

Minimalno invazivne procedure u liječenju križobolje i lumboishijalgije

Minimally invasive procedures in treatment of low back and radicular pain

Karlo Houra^{1*}, Darko Perović¹, Andrej Radić¹, Dubravka Bartolek Hamp¹, Duje Vukas², Darko Ledić²

Sažetak. Križobolja i lumboishijalgija značajni su javnozdravstveni problemi modernoga doba. Troškovi operacijskog liječenja često su iznimno visoki, a radno sposobni ljudi s ovim bolestima često izostaju s radnoga mjesta. Minimalno invazivno liječenje križobolje i lumboishijalgije podrazumijeva detaljno poznavanje anatomije kralježnice i živčanih struktura, kao i rukovanje pokretnim RTG uređajem. Križobolju i lumboishijalgiju mogu uzrokovati degenerativne promjene u intervertebralnom disku, promjene zigapofizealnih (fasetnih) zglobova, oštećeni sakroilijakalni (SI) zglob ili hernijacija diska, kao najčešći uzrok stenozne spinalnog kanala. Svaka minimalno invazivna dijagnostička procedura, s kojom se egzaktno potvrdi uzrok križobolje ili lumboishijalgije, bolesnika posljedično predodređuje za specifični minimalno invazivni terapijski zahvat. Kod bolova u slabinskoj kralježnici uzrokovanih degenerativnim promjenama u intervertebralnom disku bolesniku se preporučuje jedna od metoda anuloplastike. Ako je križobolja uzrokovana degenerativnim promjenama fasetnih zglobova ili promjenama u SI zglobu, tada se primjenjuju procedure radiofrekventne neuroablacije. U slučajevima kada su križobolja i lumboishijalgija uzrokovane stenozom spinalnog kanala, bolesniku se preporučuju epiduralne steroidne injekcije ili perkutana laserska dekompresija diska. Svrha je ovih procedura, primjenom dugodjelujućih kortikosteroida i kratkodjelujućeg lokalnog anestetika, te primjenom radiofrekventne struje ili primjenom energije lasera, bolesnika na duže vrijeme osloboditi bolova i tako mu poboljšati kvalitetu života, a istovremeno prevenirati ili barem odgoditi velik operacijski zahvat.

Ključne riječi: križobolja, liječenje, lumboishijalgija

Abstract. Low back and radicular pain make a significant health concern in our days. Expenses for this kind of surgery are often very high. Furthermore, these two conditions are also one of the leading, medically related, causes for missed work. Minimally invasive treatment of low back and radicular pain involves detailed knowledge of the anatomy of the lumbar spine and the nerve structures, as well as handling with C-arm. Degenerative changes in the intervertebral disc, changes in the zygapophyseal (facet) joints, damaged sacroiliac joint or disc herniation can all cause low back pain. Each minimally invasive diagnostic procedure, with which we confirm the exact cause of low back pain or radicular pain, consequently predisposes patients for minimally invasive therapeutic intervention. When low back pain is caused by degenerative changes in the intervertebral disc, the patient is recommended a method of annuloplasty. If the pain in the lumbar spine is caused by degenerative changes of facet joints or changes in SI joint, patient can be offered radiofrequent neuroablative procedures. In cases where the low back and radicular pain are caused by spinal stenosis patients are advised epidural steroid injections or percutaneous laser disc decompression. The purpose of these procedures, with the use of long-acting corticosteroids and short-acting local anesthetic, together with the use of radio frequent or laser energy is to relieve the patients from their pain. This way we improve their quality of life and, at the same time, prevent or at least postpone major surgery.

Key words: low back pain, radicular pain, treatment

¹Specijalna bolnica za ortopediju, kirurgiju, neurologiju, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju "Sveta Katarina", Zabok

²Klinika za neurokirurgiju, KBC Rijeka, Rijeka

Prispjelo: 30. 1. 2012.

Prihvaćeno: 26. 3. 2012.

Adresa za dopisivanje:

***Dr. sc. Karlo Houra, dr. med.**

Specijalna bolnica "Sv. Katarina"

Bračak 8, 49 210 Zabok

e-mail: karlo.houra@svkatarina.hr

<http://hrcak.srce.hr/medicina>

UVOD

Križobolja i lumboishijalgija se, uz bolesti kardiovaskularnog sustava, ubrajaju među najučestalije probleme vezane uz zdravlje. Pojedini statistički podaci ukazuju na činjenicu da će tijekom svojega života oko osamdeset posto populacije, a možda i više, barem jednom imati izolirane bolove u križima ili će se ti bolovi iz donjeg dijela leđa širiti duž jedne ili obje noge¹. Križobolja i lumboishijalgija su tako postali značajan javnozdravstveni pro-

Minimalno invazivni zahvati na kralježnici dio su spinalne kirurgije kojim se ne bave samo spinalni kirurzi i ortopedi, već ih mnogo češće koriste različiti specijalisti medicine koji se bave bolom.

blem, kako u zapadnim razvijenim zemljama, tako i u Hrvatskoj, jer su među vodećim uzrocima izostanka s posla radno sposobne populacije².

Križobolju mogu uzrokovati različiti faktori. Kod mladih ljudi to su najčešće prekomjerna opterećenja kralježnice koja uzrokuju akutne hernijacije diska, dok su sporo progredirajuće degenerativne promjene kralježnice najčešći uzrok križobolje kod starije populacije. Uzrok križobolje mogu biti i manjak tjelesne aktivnosti, pretjerana tjelesna težina, nepravilna obuća, ravna stopala, prevelika duševna napetost te kronični stres³.

Prema anatomskim strukturama izvore bolova vezanih uz kralježnicu ugrubo možemo podijeliti na bolove uzrokovane oštećenjem intervertebralnog diska, bolove uzrokovane degenerativnim promjenama fasetnih zglobova ili sakroilijakalnog zgloba te na bolove uzrokovane stenozom spinalnog kanala. Najčešći uzrok mekotkivne stenozije je hernijacija intervertebralnog diska.

Bol u slabinskom dijelu kralježnice može nastati naglo ili postepeno. S obzirom na dužinu trajanja, bol može biti akutan, subkroničan ili kroničan. Križobolja može biti lokalizirana isključivo u donjem dijelu kralježnice ili se može pojasasto širiti prema naprijed. Širenje bola iz donjeg dijela leđa moguće je također u jednu ili obje noge, a takav bol onda nazivamo lumboishijalgijom.

Kako bismo potvrdili točan izvor bolova, a nakon temeljitog neurološkog pregleda i adekvatne ne-

uroradiološke obrade (MR), presudno je važno napraviti invazivnu dijagnostičku obradu. Tek nakon pozitivnog rezultata minimalno invazivnih dijagnostičkih procedura bolesniku se mogu predložiti specifični minimalno invazivni terapijski zahvati koji će u nastavku biti detaljnije opisani. Konzervativno liječenje, kao i liječenje klasičnim operacijskim zahvatima, izvan su opsega ovoga rada.

