose značajno veći rizik od nastanka postoperativnog oštećenja nerava. Hipotermija i arterijska hipotenzija, kao najčešće posledice dugotrajne OETA, stvaraju povoljne uslove za postoperativnu neuropatiju. Ipak, smatra se da je osnovni etiološki razlog neuropatije dug period potpune nepokretnosti anesteziranog bolesnika. Nadalje, anestezirani bolesnik ne može da reaguje bolom na loš intraoperativni položaj. Primena mišićnih relaksanata dalje povećava rizik od nastanka postoperativne neuropatije. Naime, ovi anestetički lekovi uklanjaju zaštitni tonus mišića, čime se povećava rizik od oštećenja nerava u neposrednoj blizini koštano-zglobnih struktura. Periferni nervi su najosetljiviji u predelu velikih zglobova kuka i ramena jer tu neurovaskularni elementi prolaze neposredno preko velikih koštanih ispupčenja.

Regionalne tehnike anestezije smanjuju rizik od posturalne postoperativne neuropatije. Međutim, primena lokalnih anestetika nosi svoje rizike od perioperativnog oštećenja nerava. Tu prvenstveno podrazumevamo: neodgovarajuću (preveliku) dozu, koncentraciju i/ ili volumen lokalnog anestetika. Primenjeni anestetik može biti neurotoksičan. Najzad, vazokonstriktori, koji se koriste rade produženja dejstva anestezije, sami po sebi mogu izazvati ishemijsku nervnih vlakana i postoperativnu neuropatiju.

Postoperativni faktori

Bolesnik koji se posle hirurškog zahvata odmah vraća na svoje odeljenje izložen je većem riziku od postoperativne neuropatije od onoga koji se smešta u neki oblik intenzivne nege. Osoblje odeljenja intenzivne i/ ili poluintenzivne nege redovnije i efikasnije prati stanje operisanih bolesnika od odeljenskih sestara. Posle primanja nekog od narkotičkih analgetika i/ ili sedativa operisani bolesnik postaje pospan i nepokretan, što stvara povoljne uslove za kompresiju nekog od nervnih stabala. Nestručno izvedena imobilizacija vrata i/ ili ekstremiteta može izazvati direktnu kompresiju nerava, ali i indirektno oštećenje, usled odloženog oticanja (edema), Najzad, postoperativna, profilaktička primena antikoagulantnih lekova (niskomolekularnih heparina) može dovesti do stvaranja hematoma i neželjenog, direktnog pritiska na nervna vlakna, odn. indirektno ishemijske nerava, usled kompresije krvnih sudova koji ih ishranjuju.

NERVNE KOMPLIKACIJE LEĐNOG POLOŽAJA BOLESNIKA (SUPINATIO)

To je najčešći položaj bolesnika na operacionom stolu. Varijaciju ovog položaja predstavlja „položaj u ležaljci” (lawn-chair position) koji bolje raspoređuje težinu tela duž leđa bolesnika, korišćenjem blagog savijana kukova i potkolenica. Gornji i donji deo operacionog stola savijaju se nagore, tako da su zakošeni 15 – 20° prema horizontalnoj ravni. Deo stola koji odgovara potkolenicama savija se 15 – 20°, u suprotnom smeru, nadole, tako da potkolenice ostaju paralelne sa trupom. Glava se postavlja u uzglavlje ili se obezbeđuje posebno jastuče za nju.

Nervi gornjih ekstremiteta, pogotovo: brahijalni plexus, ulnarni i/ ili radijalni živac, najpodložniji su povređivanju u leđnom položaju bolesnika na operacionom stolu. Incidenca

perioperativnog oštećenja nerava gornjeg ekstremiteta procenjuje se na 2 – 18% [7]. Povređivanje plexus brachialis prednjači sa približno 34% svih povreda perifernih živaca [8].

Povređivanje brahijalnog plexusa

Incidenca. Perioperativna lezija brahijalnog plexusa dešava se u 0.02 (1 : 5000) do 0.06% slučajeva (3 : 5000) [4].

Etiologija. Brahijalni plexus je veoma osetljiv na istezanje i pritisak/ kompresiju, celom svojom dužinom. Od svog nastanka iz prednjih korenova donje polovine vratnog dela kičmene moždine, plexus prelazi preko više koštanih elemenata (ključnjača, prvo rebro) i završava u aksilarnoj fasciji gde je u bliskom kontaktu sa glavom humerusa. Svaki pokret koji povećava rastojanje između nabrojanih koštanih elemenata, izaziva istezanje plexusa, odn. manji ili veći stepen ishemije njegovih vlakana. Najčešći položaj koji dovodi do oštećenja plexusa je: abdukcija ruke, veća od 90°. Istezanju plexusa doprinosi rotacija glave u suprotnu stranu, pogotovo ako je udružena sa hiperekstenzijom vrata. Iako se daleko ređe viđa, brahijalna plexopatija može nastati i na strani okretanja (i fleksije) glave. Ovo se može videti samo posle dugotrajnih operacija gde otežana venska drenaža krvi na strani okretanja glave dovodi do oticanja skalenskih mišića i direktne kompresije elemenata brahijalnog plexusa [9].

Posle 30 minuta ishemije brahijalnog plexusa nastaju znaci neuropatije – parestezija/ hiperestezija. Nepovratno oštećenje funkcije plexusa nastupa posle 12 ili više sati trajanja ishemije. Budući da u kliničkim uslovima ishemija, obično, nije kompletna, vreme potrebno da dođe do oštećenja funkcije plexusa prilično je varijabilno [10].

Faktori rizika. Neka premorbidna stanja stvaraju predispoziciju kod bolesnika prema perioperativnom povređivanju plexusa brahialis. Na prvom mestu, to su: kongenitalne malformacije ključnjače i prvog rebra. Zatim, sistemske bolesti, kao: šećerna bolest, sarkoidoza, uremija i/ ili vaskulitis. Najzad, različite malformacije kičmenog stuba: kifoza, skolioza i/ ili stenoza međupršljenjskih otvora.

Prevenija. Hiperabdukcija i dorzalna ekstenzija ruke, pogotovo udružene sa spoljnom rotacijom iste, osnovni su uzroci perioperativnog oštećenja brahijalnog plexusa. Pažljivo postavljanje podmetača i održavanje anatomske neutralnosti gornjih ekstremiteta na operacionom stolu pomažu u sprečavanju povređivanja brahijalnog plexusa.

Pulsni oksimetar (SaO₂ monitoring) pomaže anesteziologu u ranoj proceni postojanja rizika od oštećenja vlakana plexusa. Gubitak očitavanja SaO₂ upozorava anesteziologa da je arterija okludirana/ komprimovana, odn. da je položaj tela bolesnika na stolu neodgovarajući. Svaka kompromitacija arterijske cirkulacije ne znači i obavezno nastajanje oštećenja nerva, ali ako je perfuzija nerva neodgovarajuća, znaci ishemičnog oštećenja pojaviće se već posle 30 minuta [11].

NERVNE KOMPLIKACIJE TRBUŠNOG POLOŽAJA (PRONATIO)

Ovaj položaj koristi se za operacije u zadnjoj lobanjskoj jami, ali omogućuje i operativni pristup dorzalnoj strani čitavog kičmenog stuba. Ciljevi optimalnog nameštanja bolesnika u ovaj položaj su: što bolja ekspozicija anatomske struktura, smanjenje intraoperativnog krvarenja,

smanjenje rizika od povređivanja vitalnih organa u blizini operativnog polja, adekvatna ventilacija/ oksigenacija bolesnika i održavanje optimalnih kardiocirkulatornih parametara.

Za operacije na krsno-slabinskoj kičmi (npr., operacija discus herniae), potrebno je eliminisati fiziološku, lumbalnu lordozu. Bolesnik se postavlja u koleno-lakatni (muhamedanski) položaj. Time olakšavamo pristup ciljanim elementima kičmenog stuba, ujedno održavajući pokrete grudnog koša i trbuha neometanim.

Povređivanje brahijalnog plexusa

Etiologija i faktori rizika. Suviše velika abdukcija, ekstenzija i spoljna rotacija nadlaktice bolesnika u trbušnom položaju mogu dovesti do potiskivanja glave humerusa prema aksili, odn. izazvati istežanje i eventualno povređivanje pazušnog dela brahijalnog plexusa.

Prevenција. Bez obzira na pomenute varijacije trbušnog položaja, podlaktice bolesnika se postavljaju na držače, međusobno paralelne, koji ih drže ispod ravni trupa. Laktovi se flektiraju, ali ne prelazeći 90°. Ujedno, ruke su u blagoj abdukciji, pri čemu vodimo računa da nema pritiska na glavu humerusa u predelu pazuha. Dobrim nameštanjem bolesnika na operacionom stolu treba izbeći: hiperabdukciju ramena i prekomernu fleksiju lakata. Celokupan položaj trupa, gornjih ekstremiteta i glave možemo opisati kao položaj plivača prilikom pripreme za skok u vodu „na glavu“.

Grudni jastuk/ podmetač mora ravnomerno da rasterećuje predeo ramena i grudnog koša. Ukoliko je pritisak na infraklavikularni predeo veći, doći će do pomeranja ključnjača i kompresije ili istežanja brahijalnog plexusa. Držačem za glavu dovodimo istu nešto ispod ravni trupa. Neadekvatno tanak grudni podmetač i/ ili nedovoljno spušten držač glave mogu dovesti do neželjenog stepena ekstenzije vrata i posledičnog oštećenja vratnih, nervnih elemenata.

Savremena hirurška praksa sve više koristi somatosenzorne evocirane potencijale (SSEP) n.medianusa i n.ulnarisa kao prevenciju pozicionih povreda elemenata brahijalnog plexusa u ovom položaju [12]. Nažalost, iako su promene u SSEP signalu obavezno udružene sa pojavom perioperativne neuropatije plexusa, svim postoperativnim povredama plexusa ne prethodi uvek registracija nenormalnog SSEP-a, tako da se metoda ne može smatrati klinički sasvim pouzdanom [13]. Bolji rezultati nedavno su dobijeni praćenjem transkranijalnih, motornih evociranih potencijala za deltoidni i dvoglavi (biceps) mišić ruke, ali su, za sada, rezervisani samo za operacije gde postoji rizik od intraoperativne, jatrogene lezije C5 korena [14].

NERVNE KOMPLIKACIJE BOČNOG POLOŽAJA (LATERALNI DEKUBITUS)

Postoji nekoliko varijacija bočnog položaja, zavisno od organa koji treba da se operiše. Za potrebe neurohirurških operacija u zadnjoj lobanjskoj jami, posebno u pontocerebelarnom uglu, često se koristi takozvani „položaj spavača na klupi“ (park bench position). Zajedničko svim operacijama u bočnom položaju je da su obično: teške, komplikovane i dugotrajne. Zato je neophodno posvetiti punu pažnju nameštanju bolesnika na operacionom stolu i postavljanju svih delova njegovog tela u anatomske neutralne položaje.

Povređivanje brahijalnog plexusa

Etiologija i faktori rizika. Svaki položaj glave koji dovodi do prekomernog istežanja vrata može izazvati parezu brahijalnog plexusa [15]. Fiziološki mehanizam je intraneuralna ishemija krvnih sudova koji ishranjuju nervna vlakna. Sledeći, mogući uzrok neuropatije brahijalnog plexusa je hiperabdukcija gornje, „nezavisne“ ruke, obično izazvana prišvršćivanjem iste za prečku koja odvaja operaciono polje i hirurški tim od anesteziologa i njegovih pomoćnika. U ovom slučaju, fiziološki mehanizam povređivanja je istežanje vlakana plexusa preko ključnjače. Neadekvatno ili nepotrebno postavljen podmetač (jastuk) ispod pazuha donje, „zavisne“ ruke, može, takođe, dovesti do kompresije/ pritiska na vlakna istostranog brahijalnog plexusa.

Cirkumdukcija ruke prebačene preko grudnog koša, pogotovo ako je glava bolesnika suviše spuštена, može izazvati intraoperativnu parezu supraskapularnog živca (koji se odvaja od gornjeg stabla/ trunkusa brahijalnog plexusa). Neuropatija supraskapularnog živca može biti izazvana i neadekvatnom, intraoperativnom korekcijom položaja bolesnika koja dovodi do prekomernog pomeranja grudnog koša unapred (iz primarnog bočnog položaja). Po završetku operacije bolesnik se žali na slabo lokalizovan, dubok bol u spoljnom delu zadnje strane ramena koji se pojačava na pokrete istog.

Prevenција. Osnovni cilj je održati anatomsku neutralnost svih delova bolesnikovog tela. Trup i vrat moraju biti maksimalno rasterećeni, čitavom svojom dužinom. Glava se postavlja u potkovicu koja se spušta ispod ravni trupa, tako da rastereti vrat, ali ne dozvoli njegovo preterano istežanje. Izbegavamo podizanje gornje, „nezavisne“ ruke i njeno fiksiranje za prečku iznad operacionog stola. Ruku prebacujemo preko grudnog koša bolesnika, pazeći da ne izazovemo njenu preveliku cirkumdukciju. Donja, „zavisna“ ruka izvlači se maksimalno unapred, tako da se istežanje vlakana brahijalnog plexusa preko ključne kosti svede na minimum. Ukoliko nije neophodno, izbegavamo postavljanje podmetača ispod pazuha donje ruke.

Ukoliko bolesnika postavljamo u *park bench* položaj, ispod grudnog koša moramo postaviti podmetač (jastuk) koji će smanjiti ekscurziju ključnjača unapred i time sačuvati vlakna brahijalnog plexusa od preteranog istežanja.

NERVNE KOMPLIKACIJE SEDEĆEG POLOŽAJA („STOLICA ZA BRIJANJE“)

U ovom položaju operišu se strukture zadnje lobanjske jame i dorzalne strane vratne kičme. Prednosti ovog položaja su: dobijanje optimalne anatomske pozicije operativnog polja („kao u atlasu“), bolja drenaža venske krvi cerebrospinalne tečnosti, dobra ventilacija/ oksigenacija pluća, olakšan prilaz grudnom košu i endotrahealnom tubusu bolenika. Mogućnost intraoperativnog oticanja struktura glave i vrata bolesnika smanjena je u odnosu na trbušni i/ ili bočni položaj.

Nedostaci položaja su: mogućnost kardiovaskularnih komplikacija (venska i/ ili arterijska vazdušna embolija), rizik od kvadripareze/ kvadriplegije usled povređivanja vratne kičmene moždine, rizik od povređivanja brahijalnog plexusa, kao i od multiplih oštećenja preifernih živaca [16].

Povređivanje brahijalnog plexusa

Etiologija i faktori rizika. Nedovoljno rasterećenje težine trupa bolesnika može dovesti do prekomernog istežanja brahijalnog plexusa. Za povređivanje plexusa najveći rizik preti od neadekvatno poduprtih ruku/ podlaktica i/ ili istežanja vrata. Ukoliko neadekvatna fiksacija ruku ili nedovoljno visok oslonac za ramena dovedu do njihove hiperekstenzije preko gornje ivice stola, odn. „naslona“ stolice u kojoj je bolesnik smešten, nastupiće istežanje vlakana brahijalnog plexusa. Glava okrenuta u jednu stranu, torzijom vratnog dela kičmene moždine, pojačava ovo, neželjeno istežanje. Nastaje rizična situacija za istežanje i povređivanje prednjih korenova kičmenih živaca donjeg dela kontralateralne strane vrata, od kojih se, inače, formira brahijalni plexus.

Neadekvatno poduprti laktovi vode tome da težina ruku vuče ključnjače nadole i pritiska ih o prva rebra. Ovo ima za posledicu kompresiju lokalnih neurovaskularnih elemenata (podključna arterija i vena, brahijalni plexus). Na puls-oksimetru ćemo primetiti slabljenje, pa i potpuno gubljenje signala. Postoperativno, kod bolesnika će postojati: ispad senzibiliteta na gornjim ekstremitetima, slabost motorike istih, bol i otok.

Prevenција. Napori se usmeravaju na održavanje anatomske neutralnosti svih delova bolesnikovog tela. Trup i vrat moraju biti rasterećeni čitavom svojom dužinom. Glava se postavlja u potkovicu koja rasterećuje vrat i ne dozvoljava njegovu hiperekstenziju. Ispod ruku postavljamo podmetače koji nadlaktice fiksiraju u blagoj fleksiji prema ramenima. Podlaktice su, takođe, blago flektirane, ne prelazeći 90° u odnosu na opušteni položaj.

ZAKLJUČAK

Pažljivo nameštanje bolesnika na operacionom stolu ne samo da: poboljšava kvalitet hirurškog pristupa operativnom polju i smanjuje intraoperativni gubitak krvi, već smanjuje i ukupni perioperativni morbiditet. Pet do deset minuta posvećenih optimalnom položaju bolenika na operacionom stolu mogu biti presudni za izbegavanje mnogobrojnih perioperativnih komplikacija, među kojima povređivanje brahijalnog plexusa zauzima jedno od najviših mesta.

LITERATURA

1. Murphy EK. Liability for injury resulting from poor patient positioning. *AORN Journal* 1991; 53(6): 1361-1365.
2. Thompson GE. Perioperative nerve injuries. *Probl Anesthesia* 1987; 1(4).
3. Dalton ME, Bowe EA. Patient Positioning. In: Conroy JM, Dorman BH; Eds. *Anesthesia for Orthopedic Surgery*. New York, Raven Press; 1994: 3 – 32.
4. Dawson DM, Krarup C. Perioperative nerve lesions. *Arch Neurol* 1989; 46: 1355 – 1360.
5. Ben-David B, Stahl S. Prognosis of intraoperative brachial plexus injury: a review of 22 cases. *British Journal of Anesthesia* 1997; 79: 440 – 445.
6. Posta AG Jr, Allen AA, Necessian OA. Neurologic injury in the upper extremity after total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 1997; 345: 181 – 186.

7. Hickey C. Intraoperative somatosensory evoked potential monitoring predicts peripheral nerve injury during cardiac surgery. *Anesthesiology* 1993; 78: 29 – 35.
8. Fritzlen T, Kremer M, Biddle C. The AANA Foundation Closed Malpractice Claims Study on nerve injuries during anesthesia care. *AANA J* 2003; 71(5): 347 – 352.
9. Bhardwaj D, Peng P. An uncommon mechanism of brachial plexus injury, A case report. *Can J Anaesth* 1999; 46(2): 173 – 175.
10. Martin JT. Perioperative nerve injuries. *Anesthesia* 1988; 43(10): 899.
11. Swenson JD, Hutchinson DT, Bromberg M, Pace NL. Rapid onset of ulnar nerve dysfunction during transient occlusion of the brachial artery. *Anesth Analg* 1998; 87(3): 677 – 680.
12. Schwartz DM, Drummond DS, Hahn M, Ecker ML, Dormans JP. Prevention of positional brachial plexopathy during surgical correction of scoliosis. *J Spinal Disord* 2000; 13(2): 178 – 182.
13. Lorenzini NA, Poterack KA. Somatosensory evoked potentials are not a sensitive indicator of potential positioning injury in the prone patient. *J Clin Monit* 1996; 12(2): 171 – 176.
14. Fan D, Schwartz DM, Vaccaro AR, Hilibrand AS, Albert TJ. Intraoperative neurophysiologic detection of iatrogenic C5 nerve root injury during laminectomy for cervical compression myelopathy. *Spine* 2002; 27(22): 2499 – 2502.
15. Anderson JM. Positioning the surgical patient. London, Butterworths; 1988.
16. Matjasko J, Petrozza P, Cohen M, Steinberg P. Anesthesia and surgery in the seated position: Analysis of 554 cases. *Neurosurgery* 1985; 17(5): 695 – 702.

EKSTRAPLEKSUSNI NERVNI TRANSFER KOD TRAKCIONIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA

Lukas Rasulić, Miroslav Samardžić, Vladimir Baščarević, Vesna Simić
Institut za neurohirurgiju, Klinički Centar Srbije, Beograd
Višegradska 26, Beograd

EXTRAPLEXAL NERVE TRANSFER IN BRACHIAL PLEXUS TRACTION INJURIES

Lukas Rasulić, Miroslav Samardžić, Vladimir Baščarević, Vesna Simić
Institute for neurosurgery, Clinical Centre of Serbia, Beograd
N° 26, Višegradska str., Belgrade

SAŽETAK

Jedina mogućnost nervne reparacije traktionih povreda brahijalnog plexusa, bilo da se radi o avulziji spinalnih korenova i/ili njihovoj ireparabilnoj proksimalnoj leziji je neurotizacija ili nervni transfer. Nervni transfer se može izvesti koristeći različite donorne nerve. Kod kompletnih supraganglionarnih i/ili kombinovanih supra i infraganglionarnih traktionih lezija ekstrapleksusni nervni transfer predstavlja jedini način hirurške reparacije brahijalnog plexusa. U radu su predstavljeni svi modaliteti ekstrapleksusnog nervnog transfera sa posebnim osvrtom na najčešće korišćene modalitete tj. interkostalni nervni transfer i transfer spoljašnje grane akcesorijusa

Ključne reči: ekstrapleksusni nervni transfer, traktiona povreda brahijalnog plexusa, avulzija spinalnih korenova,

ABSTRACT

Nerve transfer is the only possibility for nerve repair in cases of the brachial plexus traction injuries with spinal roots avulsion. Nerve transfer can be performed using different donor nerves. Extraplexal nerve transfer is the only solution in surgical repair of supra or supra and/or infraganglionar lesions regarding brachial plexus traction injuries. This paper present all modalities of extraplexal nerve transfer with special emphasis on the most frequently used modalities i.e. intercostal nerve transfer and spinal accessory nerve transfer.

Key words: extraplexal nerve transfer, brachial plexus traction injury, spinal nerve root avulsion

UVOD

Nervni transfer je jedina mogućnost nervne reparacije u slučajevima traktionih povreda brahijalnog plexusa uzrokovanih avulzijom spinalnih korenova. Ovo je metoda motorne i senzorne reinervacije upotrebom intaktnih, funkcionalno manje značajnih nerava koji se odvajaju od svog inervacionog područja i spajaju direktno ili upotrebom nervnih graftova sa funkcionalno najvažnijim nervima ruke. Nervni transfer se može izvesti koristeći različite donorne nerve [1, 2, 26]. Svi ekstrapleksusni donorni nervi, a shodno tome i modaliteti ekstrapleksusnog nervnog transfera mogu se klasifikovati u dve velike grupe prikazane u tabeli 1 (tabela 1).

Prema našim kao i prema iskustvima ostalih autora postoje dva glavna prioriteta u hirurgiji traktionih povreda brahijalnog plexusa uzrokovanih avulzijom spinalnih korenova i to su [1] reinervacija bicepsa, i [2] reinervacija deltoideusa. U većini slučajeva u Institutu

za neurohirurgiju Kliničkog Centra Srbije koristili smo četiri tipa nervnog transfera; a) interkostalni nervni transfer i transfer spoljašnje grane akcesorijusa u slučajevima sa totalnom paralizom brahijalnog pleksusa, b) plekso-pleksalni ili intrapleksalni nervni transfer kod kombinovanih lezija gde postoji udruženost avulzije spinalnih korenova posebno na donjim nivoima sa rupturom spinalnih nerava na gornjim nivoima pleksusa, c) regionalni nervni transfer, tj. transfer bočnih grana brahijalnog pleksusa, obično torakodorzalisa i pektoralis medijalisa u slučajevima sa gornjom paralizom brahijalnog pleksusa, i d) kombinovani nervni transfer, tj kombinaciju regionalnog i transfera interkostalnih nerava i/ili transfera spoljašnje grane akcesorijusa takođe u slučajevima sa gornjom paralizom brahijalog pleksusa. Ostale modalitete nervnog transfera smo retko koristili. U ovom radu biće predstavljeni svi modaliteti ekstrapleksusnog nervnog transfera, sa posebnim osvrtom na najčešće korišćene tj. interkostalni i transfer spoljašnje grane akcesorijusa.

Tablea 1. Klasifikacija i modaliteti ekstrapleksusnog nervnog transfera

A.	Nervi poreklom od cervikalnog dela kičmene moždine	B.	Nervi poreklom od torakalnog dela kičmenog stuba
1.	Spoljašnja grana akcesorijusa	1.	nterkostalni nervi (obično od III do VI)
2.	Frenikus		
3.	Prednje grane cervikalnog pleksusa		
4.	C3 i C4 spinalni korenovi		
5.	Kontralateralni transfer korena C7		

MATERIJAL I METOD

Populacija pacijenata

Ekstrapleksusni nervni transfer u smislu reinervacije brahijalnog pleksusa sprovodili smo u slučajevima sa totalnom ili gornjom paralizom brahijalnog pleksusa, tj., u slučajevima kada se radilo o kompletnoj ili parcijalnoj avulziji spinalnih korenova, kod infraganglionarnih lezija sa ekstenzivnim intraneuralnim oštećenjem gde nije bilo moguće sprovesti druge oblike nervne reparacije, i u slučajevima kombinovanih supra i infraganglionarnih lezija na istom, istom i različitom i različitom nivou.

U periodu od 1980. godine zaključno sa 2000. godinom u Institutu za neurohirurgiju Kliničkog Centra Srbije nervni transfer izvršen je kod 127 (79%) od 159 pacijenata sa trakcionom povredom, a ukupno su izvršene 204 reinervacije korišćenjem različitih donornih nerava. Od 127 nervnih transfera načinjeno je 66 interkostalnih nervnih transfera (INT), i/ili transfera spoljašnje grane akcesorijusa (ANT). Od ukupno 204 reinervacije korišćenjem različitih donornih nerava izvršeno je 36 reinervacija muskulokutaneusa i 30 reinervacija aksilarisa koristeći interkostalni i/ili transfer spoljašnje grane akcesorijusa.

