

*Opšti pregledi/
General reviews*

HIRURŠKO LEČENJE MENIJEROVE
BOLESTI

SURGERY FOR MENIERE'S DISEASE

Correspondence to:

Dr Milan Erdoglija

Klinika za uvo, nos i grlo,
Vojnomedicinska akademija, Beograd
Ul. Crnotravska 17
11000 Beograd
Mob. tel. 0658316009
E-mail: milan.erdoglija@gmail.com

Milan Erdoglija, Nada Milanović, Violeta Jaćimović

Klinika za uvo, nos i grlo, Vojnomedicinska akademija, Beograd

Ključne reči

Menijerova bolest, dekompresija endolimfatičkog sakusa, vestibularna neurektomija, labirintektomija, vestibularna implantacija

Key words

Meniere's disease, endolymphatic sac decompression, vestibular neurectomy, labyrinthectomy, vestibular implantation

Sažetak

Uvod/cilj Hirurško lečenje Menijerove bolesti je indikovano za teške forme ovog oboljenja. Hirurške tehnike koje se primenjuju u lečenju ovog oboljenja mogu biti korektivne i destruktivne. Najviše operacija Menijerove bolesti su učinjene jednom od tri hirurške tehnike, a to su: dekompresija endolimfatičkog sakusa, vestibularna neurektomija i labirintektomija. Vestibularna implantacija je nova hirurška tehnika koja će sigurno ubrzo zauzeti značajno mesto u hirurugiji Menijerove bolesti. Cilj ovog rada bio je sistematski pregled radova o hirurugiji Menijerove bolesti, sumacija otahirurških iskustava i perspektiva novih naprednih hirurških tehnika.

Metode Korišćenjem termina „surgery“ i „Meniere's disease“ sprovedeno je pretraživanje literature obuhvaćeno bazom podataka PubMed (U.S. National Library of Medicine). Pregled literature je obuhvatio petnaestogodišnji period od 1999-2014.g. U obzir su uzeti samo radovi objavljeni na engleskom jeziku.

Rezultati Pregledom literature i korišćenjem termina „surgery“ i „Meniere's disease“ pronađeno je 1931 članak koji su se bavili navedenom temom. Za ovaj pregled je odabrano 29 članaka koji su bili originalni naučni radovi.

Zaključak Hirurško lečenje Menijerove bolesti se unapređuje iz godine u godinu i više zavisi od precizne dijagnostike nego od hirurške tehnike. Idealna hirurška tehnika za lečenje Menijerove bolesti bi bila ona koja rešava problem napada vrtoglavica, bez kolateralne štete i hirurških komplikacija. Ipak neke hirurške tehnike su destruktivne kao labirintektomija ili vestibularna neurektomija, neke su kontroverzne kao dekompresija endolimfatičkog sakusa, a neke zavisne od nošenja pomagala, kao što je vestibularna implantacija. Najbolja hirurška tehnika je ona sa kojom otahirurg ima najviše iskustva.

UVOD

Menijerova bolest zahvata membranozni labirint unutrašnjeg uva, karakteriše se povećanim endolimfatičnim pritiskom a ispoljava trijasom simptoma: napadima vrtoglavice, smanjenjem sluha i zujanjem u uvu kao glavnim simptomima ⁽¹⁾. Povećan pritisak endolimfe u membranoznom labirintu je uzrokovan povećanim stvaranjem endolimfe, poremećajem resorpcije endolimfe ili opstrukcijom endolimfatičkog duktusa ili opstrukcijom i/ili pucanjem dela membranoznog labirinta ⁽¹⁾. Redovni pratilac Menijerove bolesti je i hiperkalijemija endolimfe membranoznog labirinta. Etiologija Menijerove bolesti nije do kraja razjašnjena. Novija istraživanja navode na teoriju da endolimfatični hidrops nije uvek povezan sa Menijerovom bolesti, već da su anatomske i fiziološke varijacije unutrašnjeg uva, potpomo-gnute ishemijskim ili autoimunim poremećajima odgovorne za nastanak Menijerove bolesti ⁽²⁾. Menijerova bolest