ANULOPLASTIKA KOD KRIŽOBOLJE UZROKOVANE BOLEŠĆU INTERVERTEBRALNOG DISKA

Nakon pozitivnog nalaza provokacijske diskografije kojim se potvrđuje da je uzrok križobolje točno određen degenerativno promijenjen intervertebralni disk, bolesniku je najbolje preporučiti jednu od metoda anuloplastike. Znanstvena podloga za anuloplastiku zasniva se na rezultatima studija koje su pokazale da se u stražnjem dijelu vanjske trećine *anulus fibrosus* nalaze osjetna živčana vlakna koja imaju sposobnost prenošenja bolnih impulsa⁴⁻⁶. Druge su, pak, studije pokazale da se živčani završeci kod degenerativnog diska mogu naći čak i u dubljim slojevima *anulus fibrosus*⁷⁻⁹. Svrha anuloplastike je navedene živčane završetke denaturirati, odnosno oštetiti toplinskom energijom koja se razvija upotrebom radiofrekventne (RF) struje¹⁰. Tako se onemogućuje centripetalni prijenos bolnih impulsa prema leđnoj moždini i višim dijelovima središnjeg živčanog sustava. Toplinska se oštećenja mogu vršiti monopolarnim ili bipolarnim načinom. Kod bipolarne tehnike struja prolazi između vrhova dviju susjednih elektroda, te se na taj način postiže oštećenje veće površine. Kod monopolarne tehnike stvara se ovalno oštećenje samo oko vrha jedne elektrode. Navedeno je oštećenje uvijek manje u odnosu na zonu denaturacije uzrokovanu korištenjem bipolarne tehnike. U daljnjem tekstu detaljnije ćemo opisati biakuplastiku, kao metodu koja se koristi u bolnici "Sv. Katarina" u Zaboku.

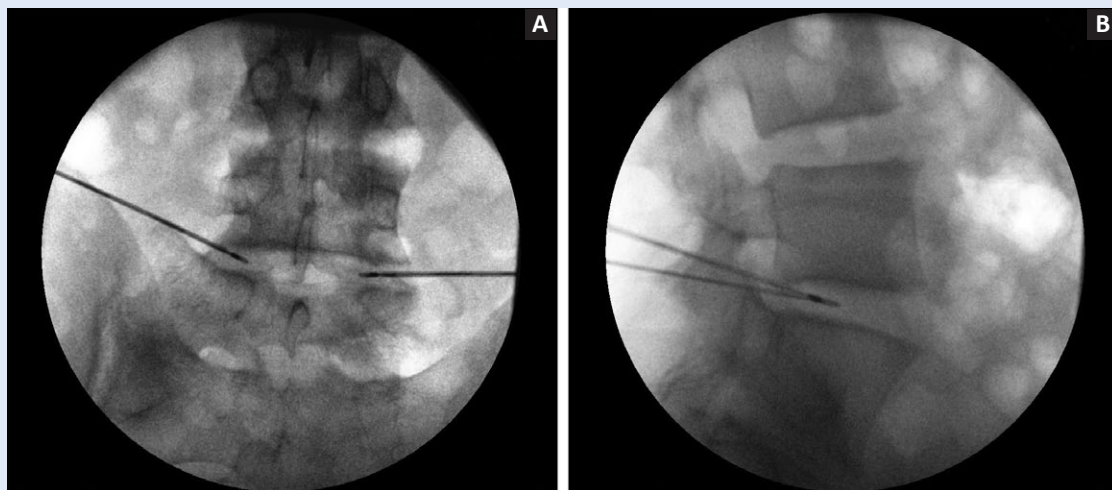
Indikacija za biakuplastiku je verificirani, kronični diskogeni bol koji traje duže od dvanaest tjedana te ne prestaje na konzervativnu terapiju¹¹. *Anulus fibrosus* pri tome, iako može imati radijalne pukotine u svojim vlaknima, ipak mora biti očuvan. Za

biakuplastiku nisu stoga pogodni bolesnici koji imaju ekstruziju diska ili peti stupanj radijalnih fisura po modificiranoj Dallas ljestvici na diskogramu¹². Također, visina intervertebralnog diska mora biti očuvana za više od 50 %, jer se u protivnom biakuplastika ne može izvesti radi opasnosti od toplinskog oštećenja pokrovnih ploha kralješka¹³. Među opće kontraindikacije za ovu proceduru ubrajaju se infekcija na mjestu punkcije, sklonost krvarenju uzrokovana antikoagulansima ili hematološkim bolestima, trudnoća te nemogućnost adekvatne suradnje s bolesnikom¹⁴.

Procedura se izvodi tako da se bolesnik nalazi u pronacijskom položaju. Po potrebi se postavi periferni venski put radi blaže sedacije, no bolesnik za cijelo vrijeme izvođenja procedure mora biti budan. Bolesniku se također tijekom procedure prate rad srca, krvni tlak te oksigenacija.

Pristup prema intervertebralnom disku jednak je kao i za provokacijsku diskografiju i određuje se shodno razini intervertebralnog diska te konkretnim anatomskim odnosima bolesnika. Nakon verifikacije adekvatne razine, te okretanja RTG uređaja u kranio-kaudalnom smjeru u AP projekciji kako bi se maksimalno prikazala visina diska, prelazi se u kosu projekciju od 30 do 45°. U toj se projekciji gornji zglobni nastavak donjeg kralješka superponira na polovini trupa gornjeg kralješka. Iza toga se korištenjem koaksijalne tehnike u intervertebralni disk uvode kanile debljine 18 G

koje na svom završnom dijelu imaju neizolirani vrh u dužini od 10 mm. Optimalna udaljenost vrhova kanila, a shodno tome i vrhova elektroda koje će prolaziti kroz njih, ne bi trebala biti veća od 2,5 cm¹⁵ (slika 1A). Također je važno naglasiti da neizolirani, odnosno aktivni dio kanile koji će činiti denaturaciju, treba biti pozicioniran u stražnjem dijelu *anulus fibrosus*, a ne unutar *nucleus pulposus* (slika 1B). Nakon adekvatnog pozicioniranja kanila, što se pod kontrolom RTG-a verificira u dvije projekcije, kroz njih se uvode elektrode kroz koje se pušta radiofrekventna struja. Maksimalna vršna temperatura elektrode, a samim tim i okolnoga tkiva, je 60 °C, a bipolarno se oštećenje učini u trajanju od 15 min. Brzina podizanja topline dok se ne postigne vršna temperatura iznosi 2 °C/min¹⁵. Kako bi se zone denaturacije još više proširile s lateralnih strana, iza učinjenog bipolarnog oštećenja slijede dva monopolarna oštećenja, svako s jedne strane, koje se vrši u trajanju od 2 min s maksimalnom temperaturom od 60 °C¹⁵. Nakon što je procedura uspješno završena, bolesnik se u pratnji odgovorne osobe otpušta na kućnu njegu uz preporuku nošenja lumbalnog steznika četiri do šest tjedana. Za tri do četiri tjedna nakon procedure slijedi prva redovita kontrola. Učinak biakuplastike ovisi od osobe do osobe, ali u najvećem broju slučajeva traje od nekoliko mjeseci pa do više od godinu dana¹⁵.



Slika 1. A) AP prikaz konačnog položaja elektroda u intervertebralnom disku na razini L4-L5 kod biakuplastike; B) LL prikaz konačnog položaja elektroda u intervertebralnom disku na razini L4-L5 kod biakuplastike.
Figure 1 Final position of the electrodes in the L4-L5 intervertebral disc space during biacuplasty. A) AP view; B) lateral view.

**RADIOFREKVENTNA NEUROABLACIJA
MEDIJALNIH OGRANAKA DORZALNIH
GRANA SPINALNIH ŽIVACA KOD KRIŽOBOLJE
UZROKOVANE DEGENERATIVNIM
PROMJENAMA ZIGAPOFIZEALNIH ZGLOBOVA**

Bolesnici koji pate od križobolje uzrokovane degenerativnim promjenama malih zglobova čine oko 15 % sveukupne populacije bolesnika koji se žale na bolnost u donjem dijelu leđa¹⁶.

Indikacija za ovu minimalno invazivnu terapijsku proceduru kronična je križobolja koja ne prolazi na konzervativnu terapiju, a kod koje je, na temelju pozitivne blokade medijalnih ogranaka dorzalnih grana spinalnih živaca te kliničkog pregleda i anamneze, postavljena sumnja da bi navedena bolnost mogla biti uzrokovana bolešću malih zglobova.