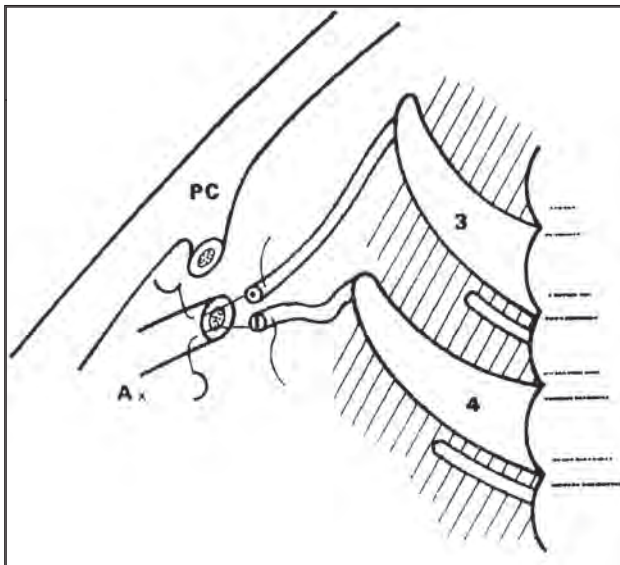
Pacijenti su operisani nakon preoperativne evaluacije koja podrazumeva korelaciju između kliničke slike, cervikalne mijelografije, CT mijelografije, elektrodijagnostičkih procedura (EMG za mišiće povređenog ekstremiteta, EMG zadnje cervikalne muskulature,

SSEP za medijanous, ulnaris, radijalis i muskulokutaneus), kao i MRI cerikalnog segmenta i ramenog pojasa. U dijagnostički nedovoljno jasnim slučajevima primenjivali smo kompletnu supra i infraklavikularnu eksploraciju brahijalnog pleksusa sa ili bez resekcije klavikule. Kod dijagnostički jasnih slučajeva primenjivali smo limitiranu eksploraciju, bilo supraklavikularnu ograničenu na gornji i srednji trunkus ili infraklavikularnu eksploraciju usmerenu na fascikuluse i terminalne grane brahijalnog pleksusa. Lezije muskulokutaneusa ispod fascije korakobrahijalisa kao i aksilarisa ispod foramen kvadrilateruma nisu reinervisane. Pacijenti su operisani u periodu od 2 do 12 meseci nakon povrede, uz prosečno vreme od 4,2 meseca. Predominiraju muškarci u najproduktivnijem životnom dobu, tj. od dvadesete do pedesete godine, a kao etiološki momenat glavno mesto zauzima saobraćajni traumatizam uz dominaciju povreda motorciklista, potom padovi na rame, povrede na radu i slično.

Reinervacija muskulokutaneusa i aksilarisa kao funkcionalno najvažnijih nerava ruke izvedena je u svim slučajevima (tabela 2). Kao donorni nervi korišćeni su II do VI interkostalni nerv kod INT, spoljašnja grana akcesorijusa kod ANT, a u određenim situacijama i kombinacija interkostalnog i transfera spoljašnje grane akcesorijusa. (slika1).

Tabela 2. Klinički materijal-reinervacione procedure kod interkostalnog i/ili transfera spoljašnje grane akcesorijusa

Donorni nervi	Recipijentni nerv	Recipijentni nerv	Ukupno
	Muskulo-kutaneus	Aksilaris	
Interkostalis	16	24	40
Akcesorijus	21	8	29
Ukupno	37	32	69



Slika 1. Dijagram interkostobrahijalne reinervacije: Ax-aksilaris; 3, 4–treći i četvrti interkostalni nerv, PC – zadnji fascikulus

Hirurški postupak

Ekstenzivnost hirurške eksploracije brahijalnog pleksusa zavisi od pozitivnosti nalaza preoperativne evaluacije u smislu avulzije spinalnih korenova, nivoa i ekstenzije intraneuralne lezije kao i planiranog nervnog transfera.

U većini slučajeva čitav brahijalni pleksus mora biti eksplorisiran kombinovanim supra i infraklavikularnim pristupom bez resekcije klavikule. Kod dijagnostički jasnih slučajeva eksploracija brahijalnog pleksusa može biti ograničena samo na supra ili infraklavikularni pristup. Prilikom eksploracije vrši se disekcija svih elemenata brahijalnog pleksusa uz identifikaciju i definitivno pripremanje recipijentnih nerava, tj., aksilarisa i muskulokutaneusa. Posebna pažnja mora biti posvećena isključivanju dodatne povrede muskulokutaneusa distalno od fascije korakobrahijalisa i aksilarisa u foramen kvadrilaterum. Recipijentni nervi se presecaju na mestu njihovog nastanka, tj. odvajanja od fascikulusa u cilju smanjenja dužine nervnih graftova u slučajevima korišćenja bočnih grana brahijalnog pleksusa. Donornim nervima, spoljnoj grani akcesorijusa, gornjim interkostalnim nervima (obično trećem, četvrtom i petom), kao i bočnim granama brahijalnog pleksusa pristupa se kroz isti pristup.

Interkostalni nervni transfer

Gornjim interkostalnim nervima (drugom i trećem) se, kao što je već pomenuto, pristupa kroz infraklavikularni pristup. Ostalim interkostalnim nervima, ako je neophodno, pristupa se kroz inciziju duž slobodne ivice pektoralis majora sa lateralne strane grudnog koša. Interkostalni nervi se identifikuju i preparišu tupom disekcijom kroz interkostalne mišiće paralelno ivici rebra u nivou srednje aksilarne linije između vlakana seratus anteriora u dužini od 5 do 6 cm. Preparacijom i oslobađanjem pozadi što je više moguće i napred do srednje klavikularne linije izdvajaju se interkostalni nervi i presecaju se u nivou ove linije. Ponekad mišićne grane mogu biti identifikovane ispreparisane što je moguće duže i takođe presečene. Ova intermedijerna tehnika koja podrazumeva pristup interkostalnim nervima između srednje aksilarne i srednje klavikularne linije omogućava direktnu koaptaciju anastomoza koristeći kratke nervne graftove. Kutaneus antebrahii medijalis i njegove distalne grane imaju sličan dijametar jednom ili dva interkostalna nerva i obično se koriste kao graftovi.

Mikrohrurška procedura. Anastomoze se izvode koristeći standardne mikrohrurške postupke. Epineurijum recipijentnih nerava se uklanja u cilju redukcije fibroze na suturnoj liniji, ali se interfascikularna neuroliza ne izvodi obzirom na obrazac fascikularne organizacije i dijametar nerava. Suture se izvode kroz epineurijum donornih nerava i kožnih nervnih graftova i kroz interfascikularno tkivo ili perineurijum fascikulusa recipijentnih nerava. Pojedinačne anastomoze se kompletiraju sa dva šava na gornjoj strani nerva ili cirkumferencijalnim suturama sa četiri do pet šavova oko nerva. Sturna tehnika se može kombinovati sa korišćenjem fibrinskog lepka. Problem perineurijalne ili epi-perineurijalne suture leži u činjenici 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. Sa tehničkog aspekta gledano teško je preduprediti rotaciju na suturnoj liniji šavovima zadnje strane kratkih nervnih segmenata. [taviše, disanje pacijenta kao i

adherentnost suturnog materijala za epineurijalno vezivno tkivo može prouzrokovati lateralno pomeranje i uvrtnje suturne linije. Dugo trajanje procedure onemogućava dalje prominiranje fascikulusa i njihovog matriksa što zahteva dodatnu resekciju uz moguću destrukciju postojećih sutura. Konačno, mikrohiruska tehnika, iako atraumatska, zahteva dosta vremena.

Mikrohiruska preparacija nervnih okrajaka je ista i pri korišćenju fibrinskog lepka i suturne tehnike. Međutim, korišćenje fibrinskog lepka zahteva odsustvo tenzije kao i horizontalni položaj nervnih okrajaka obzirom da adhezivna tečnost lako sklizne sa mesta aplikacije. Odsustvo tenzije kao i horizontalni položaj nervnih okrajaka se lako postiže ako je dužina nervnih okrajaka dovoljna, kao kod korišćenja intermedijerne tehnike pristupanja interkostalnim nervima. Dva, a ako je moguće ponekad i tri interkostalna nerva sa njihovim motornim granama se koriste kao donori u cilju dostizanja adekvatne veličine nervnog okrajka recipijentnog nerva ili nervnog grafta. Nervi se postavljaju na tanku gumenu ili aluminijumsku foliju, grupišu na njihovim okrajcima u dužini od oko 1 cm i spajaju se u zajedničko nervno stablo koristeći dve do tri kapi fibrinskog lepka. Procedura slepljivanja je završena dva ili tri minuta kasnije kada se pojavi beličasta masa koagulisanog fibrinskog lepka. Nakon toga se tanak sloj novoformiranog nervog stabla resekira na njegovom kraju u cilju izjednačavanja površine nervnog okrajka. Na kraju, se višak fibrinskog omotača otklanja mikromakazama u cilju formiranja veštačkog epineuriuma. U sledećoj fazi uklanja se folija ispod slepljenih okrajaka nerava. Potom sledi aproksimacija i koaptacija ovako formiranog okrajka od interkostalnih nerava sa recipijentnim nervom ili kožnim nervnim graftovima i fiksacija sa dve ili tri suture koncem 10-0 ili 11-0. Suture se postavljaju kroz veštački fibrinski epineurijum donornih nerava i graftova i epineurijum ili ponekad perineurijum recipijentnih nerava. Konačno, procedura se završava ponovnim postavljanjem folije ispod spoja nerava i kompletiranjem ovog spoja sa dve do tri kapi fibrinskog lepka. Nakon koagulisanja fibrinskog lepka uklanja se folija i okrajci nerava se oslobađaju od svih adhezija sa okolnim tkivima.

Tehnika korišćenja fibrinskog lepka je najjednostavnija, maksimalno atraumatska i relativno kratkotrajna procedura. Spoj nerava je zaštićen tankim slojem lepka od prodiranja vezivnog tkiva i krvnih koaguluma, a i onemogućena je aksonalna disperzija na suturnoj liniji. Ovde se mora istaći da je tenziona snaga fibrinskog lepka nedovoljna i iznosi približno kao polovina tenziona snage 10-0 suture te stoga mora biti eliminisana svaka tenzija na nivou spoja nervnih okrajaka. Veliki broj autora se suočavao sa prethodno pomenutim problemima u cilju kombinovanja ove dve tehnike. Egloff i Narakas [4, 1] su stabilizovali anastomozirane nervne okrajke fiksirajući njihovu duboku stranu fibrinskim lepkom. Mi smo modifikovali ovu proceduru grupišući dva interkostalna nerva u kompaktan okrajak slično prethodno opisanom grupisanju nervnih graftova u nervnoj reparaciji perifernih nerava [5, 6]. Fibrinski lepak obezbeđuje svojevrsan tanak veštački epineurijum. Koristeći ovu proceduru lakše se manipuliše okrajcima interkostalnih nerava, može se postići približan dijametar sa recipijentnim nervima ili nervnim graftovima i eliminisati prazan prostor između pojedinačno korišćenih interkostalnih nerava. Tenziona snaga nervnog spoja obezbeđuje se sa dve ili tri suture. Konačno, suturna linija se obezbeđuje ponovnom upotrebom male količine fibrinskog lepka dok se ne formira tanka membrana.

TRANSFER SPOLJAŠNJE GRANE AKCESORIJUSA

Spoljašnjoj grani akcesorijusa se hirurški pristupa u omotrpezoidnom trouglu vrata kroz supraklavikularni pristup brahijalnom pleksusu. U ovom trouglu spoljašnja grana akcesorijusa zauzima pravac usmeren koso na dole i pozadi ulazeći u trapezijus kroz njegovu duboku stranu na oko 2 cm iznad klavikule. Ovaj nerv daje dve ili tri bočne grane pre ulaska u trapezijus. U cilju izbegavanja totalne paralize trapezijusa spoljašnja grana akcesorijusa bi trebalo da bude resecirana distalno od bočnih grana koje se moraju sačuvati. Distalno reseciranje ovog nerva obezbeđuje samo deo nervnih vlakana za reinervaciju, ali je delimično sačuvana funkcija trapezijusa. Neke od bočnih grana se takođe mogu upotrebiti ako je to neophodno. U zavisnosti od odnosa dijametra spoljašnje grane akcesorijusa i nervnih graftova, jedan ili dva grafta postavljena iznad ili ispod klavikule bi trebalo upotrebiti.

Evaluacija rezultata

U analizi rezultata korišćen je modifikovani Ploncard-ov (1982) gradacioni sistem koji podrazumeva tri stepena funkcionalnog oporavka:

loš — odsustvo pokreta ili postojanje pokreta van dejstva sile gravitacije, bez poboljšanja trofike i EMG znakova reinervacije.

zadovoljavajući — postojanje pokreta protiv sile gravitacije sa sposobnošću održavanja pozicije, abdukcijom do 45 stepeni, fleksijom podlaktice do 90 stepeni, uz poboljšanje trofike i EMG nalaza.

dobar — postojanje pokreta i protiv otpora, mogućnost ponavljanja pokreta, abdukcija preko 45 stepeni, pun obim fleksije podlaktice, poboljšana trofika i EMG nalaz.

REZULTATI

Prema aktuelnim saznanjima i proučavajući raspoloživu literaturu može se reći da je serija pacijenata sa trakcionim povredama brahijalnog pleksusa operisanih u Institutu za neurohirurgiju kod kojih je primenjen ekstrapleksusni nervni transfer jedna od većih u svetu. Uopšteno govoreći, rezultati dobijeni uporednom i deskriptivnom analizom svakog od ispitivanih obeležja ponaosob, kao i u celini ne pokazuju značajnija odstupanja od rezultata praktično svih analiziranih serija trakcionih povreda dostupnih u raspoloživoj literaturi.

U Institutu za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije najčešće smo od modaliteta nervnog transfera koristili interkostalni nervni transfer i/ili transfer spoljašnje grane akcesorijusa, dok smo ostale modalitete ekstrapleksusnog nervnog transfera retko koristili i oni ne predstavljaju klinički materijal u našoj seriji.

Period praćenja iznosio je najmanje 26 meseci, a većina pacijenata je praćena više od 3 godine od operacije. Rezultati hirurškog lečenja u vezi su sa karakteristikama donornih i recipijentnih nerava. Prvi znaci oporavka javili su se nakon 3 meseca od operacije, a kao manifestni znaci oporavka uzimaju se klinički kao i elektromiografski znaci oporavka prethodno potpuno oduzete, tj. kompletno denervisane ruke. Period praćenja od 5 godina nakon operacije smatra se vremenom u kome je došlo do odgovarajućih definitivnih

regenerativnih i reinervacionih procesa. Iza ovog vremenskog perioda dalji oporavak funkcije vrlo se retko javlja.

Rezultati kod 69 ekstrapleksusnih nervnih transfera na muskulokutaneus i aksilaris postignuti u našoj seriji prikazani su u tabeli 3 (tabela 3) ne razlikuju se značajno od rezultata postignutih u vodećim svetskim serijama koje se odnose na interkostalni i transfer spoljašnje strane akcesorijusa. Postigli smo dobru ili zadovoljavajuću abdukciju nadlaktice i zadovoljavajuću obim fleksije podlaktice reinervacijom aksilarisa i muskulokutaneusa koristeći različite donorne nerve u 143 od 204 reinervacije što predstavlja opštu stopu funkcionalno korisnog oporavka od 70,1%. Srednja vrednost stope funkcionalno korisnog oporavka prema pojedinim modalitetima nervnog transfera u našoj seriji iznosi za interkostalni nervni transfer, kao i za transfer spoljašnje grane akcesorijusa 50,1%. Ukupan funkcionalni oporavak za pojedine modalitete nervnog transfera prema pojedinačnim recipijentnim nervima iznosi 53,8% za aksilaris i 48% za muskulokutaneus kod interkostalnog nervnog transfera i/ili transfera spoljašnje grane akcesorijusa.

Tabela 3. Rezultati funkcionalno korisnog oporavka korišćenjem ekstrapleksusnog nervnog transfera kod 37 transfera na muskulokutaneus i 32 transfera na aksilaris.

Donorni nervi	Recipijentni nerv				Recipijentni nerv				Ukupno
	Muskulo-kutaneus				Aksilaris				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Interkostalis	8	3	5	0	8	11	4	1	37
Akcesorijus	6	8	7	0	2	5	1	0	32
Ukupno	14	11	12	0	10	16	5	1	69

I, II, III, IV-stepen funkcionalno korisnog oporavka

I – loš

II – zadovoljavajući

III – dobar

IV – odličan

DISKUSIJA

Opšte napomene

Lečenje totalnih paraliza brahijalnog plexusa završavalo se u ne tako davnoj prošlosti amputacijom afunkcionalnog bolnog ekstremiteta. Razlozi za takav način definitivnog lečenja bili su loša prognoza ovih povreda i nepoznavanje mogućnosti hirurške rekonstrukcije ovakvih povreda.

Međutim, rezultati hirurškog lečenja traktionih povreda brahijalnog plexusa u poslednjih dvadeset godina, kako u svetu, a posebno u Institutu za neurohirurgiju Kliničkog Centra Srbije su takvi da u potpunosti eliminišu sav skepticizam i odsustvo entuzijazma u lečenju ovih povreda. Omogućavanje da afunkcionalni, bolni ekstremitet, čija je jedina perspektiva u ne tako dalekoj prošlosti bila amputacija povređene ruke, ponovo postane funkcionalan, ima nesagledive lične i socijalne aspekte, koje ne treba posebno isticati.

Ekstrapleksusni nervni transfer u smislu reinervacije brahijalnog plexusa indikovano je kod pacijenata sa:

1. totalnom ili gornjom paralizom brahijalnog plexusa, tj., u slučajevima kada se radi o kompletnoj ili parcijalnoj avulziji spinalnih korenova,
2. kod infraganglionarnih lezija sa ekstenzivnim intraneuralnim oštećenjem gde nije bilo moguće sprovesti druge oblike nervne reparacije,
3. u slučajevima kombinovanih supra i infraganglionarnih lezija na istom, istom i različitom i različitom nivou

Korišćenje određenih nerava kao donora u cilju reinervacije motorne funkcije determinisano je njihovim anatomskim odnosima sa brahijalnim plexusom, ekstenzijom avulzije korenova spinalnih nerava, funkcionalnim deficitom nakon presecanja nerva koji se koristi kao donor, kao i brojem motornih vlakana (tabela 4).

Tabela 4. Karakteristike potencijalnih ekstrapleksusnih donornih nerava za reinervaciju brahijalnog plexusa

donor	poreklo	kompozicija	broj motornih vlakana	prosečan dijametar (mm)
interkostalis (II do VI)	gornji torakalni nervi	mešoviti	500 do 700	1,5-1,8
prednje grane cervikalnog plexusa	C3, C4	motorni*	4100 (+3250 senzornih)	/
akcesorijus	gornji cervikalni nervi	motorni*	1700 do 3000	2,1-3,2
frenikus	C3, C4	motorni*	/	1,5-2,0

* predominantno

BAZIČNA RAZMATRANJA

Neurotizacija omogućava analogan aksonalni tok u recipijentnim nervima povezujući njihovo inervaciono područje sa neuronima koji su prethodno bili odgovorni za drugo inervaciono područje. Očigledno je da ovi neuroni i njihove medularne i cerebralne interkonekcije moraju posedovati dovoljan plasticitet za uspostavljanje nove funkcije. Uprkos činjenici da je funkcionalna povezanost između donornih i recipijentnih nerava poželjna za nervni transfer i ima odgovarajuće prednosti, centralni plasticitet može biti efikasan u uspostavljanju korisnog funkcionalnog oporavka čak i u slučajevima gde postoji velika funkcionalna razlika, kao što je na primer kod interkostalnog nervnog transfera. Ovo se naročito odnosi na mlađe pacijente. Međutim, mora postojati određena voljna kontrola od strane donora koja može da omogući voljne pokrete u reinervisanim područjima zahvaljujući originalnoj primarnoj aktivaciji, npr. duboko disanje, kihanje i kašljanje kod interkostalnog nervnog transfera ili podizanje ramena kod transfera spoljašnje grane akcesorijusa. Naravno, ovi pokreti su potpuno automatski u inicijalnoj fazi. Definitivna voljna kontrola uspostavlja se u toku treće godine nakon nervnog transfera, a transferisani interkostalni nervi ponašaju se kao voljni nervi sa zanemarujućim automatizmom nakon četiri godine od operacije [7, 8,

9, 10, 4, 1, 11]. Ovde se mora naglasiti da je konverzija u izolovani jednostavan pokret kao što je fleksija u laktu lakša nego u kompleksne fazne pokrete za koje je neophodno nekoliko godina da se polako razviju.

Glavni cilj nervnog transfera kod lezija brahijalnog pleksusa nastalih usled avulzije spinalnih korenova je funkcionalni oporavak motorike. Pokreti gornjeg ekstremiteta zavise od funkcije nekoliko mišićnih grupa i imaju svoju centralnu reprezentaciju. Iz tog razloga nervni transfer daje rezultate u uspostavljanju jednostavnih funkcija kao što su fleksija u laktu, a ima manju vrednost u uspostavljanju složenijih funkcija kao što su abdukcija u ramenom zglobu i funkcija šake. Oporavak senzorne funkcije može takođe biti cilj nervnog transfera, naročito kod medijanusa, ali se samo protektivni senzibilitet može uspostaviti. Uobičajeni donori za senzornu reinervaciju su prednje grane cervikalnog pleksusa i prednje grane interkostalnih nerava. Za ove poslednje, tokom prve dve godine nakon operacije obično se uspostavlja samo minimalan osećaj dodira, dok se protektivni senzibilitet uspostavlja tokom treće godine. Vreme kašnjenja senzornog odgovora se može skratiti nakon više od pet godina posle operacije [7, 8, 9, 10, 4, 1, 11].

Broj mijelinisanih vlakana u najvažnijim nervima ruke znatno prevazilazi isti u donornim nervima što onemogućava adekvatnu reinervaciju. Muskulokutaneus i aksilaris sa prosečnim brojem od 6000 predominantno motornih vlakana su najpodesniji za reinervaciju u svetlu ove činjenice. U nervnom transferu je razumnije izvršiti anastomozu sa nervima, a ne trunkusima i fascikulusima da bi se smanjila suturna disperzija nervnih vlakana i mogućnost za ukrštenu ili masivnu inervaciju koja uzrokuje onesposobljavajuće sinkinezije. Problem ukrštene inervacije može biti čak izraženiji ukoliko ona zahvati agoniste i antagoniste. Ovo je na primer značajno za neurotizaciju radijalisa koji inerviše fleksor lakta brahioradialis, a ponekad i brahijalis ili za reinervaciju zadnjeg fascikulusa koji inerviše abduktore i aduktore ramena. Pored funkcionalnog prioriteta i broja motornih vlakana dodatni razlozi za reinervaciju muskulokutaneusa i aksilarisa su kraći put nervne regeneracije, uglavnom monofunkcionalna motorna uloga nerava i mono ili oligofascikularna struktura aksilarisa. Oko 30% nervnih vlakana je neophodno da bi se uspostavila izvesna mišićna funkcija, međutim svega nekoliko stotina vlakana je dovoljno da reinerviše slabo diferencirani mišić kao što je biceps jer je svega oko 25% nervnih vlakana muskulokutaneusa namenjeno bicepsu [12, 13, 14, 3, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Treba istaći da proksimalnije locirani mišići kao što su biceps inervisan od muskulokutaneusa ili supraspinatus inervisan od supraskapularisa obično bivaju bolje reinervisani jer prihvataju veći deo aksonalnog rasta [7, 8, 9, 10, 4, 1, 11].

INTERKOSTALNI NERVNI TRANSFER

Interkostalni nervni transfer uveden je u kliničku praksu od strane Yeomanna i Seddona 1963. Nakon toga metod su usavršili japanski autori Tsuyama i Hara, kao i Kotani i sar., 1972. Danas dominiraju dve tehnike, anastomoza u nivou srednje aksilarne linije koristeći nervne graftove [2, 15, 16, 17, 18, 19, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11, 20, 21, 22], kao i intermedijerna tehnika koja se karakteriše sekcijom interkostalnih nerava između srednje aksilarne i srednje klavikularne linije omogućavajući na taj način direktno anastomoziranje sa recipijentnim

nervima ili anastomoze uz korišćenje kratkih nervnih graftova ako se koriste interkostalni nervi ispod nivoa T5 [23, 24, 25, 25, 26, 27, 28, 5, 6, 29, 30, 31, 32, 33]. Većina autora opisuje interkostalne nerve kao pojedinačne nerve prosečnog dijametra od 1,5 do 1,8 mm, koji se obično sastoje od tri fascikulusa međusobno povezana rastresitim epineurijalnim tkivom. Treći interkostalni nerv je deblji i ima dijametar 2 do 2,5 mm. Ponekad se interkostalni nerv sastoji od tri nezavisne paralelne grane.