se obično javlja kod odraslih, između 20 i 60 godine u proseku najčešće u 4 dekadi života, podjednako kod oba pola ⁽¹⁾. Dijagnoza Menijerove bolesti se postavlja kroz brižljivo uzetu anamnezu i metodom isključenja, kroz sledeće dijagnostičke procedure: audiovestibulomerija, elektronistagmografija, kohlearografija, vizuelni evocirani potencijali moždanog stabla, MR glave sa angiografijom i kontrastom i MSCT temporalnih kostiju ^(1, 2). Lečenje je simptomatsko, medikamentozno i hirurško. U 75% slučajeva Menijerova bolest je lake forme i dovoljna je simptomatska terapija kontrole vrtoglavice i neslana dijeta. U 20% slučajeva Menijerova bolest zahteva duže medikamentozno lečenje diureticima i vazoaktivnim lekovima. U 5% slučajeva Menijerova bolest se leči intratimpanalnim instilacijama sa deksazonom ili gentamicinom, a samo u retkim slučajevima je indikovano hirurško lečenje ^(3, 4). Retki su pacijenti sa progresivnim razvojem bolesti koja dovodi do nastanka teške

forme Menijerove bolesti. Teške forme bolesti se odlikuju učestalim, dugotrajnim, izraženim napadima vrtoglavice, koje radno onesposobljavaju pacijenta u periodu dužem od 6 meseci (5). Kada su iscrpljene sve mogućnosti konzervativnog lečenja, za teške forme Menijerove bolesti indikovano je hirurško lečenje. Hirurško lečenje Menijerove bolesti treba da obezbedi korekciju povećanog endolimfatičkog pritiska, korekciju poremećene funkcije prijema i prenosa aferentnih informacija neurosenzornog epitela vestibularnog dela membranoznog labirinta ili da obezbedi potpunu destrikciju oštećenog vestibularnog neuroepitela. Hirurške tehnike lečenja Menijerove bolesti mogu biti korektivne i destruktivne. Najviše operacija Menijerove bolesti su učinjene jednom od tri hirurške tehnike, a to su: dekompresija endolimfatičkog sakusa, vestibularna neurektomija i labirintektomija (6, 7). Vestibularna implantacija je nova hirurška tehnika koja će sigurno ubrzo zauzeti značajno mesto u hirurgiji Menijerove bolesti.

METODE

Korišćenjem tarmina „surgery“ i „Meniere’s disease“ sprovedeno je pretraživanje literature obuhvaćeno bazom podataka PubMed (U.S. National Library of Medicine). Pregled literature je obuhvatio petnaestogodišnji period od 1999-2014.g. U obzir su uzeti samo radovi objavljeni na engleskom. Članci objavljeni bez apstrakta, nepotpuni članci, članci nedostupni u punom obimu u elektronskom obliku nisu uključeni u pregled.

REZULTATI

Njčešće hirurške tehnike za operaciju Menijerove bolesti su ovde opisane korišćenjem podataka iz pažljivo odabranih 29 naučnih radova iz PubMed baze podataka, gde su prikazane i nove tehnike i tendencije u hirurgiji Menijerove bolesti.

Dekompresija endolimfatičkog sakusa

Endolimfatička dekompresija sakusa je vestibularna neablativna hirurška tehnika za operaciju jednostrane ili obostrane Menijerove bolesti koja obezbeđuje prezervaciju sluha na operisanom uvu. Portmann je 1926.godine (7) prvi izvršio operaciju endolimfatičke dekompresije sakusa. Suština operacije je da obezbedi balans pritiska između endolimfe, perilimfe i likvora, s obzirom da je povećani pritisak endolimfe u membranoznom labirintu najvažniji etiološki faktor nastanka Menijerove bolesti (8).

Operacija endolimfatičke dekomresije sakusa se izvodi transmastooidnim pristupom, skeletizacijom sigmoidnog sinusa do jugularnog bulbosa, prezervacijom dure zadnje lobanjske jame pri čemu se postiže ekspozicija Trautmanovog trougla i pristup endolimfatičkom sakusu. Endolimfatički sakus se nalazi unutra i pozadi od zadnjeg polukružnog kanala u duplikaturi tvrde moždanice. Incizijom endolimfatičkog sakusa se postiže drenaža viška endolimfe, a plasiranjem silastika ili T cevčice sa formira endolimfatičkomastoidni šan za održavanje balansa endolimfe u membranoznom labirintu. Isti efekat se postiže i ako se operacija izvodi retrosigmoidnim pristupom, pri čemu se formira endolimfatičko-subarahnoidalni šant. Za prevenciju fibrozi-

ranja incizije i endolimfatičkog sakusa eksponirani deo endolimfatičkog sakusa se prepokriva fascijom temporalnog mišića. Postoperativni period podrazumeva praćenje pacijenta desetak dana zbog mogućih komplikacija: infekcije, otolikovoreje, meningitisa. U 50-70% slučajeva dolazi do izlečenja Menijerove bolesti, odnosno prestanka napada vrtoglavice, dok je u 90% slučajeva postignuto očuvanje sluha na preoperativnom nivou (9, 10).