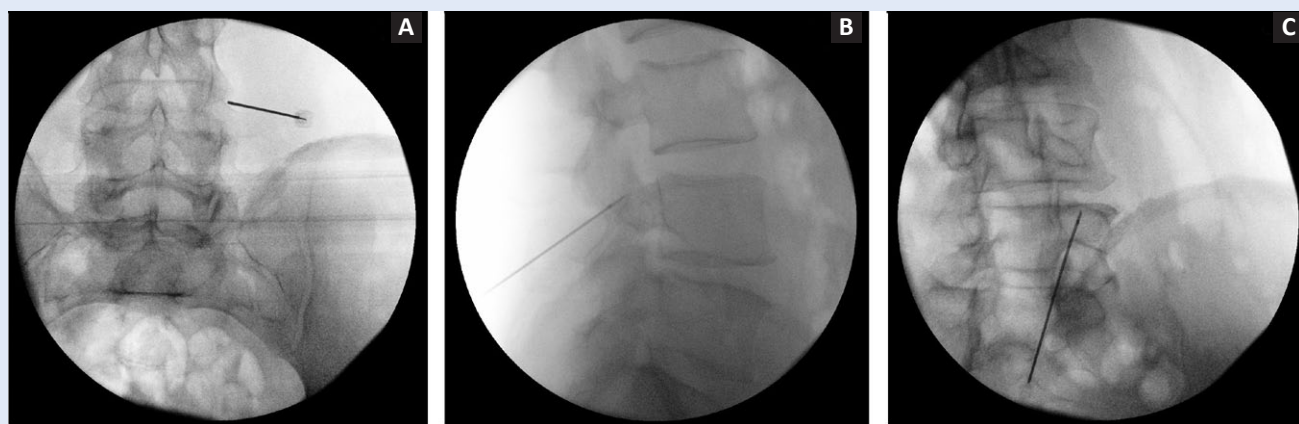
Medijalni ogranci dorzalnih grana spinalnih živaca inerviraju vezivnu čahuru malih zglobova, njihovu sinovijalnu membranu kao i hrskavična zglobna tijela¹⁶. Većina nociceptora ipak se nalazi u vezivnoj čahuri zgloba, a manje ih je u sinovijalnoj membrani te u pokrovnim hrskavicama zglobnih tijela. Svaki zigapofizealni zglob inerviraju dva medijalna ogranka¹⁶. To su jedan medijalni ogranak primarne stražnje grane spinalnog živca iste razine i jedan medijalni ogranak primarne stražnje grane spinalnog živca od nivoa iznad. Tako, recimo, donji pol zgloba L4-L5 inervira medijalni ogranak dorzalne grane spinalnog živca L4, dok njegov gornji pol inervira medijalni ogranak dorzalne grane spinalnog živca L3¹⁶. Medijalni ogranci dorzalne grane lumbalnih spinalnih živaca nalaze se na bazi transverzalnog nastavka, prolaze ispod mamiloakcesornog ligamenta, te su usmjereni prema straga i medijalno^{17,18}. Navedeni se živčani ogranci stoga toplinski oštećuju na bazi transverzalnih nastavaka kralježaka L5 i L4^{19,20}. Dorzalna grana petog lumbalnog spinalnog živca razlikuje se po svom anatomskom položaju od ostalih ogranaka. Na svome putu prema kaudalno ona prolazi u sulkusu između ala sakruma i gornjeg zglobnog nastavka S1 kralješka^{18,21}. Upravo je navedeni sulkus mjesto gdje se vrši njezino termičko oštećenje uporabom radiofrekventne struje.

Kontraindikacije za provođenje RF neuroablacije medijalnih ogranaka dorzalnih grana spinalnih ži-

vaca jednake su kao i za bilo koju drugu invazivnu proceduru. Među najčešće se ubrajaju infekcija na mjestu punkcije, sklonost krvarenju uzrokovana antikoagulansima ili hematološkim bolestima, trudnoća te nemogućnost adekvatne suradnje s bolesnikom.

Postupak provođenja ove minimalno invazivne terapijske procedure sličan je drugim minimalno invazivnim procedurama utoliko što bolesnik leži na trbuhu te se procedura izvodi uz pomoć mobilnog RTG uređaja. Po potrebi se postavi periferni venski put radi blaže sedacije, no bolesnik za cijelo vrijeme izvođenja procedure mora biti budan. Bolesniku se također tijekom procedure prate rad srca, krvni tlak te oksigenacija.

Nakon verifikacije adekvatnog kralješka u AP poziciji RTG uređaj prvo se okreće u kosi položaj za oko 15 – 25°, a potom slijedi kaudalni pomak za 25 – 30°. Potonji otklon RTG uređaja presudno je važan kako bi RF kanila bila što paralelnija s normalnim smjerom živca, čime se postiže maksimalno živčano oštećenje²². Vrh kanile od 18 G koaksijalno se s RTG zrakom dovodi do baze poprečnog nastavka željenog kralješka (slika 2A). Konačni položaj potvrđuje se u LL projekciji, a trebao bi biti na pola puta spoja između gornje plohe poprečnog nastavka i lateralne plohe gornjeg zglobnog nastavka željenog kralješka (slika 2B). Položaj se može potvrditi i u kosoj projekciji (slika 2C). Potom slijedi uvođenje elektrode kroz kanilu te motoričko i osjetno testiranje koje dodatno potvrđuje adekvatan položaj elektrode. Kod motoričkog testiranja koristi se struja frekvencije 2 Hz s postupnim pojačavanjem jačine do 1 V. Osjetno se testiranje vrši strujom od 50 Hz i jačinom do 1 V²³. Ako bolesnik tijekom oba navedena testiranja primijeti samo lokalni osjećaj nelagode ili trnjenje, bez iradijacije u noge, tada znamo da je vrh elektrode dovoljno udaljen od prednje grane spinalnog živca čija bi toplinska ozljeda uzrokovala neprihvatljiv neurološki deficit. Impedancija elektroda treba se kretati u rasponu od 100 do 500 Ω, iako je najčešće između 200 i 300 Ω²³. Ako je impedancija puno niža od navedene, tada je velika vjerojatnost da se elektroda nalazi u tekućem mediju, odnosno u likvoru, a ako je znatno viša od navedene, onda se vrh elektrode nalazi u kosti. Nakon toga slijedi aplikacija 0,5 do 1 ml lokalnog anestetika, kako bi se smanjio osjećaj