Interkostalni nervi imaju mešovitu kompoziciju uz 1200 do 1300 mijelinisanih nervnih vlakana i ne više od 500 do 700 motornih vlakana. Kod gornjih interkostalnih nerava ovaj sadržaj od približno oko 30% motornih nervnih vlakana je relativno konstantan u većem segmentu nerva naročito između srednje aksilarne i srednje klavikularne linije [17]. Motorni deo interkostalnog nerva leži dublje u odnosu na senzitivni i može se identifikovati napred čak ispred srednje klavikularne linije. Provera električnom stimulacijom je neophodna. Najveći procenat motornih vlakana se nalazi nakon odvajanja lateralne kožne grane. Mora se istaći da drugi interkostalni nerv ima veliku senzitivnu granu kao i veliku senzitivnu komponentu u prednjem delu nerva, a može postojati i tanka motorna grana koja može biti dovoljna za reinervaciju pektoralisa [7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Treći interkostalni nerv je obično deblji nego četvrti koji obezbeđuje senzitivnu inervaciju dojke. Prednje senzitivne grane petog i eventualno šestog interkostalnog nerva obezbeđuju senzitivnu inervaciju bradavice i stoga ne bi trebalo da se koriste za senzitivni nervni transfer kod žena. Donji interkostalni nervi imaju za oko 20 do 25% veći broj motornih vlakana u njihovim prednjim granama [17], ali se retko koriste kao donori u nervnom transferu obzirom na veliku udaljenost u odnosu na recipijentne nerve. Nedostaci interkostobrahijalne anastomoze su velika udaljenost anastomoze u odnosu na denervisane mišiće, upotreba nervnih graftova, mešanje motornih i senzitivnih vlakana na suturnoj liniji i najvažniji nedostatak, mali broj motornih vlakana. Iako se kod reseciranih donornih nerava u proksimalnim okrajcima javlja višestruki aksonalni rast, broj mijelinizovanih vlakana koja dostižu recipijentne nervne okrajke je niži za 17 do 31%, što je registrovano u eksperimentalnim studijama. Ovo aksonalno prerastanje može da dostigne distalni nervni okrajak ili nervni graft i da bude prihvaćeno, obzirom da suralis ima oko 7000 mijelinizovanih vlakana. Međutim, mora se naglasiti da se između 15% i 30% nervnih vlakana gubi na suturnoj liniji zbog ožiljnih promena koje blokiraju aksonalni rast, zbog aksonalnog mešanja, kao i zbog ekstraperineurijalnog urastanja. Ovo je od naročitog značaja kod korišćenja nervnih graftova i postojanja dve suturne linije. Idealna anastomoza blizu motorne ploče umanjuje aksonalno mešanje, ali sa druge strane zahteva disekciju dužeg segmenta interkostalnih nerava što umanjuje broj motornih vlakana i to za 10% za svakih 10 cm [7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Mali broj motornih vlakana donora je od velikog značaja, ako se ima na umu činjenica da najčešće korišćeni recipijentni nervi, aksilaris i muskulokutaneus, imaju srazmerno veliki broj motornih vlakana, u proseku 6000. Mali dijametar, rastresiti epineurijum, specifičan obrazac fascikularne organizacije kao i gubitak regenerišućih vlakana su razlozi za tehničke poteškoće u anastomoziranju interkostalnih nerava sa recipijentnim nervima ili nervnim graftovima.

Najmanje dva interkostalna nerva su neophodna za koristan oporavak funkcije kao što je fleksija lakta. Prema Kawaiu i sar., [20] ne postoji značajno funkcionalno poboljšanje ako

se koristi više od dva interkostalna nerva. Međutim, izvesni autori preporučuju korišćenje najmanje tri ili čak četiri interkostalna nerva u reinervaciji muskulokutaneusa [23, 35, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Korišćenje interkostalnih nerava za reinervaciju antagonističkih funkcija nije preporučljivo osim u slučajevima kada se planira mišićni transfer [2, 15, 16, 17, 18, 19]. [taviše, nije dovoljno jasno da li postoji nezavisna funkcija pojedinačnih interkostalnih nerava, kao i zbog čega transfer više interkostalnih nerava na različite recipijente ne prouzrokuje sinkinezije [7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Kod senzorne reinervacije bi trebalo koristiti samo prednje grane interkostalnih nerava, izbegavajući upotrebu T5 i T6 interkostalnih nerava.

Takođe je neophodno naglasiti da su efekti interkostalnog nervnog transfera zanemarljivi u odnosu na respiratornu funkciju u odsustvu paralize dijafragme. Paraliza dijafragme, ako je prisutna, umanjuje respiratornu funkciju za oko 50%, i u tim slučajevima se preporučuju drugi tipovi nervnog transfera [36, 37, 38, 12].

Kod interkostalnog nervnog transfera rezultati značajno variraju u zavisnosti od tipa donornog nerva. Interkostobrahijalna anastomoza predstavlja prvu proceduru korišćenu u cilju reinervacije brahijalnog plexusa usled avulzije. U interkostalnom nervnom transferu koriste se gornji interkostalni nervi (II-VI). Nedostaci interkostalnog nervnog transfera su: udaljenost između anastomoze i denervisanog mišića; upotreba graftova; mešanje motornih i senzitivnih aksona na suturnoj liniji; mali broj motornih vlakana (500-700). Ovaj mali broj motornih vlakana je značajan ako se ima na umu činjenica da recipijentni nervi imaju relativno veliki broj motornih vlakana, prosečno oko 6000 kako muskulokutaneus tako i aksilaris. Sa druge strane, mora se istaći da upotreba interkostalnih nerava nema neke značajnije posledice, što je prednost u odnosu na ostale donorne nerve.

Prvi znaci oporavka se mogu javiti 6 do 8 meseci nakon operacije [23, 24, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11], ali prosečno vreme iznosi 12 do 13 meseci, a ponekad i do 18 meseci [7, 8, 9, 10, 4, 1, 11, 26, 27, 28, 5, 6, 29, 30, 31, 32, 33]. Prvi znaci oporavka su u vezi sa dubokim disanjem, kašljanjem, kihanjem i smejanjem. Reinervisani mišići počinju postepeno da se voljno kontrahuju, nezavisno od respiracija u periodu od 2 do 3 godine nakon operacije. [18, 20]. Voljne, jasno definisane mišićne kontrakcije se definitivno uspostavljaju nakon 3 do 4 godine [43, 44, 45, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Automatske nevoljne kontrakcije postepeno iščezavaju, ali nikad u potpunosti i povremeno se javljaju udružene sa kašljanjem i smejanjem uzrokujući blage pokrete [39, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Ovde se mora istaći da i u najboljim slučajevima oporavka kod odraslih postoji nedovoljna mišićna snaga, brzina i obim pokreta [7, 8, 9, 10, 4, 1, 11].

Rezultati interkostalnog nervnog transfera variraju u zavisnosti od nivoa transekcije interkostalnih nerava, broja interkostalnih nerava koji su uključeni u nervni transfer, nivoa neuralne anastomoze i od upotrebe nervnih graftova [24, 25, 26]. Iako su izvesni autori objavili visok procenat funkcionalno korisnog oporavka [43, 44, 45, 39, 40, 41, 42, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11], mi smo postigli funkcionalno zadovoljavajući oporavak u 48% slučajeva za muskulokutaneus i 53,5% slučajeva za aksilaris analizirajući zajedničke rezultate i transfera spoljašnje grane akcesorijusa. Ovi rezultati su slični rezultatima većine autora [23, 40, 41, 42, 2, 15, 16, 17, 18, 19, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11, 26, 27, 28, 5, 6, 29, 30, 31, 32, 33, 20, 21, 22, 46, 47] (tabela 5). Prema našem iskustvu, najmanje dva interkostalna nerva su neophodna da

bi se postigla zadovoljavajuća funkcija fleksije podlaktice, a ako se koriste više od dva interkostalna nerva nema statistički značajne funkcionalne razlike. Intermedijerna tehnika koja omogućava ekspoziciju interkostalnih nerava između medioaksilarne i medioklavikularne linije obezbeđuje direktnu koaptaciju ili anastomozu koristeći kratke nervne graftove što omogućava bolje rezultate u odnosu na standardnu tehniku gde se anastomoze uspostavljaju u nivou medioaksilarne linije uz upotrebu dugih nervnih graftova. Mada je najveći broj motornih vlakana za reinervaciju dostupan korišćenjem standardne tehnike anastomoza bliže motornoj ploči omogućava dva puta bolji funkcionalni oporavak.

Tabela 5. Rezultati interkostalnog nervnog transfera u aktualnim svetskim serijama

RECIPIJENTNI NERV	STOPA KORISNOG OPORAVKA	RECIPIJENTNI NERV	STOPA KORISNOG OPORAVKA
Lateralni fascikulus ili muskulokutaneus		Lateralni fascikulus ili muskulokutaneus	
Chuang, 1992	49 od 66 (74,2%)	Ploncard 1982	7 od 8 (87,5%)
Dolenc, 1987	29 od 33 (87,8%)	Samardžić 1992	3 od 7 (42,8%)
Friedman 1990	7 od 16 (43,7%)	Samardžić 1997	7 od 14 (50%)
Hudson 1995	21 od 37 (56,7%)	Sedel 1987	5 od 10 (50%)
Kawai 1988	17 od 24 (70,8%)	Solonen 1984	3 od 9 (33,3%)
Kotani 1972	2 od 3 (66,6%)	Songocharoen, 1995	11 od 17 (64,7%)
Kretschmer 1981	21 od 44 (47,7%)	Thomeer 1993	7 od 9 (77,7%)
Mallesy, 1998	16 od 25 (64%)	Tsuyama 1972	15 od 18 (83,3%)
Millesi 1988	19 od 32 (59,3%)	Aksilaris	
Minami, 1987	17 od 17 (100%)	Hudson 1995	2 od 6 (33,3%)
Nagano, 1992	56 od 64 (87,5%)	Narakas, 1987	4 od 8 (50%)
Narakas, 1988	9 od 24 (37,5%)	Samardžić 1992	7 od 11 (63,6%)
Narakas, 1991	15 od 30 (50%)		

TRANSFER SPOLJAŠNJE GRANE AKCESORIJUSA

Transfer spoljašnje grane akcesorijusa pomenut je još 1913. godine od strane američkog hirurga Tuttlea. 1972. godine Kotani i saradnici po prvi put su upotreбили ovaj nerv za reinervaciju gornjeg trunkusa, radijalisa, kao i muskulokutaneusa zbog njegove bliske povezanosti sa supraklavikularnim delom brahijalnog plexusa. Danas su u upotrebi dve vrste anastomoza ovog nerva sa muskulokutaneusom. Tehnika parcijalne direktne nervne anastomoze, koju je uveo Kotani sa saradnicima, sastoji se od direktne anastomoze spoljašnje grane akcesorijusa i indirektna anastomoze bočnih grana brahijalnog plexusa sa muskulokutaneusom. Za ovu anastomozu neophodna je retrogradna endoneuroлиза lateralnog fascikulusa i skraćenje klavikule. Druga metoda, uvedena od strane Allieua, sastoji se od anastomoze spoljašnje grane akcesorijusa sa muskulokutaneusom uz upotrebu jednog ili dva duga kožna nervna grafta.

Spoljašnja grana akcesorijusa je motorni nerv koji sadrži veoma malu količinu senzitivnih vlakana. Broj motornih vlakana kreće se između 1700 i 3000, prosečno 2000 i oko

1500 do 1700 motornih vlakana distalno od bočnih grana. Nerv ima prosečan dijametar između 2 i 3 mm i obično sadrži 4 do 6 fascikulusa, posebno u distalnom delu [36, 37, 38, 12, 25, 26, 27, 28, 5, 6, 29, 30, 31, 32, 33]. Spoljašnja grana akcesorijusa može se koristiti za reinervaciju brahijalnog plexusa iz više razloga: (A) nerv ima poreklo od C1 do C4 nivoa kičmene moždine; (B) uprkos bliskim anatomskim odnosima sa brahijalnim plexusom ovaj nerv je vrlo dobro zaštićen i svega u 1% slučajeva podleže traktionim lezijama kod povreda brahijalnog plexusa; (C) postoji i funkcionalna osnova za korišćenje ovog nerva u reinervaciji brahijalnog plexusa, naročito abdukciji u ramenu, obzirom da je elevacija ramena pokret koji je sličan abdukciji. Ovo je razlog zbog čega pojedini autori favorizuju reinervaciju supraskapularisa ili aksilarisa; (D) novonastala slabost trapezijusa ne utiče bitnije na totalni funkcionalni deficit ramenog pojasa kod lezija brahijalnog plexusa [36, 37, 38, 25, 26, 27, 28, 5, 6, 29, 30, 31, 32, 33]; funkcija trapezijusa, naročito distalnog dela koji je od značaja za abdukciju ramenog pojasa i elevaciju ruke iznad horizontalne ravni može biti delimično očuvana. Objašnjenje za ovo leži u činjenici da postoji nezavisna inervacija poreklom od C3 segmenta sa prosečno 740 motornih vlakana; (E) spoljašnja grana akcesorijusa se može koristiti za reinervaciju bez potpune denervacije trapezijusa ako se resekira distalno od svojih bočnih grana. Upotreba završnih grana delimično denervise gornje delove trapezijusa, a samo ponekad i srednji i donji deo ovog mišića. Ovo je od posebnog značaja kada ne postoji nezavisna inervacija ovog mišića od cervikalnog plexusa [36, 37, 38, 12, 13, 14, 3]; slabost trapezijusa može ponekad biti kompenzovana funkcijom levatora skapule ili seratus anteriora. Kod slabosti i trapezijusa i seratus anteriora može se postići abdukcija ruke od 50 do 70 stepeni uz značajne napore i viseću skapulu [36, 37, 38, 12]; (F) mora se imati na umu da je aktivna abdukcija ruke nakon reinervacije deltoideusa ispod horizontalne ravni; (G) spoljašnja grana akcesorijusa sadrži vrlo malo senzitivnih vlakana, međutim izvestan protektivni senzibilitet se može postići u reinervisanim autonomnim područjima.

Spoljašnja grana akcesorijusa se može anastomozirati sa spinalnim nervima, gornjim trunkusom, zadnjim fascikulusom, supraskapularisom, radijalisom ili muskulokutaneusom. Anastomoze sa spinalnim nervima, gornjim trunkusom i zadnjim fascikulusom se ne preporučuju obzirom na izraženu disperziju vlakana na suturnoj liniji sa velikim nervnim stablima pri čemu samo mali broj vlakana dostiže recipijentno nervno stablo, kao i obzirom na mogućnost mas ili ukrštene reinervacije. Ako se imaju na umu ove činjenice, anastomoze sa nervima su metode izbora. U skladu sa funkcionalnim prioritetima u reinervaciji brahijalnog plexusa kod totalne paralize, muskulokutaneus može biti recipijent izbora, naročito ako se zna da je fleksija u laktu, kao i abdukcija u ramenu, pokret koji je prirodno povezan sa elevacijom ramena. Reinervacija bicepsa doprinosi stabilizaciji stabilnosti ramenog pojasa obzirom da duga glava ovog mišića učestvuje u izvesnoj meri u spoljašnjoj rotaciji ramena. U skorije vreme [2, 15, 16, 17, 18, 19, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11] mnogi autori preporučili su supraskapularis kao idealan recipijentni nerv u cilju uspostavljanja abdukcije, fleksije put napred kao i eventualne spoljašnje rotacije ruke. Ova tzv. spino-skapularna reinervacija se može dopuniti dodatnim transferom motornih grana cervikalnog plexusa ako postoji disproporcija u oštećenju nerava. Prednosti ove metode podrazumevaju relativno veliki dijametar nerva, 3 do 4 puta veći broj

motornih vlakana nego kod interkostalnih nerava, kao i beznačajno aksonalno mešanje obzirom da je spoljašnja grana akcesorijusa predominantno motorni nerv. Glavni nedostatak ove tehnike je upotreba 7 do 20 cm dugih nervnih graftova. Prvi znaci oporavka kod transfera spoljašnje grane akcesorijusa se javljaju nakon 9 do 15 meseci posle hirurgije, što je nešto duže u odnosu na interkostalni nervni transfer, verovatno zahvaljujući dužim nervnim graftovima.

Imajući na umu ove činjenice mi smo postigli funkcionalno koristan oporavak u 48% slučajeva za muskulokutaneus i 53,5% slučajeva za aksilaris analizirajući zajedničke rezultate interkostalnog nervnog transfera i transfera spoljašnje grane akcesorijusa, s tim da smo u našem materijalu preferirali anastomoze sa terminalnim granama, prevashodno sa muskulokutaneusom, a dobijeni rezultati su u korelaciji sa rezultatima većine autora (tabela 6).

Tabela 6. Rezultati transfera spoljašnje grane akcesorijusa u aktuelnim svetskim serijama

RECIPIJENTNI NERVI	STOPA KORISNOG OPORAVKA	RECIPIJENTNI NERVI	STOPA KORISNOG OPORAVKA
Muskulokutaneus		Supraskapularis	
Allieu 1988	10 od 15 (66,6%)	Allieu 1984	0 od 2 (0%)
Kawai 1988	4 od 9 (44,4%)	Narakas 1988	8 od 22 (36,3%)
Kotani 1972	5 od 5 (100%)	Thomeer 1993	4 od 8 (50%)
Narakas 1988	2 od 3 (66,6%)	Aksilaris	
Narakas, 1991	3 od 4 (75%)	Samardžić 1990	2 od 3 (66,6%)
Samardžić, 1990	6 od 11 (54,5%)	Samardžić 1997	3 od 5 (60%)
Samardžić, 1997	7 od 11 (63,6%)	Supraskapularis ili aksilaris	
Songocharoen, 1995	136 od 182 (74,7%)	Millesi 1988	8 od 13 (61,5%)

OSTALI MODALITETI EKSTRAPLEKSUSNOG NERVNOG TRANSFERA

Transfer prednjih grana cervikalnog pleksusa

Ova vrsta nervnog transfera prvi put je pomenuta 1913. godine od strane Tuttlea. Metod je ponovo aktiviran od strane italijanskog ortopeda Brunellia 1977. godine. Cilj ove procedure je izvođenje brže i manje traumatske operacije nego što je transfer interkostalnih nerava. U većini slučajeva ovaj autor je vršio neurotizaciju supraskapularisa, muskulokutaneusa i medijanusa.

Transfer prednjih grana cervikalnog pleksusa zahteva relativno ekstenzivan pristup koji obuhvata gornju polovinu sternokleidomasdoideusa i ide do infraklavikularnog predela u cilju ekspanzije grana treće cervikalne anze i distalnih recipijentnih nerava. Identifikacija senzitivnih grana cervikalnog pleksusa je relativno laka, a motorne grane se identifikuju nakon minuciozne disekcije uz intraoperativnu elektrostimulaciju. Dužina senzitivnih grana koju je moguće dobiti nakon disekcije dovoljna je za direktnu anastomozu sa medijanansom, ali transfer motornih grana je moguć samo uz upotrebu nervnih graftova.

GLAVNE KARAKTERISTIKE OVE METODE SU:

1. Veliki broj mijelinizovanih vlakana, približno 4100 motornih i 3250 senzitivnih.
2. Nervi su jasno definisani u odnosu na kompoziciju vlakana i predominantno su ili motorni ili senzitivni. Raspoložive senzitivne grane uz prosečan broj vlakana su jedna ili više supraakromijalnih (560), jedna ili više supraklavikularnih (620), jedna aurikularna (740), jedna poprečna cervikalna, (730) i ostale (600). Motorne grane uz prosečan broj vlakana su jedna za sternokleidomastoideus (800), jedna ili više (2 do 5) za romboideus (880), jedna za levator skapule (920), jedna za trapezijus (740), jedna porekla treće cervikalne anže (750).
3. Funkcija motornih nerava je voljna i autonomna.
4. Presecanje četiri motorna nerva cervikalnog plexusa dovodi samo do delimičnog deficita.
5. Senzitivni deficit je ograničen na usku anestetičnu zonu nepravilnog oblika.
6. Postoji mogućnost direktne anastomoze, naročito kod senzitivne reinervacije medijanusa.
7. Ova metoda je pogodna za kombinovanje sa drugim modalitetima nervnog transfera, posebno kod transfera spoljašnje grane akcesorijusa na aksilaris.

U našem kliničkom materijalu imamo samo dva pacijenta kod kojih je urađen transfer prednjih grana cervikalnog plexusa tako da njihovi rezultati nisu evaluirani.

Transfer prednjih grana C3 i C4 spinalnih nerava

Yamada i saradnici su 1991. godine opisali transfer prednjih grana C3 i C4 spinalnih nerava u slučajevima sa avulzijom korenova C5 i C6. Prednjim grana C3 i C4 spinalnih nerava pristupa se kroz ekstenzivan supraklavikularni pristup, nervi se seku distalno od frenikusa i anastomoziraju se sa korenovima C5 i C6 obično uz korišćenje 3 do 7 cm dugih nervnih graftova.

Glavna prednost ove metode je veliki broj mijelinizovanih vlakana, oko 14000 za obe grane distalno od frenikusa. Mogući nedostaci metode su mešovita kompozicija vlakana uz mogućće aksonalno mešanje na suturnoj liniji, i kao kod ostalih proksimalnih anastomoza mogućnost mas i/ili ukrštene inervacije. Do sada su autori izvestili o uspehu kod tri operisana slučaja.

Transfer frenikusa

Korišćenje frenikusa kao izvor motornih vlakana u nervnom transferu prvi je 1948. godine predložio ruski hirurg Lurje. Kineski hirurg Yu-dong G., koristi ovu metodu od 1972. godine i objavio je seriju od 164 operisana pacijenta.

Funkciju frenikusa bi trebalo proveriti preoperativno s obzirom da je kod 3% odraslih sa trakcionim povredama brahijalnog plexusa ona nedovoljna. Ovo je naročito važno ako se planira i dodatni interkostalni nervni transfer. Frenikus se identifikuje na prednjoj strani prednjeg skalenskog mišića, proverava elektrostimulacijom, i nakon minuciozne disekcije, seče se što distalnije, obično pri kostalnom pripoju prednjeg skalenskog mišića. Epineuralna anastomoza sa elementima brahijalnog plexusa, obično sa muskulokutaneusom, postiže se direktno ili koristeći nervne graftove.

Frenikus je najveća, predominantno motorna grana cervikalnog plexusa koja ima veliki broj motornih vlakana. Može biti žrtvovana bez značajnijih sekvela po respiratornu funkciju. Treba imati na umu da postoji i frenikus akcesorijus i da je prisutan kod trećine slučajeva (25% do 38%). Ovaj nerv potiče od C3 i C4 spinalnih nerava ili subklavijusa i pridružuje se glavnom stablu ispod klavikule. Može takođe biti korišćen za reinervaciju kao kod dva slučaja koja je objavio Narakas. Međutim, i ovde bi trebalo da se bude na oprezu, pogotovo ako se takođe planira i interkostalni nervni transfer.

Transfer kontralateralnog korena C7

Transfer kontralateralnog korena C7 uveden je u kliničku praksu od strane kineskih autora Yu-dong Gu i saradnika 1986. godine.

Hirurški postupak podrazumeva dve etape. U prvoj etapi C7 spinalnom nervu pristupa se uobičajenim supraklavikularnim pristupom. Kao donori u ovom transferu mogu da se koriste zajedničko stablo spinalnog nerva C7, ili njegova zadnja, a ponekad i prednja grana. Potom se uspostavlja anastomoza između C7 spinalnog nerva i slobodnih ili vaskularizovanih graftova suralisa, ili vaskularizovanog grafta ulnarisa. Graftovi se pozicioniraju potkožno između zdrave i povredene strane. Praćenje nervne regeneracije kroz nervne graftove vrši se kontrolom progresije Tinellovog znaka i korišćenjem SEP. Drugu etapu ovog transfera bi trebalo izvesti kada regenerišući aksoni dostignu aksilu povredene strane za šta je potrebno, prema pomenutim autorima 4 do 20 meseci, a prosečno 10,5 meseci. U ovim slučajevima recipijentni nervi su obično medijanus, muskulokutaneus i radijalis.

Normalan koren C7 se može koristiti kao donor s obzirom da on sam za sebe formira srednji trunkus čije se inervaciono područje preklapa sa inervacionim područjima gornjeg i donjeg trunkusa. Izolovana povreda korena C7 obično nema klinički značaj. Autori su registrovali sporadično prolazno trnjenje i bol u prstima, kao i izvesnu mišićnu slabost, a sve tegobe obično ne traju duže od 4 nedelje. Međutim, i ove tegobe mogu da se izbegnu, ako se koristi samo jedna od grana korena C7, obično zadnja, zbog minimalnog gubitka senzibiliteta. Najvažniji nedostatak ove procedure je upotreba oko 20 cm dugih nervnih graftova.

Transfer kontralateralnog korena C7 može biti kombinovan sa kontralateralnim transferom cervikalnog plexusa, što se i preporučuje u slučajevima sa teškim povredama vrata i grudnog koša kada nije moguće realizovati neki od drugih nervnih transfera.

REZULTATI

Oporavak čak i minimalne funkcije je od velikog značaja za pacijenta pošto tada može upotrebiti ruku za pridržavanje. Funkcionalni oporavak se može smatrati korisnim ako nema subluksacije ramena, a deltoideus omogućava izvestan stepen aktivne abdukcije. Međutim, prvi prioritet je reinervacija muskulokutaneusa i uspostavljanje fleksije lakta koja mora biti snažna i punog obima. Oporavak funkcije bicepsa dodatno doprinosi stabilizaciji ramena. Oporavak subluksacije ramena i ograničena aktivna abdukcija ruke se može postići reinervacijom supraskapularisa ili aksilarisa, ili pak oba nerva o čemu ne postoje usaglašeni stavovi. Nekoliko aktuelnih radova favorizuju reinervaciju supraskapularisa, posebno uz

korišćenje spoljašnje grane akcesorijusa. Izgleda da se najbolji rezultati što se abdukcije ruke tiče postižu reinervacijom i supraskapularisa i deltoideusa [12, 13, 14, 3, 48, 49, 50, 2, 15, 16, 17, 18, 19, 7, 8, 9, 10, 4, 1, 11]. Ostali funkcionalni prioriteti su po redosledu: fleksija ručja i prstiju [1], protektivni senzibilitet u zoni inervacije medianusa, a pre svega na palcu i kažiprstu [2], i ekstenzija ručja i prstiju [3]. Funkcija malih mišića šake se praktično ne može uspostaviti i ne treba je uključivati u plan operacije. Na bazi postignutih hirurških rezultata kod ekstrapleksusnog nervnog transfera čini se racionalnim da se predloženi prioriteti redukuju na dve kategorije: (a) fleksija lakta, i (b) abdukcija ramena.