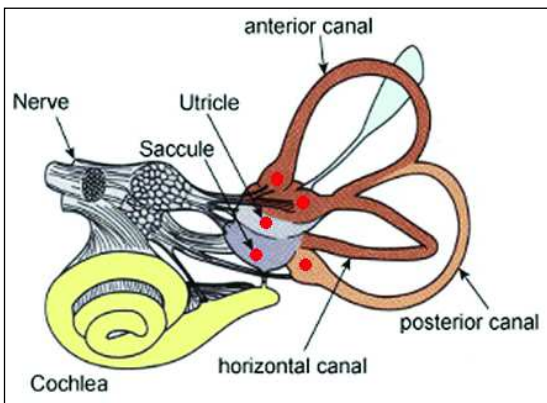
Često se za endolimfatičku dekompresiju sakusa kaže da je kontroverzna hirurška tehnika i da je opravdanost ove operacije kod Menijerove bolesti pod velom sumnje (8, 9). Neretko je zbog anatomskih varijacija temporalne kosti teško identifikovati endolimfatički sakus. Iako se takva operacija završi kao eksploracija odnosno placebo mastoidektomija, za operisane pacijente ona ima isti terapijski efekat kao dekompresija endolimfatičkog sakusa. Veliki broj otahirurga zato ne radi više operaciju dekompresije endolimfatičkog sakusa.

Vestibularna neurektomija

Vestibularna neurektomija je vestibularna ablativna hirurška tehnika za operaciju jednostrane ili obostrane Menijerove bolesti koja obezbeđuje očuvanje sluha na operisanom uvu. Svrha operacije je da se presecanjem veze između perifernog vestibularnog organa i vestibularnih jedara prekine podražaj aferentnih signala neuroepitela vestibularnog dela membranoznog labirinta koji je oštećen kod Menijerove bolesti i odašilje signale o pokretanju glave bez ikakvog reda (11). Prvu sekciju vestibularnog nerva je izvršio Perry 1904.g. (7) zbog vrtoglavice i pre pojave Menijerove bolesti (1926.g.), dok su kasnije Dandy, House i Fish bili rodonačelnici tri hirurška pristupa za operaciju Menijerove bolesti vestibularnom neurektomijom (11, 12). Vestibularna neurektomija se može uraditi retrolabirintnim, retrosigmoidnim pristupom ili pristupom kroz srednju lobanjsku jamu. Bez obzira na hirurški pristup, cilj operacije vestibularne neurektomije je identifikacija vestibularnog nerva u unutrašnjem ušnom kanalu i pontocerebelarnom uglu sa resekcijom vestibularnog Skarpinovog ganglion (11). U zadnjoj polovini unutrašnjeg ušnog kanalu, nalazi se vestibularni nerv koga sačinjavaju utrikuloampularni nerv, sakularni nerv i singularni ili nerv zadnjeg polukružnog kanala. U prednje-gornjem kvadrantu unutrašnjeg ušnog kanala se nalazi facijalni nerv, a u prednje-donjem kvadrantu kohlearni nerv koji su anastomozama vezani za vestibularni nerv. Facijalni nerv je vulnerabilan u unutrašnjem ušnom kanalu, jer nema epineurijum i „pliva“ u likvoru. Resekcijom vestibularnog ganglion se onemogućuje regeneracija nerva. Postoperativni tok je težak sa svakodnevnim napadima vrtoglavice i dugotrajnim oporavkom od 6-8 nedelja, da bi nakon uspostavljanja centralne kompenzacije napadi vrtoglavice prestali. Rezultat operacije je više nego dobar, sa izlečenjem u 94% operisanih pacijenata u sva tri hirurška pristupa, dok je stabilizacija sluha obezbeđena u 51-83% slučajeva, a smanjenje ili prestanak zujanja u operisanom uvu u 50% slučajeva (10, 13, 14, 15).