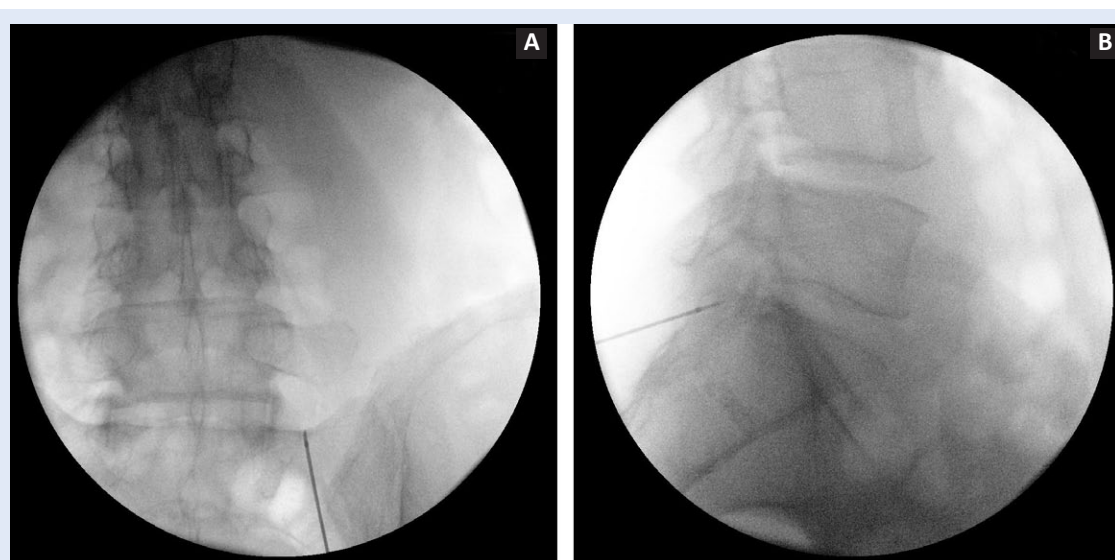


Slika 2. A) AP prikaz konačnog položaja elektrode kod RF neuroablacije medijalnog ogranka dorzalne grane L4 slabinskog spinalnog živca; B) LL prikaz konačnog položaja elektrode kod RF neuroablacije medijalnog ogranka dorzalne grane L4 slabinskog spinalnog živca; C) Kosi prikaz konačnog položaja elektrode kod RF neuroablacije medijalnog ogranka dorzalne grane L4 slabinskog spinalnog živca.
Figure 2 Final position of the RF electrode during L4 medial branch neurotomy.
 A) AP view; B) Lateral view; C) Oblique view.

bola tijekom izvođenja procedure, a potom i sama RF neuroablacija medijalnog ogranka dorzalne grane spinalnog živca. Toplinsko se oštećenje postiže vršnom temperaturom od 85 °C u trajanju od 90 sekundi²³. Kako bi spriječili razvoj neuritisa, kao jedne od rijetkih komplikacija nakon RF neuroablacije, pojedini autori apliciraju kortikosteroide, no njihova je upotreba nakon RF neuroablacije i dalje upitna.

Kao što smo ranije rekli, navedena procedura vrijedi za medijalne ogranke dorzalnih grana spinal-

nih živaca od L1 do L4. U slučaju spinalnog živca L5 toplinski se denaturira njegova dorzalna grana, a ne njezin medijalni ogranak. Navedena se grana toplinski oštećuje u sulkusu koji se nalazi između ala sakruma i gornjeg zglobnog nastavka S1 kralješka²² (slika 3A). Aktivni vrh kanile trebao bi biti u sredini navedenog sulkusa, a konačni se položaj potvrđuje u LL projekciji (slika 3B). Iza prvog oštećenja, a radi veće učinkovitosti i sigurnosti da smo živac dovoljno denaturirali, najčešće slijedi još jedno oštećenje koje se čini 6 – 8 mm kaudal-



Slika 3. A) AP prikaz konačnog položaja elektrode kod RF neuroablacije dorzalne grane L5 slabinskog spinalnog živca; B) LL prikaz konačnog položaja elektrode kod RF neuroablacije dorzalne grane L5 slabinskog spinalnog živca.
Figure 3 Final position of the RF electrode during L5 medial branch neurotomy.
 A) AP view; B) Lateral view.

nije od prethodnog²³. Početni je položaj RTG uređaja sličan kao i za medijalne ogranke, odnosno postavi se u čistu AP projekciju s kaudalnim otklonom od 25 – 30°, stoga za dorzalnu granu L5 RTG uređaj nije potrebno postaviti u kosi položaj.

Nakon što je procedura uspješno završena, bolesnik se u pratnji odgovorne osobe otpušta na kućnu njegu. Za tri do četiri tjedna nakon procedure slijedi prva redovita kontrola. Učinak RF neuroablacije medijalnih ogranaka dorzalne grane spinalnih živaca ovisi od osobe do osobe, ali u najvećem broju slučajeva traje od šest mjeseci, pa do godinu dana. U slučaju ponovne pojave simptoma nakon nekoliko mjeseci, bolesniku se može preporučiti ponovno provođenje RF neuroablacije. Nakon ponovljene procedure, periodi remisije sve su duži i sve je rjeđa potreba za ponovljenim RF zahvatima.

**RADIOFREKVENTNA NEUROABLACIJA
LATERALNIH OGRANAKA SAKRALNIH
ŽIVACA KOD KRIŽOBOLJE UZROKOVANE
OŠTEĆENJEM SAKROILIJAKALNOG (SI)
ZGLOBA**

Kontrolirane studije pokazuju da se prevalencija križobolje, uzrokovana sakroilijakalnim zglobovima, kreće između 13 i 30 %^{24,25}. Kod osoba kod kojih je učinjena fuzija, koja uključuje zadnji mobilni segment slabinske kralježnice, sakroilijakalni zglobovi su izvor križobolje kod 30 – 35 % bolesnika^{26,27}.

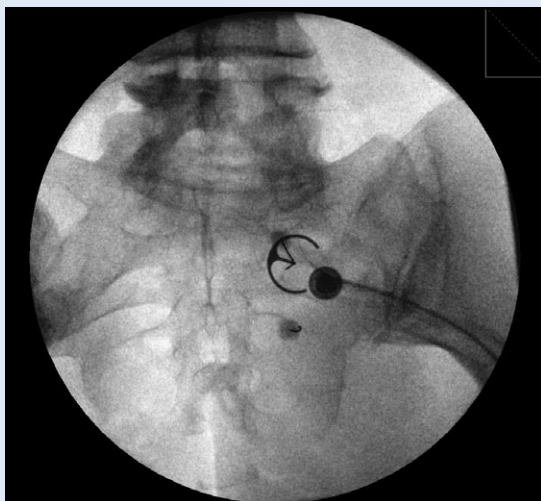
Indikacije za provođenje radiofrekventne neuroablacije lateralnih ogranaka sakralnih živaca pozitivna su intraartikularna blokada SI zgloba i pozitivna blokada navedenih živčanih ogranaka djelovanjem kratkodjelujućeg anestetika²⁸. Uz navedeni uvjet, potrebno je potvrditi bolnost iz sakroilijakalnog zgloba anamnestičkim podacima te specifičnim ortopedskim pregledom. Kontraindikacije za provođenje radiofrekventne neuroablacije lateralnih ogranaka sakralnih živaca sakroilijakalnog zgloba jednake su kao i za bilo koju drugu invazivnu proceduru. Među najčešće se ubrajaju infekcija na mjestu punkcije, sklonost krvarenju uzrokovana antikoagulantima ili hematološkim bolestima, trudnoća te nemogućnost adekvatne suradnje s bolesnikom.

Procedura se izvodi tako da bolesnik leži u pronacijskom položaju. Po potrebi se postavi periferni

venski put radi blaže sedacije, no bolesnik za cijelo vrijeme izvođenja procedure mora biti budan. Bolesniku se također tijekom procedure prate rad srca, krvni tlak te oksigenacija.

RTG uređajem se prvo u AP projekciji jasno prikažu stražnji sakralni forameni. Navedeno se postiže kosim otklonom za 5 – 10° te kranijalnim pomakom za 10 – 25°. Nakon jasnog prikaza stražnjih sakralnih foramena, prema sredini lateralnog ruba sakralnog foramena uvodi se Quinckeova igla od 27 G ili 25 G koja služi isključivo kao oznaka²⁹. Nakon što smo iglom označili lateralni koštani rub željenog sakralnog foramena, na površinu kože postavlja se metalna oznaka u obliku grčkog slova epsilon i to na način da njezin središnji dio dotiče iglu za označavanje, a da pri tome otvoreni dio bude okrenut prema lateralno. Potom slijedi uvođenje ravne kanile širine 18 G s neizoliranim vrhom od 10 mm kojom će se po vanjskom zamišljenom rubu epsilon oznake učiniti po tri toplinska oštećenja na lateralnoj strani svakog stražnjeg sakralnog foramena²⁹. Korištenjem epsilon oznake osigurava se da toplinsko oštećenje bude od 8 – 10 mm udaljeno od lateralnog ruba sakralnog foramena, kako bi se ledirali samo lateralni ogranci, a ne i spinalni živci. Kao i prije svake RF procedure, bolesniku se kroz kanilu aplicira ne više od 1 ml lokalnog anestetika, kako bi se tijekom izazivanja toplinskog oštećenja smanjio osjećaj bola.