ZAKLJUČAK

U poređnom i komparativnom analizom rezultata najčešće korišćenih modaliteta ekstrapleksusnog nervnog transfera u našoj seriji kao i poređenjem istih sa podacima dostupnim u literaturi došli smo do sledećih zaključaka:

1. Ne postoji idealni oblik nervnog transfera
2. U slučajevima kada regionalni ili kombinovani nervni transfer ne može biti sproveden, interkostalni i/ili transfer spoljašnje grane akcesorijusa predstavljaju jedinu mogućnost hirurškog lečenja traktionih povreda brahijalnog plexusa, a rezultati ova dva tipa nervnog transfera se mogu smatrati zadovoljavajućim u tim slučajevima.
3. Rezultati interkostalnog nervnog transfera variraju u zavisnosti od nivoa transekcije interkostalnih nerava, broja interkostalnih nerava koji su uključeni u nervni transfer, nivoa neuralne anastomoze i od upotrebe nervnih graftova, a rezultati transfera spoljašnje grane akcesorijusa variraju u zavisnosti od dužine nervnih graftova.
4. U zavisnosti od vrste donornog nerva za reinervaciju funkcionalni oporavak se može očekivati približno kod 45 do 55% interkostalnih transfera, kao i 65% transfera spoljašnje grane akcesorijusa,

LITERATURA

1. Narakas AO.: Neurotization in the treatment of brachial plexus injuries, in Gelberman RH.:(ed): Operative nerve repair and reconstruction, J. B. Lippincott Company, Philadelphia, 1991, 2: 1329-1358.
2. Milessi H.: Brachial plexus injury in adults: operative repair, in Gelberman RH.: (ed): Operative nerve repair and reconstruction, J. B. Lippincott Company, Philadelphia, 1991, 2: 1285-1301.
3. Alnot JY.: Traumatic paralysis of the brachial plexus: preoperative problems and therapeutic indications, In Terzis JK (ed): Microreconstruction of nerve injuries, WB Saunders Co, Philadelphia, 1987, pp 325-345.
4. Narakas AO., Hentz V.: Neurotization in brachial plexus injuries. Indication and results, Clin Orthop Rel Res, 1988, 237: 43-56.
5. Samardzic M., Grujicic D., Antunovic V.: Nerve transfer in brachial plexus traction injuries, J. Neurosurg, 1992, 76: 191-197

6. Samardžić M. M., Rasulić G. L., Grujičić M. D.: Results of cable graft technique in repair of large nerve trunk lesions, *Acta Neurochirurgica*, 1998, 140: 1177-1182.
7. Narakas A. O.: Lesions found when operating traction injuries of the brachial plexus., *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 1993, 95: 56-64
8. Narakas A. Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus, *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 1978, 33: 71-90.
9. Narakas A., Herzberg G.: Neuro-neural intraplexal transfers in traumatic radicular avulsions of the brachial plexus, *Ann. Chir. Main.*, 1985, 4: 211-218.
10. Narakas A.: Les neurotizations ou transferts nerveux dans les lesions du plexus brachial. *Ann Chir Main*, 1982, 1: 101-118.
11. Narakas AO: Thoughts on neurotizations or nerve transfers in irreparable nerve lesions, in Terzis JK.(ed): *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia: WB Saunders, 1987, pp 447-454.
12. Allieu Y., Triki F., Godebout J.: Les paralysies totales du plexus brachial. Valeur de la conservation du membre et de la restauration de la flexion active du coude. *Rev Chir Orthop*, 1987, 73: 665-673.
13. Alnot JY., Monod A.: Les paralysies C5-C6 et C5-C6-C7 du plexus brachial. *Rev Chir Orthop. (Suppl. 2)*: 1987, 249-253.
14. Alnot JY.: Traumatic brachial plexus lesions in the adult indications and results. *Microsurgery* 1995; 16(1):22-9.
15. Millesi H.: Brachial plexus injuries, *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 1988, 237: 36-42.
16. Millesi H.: Brachial plexus injuries, *Nerve grafting, Orthop. Clin. Rel. Res.*, 1988, 237: 36-42
17. Millesi H.: Brachial plexus injuries: management and results, *Clin Plast Surg.*, 1984, 11: 115-120.
18. Millesi H.: Brachial plexus injuries: management and results, In: Terzis JK. (ed): *Microreconstruction of nerve injuries*, Saunders, Philadelphia London Toronto, 1987, pp 347-360.
19. Millesi H.: Progress in peripheral nerve reconstruction, *World J. Surg.*, 1990, 14: 733-747.
20. Slingluff CL., Terzis JK, Edgerton MT.: The quantitative microanatomy of the brachial plexus in man: reconstructive relevance, In Terzis JK (ed): *Microreconstruction of nerve injuries*, WB Saunders CO, Philadelphia, 1987, pp 285-324.
21. Solonen KA., Vastamaki M., Strom B.: Surgery of the brachial plexus. *Acta Orthop Scand*, 1984, 55: 436-440.
22. Songcharoen P.: Brachial plexus injury in Thailand: a report of 520 cases. *Microsurgery* 1995; 16(1):35-9.
23. 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.
24. Ploncard Ph.: A new approach to the intercosto-brachial anastomosis in the treatment of brachial plexus paralysis due to root avulsion. Late results. *Acta Neurochir*, 1982, 61: 281-290.
25. Rasulic L., Bacetic D.: Anatomy and systematisation of the brachial plexus; in: Samardzic M. (ed), Antunovic V. (co-ed): *Nerve repair of brachial plexus injuries*, CIC Edizioni Internazionali, Roma-Milano-Bari, 1996, 17-44;
26. Samardžić M., Grujičić D., Milinković Z.: Rekonstruktivna hirurgija trakcionih povreda brahijalnog pleksusa. *Acta Orthop. Iugosl*; 1994, 25: 2: 79-84.

27. Samardzic M., Antunovic V., Joksimovic., Bacetic D.: Donor nerves in the reinnervation of brachial plexus, *Neurological Research*, 1986, 8: 117-122
28. Samardzic M., Grujicic D., Antunovic V.: Joksimovic M.: Reinnervation of avulsed brachial plexus using the spinal accessory nerve, *Surg. Neurology*, 1990, 33: 7-11
29. Samardžić M., Rasulić L., Grujičić D., Miličić B.: Results of nerve transfer to the musculocutaneous and axillary nerves, *Neurosurgery*, 2000, 46: 93-103.
30. Samardžić M., Grujičić D., Rasulić L., Miličić B.: Restoration of upper arm function in traction injuries to the brachial plexus, *Acta Neurochirurgica*, 2002, 144: 327-335.
31. Samii M., Carvalho G., Nikkhah G., Penkert G.: Surgical reconstruction of the musculocutaneous nerve in traumatic brachial plexus injuries, *J. Neurosurg.*, 1997., 87: 881-886.
32. Sedel L.: Repair of severe traction lesions of the brachial plexus, *Orthop. Clin. Rel. Res.*, 1988, 237: 62-66.
33. Sedel L.: The management of supraclavicular lesions: clinical examination, surgical procedures, results, In: Terzis JK. (ed): *Microreconstruction of nerve injuries*, Saunders, Philadelphia London Toronto, 1987, pp 385-392.
34. Freilinger G., Holle J., Sulzgruber S.: Distribution of motor and sensory fibres in the intercostal nerves, *Plast Reconst Surg*, 1978, 62: 240-244.
35. Kline D., Hudson A.: *Nerve injuries*, W. B. Saunders Co, Philadelphia, 1995.
36. 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.
37. 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. Chir. Orthop.*, 1986, 72: 455-460.
38. Allieu Y., Privat JM., Bonnel F.: Paralysis in root avulsion of the brachial plexus: neurotization by the spinal accessory nerve, in Terzis JK (ed): *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia: WB Saunders, 1987, pp 415-423.
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. Malessy MJ., Van Dijk JG., Thomeer RT.: Respiration-related activity in the biceps brachii muscle after intercostal-musculocutaneous nerve transfer, *Clin-Neurol-Neurosurg*. 1993; 95 suppl. S 95-102.
41. Martijn M., Thomeer R.: Evaluation of intercostal to musculocutaneous nerve transfer in reconstructive brachial plexus surgery, *J. Neurosurg.*, 1998., 88:266-271.
42. Mc Gillicuddy JE.: Clinical decision making in brachial plexus injuries, *Neurosurg-Clin-N-Am*; 1991, 2(1); p 137-50.
43. Dolenc V.: Diagnostic et traitement des lesions du plexus brachial. A propo de 100 cas. *Neurochirurgie*, 1982, 28: 101-105.
44. Dolenc VV.: Intercostal neurotization of the peripheral nerves in avulsion plexus injuries, in Tersis JK., (ed): *Microreconstruction of nerve injuries*, Philadelphia-Toronto, WB Saunders, 1987, pp 425-437.

45. Dolenc VV.: Contemporary treatment of peripheral nerve and brachial plexus lesions. *Neurosurg Rev.*, 1986, 9: 149-156.
46. Terzis JK., Maragh H.: Strategies in the microsurgical management of brachial plexus injuries, *Clin-Plast-Surg*; 1989, 16(3):605-16.
47. Thomeer R., Malessy M.: Surgical repair of brachial plexus injury, *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 1993, 95: 65-72.
48. Azze RJ., Mattar-Junior J., Ferreira MC., Starck R., Canedo AC.: Extraplexal neurotization of brachial plexus, *Microsurgery*; 1994; 15(1):28-32.
49. Chuang DC, Lee GW., 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.
50. 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.
51. Bonnel F., Rabischong P.: Anatomy and systematisation of the brachial plexus in the adult, *Anatomia Clinica*, 1981, 2: 289-298.
52. Bonnel F.: Microscopic anatomy of the adult human brachial plexus: an anatomical and histological basis for microsurgery, *Microsurgery*, 1984, 5: 107-117.
53. Coene LN., Narakas A.: Surgical management of axillary nerve lesions, isolated or combined with other infraclavicular nerve lesions. *Periph. Nerve Repair Regen.* 1986, 3: 46-65.
54. Hentz VR., Narakas A.: The results of microneurosurgical reconstruction in complete brachial plexus palsy; Assessing outcome end predicting results, *Orthop-Clin-North-Am*; 1988, 19(1):107-14.
55. Kline D., Judice D.: Operative management of selected brachial plexus injuries, *J. Neurosurg.*, 1983, 58: 631-649.
56. Mackinson S., Dellon A.: *Surgery to the peripheral nerve*, Thieme, New York, 1988, 423-454.
57. Minami M., Ishii S.: Satisfactory elbow flexion in complete (preganglionic) brachial plexus injuries; produced by suture of third and fourth intercostal nerves to musculocutaneous nerve, *J-Hand-Surg-(Am)*; 1987, 12(6), 1114-8.
58. Ruch DS., Friedman A., Nunley JA.: The restoration of elbow flexion with intercostal nerve transfers, *Clin. Orthop.*, 1995, 314: 95-103.
59. Sedel L.: The results of surgical repair of brachial plexus injuries. *J. Bone Joint Surg (Br)*, 1982, 64: 54-66.
60. Sunderland S.: *Nerve and nerve injuries*, 2nd ed. Edinburgh London New York, Churchill Livingstone, 1978, pp 854- 900.
61. Thomeer RT.: Recovery of brachial plexus injuries, *Clin-Neurol-Neurosurg*, 1991; 93(1):3-11.
62. Tsuyama N., Hara T.: Intercostal nerve transfer in the treatment of brachial plexus injury of root-avulsion type, in Delchef J., de Marneff R., Vander Elst E., et al (eds): *Orthopaedic Surgery and Traumatology. Proceedings of the 12th Congress of the International Society of Orthopaedic Surgery and Traumatology*. Amsterdam: Elsevier, 1973, pp 351-353.

INTRAPLEKSUSNI REGIONALNI NERNVI TRANSFER KOD TRAKCIONIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA

Danica Grujičić, Miroslav Samardžić, Mirko Mićović, Mihajlo Milićević

Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd

Višegradska 26, 11 000 Beograd

INTRAPLEXAL NERVE TRANSFER IN BRACHIAL PLEXUS TRACTION INJURIES

Danica Grujičić, Miroslav Samardžić, Mirko Mićović, Mihajlo Milićević

Institute of Neurosurgery, Clinical center of Serbia

26, dr Višegradska str, Belgrade, Serbia

SAŽETAK

Transfer torakodorzalnog nerva i pektoralisa medijalisa su retko primenjivane metode u hirurškoj reparaciji parcijalnih povreda brahijalnog pleksusa koje nisu pogodne za direktnu nervnu rekonstrukciju.

U ovoj studiji je analizirana serija od 35 pacijenata sa parcijalnom lezijom brahijalnog pleksusa kod kojih je urađeno 58 reinervacija aksilarisa i muskulokutaneusa torakodorzalisom i pektoralis medijalisom (izolovano ili u kombinaciji sa ostalim bočnim granama brahijalnog pleksusa ili susednim nervima).

Funkcionalno koristan oporavak je postignut kod 29 (93%) od 31 transfera torakodorzalisa i pektoralisa medijalisa na muskulokutaneus, i kod 24 (88%) od 27 transfera ovih nerava na aksilaris. Kvalitet oporavka je bio bolji kod transfera ovih nerava na muskulokutaneus – 22 (71%) dobra i odlična ishoda, nego kod aksilarisa – 16 (59%) dobrih i odličnih ishoda.

Rezultati transfera torakodorzalnog i medijalnog pektoralnog nerva su bolji u odnosu na rezultate dobijene transferom drugih donornih nerava i predstavljaju efikasan metod u reparaciji teških trakcionih povreda brahijalnog pleksusa.

Ključne reči: brahijalni pleksus, traciona povreda, intrapleksusni nervni transfer, torakodorzalis, pektoralis medijalis.

ABSTRACT

Transfer of the thoracodorsal and medial pectoral nerves are seldom used procedures in reinnervation of the paralyzed upper arm because of brachial plexus spinal nerve root avulsion or directly irreparable proximal lesions of spinal nerves.

In this study we analyzed outcome of regional nerve transfers in 35 patients with partial brachial plexus injuries. A total of 58 transfers were performed of the thoracodorsal and pectoral medial nerves to musculocutaneous and axillary nerves (isolated or in combination with other collateral branches of the brachial plexus, intercostal or accessory nerves).

Using thoracodorsal and pectoral medial nerves as donors we obtained useful functional recovery in 29 (93%) of 31 cases for the musculocutaneous nerve, and in 24 (88%) of 27 cases for axillary nerve. The quality of recovery was better for musculocutaneous nerve with 71% vs 59% of excellent and good results among recoveries.

Results of thoracodorsal and pectoral medial nerve transfers were superior to those obtained with other nerves. Nerve transfer of the thoracodorsal and medial pectoral nerves should be used as a reliable and effective procedures in restoration of upper arm function in brachial plexus injuries.

Key words: brachial plexus, traction injuries, intraplexal nerve transfer, thoracodorsal nerve, pectoral medial nerve.

UVOD

Najčešće i najteže povrede brahijalnog plexusa upravo nastaju prekomernim istežanjem njegovih struktura, što uglavnom dovodi do avulzije spinalnih korenova, ali isto tako i do perifernih lezija u trunkusima i fascikulusima brahijalnog plexusa, pa čak i na završnim granama. Direktna nervna reparacija kod ovakvih povreda uglavnom nije moguća pa je nervni transfer, odnosno reinervacija funkcionalno najvažnijih nerava ruke bliskim očuvanim nervima jedini način rekonstrukcije funkcije brahijalnog plexusa. Različiti nervi su korišćeni kao donori za nervni transfer, a tip donornog nerva je jedan od najvažnijih prognostičkih faktora u ovom načinu lečenja pacijenata sa povredom brahijalnog plexusa.

Nervni transfer kod povreda brahijalnog plexusa može biti intrapleksusni, kod parcijalnih lezija ili ekstrapleksusni kod totalnih paraliza.

U intrapleksusnom transferu se primenjuju dva metoda, klasični koji podrazumeva krišćenje okrajaka rupturiranih spinalnih nerava [1,2] i regionalni transfer u kome se koriste bočne grane plexusa: torakodorzalis, subskapularis, pektoralis medijalis i toracikus longus [3-9]. U najvećem broju slučajeva kod avulzije spinalnih korenova C5 i C6 torakodorzalis i pektoralis medijalis su funkcionalno očuvani.

Foerster je 1929.g. prvi put upotrebio torakodorzalis kao donor u nervnom transferu [1]. on je upotrebio nerve koji inervišu subskapularis i laticismus dorzi za reinervaciju aksilarisa. U dvadesetim godinama prošlog veka Vulpius i Stoffel su iskoristili nerve za pektoralne mišiće u reinervaciji aksilarisa i muskulokutaneusa, a 1948.g. ruski hirurg Lurije je objavio rezultate nervnog transfera pektoralisa medijalisa kod Erbove paralize brahijalnog plexusa [10]. Od tada je objavljeno više slučajeva nervnog transfera pektoralisa medijalisa i torakodorzalisa [3-8, 11,12]. i dok se jedni autori zalažu za upotrebu ovih nerava u reinervaciji muskulokutaneusa i aksilarisa [3, 4, 6, 7, 8], drugi je osporavaju [1, 2, 13].

Cilj ovog rada je procena vrednosti regionalnog nervnog transfera, odnosno primene pektoralisa medijalisa i torakodorzalisa u reinervaciji aksilarisa i muskulokutaneusa kod parcijalnih lezija brahijalnog plexusa, izolovano ili u kombinaciji sa drugim bočnim granama plexusa ili susednim nervima.

METOD

Klinički materijal

U ovom radu su analizirani rezultati operativnog lečenja pacijenata sa traktionim povredama brahijalnog plexusa koji su imali kliničke znake gornje, ili proširene gornje paralize, a kod kojih je urađen transfer bočnim granama brahijalnog plexusa, odnosno regionalnim nervima. Intraoperativno je kod ovih pacijenata vršen transfer pektoralisa medijalisa i torakodorzalisa (izolovano ili u kombinaciji sa drugim bočnim granama brahijalnog plexusa – subskapularis, toracikus longus, ili susednim ekstrapleksusnim nervima - interkostalis, akcesorius) na aksilaris i muskulokutaneus.

Od januara 1980.g. do januara 2002.g. u Institutu za neurohirurgiju je kod 35 pacijenata sa parcijalnom traktionom povredom brahijalnog plexusa urađen intrapleksusni nervni

transfer. Kod 12 pacijenata je urađen kombinovani nervni transfer gde su pored pektoralisa medijalisa ili torakodorzalisa korišćeni i drugi navedeni nervi. Ukupno je urađeno 58 anastomoza kod ovih pacijenata (Tabela 1.) Torakodorzalis je korišćen kao donor kod 28, a pektoralis medijalis kod 30 reinervacija. Anastomoza između torakodorzalisa kao donora i muskulokutaneusa kao recipijentnog nerva je urađena u 12 slučajeva, a torakodorzalisa i aksilarisa u 16 slučajeva. Pektoralis medijalis je bio donor za reinervaciju muskulokutaneusa u 19 slučajeva a za reinervaciju aksilarisa u 11 slučajeva.

Tabela 1. pregled 58 regionalnih nervnih transfera kod 35 pacijenata

Recipijentni nervi			
Donorni nerv	Muskulokutaneus	Aksilaris	Ukupno
Torakodorzalis	8	10	18
Torakodorzalis♦	2	3	5
Torakodorzalis■	2	3	5
Pektoralis medijalis	15	7	22
Pektoralis medijalis♦	4	/	4
Pektoralis medijalis■	/	4	4
Ukupno	31	27	58

- ♦ – kombinovani sa interkostalisom
- – kombinovani sa subskapularisom ili toracikus longusom
- ▣ – kombinovani sa akcesorijusom

Najmlađi pacijent je imao 9 a najstariji 55 godina. U preoperativnoj dijagnostici služili smo se različitim metodama, pre svega kliničkim, neurološkim pregledom, elektromiografijom (EMNG) i cervikalnom mijelografijom u ranijim, osamdesetim godinama, a kasnije somatosenzornim evociranim potencijalima (SSEP), kompjuterizovanom tomografskom mijelografijom (CT mijelosken) i nuklearnom magnetnom rezonancom (NMR). Konačno utvrđivanje tačnog nivoa lezije kod dijagnostički nerazjašnjenih slučajeva vršeno je hirurškom eksploracijom za vreme operacije, dok je funkcionalna očuvanost bočnih grana brahijalnog pleksusa utvrđivana intraoperativnom direktnom stimulacijom.

Operacije su vršene u intervalu od drugog do dvanaestog meseca nakon povrede, a 30 (86%) pacijenata je operisano u prvih 6 meseci posle povrede.

Indikacije za regionalni intrapleksusni nervni transfer bile su parcijalne traktione povrede brahijalnog pleksusa i to: [1] dokazane avulzije spinalnih korenova C5 i C6 bez lezije ostalih spinalnih korenova; [2] intraoperativno prikazane lezije spinalnih nerava; [3] intraoperativno dokazane periferne povrede trunkusa i fascikulusa brahijalnog pleksusa kod kojih nije bilo moguće utvrditi funkcionalnu ili anatomsku očuvanost proksimalnih struktura. Preduslov za intrapleksusni nervni transfer regionalnim nervima bila je naravno, njihova funkcionalna očuvanost.

Hirurški postupak

Opseg intraoperativne eksploracije zavisio je od nalaza navedenih preoperativnih dijagnostičkih metoda. Kod jasnih avulzija spinalnih korenova C5 i C6 rađena je samo

infraklavikularna eksploracija. U nedovoljno razjašnjenim slučajevima, ili u slučajevima kada je korišćen kombinovani nervni transfer primenjena je supra i infraklavikularna eksploracija. Funkcionalna očuvanost torakodorzalis i pektoralisa medijalis kao i ostalih bočnih grana brahijalnog plexusa proveravana je intraoperativno direktnom stimulacijom što je podrazumevalo dekurarizaciju pacijenata tokom anestezije.

Od 58 anastomoza, u 40 slučajeva je rađen izolovani transfer samo torakodorzalisom ili pektoralis medijalisom, dok je u 18 slučajeva urađen kombinovani nervni transfer pri čemu su korišćeni subskapularis, toracikus longus, interkostalis ili akcesorijus (Tabela 1.). U pet slučajeva torakodorzalis je kombinovan sa interkostalijom a u pet slučajeva sa subskapularisom i/ili toracikus longusom, dok je pektoralis medijalis u 4 slučaja kombinovan sa interkostalisom a u 4 slučaja sa akcesorijusom.

Osnovni razlog za kombinovani nervni transfer je bilo kompletiranje suturne linije u slučajevima kada je dijametar recipijentnog nerva bio veći od dijametra donora.

Kod pacijenata kod kojih su oba nerva bila očuvana rađena je reinervacija i muskulokutaneusa i aksilarisa, a kod pacijenata sa očuvanom funkcijom samo jednog nerva, uvek je rađena reinervacija muskulokutaneusa tim nervom. Na odluku o tome koji će nerv biti donor za aksilaris ili muskulokutaneus uticala je pre svega mogućnost direktne suture, kako bi se izbeglo stavljanje grafta.

Torakodorzalis je u svim slučajevima direktno spajan sa recipijentnim nervom i samo je u jednom slučaju morao biti stavljen graft dužine 8 cm zbog ekstenzivne periferne lezije muskulokutaneusa. Kod transfera pektoralis medijalis u 7 slučajeva je korišćen graft dužine 2 do 5 cm. Da bi se dijametar recipijentnog nerva smanjio rađena je njegova epineurektomija. Šav je, tako prolazio kroz epifascikularni epineurijum donornog nerva ili grafta i interfascikularno tkivo recipijentnog nerva. Pojedinačne anastomoze su učvršćivane cirkumferentnom suturom sa 4 do 5 šavova, a u pojedinim slučajevima, najčešće kombinovanog transfera, korišćen je i fibrinski lepak u kombinaciji sa suturom.

Procena rezultata

Rezultati intrapleksusnog nervnog transfera su procenjivani na osnovu modifikovane skale koje je korišćena i u ranijim radovima (6-9, 14,15).

- **I – loš oporavak** – odsustvo pokreta u ruci ili pokret u pravcu bez dejstva gravitacije, bez trofičkih ili EMNG znakova poboljšanja;
- **II – zadovoljavajući oporavak** – pokret protiv dejstva gravitacije sa mogućnošću održavanja uz trofičke i EMNG znake poboljšanja, aktivna abdukcija ramena do 45o i fleksija lakta do 90o;
- **III – dobar oporavak** – pomeranje ruke protiv otpora sa sposobnošću ponavljanja pokreta uz poboljšanje trofike i EMNG nalaza, aktivna abdukcija ramena preko 45o i kompletna fleksija lakta;
- **IV – odličan oporavak** – normalna funkcija reinervisanih mišića.