Labirintektomija

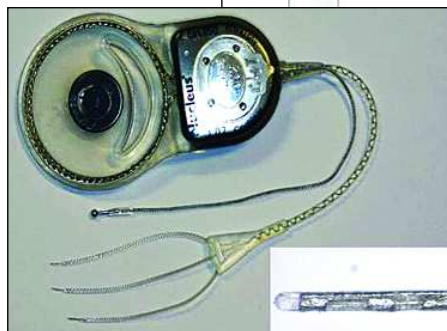
Labirintektomija je vestibularna ablativna hirurška tehnika za operaciju jednostrane Menijerove bolesti sa ireverzibilnim oštećenjem sluha, pri čemu se operacijom postiže arefleksija labirinta i kofoza, odnosno potpuno uništenje sluha na operisanom uvu. Pacijenti kod kojih je indicovana operacija labirintektomija su sa teškim oštećenjem sluha (audiometrijski nalaz pokazuje teže oštećenje sluha od 80dB za četiri govorne frekvencije 0,5, 1, 2 i 4 kHz, a govorna audiometrija slabiju razumljivost od 30%). Takođe to su pacijenti sa nesnosnim zujanjem u istom uvu i učestalim svakodnevnim vrtoglavicama koje traju duže od 6 meseci (16). Labirintektomija podrazumeva mehinačko i hemijsko



Slika 1 Šematski prikaz membranoznog labirinta. Crvene tačke označavaju 5 polja neurosenzornog vestibularnog epitela, odnosno makule utrikulusa i sakulusa i ampularne kriste sva tri polukružna kanala.

uništavanje neurosenzornog epitela membranoznog labirinta, odnosno makula utrikulusa i sakulusa i ampularnih kristi sva tri polukružna kanala (slika 1). Hirurške tehnike labirintektomije je prvi opisao Schuknecth 1957.g. i to su transkanalna i transmastooidna labirintektomija (6).

Transkanalna labirintektomija je manje invazivna hirurška tehnika, kraćeg trajanja operacija, a podrazumeva pristup kroz spoljašnji slušni hodnik sa podizanjem timpanomeatalnog flapa, sa odstranjenjem slušnih koščica inkusa i stapesa, sa podizanjem poklopca medijalnog zida kavuma timpani u projekciji promontorijuma. Zatim se odstrani cekum vestibulare duktusa kohlearisa i neuroepitel makula sakulusa i utrikulusa i na kraju ampularne kriste polukružnih kanala. Transmastooidna labirintektomija je agresivnija hirurška tehnika, dužeg trajanja ali sa boljim uvidom u neuroepitel membranoznog labirinta (14). Nakon mastoidektomije prezentuju se sva tri polukružna kanala i odbruse do ampula polukružnim kanala gde se odstrani neuroepitel ampularnih kristi. Zatim se odbrusi koštani labirint i prikaže utrikulus i sakulus i odstrane makule utrikulusa i sakulusa. Kod obe hirurške tehnike se membranozni labirint ispuni gelfoamom sa gentamicinom sa ciljem dodatne hemijske ablacije eventualno mehanički neodstranjenog neuroepitela (17,18). Postopearivni opo-



Slika 3 Izgled vestibularnog implanta sa delovima koji su slični kohlearnom implantu

ravak sa stabilizacijom vrtoglavica traje mesec dana, do uspostavljanja mehanizama centralne kompenzacije. Uspeh operacije je podjednak u obe hirurške tehnike i iznosi 95%, s tim što je za neuspeh transkanalne labirintektomije, indicovana reoperacija transmastooidnom labirintektomijom (6, 16).