Prvo se oštećenje učini u gornjem lateralnom rubu prvog sakralnog foramena (1:30 h), drugo se oštećenje učini na sredini lateralnog ruba prvog sakralnog foramena (4:00 h) (slika 4), dok se posljednje oštećenje učini u donjem lateralnom rubu prvog sakralnog foramena (5:30 h). Isti se postupak, s tri toplinska oštećenja, ponovi potom i na razini drugog sakralnog foramena. Na kraju se učine i dva toplinska oštećenja na ranije opisanim mjestima na kojima se denaturira dorzalna grana L5, koja također inervira sakroilijakalni zglobovi. Oštećenja se postižu vršnom temperaturom od 60 °C u trajanju od 120 sekundi²⁹. Impedancija elektroda, kao i u ostalim RF procedurama, treba se kretati u rasponu od 100 do 500 Ω, iako je najčešće između 200 i 300 Ω²³. Ako je impedancija puno niža od navedene, tada je velika vjerojatnost da se elektroda nalazi u tekućem



Slika 4. AP prikaz dviju tankih spinalnih igala za označavanje foramena, prikaz oznake epsilon te elektrode kojom se vrši srednje oštećenje (4h) lateralne grane S2 spinalnog živca.

Figure 4 AP radiograph showing two small spinal needles, used for foramen denotation, epsilon marker and RF electrode used for S2 lateral branch neurotomy.

mediju, odnosno u likvoru, a ako je znatno viša od navedene, onda se vrh elektrode nalazi u kosti. Kako bi spriječili razvoj neuritisa, kao jedne od rijetkih komplikacija nakon RF neuroablacije, pojedini autori apliciraju kortikosteroide, no njihova je upotreba nakon RF neuroablacije i dalje upitna. Nakon što je procedura uspješno završena, bolesnik se u pratnji odgovorne osobe otpušta na kućnu njegu. Za tri do četiri tjedna nakon procedure slijedi prva redovita kontrola. Učinak RF neuroablacije lateralnih ogranaka sakralnih živaca ovisi od osobe do osobe, no u najvećem broju slučajeva traje od nekoliko mjeseci, pa do više od godinu dana³⁰.

MINIMALNO INVAZIVNE TERAPIJSKE PROCEDURE KOD LUMBOISHIJALGIJE UZROKOVANE STENOMOM SPINALNOG KANALA

Kod bolesnika kod kojih je lumboishijalgija uzrokovana mekotivnom stenozom spinalnog kanala može se primijeniti nekoliko različitih minimalno invazivnih terapijskih procedura. U nastavku ćemo detaljnije opisati samo one najčešće terapijske procedure koje kupiraju bol uzrokovan kompresijom na korijene spinalnih živaca. U njih se ubrajaju epiduralne steroidne injekcije te per-

kutana laserska dekompresija diska. Epiduralne steroidne injekcije mogu se davati korištenjem nekoliko anatomskih pristupa. To su transforaminalne, interlaminarne i kaudalne epiduralne steroidne injekcije.

Kontraindikacije za sve terapijske procedure iste su ili vrlo slične kao i za dijagnostičke zahvate. Među najčešće se ubrajaju infekcija na mjestu punkcije, sklonost krvarenju uzrokovana antikoagulansima ili hematološkim bolestima, trudnoća te nemogućnost adekvatne suradnje s bolesnikom.

Među komplikacije, iako rijetke, ubrajaju se različiti oblici infekcija (epiduralni absces, discitis, meningitis, arahnoiditis), krvarenja (epiduralni ili subduralni hematomi te potkožna krvarenja) te poremećaji kardiovaskularnog sustava (hipotenzija, vazo-vagalna reakcija, tahikardija ili bradikardija). Moguća su također oštećenja živčanih struktura, punkcija duralne vreće s posljedičnom likvorejom kao i termičko oštećenje pokrovnih ploha kralježaka u slučaju perkutane laserske dekompresije diska. Osim navedenih, ponekad se javljaju i različite nuspojave primijenjenih lijekova. U slučaju pojave komplikacija, one su najčešće samoograničavajuće, te ne zahtijevaju posebno liječenje.

Transforaminalna epiduralna steroidna injekcija (TFESI)

Transforaminalnim epiduralnim steroidnim injekcijama nazivamo minimalno invazivne terapijske procedure tijekom kojih se kroz foramen u prednji epiduralni prostor neposredno u blizini korijena spinalnih živaca, pod kontrolom RTG uređaja i uz prethodno davanje kontrastnog sredstva, aplicira veća ili manja doza dugodjelujućeg kortikosteroida te lokalnog kratkodjelujućeg anestetika. Navedenim se postupkom smanjuje upalna reakcija i otok oko komprimiranog živca³¹. Upalna reakcija, kao odraz protrudiranog *nucleus pulposus* koji je došao u kontakt sa spinalnim živcem, uzrokovana je neurofiziološkim i histološkim promjenama koje zasad nisu još sasvim razjašnjene³². Kortikosteroidi smanjuju morfološke i funkcionalne promjene spinalnog živca³³, dok lidokainlorid smanjuje upalu oko živca³⁴ i reducira bol³⁵. Imajući ovo na umu jasno je zašto su rezultati ovih terapijskih procedura bolji kod akutnih lumboishi-

jalgija te onih lumboishijalgija koje su uzrokovane mekotičnim kompresijama. Učinkovitost ove procedure, koja kod bolesnika sa spinalnom stenozom u značajnoj mjeri reducira subjektivni osjećaj bola, iznosi 38 %, dok kod bolesnika s kompresijom na korijene spinalnih živaca uzrokovane protrudiranim diskom iznosi 80 %³⁶.

Ovaj način primjene kortikosteroida puno je selektivniji od dolje opisanog interlaminarnog pristupa, te se koristi u slučajevima kada smo jasno definirali samo jedan simptomatski spinalni živac koji uzrokuje bol.

Procedura se izvodi tako da bolesnik leži na trbuhu na stolu koji je u cijelosti radiolucantan. Mobilni RTG aparat odnosno C-luk pozicionira se tako da se prvo učini AP snimka te se odredi razina željenog spinalnog živca. C-luk se iza toga postavlja u kosi položaj od cca 20 – 30° kako bi se prikazali željeni neuralni foramen na bolnoj strani. Nakon dezinfekcije kože ubodno se mjesto anestezira otopinom 1 % lidokainklorida. Potom slijedi postavljanje spinalne igle od 25 G koaksijalno s RTG zrakom te njezino navođenje prema neuralnom foramenu. Vrh igle treba završiti u gornjem dijelu neuralnog foramena iznad vrha gornjeg zglobnog nastavka donjeg kralješka, odnosno malo ispod pedikla gornjeg kralješka i inferolateralno od *pars articularis*. To mjesto naziva se sigurnim trokutom. Navedeni je trokut s gornje strane omeđen donjim rubom pedikla, lateralnu stranu mu čini zamišljena crta koja se nastavlja uz lateralni rub pedikla, a hipotenuza je sami izlazeći spinalni živac. Potom slijedi primjena 40 – 80 mg metilprednizolonacetata, te 1 – 2 ml 2 % lidokainklorida.