Period praćenja pacijenata je bio najmanje 2 godine, a pod funkcionalno korisnim oporavkom smo smatrali zadovoljavajući, dobar i odličan.

REZULTATI

Funkcionalno koristan oporavak je postignut kod svih transfera torakodorzalis na muskulokutaneus, kao i kod 17 (89%) od 19 transfera pektoralisa medijalisa na muskulokutaneus (Tabela 2.). Kod transfera torakodorzalis na aksilaris, funkcionalno koristan oporavak je postignut kod 15 (94%) od 16 anastomoza i kod 9 (90%) od 10 anastomoza pektoralisa medijalisa i aksilarisa (Tabela 3).

Tabela 2. rezultati 31 nervnog transfera na muskulokutani nerv

Recipijentni nerv					
Donorni nerv	Muskulokutaneus				
	I	II	III	IV	Ukupno
Torakodozalis		1	5	2	8
Torakodorzalis♦			1	1	2
Torakodorzalis♠			2		2
Pektoralis medijalis	1	6	5	3	15
Pektoralis medijalis ♦	1		2	1	4
Ukupno	2	7	15	7	31

♦ – kombinovani sa interkostalisom

♠ – kombinovani sa subskapularisom ili toracikus longusom

I, II, III, IV – stepen oporavka (I-loš, II-zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan)

Tabela 3. rezultati 27 nervnih transfera na aksilarni nerv

Recipijentni nerv					
Donorni nerv	Aksilaris				
	I	II	III	IV	Ukupno
Torakodozalis		5	4	1	10
Torakodorzalis♦	1		1	1	3
Torakodorzalis♠		1	2		3
Pektoralis medijalis	2	2	2	1	7
Pektoralis medijalis ♦			3	1	4
Ukupno	3	8	12	4	27

♠ – kombinovani sa subskapularisom ili toracikus longusom

♦ – kombinovani sa akcesorijusom

I, II, III, IV – stepen oporavka (I-loš, II-zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan)

Kada se pogleda kvalitet oporavka fleksije lakta, on je nešto bolji kod transfera torakodorzalis nego pektoralisa medialisa (Tabela 2.). Naime, 11 (92%) od 12 pacijenata sa restitucijom fleksije lakta nakon torakodorzalnog transfera je imao dobar ili odličan oporavak, dok je isti rezultat postignut u „samo“ 11 (77%) od 17 oporavljenih nakon transfera pektoralisa medijalisa na muskulokutaneus.

Kvalitet oporavka abdukcije ramena je bio nešto drugačiji. Kod transfera torakodorzalis na aksilaris dobar i odličan oporavak je postignut kod 9 (60%) od 15 slučajeva, dok je transfer pektoralisa medijalisa na aksilaris dao dobar i odličan rezultat kod 7 (77%) od 9 pacijenata.

Kod kombinovanog nervnog transfera torakodorzalis na muskulokutanues, svi pacijenti su imali dobar i odličan oporavak, dok je oporavak funkcije aksilarisa bio nešto slabiji, od 6 kombinovanih transfera torakodorzalis na aksilaris 4(67%) je imalo dobar i odličan oporavak. Kombinovani transfer pektoralisa medijalis na muskulokutaneus dao je dobar i odličan rezultat kod 3 (75%) od 4 slučaja, i kod svih slučajeva transfera na aksilaris u kombinaciji sa akcesorijusom.

Upoređivanjem kvaliteta oporavka uočena je tendencija boljeg oporavka u slučaju kombinovanog nego izolovanog nevnog transfera.

DISKUSIJA

Intrapleksusni nervni transfer podrazumeva korišćenje očuvanih delova brahijalnog pleksusa kao donora za reinervaciju njegovih završnih grana. Postoje dve varijante ovog transfera: 1) klasična, kada se kao donori koriste proksimalni okrajci oštećenih spinalnih nerava i 2) regionalni transfer pri kome se koriste intaktne bočne grane pleksusa.

Klasični intrapleksusni nervni transfer ima teoretsku prednost u odnosu na ekstrapleksusni transfer spoljašnje grane akcesornog nerva i interkostalne nerve zbog: a) većeg broja motornih vlakana (30 000 po nervu), iako je već oko 50% vlakana denervisano zbog povrede, b) fascikularne građe sa malo interfascikularnog tkiva, c) bliže funkcionalne povezanosti sa recipijentnim nervima uz bolju kortikalnu reintegraciju i d) ograničenog hirurškog pristupa [1, 2].

Međutim, ovaj metod ima i značajne nedostatke, pre svega u odnosu na transfer bočnih grana brahijalnog pleksusa (torakodorzalis, pektoralis medijalis, toracikus longus, subskapularis), a to su: a) mešoviti sastav vlakana u spinalnim nervima, b) disperzija regenerišućih aksona uz reinervaciju mišića koji su po funkciji agonisti i antagonisti, c) teška procena proksimalnog kontinuiteta i funkcionalnosti okrajaka spinalnih nerava [8, 9]. Rezultati klasičnog intrapleksusnog transfera su slični rezultatima ekstrapleksusnog nervnog transfera sa stopom oporavka od 55 do 60% [14]. Zato smo kod pacijenata sa gornjom paralizom koristili regionalne donore, odnosno intaktne bočne grane brahijalnog pleksusa.

Osnovni donori su bili torakodorzalis i pektoralis medijalis, dok su subskapularis i toracikus longus korišćeni u kombinovanom nervnom transferu [6 – 9]. Ovaj tip nervnog transfera je moguć jer su bočne grane pleksusa voljni motorni nervi sa autonomnom funkcijom i predominantno nastaju od očuvanih spinalnih korenova. Osnovne prednosti ovog metoda su: a) tri do četiri puta veći broj motornih vlakana u odnosu na interkostalne nerve, premda je deo njih denervisan zbog povrede, b) beznačajno aksonsko mešanje na šavnoj liniji, c) mogućnost direktne anastomoze, ili anastomoze upotrebom kratkih graftiva, d) mogućnost anastomoze blizu motorne tačke denervisanog mišića, e) bliska funkcionalna povezanost sa ostalim nervima ruke, što olakšava kortikalnu reintegraciju, delimično zasnovanu na prethodno postojećim kortikalnim sinapsama i f) brža i manje traumatična operacija [8, 15]. Dodatna slabost abdukcije i unutrašnje rotacije nema veliki značaj kod već teško oštećenih pokreta u ramenom zglobo. Pored toga, u slučajevima predominantne inervacije iz spinalnog korena C7 funkcija sinergista kao što je teres major može biti delimično očuvana, a funkcija

pektoralnog mišića može takođe biti očuvana distalnom disekcijom nerva uz očuvanje određenog broja njegovih grana [8, 9]. Primenom ovih nerava uspeli smo da dobijemo znatno bolji stepen oporavka nego kod ostalih metoda. Kod regionalnog nervnog transfera za muskulokutaneus stepen oporavka je iznosio 93,5%, a za aksilaris 88,8%, što je znatno više u poređenju sa ostalim tipovima transfera. Pored toga, primenom ovih nerava postignuti su dobri rezultati i u odloženim operacijama, izvršenim i dve godine nakon povređivanja [4, 5].

Torakodorzalis je motorni nerv koji nastaje od zadnjeg fascikulusa brahijalnog plexusa i dobija vlakna od sedmog i osmog cervikalnog i nekada šestog spinalnog nerva. Vlakna ovog nerva imaju moždane centra koji su integrisani u funkciju ruke i inerviše mišić latisimus dorzi. Srednja dužina hirurški upotrebljivog dela torakodorzalnog nerva iznosi 12,3 cm, što u najvećem broju slučajeva omogućava direktnu anastomozu sa recipijentnim nervom, dok je dijаметar nerva od 2,1 do 3 mm [7, 17]. Broj motornih vlakana se kreće od 1530 do 2470 [1, 6, 8, 18] tako da torakodorzalis predstavlja odličan donor u motornom nervnom transferu. U najvećem broju slučajeva proširene gornje paralize brahijalnog plexusa sa lezijom spinalnog korena C7 torakodorzalis nije funkcionalno očuvan i ne može se koristiti u transferu.

Pektoralis medijalis je takođe motorni nerv koji nastaje od prednjih grana donjeg trunkusa brahijalnog plexusa a dobija i vlakna od osmog cervikalnog i prvog torakalnog spinalnog nerva. i ovaj nerv ima cerebralne centre koji su integrisani u funkciju gornjeg ekstremiteta a inerviše sa nekoliko grana sternalni deo pektoralnog mišića [13]. Anatomski odnos pektoralisa medijalisa i pektoralisa lateralisa ima dosta varijacija. Klasično se opisuju uglavnom dva različita nerva koja su povezana petljom ili anzom koja se razvija uglavnom na račun pektoralisa lateralisa. Neki autori, međutim opisuju tri nerva: gornji, medijalni i donji pektoralni nerv [19]. Prema ovim autorima pektoralis medijalis nastaje od prednje grane srednjeg trunkusa i završava se sa dve sternalne grane, površnom i dubokom. Duboka grana uvek gradi plexus sa donjim pektoralnim nervom, a dodatne grane nastaju njihovom anastomozom. Hirurški upotrebljiva dužina pektoralnog medijalnog nerva iznosi od 30 do 78 mm [12]. Međutim, ova dužina može biti povećana disekcijom terminalnih grana i njihovim presecanjem blizu pektoralnog mišića. Srednji dijаметar nerva je između 1,5 i 2,5 ili 2,7 mm [12, 20]. Broj motornih vlakana iznosi 1170 do 2140 u osnovnom stablu a 400 do 600 u granama [10]. Grane pektoralne petlje imaju od 330 do 400 nervnih vlakana [1], što pektoralis medijalis čini pogodnim donatorom za reinervaciju.

U izvođenju anastomoza između pektoralisa medijalisa, pre svega, a i torakodorzalisa sa muskulokutaneusom ili aksilarisom postoje dva osnovna problema a to su razlike u dijаметru donora i recipijenta i nedovoljna dužina donora za direktnu anastomozu, posebno kod pektoralnog transfera. Prvi problem smo rešavali uklanjanjem epifascikularnog epineurijuma recipijenta i njegovim spajanjem sa torakodorzalisom ili granama pektoralne anze, gde su dve ili više pektoralnih nervnih grana spajane fibrinskim lepkom u jedno stablo, kako bi se postiglo adekvatno povećanje dijametra donora. Kada to nije bilo dovoljno pribegavali smo kombinovanom nervnom transferu.

Kombinacijom donornih nerava čiji je cilji bio kompletiranje suturne linije postigli smo čak i višu stopu oporavka, mada je ova metoda osporavana zbog činjenice da reinervacijom

istog mišića sa dva nerva u krajnjoj istanci funkciju najverovatnije obavlja samo jedan [1]. Objašnjenje za postignute rezultate (87,5% funkcionalno korisnog oporavka kod kombinovanog nervnog transfera za muskulokutani nerv i 90% funkcionalno korisnog oporavka kod kombinovanog transfera za aksilarni nerv) verovatno leži u činjenici da se anastomoza ostvaruje blizu ciljnog mišića, na mestu grupisanja nervnih vlakana za pojedine mišiće ili njihove funkcionalne delove [6, 8].

ZAKLJUČAK

Intrapleksusni nervni transfer bočnim granama brahijalnog plexusa u slučajevima gornje paralize omogućava najveću stopu i najbolji kvalitet oporavka kod teških trakcionih povreda. Torakodorzalis i pektoralis medijalis su se zahvaljujući svojoj građi i topografskim odnosima sa recipijentnim nervima pokazali kao najbolji donorni nervi u reinervaciji muskulokutaneusa i aksilarisa. Kombinovani nervni transfer u slučajevima gde treba kompletirati suturnu liniju daje dobre rezultate i treba ga primenjivati.

LITERATURA

1. Narakas A. Neurotization in the treatment of brachial plexus injuries. U Gelberman H, ed. *Operative nerve repair and reconstruction*. Philadelphia: JB Lippincott Company; 1991: 1329-58.
2. Narakas A, Hentz V. Neurotization in brachial plexus injuries. Indication and results. *Clin Orthop Rel Res* 1988; 237: 43-56.
3. Brandt KE, Mackinnon SE. A technique for maximizing biceps recovery in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg (Am)* 1993; 18: 726-33.
4. Dai SY, Lin DX, Han Z, Zhong SZ. Transference of thoracodorsal nerve to musculocutaneous or axillary nerve in old traumatic injury. *J Hand Surg (Am)* 1990; 15: 36-7.
5. Richardson PM. Recovery of biceps function after delayed repair for brachial plexus injury. *J Trauma* 1997; 42: 791-2.
6. Samardžić M, Grujičić D, Antunović V. Nerve transfer in brachial plexus traction injuries. *J Neurosurg* 1992; 76: 191-7.
7. Samardžić M, Antunović V, Joksimović M, Grujičić D. Regional donor nerves in the reinnervation of brachial plexus palsy due to upper spinal roots avulsion. *Neurological Research* 1989; 11: 181-5.
8. Samardžić M, Rasulić L, Grujičić D, Miličić B. Results of nerve transfers to the musculocutaneous and axillary nerves. *Neurosurgery* 2000; 46: 93-103.
9. Samardžić M, Grujičić D, Rasulić L, Bacetić D. Transfer of the medial pectoral nerve: myth or reality?. *Neurosurgery* 2002; 50: 1277-82.
10. Narakas A. Thoughts on neurotizations or nerve transfers in irreparable nerve lesions. U Terzis JK, ed. *Microreconstruction of Nerve Injuries*. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1987: 447-54.
11. Aszmann OC, Rab M, Kamolz L, Frey M. The anatomy of the pectoral nerves and their significance in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg(Am)*2000; 24: 942-7.

12. Hansasuta A, Tubbs RS, Grabb PA. Surgical relationship of the medial pectoral nerve to the musculocutaneous nerve: A cadaveric study. *Neurosurgery* 2001; 48: 203-7.
13. Millesi H. Brachial plexus injury in adults: Operative repair. U Gelberman RH, ed. *Operative nerve repair and reconstruction*. Philadelphia: JB Lippincott Company; 1991: 1285-301.
14. Samardžić M, Grujičić D, Rasulić L, Bacetić D, Miličić B. Nervni transfer kod trakcijskih povreda brahijalnog pleksusa. *Vojnosanit. Pregl.* 2003; 60 (5): 539-46.
15. Samardžić M, Grujičić D, Rasulić L, Miličić B. Restoration of upper arm function in traction injuries of the brachial plexus. *Acta Neurochir (Wien)* 2002; 144(4): 327-34.
16. Bartlett SP, May JW, Yaremchuk MJ. The latissimus dorsi muscle: a fresh cadaver study of the primary neurovascular pedicle. *Plast Reconstr.Surg.* 1981; 67(5): 631-36.
17. Mallessy M, Thomeer R, VanDijk JG. Changing central nervous system control following intercostal nerve transfer. *J Neurosurg.* 1998; 89(4): 567-74.
18. Azsmann OC, Rab M, Komolz L, Frey M. The anatomy of the pectoral nerves and their significance in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg (Am).* 2000; 24: 942-7.
19. Samardžić M, Antunović V, Joksimović M, Bacetić B. Donor nerves in the reinnervation of brachial plexus. *Neurol.Res.* 1986; 8: 117-22.

REKONSTRUKTIVNA HIRURGIJA TRAKCIONIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA – LIČNA ISKUSTVA I DILEME

Miroslav Samardžić, Danica Grujičić, Lukas Rasulić, Irena Cvrkota
Institut za neurohirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd,
Višegradska 26, 11000 Beograd, Srbija

RECONSTRUCTIVE SURGERY IN BRACHIAL PLEXUS TRACTION INJURIES – PERSONAL EXPERIENCE AND DILEMMA

Miroslav Samardžić, Danica Grujičić, Lukas Rasulić, Irena Cvrkota
Institute of Neurosurgery, Clinical center of Serbia
26, dr Višegradska str, Belgrade, Serbia

SAŽETAK

Trakcione povrede brahijalnog plexusa predstavljaju najteži problem u hirurgiji povreda perifernog nervnog sistema. Osnovni razlozi za to su teška identifikacija, složena diferencijacija nivoa i ekstenzije povrede i ograničene mogućnosti hirurškog lečenja, naročito u slučajevima sa avulzijom jednog ili više spinalnih korenova. U zavisnosti od težine nervnog oštećenja osnovne tehnike hirurškog lečenja su neroliza, nervna transplantacija i nervni transfer. Poslednja pomenuta metoda predstavlja poseban problem jer do sada nije definisan optimalni metod, pre svega u pogledu izbora donornog nerva ali i mikrohirurške tehnike transfera. Naravno, pored ovih postoji i niz drugih dilema u hirurškom lečenju koje smo pokušali da rešimo na bazi ličnih iskustava stečenih na 187 operativnih rekonstrukcija izvršenih po funkcionalnim prioritetima od kojih čak 146 čini nervni transfer.

Cljučne reči: brahijalni plexus, nervni transfer, nervna transplantacija, neroliza, trakciona povreda.

ABSTRACT

Traction injuries of the brachial plexus present major problem in surgery of the peripheral nerve injuries. The main reasons are difficult identification and differentiation of the level and extent of the injury, and the limited possibilities for surgical reconstruction, especially in cases with avulsion of the one or more spinal nerve roots. Depending on degree of the nerve damage, methods of surgical repair are neurolysis, nerve grafting and nerve transfer. The last method presents a specific problem since there is no ideal procedure regarding the choice of donor nerve and microsurgical technique. Certainly, there are several controversies that we have tried to clarify on the basis of the personal experiences formed on the results of 187 surgical procedures, performed on the functional priorities, including 146 nerve transfers.

Key word: brachial plexus, nerve grafting, nerve transfer, neurolysis, traction injury.

UVOD

Većina povreda brahijalnog plexusa nastaje njegovim prekomernim istezanjem pri čemu približno dve trećine rezultira avulzijom jednog ili više spinalnih korenova, odnosno direktno ireparabilnim proksimalnim povredama spinalnih nerava. U ostalim slučajevima često dolazi do ekstenzivnih longitudinalnih oštećenja perifernih segmenata plexusa. U oba slučaja mogućnosti hirurškog lečenja su ograničene sa jedne strane zbog nemogućće

direktne nerve rekonstrukcije u slučajevima sa avulzijom, i sa druge zbog postojanja velikih nervnih defekata koji zahtevaju upotrebu dugačkih nervnih transplantata. Jedina mogućnost za nervnu rekonstrukciju u slučajevima avulzije je nervni transfer tj. motorna ili senzitivna reinervacija funkcionalno najvažnijih nerava ruke bliskim očuvanim nervima. Prvu operaciju ove vrste izveli su Yeoman i Seddon pre 40 godina [1]. Nakon toga, nervni transferi su vršeni upotrebom niza ekstrapleksusnih ili intrapleksusnih donornih nerava, u zavisnosti od tipa i rasprostranjenosti oštećenja elemenata brahijalnog plexusa. Najčešće primenjivani ekstrapleksusni nervi su oni poreklom od gornjeg dela cervikalne kičmene moždine [spoljašnja grana akcesorijusa [2,3], spinalni nervi i motorne grane cervikalnog plexusa [4, 5], frenikus [6], kao i gornji interkostalni nervi [7 - 11]. U intrapleksusnom transferu primenjuju se dva metoda, klasični sa korišćenjem okrajaka rupturiranih gornjih spinalnih nerava [12, 13] i tzv. regionalni transfer, u kome se koriste bočne grane plexusa [14 - 20].

Uopšteno gledajući, čak i minimalan funkcionalni oporavak ima veliki značaj za pacijenta jer ga stimuliše da koristi paralizovanu ruku. U skladu sa tim, osnovni prioriteti u operaciji su uspostavljanje fleksije podlaktice, stabilnosti ramena i izvesnog stepena abdukcije ruke [13, 21, 22]. Uprkos napretku dijagnostike i mikrohirurške tehnike rezultati nervnih rekonstrukcija kod povreda brahijalnog plexusa su još uvek nezadovoljavajući i praćeni brojnim dilemama.

Cilj ovog rada je da analizom rezultata najčešće primenjivanih metoda nervnog transfera pokuša da razjasni neke dileme u ovoj oblasti hirurgije perifernih nerava.

METOD

Klinički materijal

U ovoj studiji analizirali smo grupu od 98 pacijenata sa trakcionom povredom brahijalnog plexusa, od toga 78 pacijenata sa avulzijom jednog ili više spinalnih korenova i 20 pacijenata sa perifernim trakcionim povredama, koji su operisani u Institutu za neurohirurgiju u Beogradu u periodu od januara 1980. do decembra 2002. godine.

Starost pacijenata se kretala od 3 do 58 godina, a 68 (70%) su bili mlađi od 30 godina. Pedeset tri pacijenta su imala kliničku sliku kompletne, a 48 sliku gornje ili proširene gornje paralize plexusa i četiri mešovitu kliničku formu. Preoperativna dijagnoza nivoa, lokacije i rasprostranjenosti povrede bazirana je na kliničkim znacima, elektromiografskim (EMG) nalazima i cervikalnoj mijelografiji u ranijim slučajevima, a kasnije je dijagnostika poboljšana somatosenzornim evociranim potencijalima, kompjuterizovanom tomografskom mijelografijom i magnetnom rezonancom. Na taj način dijagnostikovano je širok spektar tipova povreda, koje su proverene i hirurškom eksploracijom, čiji je obim prilagođen pouzdanosti preoperativne dijagnostike.

Indikacije za nervni transfer su se zasnivale na preoperativno dokazanoj avulziji korena C5 i/ili C6 ili intraoperativno prikazanoj povredi spinalnih nerava u ovim nivoima, a kod koje nismo bili u mogućnosti da odredimo anatomsku i funkcionalnu očuvanost nervnih okrajaka. Operacije su izvršene u periodu od 2 do 13 meseci posle povrede, a 77 (79%) pacijenata je operisano u periodu do 6 meseci posle povrede.

Kod pomenutih 98 pacijenata izvršili smo 77 reinervacija muskulokutaneusa i 69 reinervacija aksilarisa nervnim transferom i 9 odnosno 3 nervne transplantacije kao i 12 odnosno 17 neuroliza na funkcionalno odgovarajućim elementima. U nekim slučajevima, nervni transferi su bili deo kompleksnih rekonstrukcija brahijalnog pleksusa, koje su uključivale neurolizu i/ili nervnu transplantaciju na drugim elementima. Nervni transferi su izvršeni upotrebom kao donora gornjih interkostalnih nerava (obično trećeg do petog), spoljašnje grane akcesorijusa, bočnih grana pleksusa (torakodorzalis, pektoralis medijalis, toracikus longus i subskapularis) i okrajaka C5 i C6 spinalnih nerava. Kod transfera okrajaka spinalnih nerava, zbog ekstenzije periferne povrede, obično je vršena anastomoza sa nervima a ne sa trunkusima i fascikulusima, što je zahtevalo graftove dužine i do 15 cm. Kod 18 pacijenata smo kombinovali donorne nerve (Tabela 1).

Tabela 1. pregled 146 nervnih transfera kod 85 pacijenata

Recipijentni nervi			
Donorni nerv	Muskulokutaneus	Aksilaris	Ukupno
Interkostalis	16	24	40
Akcesorijus	21	8	29
Torakodorzalis	8	10	18
Torakodorzalis♦	2	3	5
Torakodorzalis■	2	3	5
Pektoralis medijalis	15	7	22
Pektoralis medijalis♦	4	/	4
Pektoralis medijalis■	/	4	4
C5 ili C6 spinalni nerv	9	10	19
Ukupno	77	69	146

♦ – kombinovani sa interkostalisom

■ – kombinovani sa subskapularisom ili toracikus longusom

▣ – kombinovani sa akcesorijusom

Evaluacija rezultata

Rezultati su analizirani u odnosu na donorne i recipijentne nerve i gradirani prema modifikovanoj skali koju smo i ranije koristili [19, 23] kao: **(I)** loši – odsustvo pokreta ili pokret u pravcu bez dejstva gravitacije, bez trofičkih i EMG poboljšanja; **(II)** zadovoljavajući – pokret protiv gravitacije, sa sposobnošću održavanja pozicije, uz poboljšanje trofike i EMG nalaza; **(III)** dobri – pokret protiv otpora i sposobnost ponavljanja uz poboljšanje trofike i EMG nalaza i **(IV)** odlični – praktično normalna funkcija.

Za funkcionalno koristan oporavak su smatrani gradus II i više a kvalitet oporavka je izražavan odnosom učestalosti odličnih i dobrih (gradus III i IV) prema zadovoljavajućim (gradus II) rezultatima. Period praćenja je iznosio najmanje dve godine, što je period u kome oporavak dostiže svoj maksimum.

REZULTATI

Funkcionalno koristan oporavak je postignut kod 57 (74%) od 77 nervna transfera na muskulokutaneusu i 52(76%) od 69 transfera na aksilarisu. Međutim, kvalitet oporavka je bio bolji kod muskulokutaneusa nego kod aksilarisa pošto je među oporavljenima 65% iz prve i 45% iz druge grupe imalo odlične i dobre rezultate (Tabele 2 i 3). Opšta statistička analiza nije pokazala značajnu korelaciju starosti pacijenata i vremena operacije sa konačnim ishodom, mada su rezultati nešto bolji kod osoba mlađih od 30 godina i u slučajevima kod kojih je operacija urađena unutar 6 meseci od povrede.