Vestibularna implantacija

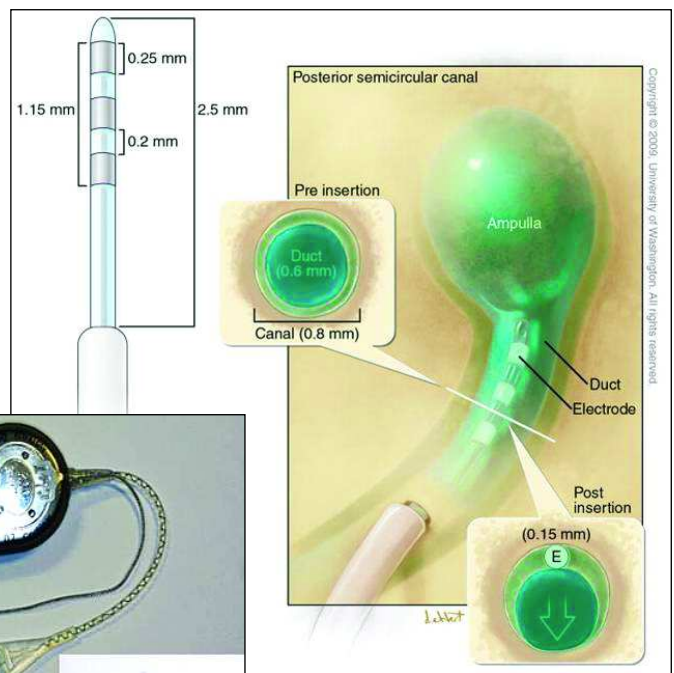
Najnovija dostignuća vezana za hirurško lečenje Menijerove bolesti je vestibularna implantacija koja se zasniva na ugradnji vestibularnog implanta i ponovnoj aktivaciji, odnosno električnoj stimulaciji ugašenog vestibularnog dela labirinta uz prezervaciju sluha (slika 2). Biomedicinska istraživanja u tom pravcu se već desetak godina obavljaju na pacovima, zamorčićima i majmunima, da bi tek od nedavno



Slika 2 Improvizacija pozicije vestibularnog implanta u humanoj populaciji

započela ugradnja istih u humanoj populaciji (19, 20, 21). Objavljen je članak – prikaz slučaja, o ugradnji vestibularnog implanta u časopisu *Otology and Neurotology* (22). Radi se o pacijentu muškarcu 56 godina starosti iz Vašingtona koji se već 8 godina leči od jednostrane Menijerove bolesti i kome su iscrpljene medikamentozne mogućnosti lečenja. Jednu godinu pre implantacije pacijent je imao operaciju dekompresije endolimfatičnog sakusa, ali je korist od ove operacije bila

kratkotrajna, nakon 5 meseci remisije napada vrtoglavice, ubrzo je došlo do vraćanja na staro i ponovne pojave epizoda napada vrtoglavice skoro svakodnevno. Pacijent je mogao da bira između intratimpanalnih instilacija, koje ra-



Slika 4 Princip ugradnje trokanalnih elektroda vestibularnog implanta u perilimfatični prostor ampula polukružnih kanala

nije nije imao, ili hirurškog lečenja labirintektomije, neurektomije vestibularnog nerva ili „de novo“ procedure ugradnje vestibularnog implanta. Pacijent se odlučio za ugradnju vestibularnog implanta. Vestibularni implant je sličan kohlearnom implantu, ima prijemnik - stimulator koji se fiksira na kost lobanje kao kohlearni implant, ima referentu elektrodu i umesto jedne višekanalne elektrode sa kohleu, ima tri trokanalne elektrode za ampule sva tri polukružna kanala (slika 3). Transmastoidnim pristupom se identifikuju plukružni kanalići i kroz perilimfatični prostor se vrši insercija vrha elektrode u dužini od 2,5mm (slika 4). Pozicija elektroda se odmah proverava telemetrijskim merenjem neuralnog otpora stimulacijom prijemnika. Kod pacijenta su dobijeni odgovori superiornog i lateralnog polukružnog kanala dok je odgovor posteriornog polukružnog kanala izostao. Nakon operacije, 6 nedelja je trajao fitting sa mapiranjem i procenom efikasnosti u Menijerovim napadima vrtoglavice. Tokom fittinga pacijent je imao učestale napade vrtoglavice kao i pre operacije. Međutim posle uključivanja vestibularnog implanta napadi vrtoglavice su prestali i u 6 mesečnom praćenju pacijenta zabeležen je samo jedan blaži napad vrtoglavice u trajanju od 1h. Interesantno je da je isključivanjem vestibularnog implanta tokom pomenutog napada vrtoglavice došlo do pojačanja simptoma vrtoglavice, dok je promenom mapirane stimulacije odnosno promenom frekvence i jačine stimulusa došlo do ublažavanja simptoma vrtoglavice. Pacijent je Menijerov napad doživeo kod svoje kuće, tako da je bio edukovan kako da postupi u datom momentu.