Maksimalna preporučena doza metilprednizolonacetata je 240 mg kroz godinu dana, što su tri do četiri epiduralne blokade, ovisno o primijenjenoj dozi³⁷. Blokade se ponavljaju samo u slučajevima kada su bolesnici na njih adekvatno reagirali, s olakšanjem tegoba za više od 80 % i kada su imali periode remisije od po nekoliko mjeseci.

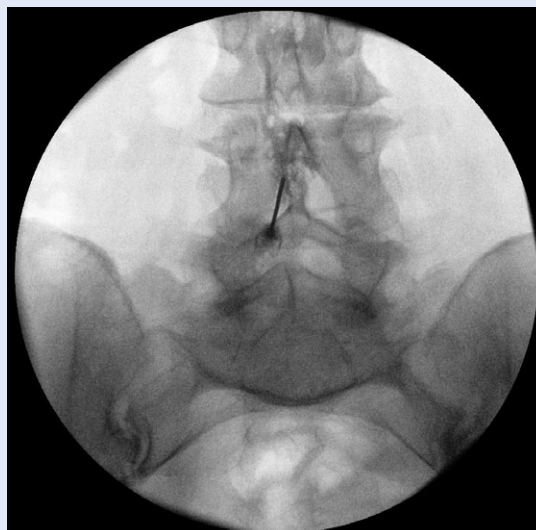
Interlaminarna epiduralna steroidna injekcija (ESI)

Ovaj način primjene kortikosteroida upotrebljava se u situacijama kada se bolesnici žale na obostranu lumboishijalgiju uzrokovanu centralnom

stenozom spinalnog kanala ili u slučajevima kada se ne može sa sigurnošću utvrditi koji je spinalni živac uzrok bolovima. Interlaminarni pristup također se primjenjuje u slučajevima kada se transforaminalnim pristupom s vrhom spinalne igle ne može doći na željeno mjesto radi opsežnih degenerativnih promjena na malim zglobovima te posljedičnom perifernom stenozom.

Za razliku od transforaminalnog pristupa kojim se lijekovi apliciraju u prednji epiduralni prostor, ovim pristupom kortikosteroidi i lokalni anestetik daju se u stražnji epiduralni prostor^{38,39}.

Procedura se izvodi tako da bolesnik leži na trbuhu. RTG uređaj postavi se u AP projekciji tako da se najbolje prikaže interspinozni prostor. Glava RTG uređaja je stoga najčešće okrenuta prema kaudalno za cca 10 – 15°. Touhyjevom iglom od 18 G u koaksijalnoj se tehnici paramedijalno ulazi prema žutom ligamentu. Došavši u blizinu žutog ligamenta, na vrh igle postavlja se šprica s posebno dizajniranim klipom koja omogućava primjenu tehnike gubitka otpora (engl. *loss of resistance*). Pod kontrolom RTG-a igla se polako potiskuje prema naprijed, istovremeno stižući klip šprice. U trenu kada se u šprici osjeti gubitak otpora, vrh igle nalazi se u stražnjem epiduralnom prostoru. Probijanje žutog ligamenta i ulazak u epiduralni prostor bolesnici često spontano prezentiraju kao



Slika 5. AP prikaz širenja kontrastnog sredstva prije interlaminarne primjene kortikosteroida u epiduralni prostor.

Figure 5 AP radiograph showing contrast medium filling before intralaminar epidural injection of corticosteroids.

osjećaj nelagode ili blaže bolnosti, što nam indirektno također potvrđuje da smo na pravome mjestu. Potom slijedi RTG kontrola u LL projekciji. Nakon toga slijedi aplikacija kontrastnog sredstva kako bi se potvrdio epiduralni položaj (slika 5). Od mjesta aplikacije kontrastno se sredstvo najčešće proširuje prema kranijalno, ali i prema kaudalno na obje strane. Ovisno o lokalnim anatomskim odnosima kontrastno se sredstvo proširuje i prema ventralno, tj. prema naprijed. Prilikom korištenja ove tehnike karakteristični su tzv. defekti punjenja kontrasta koji odražavaju epiduralno masno tkivo te epiduralne vene. Nakon verifikacije da se vrh igle nalazi u stražnjem epiduralnom prostoru te da se ne nalazi intravaskularno, najčešće se aplicira 80 mg metilprednizolonacetata i 1 – 2 ml 2 % lidokainklorida.

Kaudalna epiduralna steroidna injekcija (ESI)

Kaudalne epiduralne steroidne injekcije tehnički su najjednostavnije za izvesti, te se koriste u slučajevima kada se radi opsežnih degenerativnih promjena ili deformiteta na kralježnici ne može na drugi način uči u epiduralni prostor. Kao i kod ostalih epiduralnih steroidnih injekcija, ovim se pristupom pomaže bolesnicima koji imaju primarno radikularnu simptomatologiju.

Tijekom ove procedure bolesnik također leži na trbuhu. Pokretni se RTG uređaj za početak postavi u čistu AP projekciju s kaudalnim nagibom od 20 – 30°. Spinalnom iglom od 25 G u koaksijalnoj se tehnici ulazi u projekciji sakralnog hijatusa koji se na koži može palpirati između sakralnih rogova koji se nalaze na kranijalnom dijelu glutealnog rascjepa. Nakon što se vrhom igle prođe kroz sakrokocigealni ligament te se osjeti promjena u otporu, njezin se smjer mijenja tako da se igla položi za 30 – 40° kaudalnije, tj. vodoravnije prema podlozi. U toj se poziciji vrhom igle napreduje za dodatnih 1 – 2 cm. Konačni položaj vrha spinalne igle provjerava se u LL projekciji. S obzirom na to da u ovome dijelu kralježnice najčešće nema značajnijih krvnih žila, pojedini autori ne smatraju nužnim davati kontrast, ali bi se on radi sigurnosti ipak trebao dati. Tek nakon davanja kontrasta možemo nastaviti s primjenom 80 mg metilprednizolonacetata i 1 – 2 ml 2 % lidokainklorida. Uzevši u obzir činjenicu da se korištenjem ovoga

pristupa vrh spinalne igle nalazi dosta kaudalno, a da bi se primijenjeni lijek trebao raspodijeliti na širem epiduralnom prostoru, potrebno je dati veliki volumen otopine. Budući da je ukupni volumen kortikosteroida i lokalnog anestetika oko 4 ml, ostatak do 10 ili 15 ml nadopuni se fiziološkom otopinom.

Perkutana laserska dekompresija diska (PLDD)

Perkutana laserska dekompresija diska minimalno je invazivna terapijska procedura koju je razvio dr. Daniel S. J. Choy krajem osamdesetih godina prošloga stoljeća⁴⁰. Tijekom ove procedure koristi se laserska energija s ciljem evaporacije *nucleus pulposus*. Navedeno se opravdava činjenicom da se diskalno tkivo sastoji od visokog postotka vode, te je izloženo velikom pozitivnom tlaku. Posebno dizajniranim laserom, koji ima koeficijent apsorpcije energije najbolje podešen mekom tkivu diska, predaje se prilagođena količina topline kojom se postiže evaporacija vode iz diska bez dodatnog toplinskog oštećenja okolnih struktura. Evaporacija *nucleus pulposus* smanjuje tlak u disku te posljedično pritisak na korijene spinalnih živaca kod bolesnika koji boluju od hernije intervertebralnog diska. Osim smanjenja tlaka, u disku dolazi i do stvaranja stabilnog intradiskalnog ožiljka koji priječi novu hernijaciju.