Tabela 2. rezultati 77 nervnih transfera na muskulokutani nerv

Donorni nerv	Recipijentni nerv			
	Muskulokutaneus			
	I	II	III	IV
Interkostalis	8	3	5	
Akcesorijus	6	8	7	
Torakodozalis		1	5	2
Torakodorzalis [♦]			1	1
Torakodorzalis [▣]			2	
Pektoralis medijalis	1	6	5	3
Pektoralis medijalis [♦]	1		2	1
C5 i/ili C6 spinalni nerv	4	2	3	
Ukupno	20	20	30	7

♦ – kombinovani sa interkostalisom

▣ – kombinovani sa subskapularisom ili toracikus longusom

I, II, III, IV – stepen oporavka (I-loš, II-zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan)

Tabela 3. rezultati 69 nervnih transfera na aksilarni nerv

Donorni nerv	Recipijentni nerv			
	Aksilaris			
	I	II	III	IV
Interkostalis	8	11	4	1
Akcesorijus	2	5	1	
Torakodozalis		5	4	1
Torakodorzalis [♦]	1		1	1
Torakodorzalis [▣]		1	2	
Pektoralis medijalis	2	2	2	1
Pektoralis medijalis [♦]			3	1
C5 i/ili C6 spinalni nerv	4	5	1	
Ukupno	17	29	18	5

♦ – kombinovani sa interkostalisom

▣ – kombinovani sa subskapularisom ili toracikus longusom

I, II, III, IV – stepen oporavka (I-loš, II-zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan)

Upotrebom gornjih interkostalnih nerava oporavak je postignut kod 8 (50%) od 16 pacijenata za muskulokutaneus i 16 (67%) od 24 pacijenta za aksilaris (Tabele 2 i 3). Kvalitet oporavka je bio bolji za muskulokutaneus sa incidencom odličnih i dobrih među oporavljenima 63% za muskulokutaneus, prema 32% za aksilaris (Tabele 2 i 3). Nije nađena statistički značajna korelacija u rezultatima u zavisnosti od tehnike transfera (direktna anastomoza, graft dužine do 5 cm ili duži), tehnike nervne anastomoze (klasična mikrohirurška ili modifikovana tehnika upotrebom fibrinskog lepka) i broja upotrebljenih interkostalnih nerava za jedan recipijent (dva ili tri). Prosečno vreme pojave inicijalnih simptoma oporavka iznosilo je $10,5 \pm 1,91$ meseci za muskulokutaneus i $10,36 \pm 3,46$ meseci za aksilaris.

Nervnim transferom spoljašnje grane akcesorijusa funkcionalni oporavak je postignut kod 15 (71,4%) od 21 pacijenta za muskulokutaneus i kod 6 (75%) za aksilaris (Tabele 2 i 3). Kvalitet oporavka je bio bolji za muskulokutaneus sa incidencom odličnih i dobrih među oporavljenima 46,7% za ovaj nerv, prema 16,7% za aksilaris (Tabela 2 i 3). Prosečno vreme do pojave prvih znakova oporavka je iznosio $11,14 \pm 2,63$ meseci za muskulokutaneus i $12,00 \pm 3,08$ meseci za aksilaris.

Primenom bočnih grana plexusa (torakodorzalis i medijalni pektoralni nerv) izolovano ili u kombinaciji sa drugim donorima, funkcionalni oporavak je postignut kod 28 (94%) od 39 transfera na muskulokutaneus i kod 24 (88,8%) od 27 transfera na aksilarisu (Tabele 2 i 3). Upotrebom torakodorzalisa postignute stope oporavka su bile 100% (svih 12 transfera) za muskulokutaneus i 93,7% (15 od 16 transfera) za aksilaris. Stope oporavka kod transfera pektoralisa medijalisa su bile nešto niže 89% (16 od 18 transfera) za muskulokutaneus, odnosno 81,8% (9 od 11 transfera) za aksilaris (Tabele 2 i 3). Uopšteno, kvalitet oporavka je bio najbolji u ovoj grupi transfera, gde su jedino i registrovani odlični rezultati, pri čemu je i ovde kvalitet oporavka bio bolji za muskulokutaneus sa incidencom odličnih i dobrih rezultata među oporavljenima 76% za ovaj nerv, prema 67% za aksilaris (Tabela 2 i 3). Pored toga treba istaći da je kvalitet oporavka bio bolji kod kombinovane upotrebe donora. Prvi znaci oporavka su se javljali u proseku ranije, posle $8,22 \pm 2,82$ meseci za muskulokutaneus i $7,00 \pm 3,30$ meseca za aksilaris.

Primenom klasičnog intrapleksusnog transfera oporavak je postignut kod 5 (55,5%) od 9 transfera na muskulokutaneus i 6 (60%) od 10 transfera na aksilaris (Tabele 2 i 3, Slika 1). Kvalitet oporavka je i ovde bio bolji za muskulokutaneus sa incidencom odličnih i dobrih rezultata među oporavljenim 60% prema 16,7% za aksilaris (Tabele 2 i 3, Slika 2). Prosečno vreme pojave prvih znakova oporavka ovde nije relevantno, jer zavisi od dužine upotrebljenih nervnih transplantata.

Nervnom transplantacijom postigli smo funkcionalni oporavak fleksije podlaktice kod 6 (67%) od 9 slučajeva, a abdukcije ruke u jednom od 3 slučajeva (Tabela 4). Neuspešne transplantacije u većini slučajeva bile su posledica postojanja nervnih defekata dužih od 10 cm. U pogledu kvaliteta oporavka dobri i odlični rezultati među oporavljenima postignuti su kod 84% slučajeva u prvoj grupi i u jednom slučaju u drugoj.

Tabela 4. Rezultati 12 nervnih transplantacija kod 10 pacijenata sa perifernom trakcionom povredom

Nivo povrede	Fleksija podlaktice				Abdukcija nadlaktice			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Trunkus – fascikulus ili nerv	1		1		1			
Fasikulus – nerv	2	1	2	2	1		1	
Ukupno	3	1	3	2	2	1		

I, II, III, IV – stepen oporavka (I-loš, II-zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan)

Neuroliza je bila uspešna u svim slučajevima, a u pogledu kvaliteta oporavka dobri i odlično rezultati među oporavljenima postignuti su kod 83,3% slučajeva za muskulokutaneus i 94,1% za aksilaris (Tabela 5).

Tabela 5. Rezultati 29 neuroliza kod 25 pacijenata sa trakcionom povredom

Nivo povrede	Fleksija podlaktice				Abdukcija nadlaktice			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Trunkus – fascikulus ili nerv		1	5	2			7	
Fasikulus – nerv		1	1	2		1	6	3
Ukupno		2	6	4		1	13	3

I, II, III, IV – stepen oporavka (I-loš, II-zadovoljavajući, III-dobar, IV-odličan)

Na bazi postignutih rezultata i komparativne statističke analize moguće je izvesti sledeće zaključke:

- Transfer bočnih grana plexusa daje značajano bolje rezultate u odnosu na ostala tri tipa transfera za oba reinervisana nerva
- Postoji jasan trend u korist transfera bočnih grana u pogledu kvaliteta funkcionalnog oporavka
- Transfer torakodorsalnog nerva daje nešto bolje rezultate u odnosu na transfer pektoralnog nerva
- Inicijalni znaci funkcionalnog oporavka se znatno ranije javljaju kod transfera bočnih grana plexusa
- Transfer bočnih grana daje bolje rezultate od nervne transplantacije kod dugačkih nervnih defekata.

DISKUSIJA

Trakcione povrede brahijalnog plexusa rezultiraju različitim stepenom nervnog oštećenja uključujući i avulzije spinalnih korenova. U zavisnosti od toga u hirurškom lečenju primenjuje se neuroliza, nervna transplantacija i nervni transfer koji je jedina mogućnost za nervnu rekonstrukciju direktno ireparabilnih povreda brahijalnog plexusa, najčešće avulzija njegovih spinalnih korenova. Pri ovim operacijama, koje podrazumevaju reinervaciju funkcionalno najvažnijih nerava ruke, koristi se niz ekstrapleksusnih i intrapleksusnih donornih nerava (Tabela 6). Najčešće primenjivani metodi su interkostalni transfer [1,7-11],

transfer spoljašnje grane akcesorijusa [2,3] i obe varijante intrapleksusnog transfera [12-20], uz napomenu da idealan metod do sada nije ustanovljen. Naprotiv, postoje brojne dileme kako u okviru najčešće primenjivanih metoda, kako nervnog transfera, tako i kod direktnih metoda rekonstrukcije (Tabela 7).

Tabela 6. tipovi nervnog transfera

EKSTRAPLEKSUSNI
Nervi poreklom od cervikalnog dela kičmene moždine
spoljašnja grana akcesorijusa
frenikus
prednje grane cervikalnog plexusa
C3 i C4 spinalni korenovi
kontralateralni transfera korena C7
Nervi poreklom od torakalnog dela kičmenog stuba
interkostalni nervi
INTRAPLEKSUSNI
okrajci korenova spinalnih nerava
bočne grane intaktnih segmenata brahijalnog plexusa
deo ulnarisa

Tabela 7. Dileme u rekonstruktivnoj hirurgiji povreda brahijalnog plexusa

I	FUNKCIONALNI PRIORITETI
II	NERVNI TRANSFER
1.	Broj interkostalnih nerava za reinervaciju muskulokutaneusa
2.	Tehnika interkostalnog transfera
3.	Ekstra ili intrapleksusni transfer
4.	Intrapleksusni ili regionalni transfer
5.	Medijalni pektoralni nerv kao donor
6.	Kombinovana upotreba donornih nerava
7.	Regionalni nervi ili tetivni transfer
III	NERVNA TRANSPLANTACIJA
1.	Slobodan ili vaskularizovani graft
2.	Interfascikularni ili kabl graft
IV	NEUROLIZA
1.	Unutrašnja ili spoljašnja

Funkcionalni prioriteti

Kao što je istaknuto, funkcionalni oporavak se može smatrati korisnim ukoliko se oporavi subluksacija ramena, a deltoideus ili supraspinatus obezbede izvesnu aktivnu abdukciju nadlaktice [7, 21]. Naravno, osnovni prioritet je reinervacija muskulokutaneusa

i uspostavljanje snažne fleksije podlaktice u punom obimu [21]. Pored toga, oporavak funkcije m. bicepsa doprinosi stabilnosti ramena [2]. Nervni transfer daje najbolje rezultate u uspostavljanju prostih funkcija, kao što su fleksija lakta, ili ekstenzija i fleksija ručja. Nasuprot tome, rezultati su skoro razočaravajući kod kompleksnih funkcija, kao što su abdukcija ramena ili pokreti prstiju. Oporavak funkcije ramena se može postići reinervacijom aksilarisa, supraskapularisa ili čak oba nerva [21]. Mada mnogi autori favorizuju reinervaciju supraskapularisa, pre svega spoljašnjom granom akcesorijusa [4, 12, 13, 21, 22], koristeći iskustva drugih autora [2, 7] mi smo reinervisali aksilaris i postigli funkcionalno koristan oporavak deltoideusa u 76% slučajeva. Naravno, oporavak je bio bolji u slučajevima sa uspešno reinervisanim bicepsom. U nizu ostalih funkcija koje pojedini autori navode kao prioritete treba istaći reinervaciju dela medianusa u cilju uspostavljanja protektivnog senzibiliteta korišćenjem senzitivnog dela interkostalnih ili supraklavikularnih nerava kao donora [22].

Interkostalni nervni transfer

Interkostobrahijalna, tj. anastomoza interkostalnih nerava sa muskulokutaneusom je bila prva operacija koja je izvršena u cilju reinervacije kod avulzije korenova brahijalnog pleksusa [1]. Nedostaci ove metode su: (a) udaljenost mesta anastomoze od denervisanog mišića, (b) upotreba nervnih graftova, (c) mešovita građa sa mešanjem motornih i senzornih aksona na suturnoj liniji i (d) relativno mali broj motornih vlakana (500-700) što je od značaja kada se ima u vidu da oba recipijentna nerva u proseku sadrže 6000 vlakana [13, 17]. Međutim, od značaja je istaći da sekcija interkostalnih nerava, za razliku od drugih donora, ne daje značajnije posledice.

Publikovani rezultati interkostalnog transfera variraju, pre svega u zavisnosti od metode transfera, a zatim i od broja upotrebljenih interkostalnih nerava [10]. Prema izvesnim autorima, oporavak fleksije podlaktice je verovatniji ako se muskulokutaneus reinervise sa tri ili čak četiri nerva [8, 10, 12, 21]. Međutim, iskustva drugih autora i naši rezultati ukazuju da upotreba više od dva interkostalna nerva ne daje značajnije funkcionalno poboljšanje [7, 9, 17, 19], što se objašnjava sa nekoliko činjenica. Pre svega, muskulokutaneus sadrži 50% do 60% motornih vlakana, od kojih je deo namenjen drugim mišićima [12, 14, 24]. Sa druge strane, za uspešnu reinervaciju jednog mišića dovoljno je 30% njegovih nervnih vlakana, a za prost mišić kao što je biceps i svega nekoliko stotina [12]. Konačno, ako se ima u vidu kolateralni rast aksona u proksimalnom okrajku, koji daje višak od oko 30% vlakana, zatim uloga neurotropizma i činjenica da proksimalni mišić privlači većinu aksonskog rasta [12, 24] jasno je da su dva interkostalna nerva sasvim dovoljna. U transferu mi smo primenjivali tzv. intermedijarnu tehniku tj. sekciju interkostalnih nerava blizu prednje klavikularne linije koja omogućava direktnu ili anastomozu upotrebom kratkih graftova, za razliku od sekcije u srednjoj aksilarnoj liniji [12, 13, 21] gde je broj motornih vlakana veći (40% do 45%), ali su neophodni dugački nervni graftovi. Bez obzira na izbor metoda, tehnički problem je disproporcija dijametra donornog i reinervisanog nerva. U cilju prevazilaženja ovog problema korišćene su različite tehnike [11, 25], a mi od pre deset godina primenjujemo formiranje zajedničkog stabla interkostalnih nerava fibrinskim lepkom, uz odstranjenje epifascikularnog

epineurijuma muskulokutaneusa. Pored opštih prednosti tehnike lepljenja, kao što su zaštita suturne linije od torzije i prodora ožiljnog tkiva [7, 9 - 11, 25], ova metoda je olakšala i ubrzala tehnički postupak [19].

Mada su neki autori publikovali visok procenat funkcionalnog oporavka, mi smo ga postigli u 50% za muskulokutaneus i 67% sa aksilaris, što je slično rezultatima u većini publikacija [8, 12, 13, 17, 19, 22, 24].

Transfer spoljašnje grane akcesorijusa

Spoljašnja grana akcesorijusa je pogodna za transfer zbog bliskog anatomskog i funkcionalnog odnosa sa brahijalnim plexusom i činjenice da je to čisto motorni nerv sa relativno velikim brojem vlakana, od 1700 do 3000 u glavnom stablu [2, 3, 13]. Potencijalne štete zbog njegovog žrtvovanja umanjuju pre svega očuvana funkcija distalnog dela mišića, zbog nezavisne inervacije iz spinalnog nerva C3, kao i sekcija nerva distalno od grane za trapezijus [3, 4]. Naravno, osnovni nedostatak ove tehnike je upotreba dugačkih graftova, u našim slučajevima dužine od 10 do 15 cm. Bez obzira na to, funkcionalni oporavak smo postigli u 71,4% slučajeva za muskulokutaneus, što je slično drugim publikacijama [2, 3, 9, 12, 13]. Stopa oporavka za aksilaris bila je slična, 75%.

Intrapeksusni nervni transfer

Intrapeksusni nervni transfer podrazumeva korišćenje očuvanih delova plexusa kao donora. U suštini postoje dve varijante ovog transfera: klasična, kada se koriste proksimalni okrajci oštećenih spinalnih nerava i tzv. regionalni transfer, u kome se koriste intaktne bočne grane plexusa.

Klasični intrapeksusni transfer ima teoretsku prednost u odnosu na prethodna dva transfera zbog: (a) većeg broja motornih vlakana, 30000 po nervu, mada je oko 50% denervisano zbog povrede, (b) fascikularne građe sa malo interfascikularnog tkiva, (c) bliže funkcionalne povezanosti sa recipijentima, uz bolju kortikalnu reintegraciju i (d) ograničenog hirurškog pristupa [12, 13]. Međutim, ova metoda ima i značajne nedostatke, pre svega u odnosu na transfer bočnih grana plexusa, a to su (a) mešoviti sastav vlakana u spinalnim nervima (b) disperzija regenerišućih aksona uz reinervaciju mišića koji su po funkciji agonisti i antagonisti i (c) teška procena proksimalnog kontinuiteta i funkcionalnosti okrajaka spinalnih nerava [19, 23]. Mi smo ovaj transfer primenjivali u slučajevima totalne paralize sa kombinacijom rupture gornjih spinalnih nerava i avulzije donjih korenova. Rezultati su približni rezultatima prethodnih metoda sa stopom oporavka od 55% do 60%, što je verovatno uzrokovano dužinom upotrebljenih nervnih graftova zbog ekstenzivnijih perifernih oštećenja.

Nedostaci prethodno navedenih metoda nervnog transfera naveli su nas da ponovo primenimo metode koje su koristili Vulpian i Stoffel, kao i Foerster početkom dvadesetog veka. Kod pacijenata sa gornjom paralizom upotrebili smo regionalne donore, tj. intaktne bočne grane plexusa kao što su torakodorzalis, pektoralis medijalis, toracikus longus i subskapularis [17 - 20]. Ovaj tip transfera je moguć, jer su bočne grane voljni motorni nervi sa autonomnom funkcijom i predominantno nastaju od očuvanih spinalnih korenova. Osnovne

prednosti ovog metoda su: (a) tri do četiri puta veći broj motornih vlakana u odnosu na interkostalne nerve, premda je deo njih denervisan zbog povrede, (b) beznačajno aksonalno mešanje na suturnoj liniji, (c) mogućnost direktne ili anastomoze upotrebom kratkih graftova, (d) mogućnost anastomoze blizu motorne tačke reinervisanog mišića, (e) bliska funkcionalna povezanost sa ostalim nervima ruke, koja olakšava kortikalnu reintegraciju, delimično zasnovanu na prethodno postojećim kortikalnim sinapsama i (f) brža i manje traumatizirajuća operacija [19, 23]. Slično kao i kod upotrebe akcesorijusa, smatramo da dodatna slabost addukcije i unutrašnje rotacije ruke nema veliki značaj kod već ionako teško oštećenih pokreta u ramenom zglobu. Pored toga u slučajevima predominantne inervacije iz korena C7 funkcija sinergista kao što je teres major može biti delimično očuvana, a i funkcija pektoralnih mišića može se delimično sačuvati distalnom sekcijom nerva, uz očuvanje dela njegovih grana [19, 20].

Postoji vrlo mali broj publikacija o upotrebi ovih nerava u transferu sa ograničenim brojem slučajeva, ali sa povoljnim rezultatima [13 - 20]. Mi smo upotrebom ovih nerava postigli oporavak fleksije podlaktice u 94% slučajeva i abdukcije ruke u 88,8% slučajeva, što predstavlja poboljšanje u odnosu na naše ranije serije, a što je još bitnije, rezultati su znatno bolji od onih postignutih drugim donorima. Pored toga, treba istaći da su primenom ovih nerava postignuti dobri rezultati i odloženim operacijama, izvršenim nakon dve godine od povređivanja [15, 16].

Kombinacijom donornih nerava čiji je cilj bilo kompletiranje suturne linije u slučaju disproporcije dijametra sa recipijentom postigli smo čak i višu stopu i bolji kvalitet oporavka, mada je ova metoda osporavana zbog činjenice da reinervacijom istog mišića sa dva nerva u krajnjoj instanci funkciju najverovatnije vrši samo jedan [12]. Objašnjenje za postignute rezultate je verovatno činjenica da se anastomoza ostvaruje blizu ciljnog mišića, gde se grupišu nervna vlakna za pojedine mišiće ili njihove funkcionalne delove [17, 19]. Potrebno je istaći i činjenicu da je funkcionalni oporavak kod ove vrste nervnog transfera znatno bolji u odnosu na ostale metode. Na kraju, prema našem mišljenju, nema mesta dilemi da li je bolje izvršiti mišićni transfer npr. latisimusa dorzi ili transfer torakodorzalnog nerva, jer rezultati i kvalitet oporavka daleko prevazilaze one ostvarene mišićnim transferom [22].

Nervni transfer bočnih grana pleksusa je po našem mišljenju pouzdanija metoda od tetivnog mišićnog transfera zbog očuvanja originalne tenzije i orijentacije tetivnih i mišićnih vlakana [14], minimalne disekcije ciljnog mišića sa posledičnim formiranjem adhezija, jednostavnosti u značajne uštede u vremenu potrebnom za operaciju. Postignuti rezultati nervnog transfera pored više stope oporavka ukazuju i na veći prosečni obim i snagu pokreta [26].

Nervna transplatacija

Kod traktionih povreda brahijalnog pleksusa nervnom transplantacijom se može uspostaviti kontinuitet u skladu sa normalnim anatomskim odnosima što se odnosi na kraće nervne defekte, ili sa određenim distalnim segmentima u skladu sa funkcionalnim prioritetima [27]. Dužina nervnih transplantata i stanje okolnih tkiva su važni prognostički faktori [28]. Periferne, pre svea retro i infraklavikularne traktione povrede su obično

ekstenzivne i zahtevaju duge transplantate, ponekad duže i od 20 cm [28,29]. Na sreću, oštećenja nervnih elemenata koji inervišu rame i nadlakticu su blizu ciljnih mišića što je preduslov za bolju prognozu lečenja u odnosu na ostale elemente [28].

Rezultati nervne transplantacije su u celini zadovoljavajući za gornje nervne elemente. U zavisnosti od zahvaćenosti brahijalnog pleksusa povredom i funkcionalnog deficita stopa funkcionalnog oporavka se kreće od 50% kod totalnih paraliza do 100% kod gornje paralize kod transplantacije na nivou spinalnih korenova do gornjeg trunkusa [30,31]. Prema drugim autorima stopa oporavka varira od 70% do 80% nezavisno od funkcionalnog deficita [27, 32, 33]. Rezultati su slični i kod transplantacija na nivou fascikulusa, odnosno između fascikulusa i završnih nerava, sa stopom oporavka između 70 i 80% i čak nešto više za lateralni fascikulus i muskulokutani nerv [28, 30, 31].

Uključujući rezultate transplantacije na svim nivoima mi smo postigli stopu oporavka za fleksiju podlaktice 68,7% i samo 44,4% za abdukciju ramena. Međutim, značajan broj loših rezultata je vezan za duge nervne defekte, preko 10 cm i ponekad preko 20cm. Kod nervne transplantacije postoje dve dileme, interfascikularni ili kabl graft i slobodni ili vaskularizovani transplantat. Prvu dilemu po našem mišljenju rešava tip fascikularne građe, tj. činjenica da su trunkusi i fascikulusi brahijalnog pleksusa polifascikularne građe sa difuznim rasporedom fascikulusa. Pri tome mi primenjujemo tzv. modifikovani kabl transplantaciju koja podrazumeva spajanje transplantata na okrajcima fibrinskim lepkom u jedinstveno stablo. Ova metoda ima svoje mesto i kod transplantacije na spinalnim nervima gde su priksimalni okrajci kratki i ograničene mobilnosti što otežava preciznu koaptaciju i postavljanje zadnjih transplantata kod interfascikularne transplantacije. Pored toga, ova tehnika omogućava i bolju hemostazu, zaštitu suturnih linija od prodora krvi i okolne fibroze, sprečava distenziju suturne linije i omogućava značajnu uštedu vremena. Naravno, osnovni problem ove tehnike je nepreciznost nervne koaptacije zbog razlike u fascikularnoj građi okrajka i vrpci kabl transplantata.

Što se tiče primene vaskularizovanog grafta dilemu rešava činjenica da je protok krvi u vaskularizovanom graftu veći u toku prva tri dana, a u slobodnom graftu od četvrtog do šestog dana po izvršenoj transplantaciji. Uz činjenicu da su vaskularni zahtevi tankih transplantata minimalni i imajući u vidu dodatno vreme potrebno za vaskularne anastomoze, kao i neizvestan rezultat retko se mogu naći stroge indikacije za njegovu primenu.

Neuroliza

U slučajevima sa normalnim makroskopskim izgledom nervnih elemenata kao što je kod prvog i drugog stepena povrede sa spoljašnjom kompresijom ožiljnim tkivom operacija se može završiti spoljašnjom neurolizom. Međutim, ukoliko postoji treći stepen povrede sa fibrozom epifascikularnog i interfascikularnog epineurijuma sa kompresijom na normalne fascikuluse, neophodna je unutrašnja neuroliza [32].

Prema očekivanju, neuroliza daje bolje rezultate od kompletne ili parcijalne nervne transplantacije, nezavisno od ekstenzivnosti postupka. U većini publikacija stopa oporavka se kreće od 90 do 100% [30, 31,32]. Slično tome mi smo funkcionalni oporavak postigli kod svih 25 neuroliziranih gornjih elemenata.