Negativna strana vestibularne implantacije je da je došlo do slabljenja sluha od 25dB, što nije bio slučaj u eksperimentalnim studijama na majmunima i zamorčićima, gde je sluh ostao na preoperativnom nivou. U svakom slučaju vestibularni implant tzv „vestibularni pejsmejker“ koji zamenjuje nepostojanje aferentnih informacija u ugašenom vestibularnom labirintu sa programiranim mapiranim stimulacijama koje pacijent može sam da kontroliše, ima perspektivu u hirurškom lečenju Menijerove bolesti, a naročito obostrane vestibularne arefleksije (23).

DISKUSIJA

Hirurgija je našla mesto u lečenju retkih teških formi Menijerove bolesti. Korist od operacije je velika a komplikacije tipa infekcije, otolikovoreje i lezije facijalnog i kohlearnog nerva su retke, što opravdava dalji razvoj hirurških tehnika u operaciji Menijerove bolesti koji traje skoro sto godina. Sredinom prošlog veka se najviše radila operacija dekompresije endolimfatičkog sakusa koja se početkom ovog veka sve manje primenjuje. Vestibularna neurektomija je najzahtevnija operacija što se tiče hirurške tehnike, ali je zato za sada dala najbolje rezultate u kontroli i izlečenju Menijerove bolesti (24). Vestibularna neurektomija je pogodna indikacija za mlade pacijente sa očuvanim sluhom (25).

Postoji povećan rizik od komplikacije lezije facijalnog nerva, dok su druge komplikacije tipa otolikovoreja, infekcije, otitis, meningitis i encefalitis gotovo nezabeležene, što važi i za komplikacije ostalih hirurških tehnika za operaciju Menijerove bolesti. Labirintektomija je destruktivna hirurška tehnika rezervisana za starije pacijente sa jednostranim žrtvovanjem sluha, ali dobrom kontrolom Menijerove bolesti. Ovdje nisu pomenute druge hirurške tehnike kao što su sakulotomija, sakulokohleotomija ili sve popularnija eksplozija srednjeg uva sa direktnim ubrizgavanjem gentamicina u membranozni labirint, zatim tenotomija stapedijalnog mišića i mišića tenzora timpani itd. (26, 27). Budućnost hirurškog lečenja Menijerove bolesti se ogleda u sofisticiranoj tehnologiji za dijagnostiku Menijerove bolesti i vestibularnoj implantaciji (22). MSCT temporalnih kostiju visoke rezolucije, sve prisutniji CT u uskom konusnom polju tzv. "cone beam CT" i MR glave sa angiografijom i kontrastom omogućavaju precizniju dijagnostiku Menijerove bolesti s jedne strane, a sa druge bolje definisanje problema vestibularnog aparata. Tako MR glave sa kontrastom gadolinijumom omogućava odličnu vizuelizaciju vestibularnog nerva i otklanja sumnju da se ne radi o vaskularnoj malformaciji, o tumoru ili demijalizacionim procesima već upravo o Menijerovoj bolesti, dok se ubrizgavanje gadolinijuma intratimpanalno sa prodorom kontrasta u membranozni labirint, može sa MR prikazati endolimfatički hidrops, pa čak i opstrukcija jednog dela membranoznog labirinta, recimo duktusa endolimfatičusa (28, 29). Sofisticirana dijagnostika preciznije dijagnostikuje Menijerovu bolest i otohirurgu olakšava odabir hirurške tehnike u rešavanju teških slučajeva Menijerove bolesti. Takođe preliminarni rezultati vestibularne implantacije govore o velikim mogućnostima ove nove hirurške tehnike. Vestibularna implantacija je sofisticirana hirurška tehnika koja ima prednost u odnosu na destruktivne hirurške tehnike za lečenje jednostranog ili obostranog Menijera a naročito obostrane vestibularne arefleksije (20).