Indikacije za ovu proceduru su lumboishijalgija i križobolja koje ne prolaze na konzervativnu terapiju, a uzrokovane su izoliranom protruzijom diska kod koje je održan integritet *anulus fibrosus*. U kontraindikacije za PLDD ubrajaju se spondilolisteza, koštana spinalna stenoza, prethodna operacija na zahvaćenom disku te izrazito sužen intervertebralni prostor^{41,42}. Među moguće komplikacije ove procedure ubrajaju se termičke ozljede živčanih struktura i/ili pokrovnih površina kralježaka, discitis, epiduralni hematomi te eventualna prolazna neurološka oštećenja^{41,43-45}.

Tijekom procedure bolesnik je položen na boku, ležeći na zdravoj strani. Nakon RTG verifikacije željenog intervertebralnog diska, spinalna igla od 18 G do 20 G se perkutano uvodi u sredinu intervertebralnog diska. Položaj igle potvrđuje se RTG uređajem u dvije projekcije. Nakon vađenja stiletta, kroz navedenu se iglu u disk uvodi optička nit koja prelazi vrh igle za 5 mm⁴¹. Za sada još nema

potpune suglasnosti koja je vrsta lasera najbolja za upotrebu ili koja je optimalna dužina trajanja aplikacije laserske energije⁴¹. Najčešće se koriste holmium:yttrium-2aluminum-garnet (Ho:YAG) laser ili neodymium (Nd):YAG laser. Laserska se energija zatim isporučuje s 15 W jačine u impulsima od 0,5 do 1 sekunde, iza čega slijedi stanka u trajanju od 4 do 10 sekundi^{41,46}. Primjena laserske energije vrši se najčešće dok sam bolesnik ne javi subjektivno poboljšanje simptoma ili dok ne primi ukupnu količinu energije od oko 2 000 joula⁴⁷. Tijekom procedure bolesnici mogu osjetiti prolaznu bolnost zbog toplinske energije koja spontano prolazi nakon aplikacije laserske svjetlosti^{46,48}. Iza procedure bolesnici se istoga dana otpuštaju na kućnu njegu, uz preporuku primjene oralnih analgetika i izbjegavanje hiperkifotskih položaja kralježnice kroz dva tjedna. Kroz navedeni je period također potrebno mirovanje te postepeno vraćanje u svakodnevne aktivnosti. Bolesniku se također preporučuje nošenje lumbalnog steznika u periodu od 15 do 30 dana.

Koblacija

Koblacija je druga po redu minimalno invazivna terapijska metoda koja se, uz ranije opisanu perkutane lasersku dekompresiju diska, ubraja u skupinu procedura pod skupnim nazivom nukleoplastike. Budući da i jedna i druga metoda spadaju u istu skupinu minimalno invazivnih procedura, zajedničke su im indikacije, kontraindikacije te potencijalne komplikacije. I sama tehnika izvođenja koblacije vrlo je slična ranije opisanoj kod perkutane laserske dekompresije diska, pa je ovdje stoga nećemo ponavljati.

Za razliku od laserske energije koja se koristi kod metode PLDD, ova minimalno invazivna terapijska procedura uključuje korištenje niskih radiofrekventnih valova. RF sonda naime, generira plazma polje koje razbija molekule unutar *nucleus pulposus*, što uzrokuje smanjenje volumena diska⁴⁹. Time se uklanja 10 – 20 % nukleusa, što dekomprimira disk i posljedično, u spinalnom kanalu, smanjuje pritisak tkiva diska na korijene spinalnih živaca. Pri ovome procesu ne dolazi do značajnog povišenja temperature unutar intervertebralnog diska, čime se izbjegavaju toplinska oštećenja okolnih struktura.

Procedura ukupno traje tridesetak minuta te se bolesnici, sat ili dva nakon uspješno završene procedure, u pratnji odgovorne osobe otpuštaju na kućnu njegu. Učinkovitost koblacije, kod dobro indiciranog bolesnika, jednaka je drugim metodama nukleoplastike te se, ovisno o rezultatima pojedinih autora, kreće između 65 i 70 %⁵⁰.

ZAKLJUČAK

Križobolja i lumboishijalgija, iako u skupini vodećih bolesti modernoga društva, za liječnike koji se bave bolestima kralježnice do današnjih su dana ostale svojevrstan terapijski izazov. Shodno postojanju različitih anatomskih struktura koje uzrokuju križobolju i lumboishijalgiju, kroz povijest su se razvijale različite terapijske tehnike. Do današnjih su se dana najpouzdanijim pokazale minimalno invazivne terapijske procedure koje se izvode pod kontrolnom pokretnog RTG uređaja uz prethodnu aplikaciju kontrastnog sredstva, tijekom kojih se daju kratkodjelujući lokalni anestetik i dugodjelujući kortikosteroid. Uz navedene su procedure u novije vrijeme etablirane i one koje koriste radiofrekventnu struju s ciljem toplinskog oštećenja živčanih završetaka zaduženih za provođenje bolnih impulsa. Radiofrekventna energija koristi se također i unutar intervertebralnog diska, kao što je to slučaj kod biakuplastike i koblacije. Biakuplastika se ubraja u metode anuloplastike, dok se koblacija ubraja u metode nukleoplastike. Korištenje laserske energije, čime se također razvija toplina s ciljem evaporacije vode iz tkiva diska, ima svoje zagovornike kao i oponente. U slučaju dobre indikacije, mišljenja smo da obje metode nukleoplastike imaju podjednako mjesto u liječenju lumboishijalgije.

Na kraju naglašavamo da je primjena svih navedenih minimalno invazivnih terapijskih procedura zamišljena s ciljem izbjegavanja ili barem odgode velikih operacijskih zahvata, jer sve one nedvojbeno pomažu bolesnicima da se na duže vrijeme učinkovito riješe svog bola. Kao i svaka druga invazivna metoda u medicini, i ove terapijske procedure imaju svoje jasno definirane indikacije, kontraindikacije i vrlo rijetke komplikacije. Poštujući navedena pravila u mogućnosti smo vrlo malim zahvatima koji se izvode u lokalnoj anesteziji, bolesnicima u znatnoj mjeri olakšati život.