LITERATURA

1. Seddon H. Nerve grafting. *J. Bone Joint Surg (Br)* 1963; 45B: 447-61.
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. Samardžić M, Grujić D, Antunović V, Joksimović M. Reinnervation of avulsed brachial plexus using the spinal accessory nerve. *Surg Neurology* 1990; 33: 7-11.
4. Brunelli G, Monini L. Neurotization of avulsed roots of the brachial plexus by means of anterior nerves of cervical plexus. *Clin Plast Surg* 1984; 11: 149-52.
5. Yamada Sh, Lonser RR, Iacono RP, Morenski JD, Bailey L. By-pass coaptation procedures for cervical nerve root avulsion. *Neurosurgery* 1996; 38: 1145-52.
6. Gu YD, Wu MM, Zhen YL, Zhao JA, Zhang GM, Chen DS, Yan JG, Cheng XM. Phrenic nerve transfer for brachial plexus motor neurotization. *Microsurgery* 1989; 10: 287-9.
7. Dolenc VV. Intercostal neurotization of the peripheral nerves in avulsion plexus injuries. U Terzis JK, editor. *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia-Toronto: WB Saunders; 1987: 425-37.
8. Friedman AH, Nunley JA, Goldner RD, Oakes WJ, Goldner JL, Urbaniak JR. Nerve transposition for the restoration of elbow flexion following brachial plexus avulsion injuries. *J Neurosurg* 1990; 72: 59-64.
9. Kawai H, Kawabata H, Masada K, Ono K, Yamamoto K, Tsuyuguchi Y, Tada K. Nerve repairs for traumatic brachial plexus palsy with root avulsion. *Clin Orthop Rel Res* 1988; 237: 75-86.
10. Mallesly MJA, Thomeer RTWM. Evaluation of intercostal to musculocutaneous nerve transfer in reconstructive brachial plexus surgery. *J Neurosurg* 1998; 88: 266-71.
11. Nagano A, Ochiai N, Okinaga S. Restoration of elbow flexion in root lesion of brachial plexus injuries. *J Hand Surg (Am)* 1992; 17: 815-21.
12. Narakas A. Neurotization in the treatment of brachial plexus injuries. U Gelberman H, ed. *Operative nerve repair and reconstruction*. Philadelphia: JB Lippincott Company; 1991: 1329-58.
13. Narakas A, Hentz V. Neurotization in brachial plexus injuries. Indication and results. *Clin Orthop Rel Res* 1988; 237: 43-56.
14. Brandt KE, Mackinnon SE. A technique for maximizing biceps recovery in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg (Am)* 1993; 18: 726-33.
15. Dai SY, Lin DX, Han Z, Zhong SZ. Transference of thoracodorsal nerve to musculocutaneous or axillary nerve in old traumatic injury. *J Hand Surg (Am)* 1990; 15: 36-7.
16. Richardson PM. Recovery of biceps function after delayed repair for brachial plexus injury. *J Trauma* 1997; 42: 791-2.
17. Samardžić M, Grujić D, Antunović V. Nerve transfer in brachial plexus traction injuries. *J Neurosurg* 1992; 76: 191-7.
18. Samardžić M, Joksimović M, Antunović V, Grujić D. Regional donor nerves in the reinnervation of brachial plexus palsy due to upper spinal roots avulsion. *Neurological Research* 1989; 11: 181-5.

19. Samardžić M, Rasulić L, Grujičić D, Miličić B. Results of nerve transfers to the musculocutaneous and axillary nerves. *Neurosurgery* 2000; 46: 93-103.
20. Samardžić M, Grujičić D, Rasulić L, Bacetić D. Transfer of the medial pectoral nerve: myth or reality?. *Neurosurgery* 2002; 50: 1277-82.
21. Millesi H. Brachial plexus injury in adults: Operative repair. U Gelberman RH, ed. *Operative nerve repair and reconstruction*. Philadelphia: JB Lippincott Company; 1991: 1285-301.
22. Terzis JK, Papakonstantinou K. : The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults, *Plastic and reconstructive surgery* 2002; 106: 1097-122.
23. Samardžić M, Grujičić D, Rasulić L, Miličić B. Restoration of upper arm function in traction injuries to the brachial plexus. *Acta Neurochirurgica* 2002; 144: 327-35.
24. Songcharoen P. Neurotization in the treatment of brachial plexus injuries. U Omer E Spinner M, VanBeek A, editori. *Management of peripheral nerve problems*. Philadelphia: WB Saunders Co; 1998: 459-64.
25. Minami M, Ishii S. Satisfactory elbow flexion in complete (preganglionic) brachial plexus injuries; produced by suture of third and fourth intercostal nerves to musculocutaneous nerve. *J Hand Surg (Am)* 1987; 12: 1114-8.
26. Krakauer JD, Wood MB, Adult injuries and salvage, u Peimer CA ed *Surgery of the hand and upper extremity*, New York: McGraw/Hill, 1996: 1411-42.
27. Millesi H: Brachial plexus injuries. Nerve grafting. *Orthop Clin Rel Res* 1988; 237: 36-42
28. Alnot Y, Traumatic brachial plexus in the adult. Retro- and infraclavicular lesions. *Clin Orthop Rel Res* 1988; 237: 9-16,
29. Sedel L: The management of supraclavicular lesions: clinical examination, surgical procedures, results, u Terzis JK, ed. *Microreconstruction of nerve injuries*, W.B. Saunders Co, Philadelphia-Toronto, 1987: 385-92
30. Kline DG, Hudson AR: *Nerve injuries*, W.B. Saunders Co, Philadelphia-Toronto, 1995: 397-460.
31. Kline D, Judice D: Operative management of selected brachial plexus injuries, *JNeurosurg* 1983; 58: 631-49
32. Millesi H: Brachial plexus injuries: Management and results. In Terzis JK, ed. *Microreconstruction of nerve injuries*, W.B. Saunders Co, Philadelphia-Toronto, 1987: 347-60
33. Sami M, Carvalho G., Nikkhah G., Penkert G: Surgical reconstruction of the musculocutaneous nerve in traumatic brachial plexus injuries. *J Neurosurg* 1997; 87: 881-6

MIŠIĆNI TRANSFERI ZA OBNOVU ABDUKCIJE RAMENA I FLEKSIJE LAKTA U SLUČAJEVIMA DEFINITIVNIH LEZIJA BRAHIJALNOG PLEKSUSA

Čedo Vučković, Slađana Anđelković, Radovan Manojlović, Dušan Polojac, Danijel Raspopović
Institut za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog Centra Srbije
Višegradska 26, 11000 Beograd, Srbija i Crna Gora

MUSCLE TRANSFERS FOR RECONSTRUCTION OF SHOULDER ABDUCTION AND ELBOW FLEXION IN DEFINITE BRACHIAL PLEXUS LESIONS

Čedo Vučković, Slađana Anđelković, Radovan Manojlović, Dušan Polojac, Danijel Raspopović
Institute of Orthopedic Surgery and Traumatology, Clinical center of Serbia
26, dr Višegradska str, Belgrade, Serbia

SAŽETAK

U slučajevima definitivnih lezija brahijalnog plexusa mišićnim transferima nastojimo da zamenom paralizovanih mišića funkcionalnim mišićima obnovimo dinamiku opsega pokreta i snage određenih segmenata ili ekstremiteta u celini. Osnovni uslovi za mišićni transfer su: očuvanost pasivne mobilnosti zglobova, njihova kongruencija i postojanje funkcionalnih mišića zadovoljavajuće snage, pogodnih za transfer. Prioritet u funkcionalnoj rekonstrukciji imaju intervencije u cilju obnove abdukcije ramena i fleksije lakta. U našoj kliničkoj praksi operativno su lečena 23 pacijenta. U cilju obnove abdukcije ramena 9 i fleksije lakta 14, različitim hirurškim procedurama. U 96,65% slučajeva postignuto je funkcionalno poboljšanje u odnosu na preoperativni nalaz. Mišićni transfer je metod izbora za najveći broj pacijenata. Slobodni mikroneurovaskularni mišićni režnjevi se primenjuju u najsloženijim slučajevima.

Ključne reči: rame, lakat, mišićni transfer

ABSTRACT

In case of definite brachial plexus lesions we are trying to improve active range of motion and power of extremities by muscles transfer which replace function of paralyzed muscles by active ones. Main condition for muscles transfer is: well preserved passive range of motion of joint, well preserved congruency of joints, presence of muscles with adequate power which are suitable for transfer. Priority in functional reconstructive surgery of definite brachial plexus lesions is to improve shoulder abduction and elbow flexion. In our clinical practice we have treated 23 patients by various surgical techniques. In 9 patients we reconstructed abduction of shoulder and in 14 patients flexion of elbow. In 96,65% we have achieved functional improvement of injured extremities. Muscles transfer is method of choice in most cases. In most complicated cases free microvascular muscle flaps are in use.

Key words: shoulder, elbow, muscle transfer

UVOD

Iako je značajan napredak u lečenju povreda brahijalnog plexusa postignut primenom mikrohirurške tehnike prilikom primarnih rekonstruktivnih zahvata na samom plexusu, u određenom broju slučajeva, uprkos preduzetih mera lečenja, posebno kod trakcionih povreda zaostaju određeni funkcionalni i estetski defeciti delova ili ekstremiteta u celini. Na

osnovu kliničkog iskustva, izvesno je da je stanje kod pacijenata kod kojih posle povrede ili rekonstrukcije brahijalnog plexusa nije došlo do oporavka u toku 18 meseci, definitivno [1]. Mišićnim transferima nastojimo da, zamenom paralizovanih mišića funkcionalnim mišićima, obnovimo dinamiku opsega pokreta i snage i ostvarimo optimum delovanja određenih segmenata povređenog ekstremiteta. Schottstaed, Larsen i Bost (1958) su istakli elemente posebno značajne za mišićni transfer [2]:

- mišić izabran za transfer treba da je dovoljne veličine i snage;
- mišićnotetivni spoj mora da bude transferisan u pravoj liniji;
- mišiće, koji su naznačajniji za funkciju određenog segmenta ekstremiteta ne treba transponirati dok se ne osigura normalna funkcionalna pozicija i posle gubitka transponiranog mišića;
- transponirani mišić treba da bude dovoljno snažno pričvršćen na mestu nove lokalizacije (za kost, tetivu, fasciju ili kombinovano);
- neurovaskularna peteljka ne sme biti komprimovana i oštećena uvrtnjem, istežanjem ili savijanjem;
- nakon izvršenog transfera neophodna je adekvatna imobilizacija, specifična za određeni transfer.

Osnovni uslovi za mišićni transfer su očuvanost pasivne mobilnosti zglobova i njihova kongruencija.

U kliničkoj praksi poseban značaj imaju hirurške intervencije u cilju obnove abdukcije u nivou ramena i fleksije zgloba lakta [3].

Poslednjih godina u praksu su uvedene nove operacione tehnike kojima se kombinuju konvencionalne metode (tetivni i mišićni transfer) sa mikrohrurškom reparacijom nerava. Primenom slobodnih mikroneurovaskularnih mišićnih režnjeva (ostrvastih ili slobodnih) učinjen je napredak u lečenju i u najtežim slučajevima [4,5,6,7]. Hirurška fuzija zglobova ramena i lakta se danas izuzetno retko vrši i to u slučajevima opsežnog mišićnog disbalansa, prisutnih deformiteta i inkongruencije zglobova i kada ne postoje uslovi za intervencije na mekim tkivima [1,2].

MATERIJAL I METODE

U našoj kliničkoj praksi ukupno su operisana 23 pacijenta i to u cilju obnove abdukcije ramena 9 (39,13%) i fleksije lakta 14 (60,87%). Muškog pola bilo je 19 pacijenata (82,61%), a ženskog pola 4 (17,39%). Prosečna starosna dob iznosila je 33, 5 godina. Vreme proteklo od povrede do sekundarne operacije bilo je prosečno 3,3 godine (u 4 slučaja radilo se o porođajnoj paralizi plexusa). Prema mehanizmu povrede, registrovane su u 14 slučajeva (60,87%) povrede u saobraćaju (5 motociklista), vatrenim oružjem povrede su nastale kod 5 pacijenata (21,74), a u 4 slučaja (17,39) radilo se o porođajnoj paralizi brahijalnog plexusa. Izolovane povrede plexusa su utvrđene kod 6 pacijenata (26,09), prisutne vaskularne lezije kod 3 pacijenta (13,04), povrede koštano zglobnih struktura su dijagnostikovane kod 9 pacijenata (39,13%), a u 5 slučajeva (21,74%) se radilo o povredama više sistema, u okviru politraume.

Kod 14 pacijenata (60,87%) izvršene su primarne hirurške intervencije na samom pleksusu i to: neuroliza 3 (13,04%), primena nervnog autotransplantata 4 (28,57%), i nervni transfer 7 (50%). Vreme praćenja naših pacijenata bilo je od jedne do 5 godina, postoperativno. Kod 9 pacijenata (39,13%) izvršene su i hirurške intervencije na drugim segmentima ekstremiteta, prvenstveno u cilju funkcionalne rekonstrukcije šake.

Operativne tehnike u nivou ramena (1,2)

U cilju obnove abdukcije ramena primenjuje se različite operativne tehnike (tabela 1):

1. Transfer početnog dela mišića pektoralis majora do klavikule i akromiona, (Hildebrand 1906);
2. Transfer kratke glave biceps brahija i duge glave triceps brahija do akromiona, (Ober 1932.);
3. Transfer trapezijusa mobilizacijom njegovog gornjeg i srednjeg dela sa reinsercijom na humerusu (Saha 1967.);
4. Transfer insercija latisimus dorzija i teres majora posterolateralno na dijafizi humerusa (L' Episcopo- Zachary, 1947.).

Tabela 1. Primenjene operativne tehnike za abdukciju ramena

Mišićni transfer	Broj pacijenata	%
Pektoralis major	2	22,22
Kratka glava biceps brahija i duga glava triceps brahija	3	33,33
Trapezijus	2	22,22
Latisimus dorzi i teres major	2	22,22
Ukupno	9	100,00

Operativne tehnike u nivou lakta (1,2,5,7,8,9,10)

U cilju obnove fleksije lakta primenjene su sledeće operativne tehnike (tabela 2):

1. Steindlerova fleksoroplastika, modifikovana od Mayer-a i Green-a 1954.god. Pripoj fleksorno-pronatorne grupe mišića podlaktice se osteotomira i fiksira 5-7 cm proksimalnije na humerusu, sa laktom u fleksiji od 130 stepeni;
2. Transfer latisimus dorzija kako su to opisali Zankolli i Mitre, 1973. Mišić se maksimalno mobilize uz očuvanje neurovaskularne peteljke, potkožno se transferiše do lakta i reinsercira na korakoidni procesus, proksimalno i tetivu biceps brahija, distalno;
3. Prednji transfer triceps brahija (Bunnelova operacija 1951., modifikovana od strane Carroll-a, 1970.). Odvojena tetiva triceps brahija na mestu insercije, sa distalnom četvrtinom mišića se, sa ili bez dodatnog tetivnog grefona, transponira površno od radijalnog nerva, kroz uzdužni rascep na tetivi biceps brahija i ušije za njegovu aponeurozu.
4. Transfer slobodnog mišićnog gracilis reznja sa reinsercijama proksimalno i distalno na mišić biceps brahi. Reinervacija i aktivnost mišića gracilisa, u smislu kontrakcije, se obezbeđuje suturom motornog nerva recipijentnog mesta i transplantiranog mišića uz korišćenje nervnih grefona(n. suralis) i interkostalnih nerava.

Tabela 2. Primenjene operativne tehnike za fleksiju lakta

Mišićni transfer	Broj pacijenata	%
Steindlerova fleksoroplastika	4	28,57
Latisimus dorzi	3	21,43
Prednji transfer triceps brahija	6	42,86
Slobodni gracilis režanj	1	7,14
Ukupno	14	100,00

REZULTATI

Funkcionalno poboljšanje u odnosu na preoperativni nalaz postignuto je kod 22 naša pacijenta (95,65 %)

U zavisnosti od loknog, preoperativnog nalaza, i primenjene operativne tehnike registrovan je različit opseg aktivne abdukcije ramena:

- transferom mišića pektoralis majora postignuta je abdukcija ramena od 30 i 45 stepeni (prosečno 37,5 stepeni);
- transferom kratke glave biceps brahija i duge glave triceps brahija abdukcija je iznosila od 45 do 90 stepeni (prosečno 75 stepeni);
- transferom trapezijusa registrovana je abdukcija od 90 i 100 stepeni (prosečno 95 stepeni);
- transferom latismus dorzija i teres majora izmerena je abdukcija od 30 i 45 stepeni (prosečno 37,5 stepeni).

Od 14 operisanih pacijenata u cilju obnove aktivne fleksije lakta značajno poboljšanje postignuto je u 13 slučajeva. Neuspeh je registrovan kod pacijenta kod koga je primenjena tehnika rekonstrukcije fleksije lakta slobodnim mišićnim gracilis režnjem uz nervne grefone. Kod istog pacijenta došlo je do egzacerbacije infekcije koja je bila posledica ranije lečenog otvorenog preloma humerusa.

Opseg aktivne fleksije lakta različit je u zavisnosti od primenjene operativne tehnike:

- Steindlerovom fleksoroplastikom opseg aktivne fleksije lakta kretao se od 30 do 90 stepeni (prosečno 52,5 stepeni);
- transferom latisimus dorzija, aktivna fleksija lakta iznosila je od 60 do 100 stepeni (prosečno 83,33 stepena);
- prednjim transferom triceps brahija opseg fleksije bio je u rasponu od 70 do 100 stepeni (prosečno 84,16 stepeni)-slikal.



Slika 1. Fleksija lakta posle prednjeg transfera triceps brahija

DISKUSIJA

Neposredno po povredi brahijalnog pleksusa nastojimo da sistemom određenih vežbi očuvamo pasivnu mobilnost zglobova u svim nivoima ekstremiteta, sprečimo nastanak deformiteta i fiksiranih kontraktura i jačamo snagu intaktnih mišića ili mišićnih grupa, uz primenu različitih fizikalnih procedura, kao i korišćenjem ortoza i dinamičke imobilizacije [11]. Kliničkim pregledom, testovima za ispitivanje snage mišića i elektromiografskim ispitivanjem, potrebno je jasno utvrditi funkcionalni status nerava za mišiće odgovarajućeg regiona ili ekstremiteta u celini, kako bi se izvršila pravilna procena i odabrala optimalna hirurška intervencija za svakog pacijenta individualno. U program lečenja uključeni su lekari različitih specijalnosti: neurolog, neurohirurg, ortoped, plastični hirurg, fizijatar i drugi. Ireparabilne ili nelečene lezije nerava, kao i zaostali funkcionalni deficit nakon izvršene rekonstrukcije nerava, zahteva dodatno hirurško lečenje u cilju korekcije deformiteta, stabilizacije zglobova, obnove opsega pokreta, snage i zaštitnog taktilnog senzibiliteta određenih segmenata ekstremiteta. U izvesnim slučajevima za rekonstrukciju mišićnim transferom mogu da budu korišćeni i reinervisani mišići ukoliko je njihova snaga M3 i više, prema Higetovom gradacionom sistemu [3].

U nivou ramena prioritet imaju intervencije kojima se postiže obnavljanje aktivne abdukcije, i korekcija unutrašnje rotacije i adukcione kontrakture. Brojne su opisane operacije kako na mekim tkivima, tako i na koštano zglobnim elementima [1,2]. Najveći broj operacija uveden je u kliničku praksu u cilju rešavanja posledica poliomijelitisa, povreda i porođajne paralize brahijalnog pleksusa. Hirurške fuzije zglobova sve manje se danas primenjuju, a popularišu se transpozicione tehnike, pa i u najtežim slučajevima primenom slobodnih mišićnih reznjeva i nervnih grefona.

Saha (1967) je opisao niz mišićnih transfera za slučajeve paralize subskapularisa, supraspinatusa i infraspinatusa, transfer: dela seratus anteriora, levatora skapule, pektoralis minor ili sternokleidomastoideusa u zavisnosti od lokalnog nalaza i izbora hirurga [1,2].

Kod paralize deltoideusa Hildebrandt (1906) je transponirao početak pektoralis majora do klavikule i akromiona. Slomann (1916) je opisao transfer duge glave triceps brahija do akromiona, a Ober (1932) u istom aktu transferiše i kratku glavu biceps brahija. Kod parcijalnih paraliza deltoideusa Ober (1932) i Harmon (1947) su predložili transfer zadnjeg dela deltoideusa put napred.

Transfer trapezijusa opisao je Mayer (1916), a tehniku su modifikovali Bateman (1954) i Saha (1967), [1,2].

U našoj relativno maloj seriji pacijenata kod kojih su izvršene operacije u nivou ramena postignuti su zadovoljavajući rezultati primenom relativno jednostavnih tehnika transpozicije nekog od susednih funkcionalnih mišića. Selekcija naših pacijenata za operativno lečenje nije uključivala pacijente sa kompletnim lezijama brahijalnog pleksusa u nivou ramena. Primenjene operativne tehnike su izabrane uglavnom jer se radilo o slučajevima sa očuvanim ili oporavljenim određenim mišićnim grupama pogodnim za transfer. Transferom trapezijusa u 2 slučaja i transferima kratke glave biceps brahija i duge glave triceps brahija dobili smo

najbolje rezultate. Premda je mišićni transfer latisimus dorzija i teres majora (poznat kao L Episcopo-Zachary-jeva operacija) uveden u kliničku praksu prvenstveno u cilju rešavanja adukcione kontrakture ramena, naše iskustvo pokazuje da se ovim transferom postiže i povećan opseg pokreta u smislu abdukcije ramena.

Iako je i aktivna ekstenzija zgloba lakta značajna, prioritet imaju intervencije u cilju obnove aktivne fleksije lakta. U našoj seriji pacijenata najčeće smo koristili prednji transfer triceps brahija, kako je to opisao Carroll 1970.god., zbog relativno jednostavne tehnike, dobrih funkcionalnih rezultata, a prihvatljiva je i za pacijenta. Leffort favorizuje transfer pektoralis majora i Steindlerovu fleksoroplastiku, kada za to postoje uslovi [1]. Zankolli i Mitre su 1973. izneli odlične rezultate fleksije lakta i do 110 stepeni, dobijene transferom funkcionalnog latisimus dorzi reznja na neurovaskularnoj peteljci [8]. Više autora preporučuje transfer latisimus dorzija, kako za rekonstrukciju defekata mekih tkiva, tako i za funkcionalnu rekonstrukciju, posebno u nivou gornjih ekstremiteta [8,9,10,12,13]. Iako je u mnogim centrima poslednjih godina veoma popularna primena slobodnog mišićnog gracilis reznja uz upotrebu nervnih grefona (suralis ili ulnaris), kod našeg pacijenta smo registrovali neuspeh. Kazuteru i saradnici su 2000 god. objavili simultanu primenu dva slobodna gracilis reznja za rekonstrukciju fleksije lakta, ekstenzije i fleksije prstiju šake [7]. Tehnika je veoma složena i zahteva utreniran tim sa mikrohkirurškim iskustvom.

ZAKLJUČAK

Obnova abdukcije ramena i fleksije lakta imaju prioritet u slučajevima definitivnih lezija brahijalnog plexusa. Operacije na mekim tkivima imaju značajnu prednost uvek kada to uslovi dozvoljavaju. Mišićni transfer je metoda izbora za najveći broj pacijenata. Primarna i odložena mikrohkirurška rekonstrukcija na samom plexusu povećava mogućnost izbora mišića pogodnih za transfer. U najsloženijim slučajevima postoji mogućnost korišćenja slobodnih mišićnih reznjeva uz upotrebu nervnih grefona.

LITERATURA

1. Leffert R,D. Brachial plexus. U: Green D. ed. Operative hand surgery. New York: Churchill Livingstone, 1988:1569-1595.
2. Ingram AJ. Anterior poliomyelitis. U: Crenshaw AH., Edmonson AS. eds. Campbells operative ortopaedics. ST.Luis: C.V. Mosby Company, 1980:1418-1566.
3. Samardžić M., Rasulić L. Nervna reparacija traktionih povreda brahijalnog plexusa. U: Samardžić i saradnici. Rekonstruktivna hirurgija brahijalnog plexusa. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1999: 131-193.
4. Terzis J.,Sweet RC., Dykes RW. Recovery of function in free muscle transplants using microneurovascular anastomoses. The Jurnal of Hand Surg. 1978;3-37.
5. Manktelow RT. Free muscle transfer. U: Green D. ed. Operative hand surgery. New York: Churchill Livingstone, 1988:1215-1244.

6. Berger AC., Heiner R. Free functional muscle transfer to restore wrist and finger flexion after posttraumatic brachial plexus lesions in the adult. U: *The Journal of Hand Surgery. Supplement 1* p.72. Proceedings of the F.E.S.S.H. seventh congress, barcelona, 21-24 June 2000.
7. Kazuteru D., Keiichi M., Yasunori H., Masao W. Reconstruction of Upper Extremity Function in Brachial Plexopathy Using Double Free Gracilis Flaps. *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery.* 2000;4(1):34-43.
8. Zancolli EA., Mitre H. Latissimus dorsi transfer to restore elbow fleksion. *The Journal of Bone and Joint Surgery.* 1973;6:1265-1275.
9. Chen W. Restoration of elbow flexion by latissimus dorsi myocutaneous or muscle flap. *Arc. Orthop. Trauma Surgery.* 1990;109:117-20.
10. Eggers L., Mennen U., Matime A. Elbow flexoroplasty: a comparison between latissimus dorsi transfer and Steindler flexoroplasty. *J. Hand Surgery.* 1992;17b:522-5.
11. Vučković Č. Rekonstruktivna hirurgija ireparabilnih povreda brahijalnog pleksusa. U: *Samardžić i saradnici. Rekonstruktivna hirurgija brahijalnog pleksusa.* Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1999:219-249.
12. Minami A., Ogino T., Ohnishi N., Itoga H. The latissimus dorsi musculocutaneous flap for extremity reconstruction in orthopedic surgery. *Clin. Orthop.* 1990 Nov (260):201-6.
13. Stevanović M., Sharpe F., Thommen V., Itamura J., Schanall S. Latissimus dorsi pedicle flap for coverage of soft tissue defect about the elbow. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 1999;8(6):634-643.