LITERATURA

1. Križobolja. Pliva zdravlje. Available at: <http://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/3237/Krizobolja.html> Accessed June 13th 2012.
2. Manchikanti L, Boswell MV, Singh V, Benyamin RM, Fellows B, Abdi S et al. Comprehensive evidence-based guidelines for interventional techniques in the management of chronic spinal pain. *Pain Physician* 2009;12:699-802.
3. Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The Epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010;24:769-81.
4. Bogduk N, Tynan W, Wilson AS. The nerve supply to the human lumbar intervertebral discs. *Anat* 1981;132:39-56.
5. Yoshizawa H, O'Brien JP, Thomas-Smith W, Trumper M. The neuropathology of intervertebral discs removed for low-back pain. *Journal of Pathology* 1980;132:95-104.
6. Kottinen YT, Gronblad M, Antti-Poika I, Seitsalo S, Santavirta S, Hukkanen M et al. Neuroimmunohistochemical analysis of peridiscal nociceptive neural elements. *Spine* 1990;15:383-6.
7. Freemont AJ, Peacock TE, Goupille P, Hoyland JA, O'Brien J, Jayson MI. Nerve ingrowth into diseased intervertebral disc in chronic back pain. *Lancet* 1997;350:178-81.
8. Coppes MH, Marani E, Thomeer RT, Oudega M, Groen GJ. Innervation of annulus fibrosis in low back pain. *Lancet* 1990;336:189-90.
9. Coppes MH, Marani E, Thomeer RT, Groen GJ. Innervation of "painful" lumbar discs. *Spine* 1997;22:2342-9.
10. Organ LW. Electrophysiologic principles of radiofrequency making. *Appl Neurophysiol* 1976;39:69-76.
11. Kapural L, Mekhail N. Novel intradiscal biacuplasty (IDB) for the treatment of lumbar discogenic pain. *Pain Pract* 2007;7:130-4.
12. Sachs BL, Vanharanta H, Spivey MA, Guyer RD, Videman T, Rashbaum RF et al. Dallas discogram description. A new classification of CT/discography in low-back disorders. *Spine* 1987;12:287-94.
13. Mekhail N, Kapural L. Intradiscal thermal annuloplasty for discogenic pain: an outcome study. *Pain Pract* 2004;4:84-90.
14. Kapural L, Cata JP, Narouze S. Successful treatment of lumbar discogenic pain using intradiscal biacuplasty in previously discectomized disc. *Pain Pract* 2009;9:130-4.
15. Kapural L. Intervertebral disk cooled bipolar radiofrequency (intradiskal biacuplasty) for the treatment of lumbar diskogenic pain: a 12-month follow-up of the pilot study. *Pain Med* 2008;9:407-8.
16. Cohen SP, Raja SN. Pathogenesis, diagnosis, and treatment of lumbar zygapophysial (facet) joint pain. *Anesthesiology* 2007;106:591-614.
17. Cavanaugh JM, Ozaktay AC, Yamashita HT, King A. Lumbar facet pain: Biomechanics, neuroanatomy and neurophysiology. *J Biomechanics* 1996;29:1117-29.
18. Hirsch C, Ingelmark BE, Miller M. The anatomical basis for low back pain: Studies on the presence of sensory nerve endings in ligamentous, capsular and intervertebral disc structures in the human lumbar spine. *Acta Orthop Scand* 1963;33:1-17.
19. Bogduk N, Wilson AS, Tynan W. The human lumbar dorsal rami. *J Anat* 1982;134:383-97.
20. Bogduk N. The innervation of the lumbar spine. *Spine* 1983;8:286-93.
21. Dreyfuss P, Schwarzer AC, Lau P, Bogduk N. Specificity of lumbar medial branch and L5 dorsal ramus blocks: A computed tomography study. *Spine* 1997;22:895-902.
22. Lau P, Mercer S, Govind J, Bogduk N. The surgical anatomy of lumbar medial branch neurotomy (facet denervation). *Pain Med* 2004;5:289-98.
23. Dreyfuss P, Halbrook B, Pauza K, Joshi A, McLarty J, Bogduk N. Efficacy and validity of radiofrequency neurotomy for chronic lumbar zygapophysial joint pain. *Spine* 2000;25:1270-7.
24. Schwarzer AC, Aprill CN, Bogduk N. The sacroiliac joint in chronic low back pain. *Spine* 1994;20:31-7.
25. Maigne JY, Aivaliklis A, Pfefer F. Results of sacroiliac joint double block and value of sacroiliac pain provocation tests in 54 patients with low back pain. *Spine* 1996;2:889-92.
26. Katz V, Schofferman J, Reynolds J. The sacroiliac joint: A potential cause of pain after lumbar fusion to the sacrum. *Jnl of Spinal Dis and Tech* 2003;16:96-9.
27. Maigne JY, Planchon CA. Sacroiliac joint pain after lumbar fusion. A study with anesthetic blocks. *Eur Spine Jnl* 2005;14:654-8.
28. Kapural L. Sacroiliac joint radiofrequency denervation: who benefits? *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:185-6.
29. Kapural L, Stojanovic M, Sessler DI, Bensitel T, Zovkic P. Cooled radiofrequency (RF) of L5 dorsal ramus for RF denervation of the sacroiliac joint: technical report. *Pain Med* 2010;11:53-7.
30. Kapural L, Nageeb F, Kapural M, Cata JP, Narouze S, Mekhail N. Cooled radiofrequency system for the treatment of chronic pain from sacroiliitis: the first case-series. *Pain Pract* 2008;8:348-54.
31. McCarron RF, Wimpee MW, Hudkins PG, Laros GS. The inflammatory effects of nucleus pulposus. A possible element in the pathogenesis of low back pain. *Spine* 1987;12:760-64.
32. Olmarker K, Rydevik B, Nordborg C. Autologous nucleus pulposus induces neurophysiologic and histologic changes in porcine cauda equina nerve roots. *Spine* 1993;18:1425-32.
33. Olmarker K, Byrd G, Cornfjord M, Nordborg C, Rydevik B. Effects of methylprednisolone on nucleus pulposus induced nerve root injury. *Spine* 1994;19:1803-8.
34. Yabuki S, Kawaguchi Y, Nordborg C, Kikuchi S, Rydevik B, Olmarker K. Effects of lidocaine on nucleus pulposus-induced nerve root injury. *Spine* 1998;23:2383-9.
35. Yabuki S, Kikuchi S. Nerve root infiltration and sympathetic block. *Spine* 1995;20:901-6.
36. Berman AT, Garbarino JL Jr, Fisher SM, Bosacco SJ. The effects of epidural injection of local anesthetics and corticosteroids on patients with lumbosacral pain. *Clin Orthop Relat Res* 1984;144-51.
37. Blankenbaker DG, De Smet AA, Stanczak JD, Fine JP. Lumbar radiculopathy: treatment with selective lumbar nerve blocks – comparison of effectiveness of triamcinolone and betamethasone injectable suspensions. *Radiology* 2005;237:738-41.
38. Botwin KP, Natalicchio J, Hanna A. Fluoroscopic guided lumbar interlaminar epidural injections: A prospective

- evaluation of epidurography contrast patterns and anatomical review of the epidural space. *Pain Physician* 2004;7:77-80.
39. Weil L, Frauwirth NH, Amirdelfan K, Grant D, Rosenberg JA. Fluoroscopic analysis of lumbar epidural contrast spread after lumbar interlaminar injection. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:413-6.
 40. Choy DS. Techniques of percutaneous laser disc decompression with the Nd:YAG laser. *J Clin Laser Med Surg* 1995;13:187-93.
 41. Goupille P, Mulleman D, Mammou S, Griffoul I, Valat JP. Percutaneous laser disc decompression for the treatment of lumbar disc herniation: a review. *Semin Arthritis Rheum* 2007;37:20-30.
 42. Gangi A, Dietemann JL, Ide C, Brunner P, Klinkert A, Warter JM. Percutaneous laser disk decompression under CT and fluoroscopic guidance: indications, technique, and clinical experience. *Radiographics* 1996;16:89-96.
 43. Boulton M, Fraser RD, Jones N, Osti O, Dohrmann P, Donnelly P et al. Percutaneous endoscopic laser discectomy. *Aust N Z J Surg* 2000;70:475-9.
 44. Choy DS, Ascher PW, Ranu HS, Saddekni S, Alkaitis D, Liebler W et al. Percutaneous laser disc decompression. A new therapeutic modality. *Spine* 1992;17:949-56.
 45. Quigley MR. Percutaneous laser discectomy. *Neurosurg Clin N Am* 1996;7:37-42.
 46. Steiner P, Zweifel K, Botnar R. MR guidance of laser disc decompression: preliminary in vivo experience. *Eur Radiol* 1998;8:592-7.
 47. Casper GD, Hartman VL, Mullins LL. Laser assisted disc decompression: an alternative treatment modality in the Medicare population. *J Okla State Med Assoc* 1996;89:11-5.
 48. Liebler WA. Percutaneous laser disc nucleotomy. *Clin Orthop Relat Res* 1995;310:58-66.
 49. Chen YC, Lee SH, Saenz Y, Lehman NL. Histologic findings of disc, end plate and neural elements after coblation of nucleus pulposus: an experimental nucleoplasty study. *Spine J* 2003;3:466-70.
 50. Alexandre A, Coro L, Azuelos A, Pellone M. Percutaneous nucleoplasty for discoradicular conflict. *Acta Neurochir Suppl* 2005;92:83-6.