DIJAGNOZA I TERAPIJA TRAKCIONIH POVREDA BRAHIJALNOG PLEKSUSA

Ivana Petronić, Ana Maršavelski, Dragana Ćirović, Dimitrije Nikolić

Univerzitetaska Dečja klinika, Beograd

Ul. Cvijićeve 54, Beograd

DIAGNOSIS AND MANAGEMENT OF TRACTION INJURIES OF THE BRACHIAL PLEXUS

Ivana Petronić, Ana Maršavelski, Dragana Ćirović, Dimitrije Nikolić

University Clinic for Children, Belgrade

N° 54, Cvijićeve str., Belgrade, Serbia

SAŽETAK

Trakcione povrede brahialnog pleksusa, ukoliko su obstetrične, dijagnostikuju se na samom rođenju, kliničkom slikom, pri čemu se tip i stepen povrede potvrđuju neurofiziološkim ispitivanjem. U tom slučaju sa fizikalnom terapijom se započinje odmah i kontinuirano se prati do trećeg meseca starosti, kada se u konsultaciji sa neurohirurgom nastavlja sa fizikalnom terapijom ili se sprovodi hirurška intervencija. Kod traumatskih povreda na osnovu kliničkog, neurološkog i neurofiziološkog nalaza, sprovodi se neophodna hirurška intervencija ili fizijatrijska pre i postoperativno.

Cilj: Pravovremena dijagnostika i terapija kod povreda brahialnog pleksusa uz oporavak motorne funkcije paralitičnih mišića uspostavljanje koordinacije i pokreta i sprečavanje nastanka kontraktura.

Materijal i metod: Od 2000 - 2004 godine, dijagnostikovano i lečeno je 181 slučaj porođajne traume brahialnog pleksusa i 26 slučajeva traumatske lezije brahialnog pleksusa. U grupi ispitanika bilo je 107 dečaka i 74 devojčica sa porođajnom povredom brahialnog pleksusa i 16 dečaka i 8 devojčica sa trakcionom povredom pleksusa brahialisa zadobijene pri saobraćajnom udesu.

Fizikalno lečenje podrazumevalo je kombinovanu termo, elektro, kineziterapiju uz pozicioniranje ekstremiteta. Posle završene prve serije i kliničkog i neurofiziološkog ispitivanja konzilijarno je određivan nastavak terapije ili neophodna hirurška intervencija posle koje je sprovedena fizikalna terapija i rehabilitacija do maksimalnog motornog oporavka.

Rezultati i analiza rezultata su pokazali da je funkcionalni i motorni oporavak bio najbolji ukoliko se sa terapijom započinjalo odmah po povredi opstetikalnoj ili posle hirurške intervencije. Pristup terapije je bio individualan i zavisio je od nivoa i stepena lezije.

Na taj način je postignut maksimalni motorni i funkcionalni oporavak povređenog ekstremiteta uz radnu terapiju i profesionalnu orijentaciju tih pacijenata

Gljučne reči: povreda brahialniog pleksusa, neurofiziološka dijagnostika, fizikalna terapija, rehabilitacija.

ABSTRACT

Traction injuries of the brachial plexus, if obstetrical, are diagnosed immediately upon birth based on clinical features, while the type and the degree of injury are confirmed by neurophysiological examination. In such cases physical therapy is promptly applied and continued under follow-up until the age of three months, when, after a consultation with a neurosurgeon, physical therapy is either continued or surgery is performed. In traumatic injuries, based on clinical, neurological and neurophysiological findings, a necessary surgical or pre- and postoperative physiatrical intervention is done.

Aim: Timely diagnostics and therapy of brachial plexus injuries, followed by the recovery of paralytic muscle motor function, implementation of motion coordination and the prevention of contractures.

Material and Methods: From 2000-2004, we diagnosed and treated 181 cases of brachial plexus birth trauma and 26 cases of brachial plexus traumatic lesions. In the group of patients there were 107 boys and 74 girls with birth injury of the brachial plexus, and 16 boys and 8 girls with traction injury of the brachial plexus sustained in a traffic accident.

Physical treatment involved a combined thermo, electro, and kinesitherapy, with positioning of extremities. After the completed first series and clinical and neurophysiological examinations, a consilium determined whether to continue with physical therapy or to perform surgery followed by physical therapy with rehabilitation until achieving a maximal motor recovery.

Results, with the analysis of results showed that the functional and motor recovery was best achieved if therapy was initiated immediately after obstetrical injury or after surgery. Therapeutic approach was individualized and depended on the level and the degree of lesions. Thus, a maximal motor and functional recovery of the injured extremity was achieved, with work therapy and professional orientation of such patients.

Key words: brachial plexus injuries, neurophysiological diagnostics, physical therapy, rehabilitation

UVOD

Klinička manifestacija povreda brahialnog pleksusa je gubitak motornih funkcija mišića inervisanih od povređenog nerva ili nerava, poremećaja ili gubitak senzibiliteta i pojava mišićnih atrofija i kontraktura zglobova. Povrede mogu da nastanu kao posledica porođajne traume ili neke druge vrste tracione povrede. Terapija može biti konzervativna ili hirurška i zavisi od odluke neurohirurga, ortopeda i fizijatra. Dijagnoza se postavlja na osnovu kliničkog pregleda neuroloških i neurofizioloških ispitivanja, kao i drugih „Imiging“ tehnika na osnovu kojih se donosi odluka o lokalizaciji stepenu lezije povređenog nerva ili nerava i neophodnosti neurohirurškog zahvata. Kod porođajnih trauma pleksusa brahialisa utvrđuje se nivo lezije i neurološki deficit zahvaćenih mišića. Kod gornjeg tipa Erb Duchenne, postoji povreda korenova nerava od C5 – C7 i motorni deficit rameno – lopatične regije, abduktora ramena, fleksora lakta i ekstenzorne grupe mišića šake. Kod donjeg tipa Klumpke Degerine lezija je u predelu C8 – Th 1 sa motornim deficitom najviše izraženim na mišićima šake i prstiju. U najvećem broju slučajeva postoji kompletna lezija sa različito izraženim stepenom lezije za gornji i donji tip. Kod porođajnih trauma klinički je evidentna lezija još na rođenju koja se potvrđuje radiografskim i neurofiziološkim ispitivanjima, kada se i započinje sa sprovođenjem intenzivne fizikalne terapije. U koliko klinički i neurofiziološki ne postoje znaci oporavka, konsultuje se neurohirurg i neophodnost hirurške intervencije, posle koje se takođe nastavlja sa fizikalnom terapijom i rehabilitacijom. Kod pacijenata kod kojih je klinički ili neurofiziološki (elektromiografski i evociranim potencijalima stimulacijom nervus medianus-a) dijagnostikovani znaci oporavka sprovedena je kontinuirana fizikalna termo, elektro, kineziterapija uz pozicioniranje ekstremiteta i stalno praćenje tih slučajeva posle svake serije terapija. Najveći stepen oporavka je u toku prve godine života kada se uz fizikalnu terapiju uvodi rehabilitacija kroz igru zahvaćenog ekstremiteta, čime se stimuliše šema pokreta, kordinacija pokreta, sprečava atrofija mišića i kontraktura zglobova. Kod traumatskih povreda brahialnog pleksusa nastalih u kasnijem životnom dobu, u zavisnosti od vrste, stepena i nivoa lezije koji se procenjuje, takođe, klinički radiografski, neurofiziološki

fizikalna terapija i rehabilitacija se sprovode u najranijem periodu ili posle neophodne hirurške intervencije.

Cilj rehabilitacije je da u što većoj meri povрати izgubljenu funkciju paralitičnih mišića, što se prvenstveno odnosi na motorne funkcije oporavka snage mišića, sprečavanje nastanka kontraktura i uspostavljanje kordinacije i šeme pokreta.

MATERIJAL I METOD

U periodu od 2000 – 2004 ispitivano je i lečeno 181 dete sa povredom brahialnog pleksusa, od kojih je 12 pacijenata sa povredom gornjeg tipa Erb Duchenne i 5 pacijenata izolovana povreda donjeg tipa Klumpke Degerine, dok su ostali imali kompletnu leziju brahialnog pleksusa. U ovoj grupi isitanika bilo je 107 dečaka i 74 devojčice. Uzrok povrede je bila veća telesna masa novorođenčeta i trauma u toku porođajnog zahvata. Traumatsku leziju je imalo 26 pacijenata od kojih je 20 bilo muškog pola i 6 ženskog. Uzrok povrede je najčešće bio saobraćajni traumatizam u sklopu politraume. Kliničkom slikom su dominirali ispadi tipa pareze i paralize perifernog nerva udruženih sa poremećajem senzibiliteta. Neurofiziološka ispitivanja sastojala su se u Elektromiografskom i Somatosenzornim potencijalima stimulacijom medijalnog nerva sa registracijom odgovora sa Erb-ove tačke cervikalnog C7 i kortikalnog odgovora u primarnoj somatosenzornoj zoni za tu regiju. EMG nalaz je obavljen na kraju prvog i trećeg meseca života. Prvim EMG pregledom se utvrđivao stepen oštećenja i nivo lezije imajući u vidu da klinički uvek postoji paraliza ruke. Pojava fibrilacija i denervacionih potencijala je uvek ukazivala na teži stepen oštećenja aksona, a u koliko su i brzine sprovodljivosti bile ne merljive na kompletnu avulziju odgovarajućih korenova. Ponovljeni EMG pregled sa tri meseca starosti je od velikog dijagnostičkog značaja, jer odsustvo denervacionih potencijala sa dobro izraženom reinervacijom je dobar prognostički znak. Održavanje denervacionih potencijala i nepostojanje reinervacije je bio vrlo loš prognostički znak. U tom uzrastu odsutan SSEP sa n. Medianusa je takođe loš prognostički znak i takvi pacijenti su upućivani na konsultativni pregled kod neurohirurga. U najvećem broju slučajeva hirurška intervencija je izvršena u prvih tri do šest meseci od povrede. Posle neurohirurške intervencije svaki oporavak je praćen, kako klinički tako i neurofiziološkim pregledom. U ranom postraumatskom i postoperativnom lečenju primenjivano je pozicioniranje ekstremiteta ,uz elektro i kineziterapiju. Pozicioniranje ili korektivni položaj podrazumeva postavljanje ekstremiteta u korektivni položaj kako bi se preveniralo nastajanje kontrakture, stabilizovao određeni segment i smanjio bol. Pasivni pokret ima za cilj održavanje elastičnosti svih struktura zgloba paralizovanog segmenta i na taj način onemogućava nastanak kontraktura. Elektrostimulacijom mišića se održava kontraktibilnost i elastičnost mišića i sprečava njegova atrofija, prevenira fibroza.. U kasnijoj fazi kineziterapija se sprovodi kroz aktivno potpomognute i aktivne vežbe i radnu terapiju kako bi se ojačala snaga i izdržljivost mišića i postigao kordinisan, precizan i brz pokret. Termoterapija se koristi radi postizanja hiperemije i ubrzanja cirkulacije i metabolizma, snižava tonus mišića i ima izvestan analgetski efekat. Hidrokineziterapija, kao i balneoklimatološki efekti terapije sprovode se uz radnu terapiju u specijalizovanim rehabilitacionim centrima

kao produženo lečenje u kasnijoj fazi. Kod teških oštećenja primenjuju se ortoze, procena funkcije i mogućnost odgovora bolesnika na zahteve normalnih i radnih aktivnosti što podrazumeva na profesionalnu orijentaciju sobzirom na postojeći hendikep. Terapija radom je važna za uspostavljanje kordinacije, a posebno senzorne reedukacije koja se sastoji u učenju novonastale šeme pokreta usled novonastale situacije na perifernim receptorima i perifernim vlaknima, čime se omogućuje da pokret bude precizan, adaptibilna i kordinisan i što bolje korišćenje povrednog ekstremiteta. Terapija bola je vrlo značajna kod postoperativnom periodu pacijenata. Važno je odmah pristupiti tretmanu bola, kako bi se sprečili emocionalni stresovi i uspostavila bolja saradnja pacijenta tokom lečenja. Povoljno dejstvo ima primena transkutane električne nervne stimulacije, koja se primenjuje dovoljno dugo i adekvatno aplikuje. Ortoza kao pomoćno sredstvo ima zadatak zadržavanja određenog segmenta u funkcionalnom položaju i primena dinamičke ortoze olakšava pokrete lediranog segmenta.

REZULTATI

Pre postavljanja programa i započinjanja rehabilitacije potreban je detaljan klinički pregled i sagledavanje stepena lezije, precizan funkcionalni status kroz ispitivanje snage mišića metodom manuelnog mišićnog testa, ispitivanje obima pokreta odgovarajućih zglobova, ispitivanje senzibiliteta i neurofiziološko ispitivanje.

Na kraju svake serije fizikalne terapije, koja se individualno određuje za pacijente, procenjuje se uspeh lečenja ili neophodnost neurohirurške ili ortopedске intervencije.

Naši rezultati lečenja svrstani su u tri grupe. Dobar oporavak, poboljšanje funkcije i trajna invalidnost. Rezultati naših ispitivanja su pokazali da je uspeh lečenja zavisio od stepena i nivoa lezije. Kompletaniji i brži funkcionalni oporavak je bio ukoliko se započinjalo sa fizikalnom terapijom što ranije u donosu na vreme povrede ili neposredno posle hirurške intervencije i ukoliko je primenjivana adekvatna i dovoljno duga rehabilitacija. Analizirajući rezultate možemo konstatovati da bolju prognozu imaju lezije perifernih nerava kd kojih nije bio kompletni prekid i avulzija korenova, pa smo kod obstretikalnih povreda brahialnog pleksusa nalazili prve znake oporavka u prvim mesecima života sa najvećim potencijalom oporavka u prvoj godini života. Kod traumatskih povreda koje su neurohirurški lečene posle neurorafije i transpozicije nerava, prvi znaci oporavka su se javljali tek posle 6 do 9 meseci od intervencije. Kod teških oštećenja sa izraženim ivaliditetom zahvaćenog ekstremiteta sprovedene su ortopedslke intervencije transpozicije mišića i savlađivanja kotraktura u cilju poboljšanja funkcije.

ZAKLJUČAK

Rehabilitacija pacijenata sa povredom brahialnog pleksusa je kompleksan process i zahteva multidisciplinarni i timski pristup, što podrazumeva prisustvo neurohirurga, ortopeda, fizijatra, fizio i radnog terapeuta. Važno je sprovođenje kompletne planirane fizikalne terapije i rehabilitacije koja se određuje individualno u zavisnosti od kliničkog i neurofiziološkog nalaza i oporavka. Program rehabilitacije bez obzira na neophodnost hirurške intervencije se sprovodi dovoljno dugo, kako bi se dobio maksimalni funkcionalni oporavak ekstremiteta uz oporavak senzibiliteta i estetski izgled lediranog ekstremiteta.

Tabela 1 Broj operisanih pacijenata u odnosu na vrstu povrede

Vrsta povrede	N (%)
Traumatski pleksus	17 (73,91%)
Obstruktikalni pleksus	6 (26,08%)
UKUPNO	23 (100%)

Tabela 2 Distribucija oštećenja plexus brachialis

TIP LEZIJE	N (%)
Gornji tip Erb-Duchenne	12 (6, 62%)
Donji tip Klumpke Degerine	5 (2, 76%)
Kompletna lezija	138 (76, 24%)
Traumatska lezija	26 (14, 36%)
UKUPNO	181 (100%)

Tabela 3 Procena funkcionalnog oporavka kod pacijenata sa trakcionom povredom plexus brachialis

Stepen oporavka	N(%)
Dobar oporavak	81 (44, 75%)
Poboljšanje funkcije	91 (50, 27%)
Trajni invaliditet	9 (4, 97%)
UKUPNO	181 (100%)

LITERATURA

1. Clarke H. M., and Curtis C. G. An approach to obstretical brachial plexus injures, Hand clin. 11: 563, 1995.
2. Deletis V., Morota N., and Abbott I. R. Electrodiagnosis in the management of the brachial plexus surgery. Hand Clin. 11: 555, 1995.
3. Michelow B. J., Clarke H. M., Curtis C. G., Zuker R. M., Seifu Y., Andrews D. F.: The natural history of obstretical brachial plexus palsy. Plast. Reconst. Surg 93: 675, 1994.
4. Meyer R. D. Treatment of adult and obstretical brachial plexus injuries. Orthopedics 9: 899, 1986.
5. Gilbert A. Long term evaluation of brachial plexus surgery in obstretical palsy. Hand Clin. 11: 583, 1995.
6. Gilbert A. Obstretical brachial plexus palsy. In R. Tubiana (Ed.), The Hand. Philadelphia: Saunders, 1993. P. 575

7. Gilbert A., Razaboni R., and Amar Khodja S. Indications and results of brachial plexus surgery in obstetrical palsy. *Orthop. Clin. North Am.* 19: 91, 1988.
8. Marsavelski A., Rasulic L., Samardzic M., Nikolic G., Petronic I. : The electrophysiological findings in patients with brachial plexus traction lesions who underwent surgery, *International conference of recent advances in neurotraumatology. Riccione. Italy. 1996., Book of abstracts.*
9. Jones S. j.: Investigation of brachial plexus traction lesions by peripheral and spinal somatosensory evoked potentials. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 1979, 42: 107-116
10. Stalberg E., Anderssen S., Falek B.: Quantitativ analysis of individual motor unit potentials: a proposition for standardized terminology and criteria for measurement. *J. Clin. Neurophysiology* 3: 1-36.1986.
11. Ganes T.: Sympatic and non sympatic components of the human cervical evoked response. *J. Neurol. Sciences*, 1982, 55: 313-326
12. Allison T., Goff W.R., Williamson P. D., Van Gelder J. C.:On the neural origin of early components of human somatosensory evoked potentials. In *Clinical uses of cerebral Brainstem and Spinal Somatosensory Evoced potentials*, Ed J. E. Desmedt *Progress in Clinical Neuro-physiology*, 7, 51-68, Basel, s. Karger 1980.
13. Piatt J. H., Jr., Hudson A. R. and Hoffman H. J.Preliminary experiences with brachial plexus exploration in children: Birth injury and vehicular trauma. *Neurosurgery* 22: 715, 1988.
14. Shenaq S. M., Dinh T. A. Pediatric microsurgery: Replantation, revacularization and obstretic brachial plexus palsy. *Clin. Plastic. Surg.* 17: 77. 1990.
15. Laurent J. P., Lee R. T. Birth related upper brachial plexus injuryies in infants : Operative and non operative approaches. *J. Child Neurol.*9:111, 1994.

UPUTSTVO AUTORIMA

Uredništvo časopisa „Acta Clinica“ moli autore da se prilikom pripreme i obrade tekstova pridržavaju sledećih uputstava.

Časopis je namenjen lekarima opšte medicine, specijalistima pojedinih medicinskih grana i stručnjacima iz drugih biomedicinskih oblasti. Časopis objavljuje stručne i naučne radove po pozivu gosta urednika za svaki tematski broj. Radovi treba da budu pripremljeni u formi preglednih radova. Gost urednik kontaktira saradnike tematske sveske tokom procesa pripreme tekstova, vrši stilsko i tehničko usklađivanje tekstova prema zahtevima u uputstvu časopisa, a zatim ih dostavlja uredništvu. Gost urednik dostavlja uredništvu časopisa i korigovane verzije radova prema zahtevima recenzentskog tima.

Radovi se dostavljaju u dva primerka, odštampani na laserskom štampaču, samo na jednoj strani bele hartije formata A4, dvostrukim proredom sa najviše 30 redova po strani i sa marginom od najmanje 3 cm. Dozvoljeni obim rukopisa koji uključuje sažetak, sve priloge i spisak literature treba da iznosi do 15 stranica. Pored štampane verzije, tekstualna verzija rada se šalje u obliku elektronske forme, na disketi od 3,5“ (inča) za PC kompatibilne računare uz korišćenje Word for Windows programa za obradu teksta.

Prilozi u obliku tabela, crteža, grafikona i sl. trebalo bi da budu izrađeni u nekom od PC kompatibilnih programa, snimljeni u nekom od uobičajenih grafičkih formata i odštampani na laserskom štampaču ili nacrtani tušem na paus papiru. Svaki prilog treba da bude pripremljen na posebnom listu papira, odnosno snimljen u posebnom dokumentu na disketi koja sadrži tekstualnu verziju rada. Na poledini svakog odštampanog priloga treba ispisati broj koji će prilog nositi u radu kao i naziv rada uz koji se prilaže. Na posebnoj strani se navode naslovi i legende uz svaki prilog, otkucani dvostrukim proredom. Svaka tabela se priprema na posebnoj strani, dvostrukim proredom, uključujući i naslov kome prethodi redni broj tabele. U rukopisu treba označiti mesto na kome bi trebalo da se nalazi prilog. Uz rad se dostavljaju originali slika (fotografije, slajdovi, rentgenski, CT i MR snimci, itd). Troškove štampanja kolor slika u radu snosi sam autor teksta.

Prva strana rukopisa sadrži **Naslov** rada na srpskom jeziku koji treba da bude kratak, jasan i bez skraćenica. Zatim slede puna imena i prezimena autora, bez titula ili akademskih zvanja. U sledećem redu se navode ustanove u kojima pojedini autori rade uz njihovo povezivanje sa odgovarajućim imenima autora brojevima u superskriptu. Na ovoj stranici se naznačava i kratki naslov rada do 40 karaktera. U dnu stranice se navodi „Adresa autora“ uz navođenje imena i prezimena prvog autora, titule, pune poštanske adrese i eventualno e-mail adrese.

Sažetak na srpskom jeziku i **Abstract** na engleskom jeziku dužine do 250 reči predstavljaju sledeće dve strane rukopisa. U vrhu strana se navodi pun naziv rada na srpskom, odnosno engleskom jeziku bez imena autora i naziva njihovih institucija. Na kraju ovih stranica se navodi do pet ključnih reči (Key words).

Predlaže se da sadržaj rukopisa bude podeljen odgovarajućim podnaslovima na manje celine. Ukoliko se u tekstu rada koriste skraćenice, potrebno je da se pri prvom njihovom pominjanju u tekstu ispišu punim nazivom. Predlaže se korišćenje generičkih naziva lekova, a ukoliko je neophodno, zaštićena imena lekova u tekstu navoditi velikim slovima. Predlaže se korišćenje SI mernih jedinica ukoliko nije međunarodno drugačije prihvaćeno.

Literatura se u tekstu označava arapskim brojevima u srednjoj zagradi prema redosledu pojavljivanja. U popisu literature na kraju teksta, citirane literature podatke poredati po redosledu po kojem se prvi put pojavljuju u tekstu. Nazivi časopisa se skraćuju kao u Index Medicusu. Koristiti Vankuverski stil citiranja (za detalje videti N Engl J Med 1997; 336 (4): 309-15). Ukoliko je preko šest autora, navesti prvih šest i dodati „et al“.

Članci u časopisima:

Originalni rad:

Williams CL, Nishihara M, Thalabard J-C, Grosser PM, Hotchkiss J, Knobil E. Corticotropin-releasing factor (CRF) inhibits gonadotropin-releasing hormone pulse generator activity in the rhesus monkey. *Neuroendocrinology* 1990; 52: 133-7.

Editorial:

Tomkin GH. Diabetic vascular disease and the rising star of Protein Kinase C (editorial). *Diabetologia* 2001; 44: 657-8

Volumen sa suplementom:

Magni F, Rossoni G, Berti F. BN-52021 protects guinea pig from heart anaphylaxis. *Pharmacol Res Commun* 1988; 20 Suppl 5: 75-8.

Sveska sa suplementom:

Myers BD. Pathophysiology of proteinuria in diabetic glomerular disease. *J Hypertens* 1990; 8 (1 Suppl): 41S-46S

Sažetak u časopisu:

Fuhrman SA, Joiner KA. Binding of the third component of complement C3 by *Toxoplasma gondii* (abstract). *Clin Res* 1987; 35: 475A.

Knjige i druge monografije:

Jedan ili više autora:

Eisen HN. *Immunology: an introduction to molecular and cellular principles of the immune response*. 5th ed. New York: Harper and Row, 1974: 406.

Poglavlje u knjizi:

Weinstein L, Shwartz MN. Pathologic properties of invading microorganisms. U: Soderman WA Jr, Soderman WA, eds. Pathologic physiology: mechanisms of disease. Philadelphia: Saunders,1974: 457-72.

Rad u zborniku radova:

Harley NH. Comparing radon daughter dosimetric and risk models. U: Gammage RB, Knye SV, eds. Indoor air and human health. Proceedings of the Seventh Life Sciences Symposium: 1984 Oct 29-31; Knoxville (TN). Chelsea (MI): Lewis,1985: 69-78.

Disertacije i teze:

Cairns RB. Infrared spectroscopis studies of solid oxygen. Disertacija. Berkley, California: University of California,1965.

Rukopisi koji uključuju sve priloge u papirnoj formi i elektronskoj formi na disketi, kao i originale slika, šalju se na adresu:

**Uredništvo ACTA CLINICA
Klinički centar Srbije
Pasterova 2
11000 Beograd**

Rukopisi i ostali priloženi materijali se ne vraćaju autorima.

Klinički centar Srbije, Beograd

ACTA CLINICA
Volumen 4, Supplement 1
Jun 2004.

ISSN 1451-1134

Tiraž: 1000 primeraka

Štampa: PRIZMA, Kragujevac

Štampano u Srbiji