ZAKLJUČCI

- 1) Teški oblici Menijerove bolesti su indikacija za hirurško lečenje.
- 2) Menijerova bolest na jedinom čujućem uvu je "kontraindikacija" za operaciju.
- 3) Hirurški rezultat više zavisi od precizne dijagnostike nego od hirurške tehnike. Ipak neke hirurške tehnike su destruktivne kao labirintektomija ili vestibularna neurektomija, neke su kontroverzne kao dekompresija endolimfatičkog sakusa, a neke zavisne od nošenja pomagala, kao što je vestibularna implantacija. Najbolja hirurška tehnika je ona sa kojom otohirurg ima najviše iskustva.
- 4) Korist od hirurškog lečenja Menijerove bolesti je velika i za rezultat ima izlečenje ili Menijerovu bolest sa blagom kliničkom slikom.

Abstract

Introduction Surgical treatment of Meniere's disease is indicated for severe forms of Meniere's disease. Surgical techniques healing Meniere's disease may be corrective and destructive. Most operations of Meniere's disease have been made to one of three surgical techniques, such as: endolymphatic sac decompression, vestibular neurectomy and labyrinthectomy. Vestibular implantation is a new surgical technique that is going to be very important in surgery for Meniere's disease. The aim of this paper is to make a systematic review of articles about surgery for Meniere's disease, then to make a summation of otosurgical experiences and perspectives of advanced surgical techniques.

Methods Using words „surgery” and „Meniere's disease” we searched literature through database PubMed (U.S. National Library of Medicine). A literature review is included 15 years period of time from 1999 to 2014. We evaluated only articles in English.

Results We found 1931 articles that dealt with the terms „surgery” and „Meniere's disease” from database PubMed. We analysed 29 origin science articles.

Conclusion Surgical treatment of Meniere's disease has been improved from year to year and that is more dependent on accurate diagnosis than the surgical technique. The ideal surgical technique for the treatment of Meniere's disease would be one that solves the problem of vertigo attacks, without collateral damages and surgical complications. So some surgical techniques are destructive as labyrinthectomy or vestibular neurectomy, some are controversial as endolymphatic sac decompression, and some depends on wearing aids, such as vestibular implant. The best surgical technique is the one with which otosurgeon has the most experience.

LITERATURA

1. Da Costa SS, de Sousa LC, Piza MR. Meniere's disease: overview, epidemiology, and natural history. *Otolaryngol Clin North Am.* 2002 Jun;35(3):455-95.
2. Berlinger NT. Meniere's disease: new concepts, new treatments. *Minn Med.* 2011 Nov;94(11):33-6.
3. Ghossaini SN, Wazen JJ. An update on the surgical treatment of Ménière's diseases. *J Am Acad Audiol.* 2006 Jan;17(1):38-44.
4. Hillman TA, Chen DA, Arriaga MA. Vestibular nerve section versus intratympanic gentamicin for Meniere's disease. *Laryngoscope.* 2004 Feb;114(2):216-22.
5. Albera R, Canale A, Parandero F, Ducati A, Lanotte M. Surgical indication in Ménière's disease therapy: clinical and epidemiological aspects. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2011 Jul;268(7):967-72. doi: 10.1007/s00405-011-1490-5.
6. Pullens B, Verschuur HP, van Benthem PP. Surgery for Ménière's disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013 Feb 28;2:CD005395. doi: 10.1002/14651858.CD005395.PMID:23450562
7. Rosenberg SI. Vestibular surgery for Ménière's disease in the elderly: a review of techniques and indications. *Ear Nose Throat J.* 1999 Jun;78(6):443-6.
8. Kitahara T, Horii A, Imai T, Ohta Y, Morihana T, Inohara H, Sakagami M. Does endolymphatic sac decompression surgery prevent bilateral development of unilateral Ménière disease? *Laryngoscope.* 2014 Jan 27. doi: 10.1002/lary.24614. PMID:24464868
9. Kitahara T, Fukushima M, Uno A, Imai T, Ohta Y, Morihana T, Kamakura T, Horii A, Inohara H. Long-term results of endolymphatic sac drainage with local steroids for intractable Meniere's disease. *Auris Nasus Larynx.* 2013 Oct;40(5):425-30. doi: 10.1016/j.anl.2012.11.008. PMID:23273764
10. Moody-Antonio S, House JW. Hearing outcome after concurrent endolymphatic shunt and vestibular nerve section. *Otol Neurotol.* 2003 May;24(3):453-9.
11. Fukuhara T, Silverman DA, Hughes GB, Kinney SE, Newman CW, Sandridge SA, Lee JH. Vestibular nerve sectioning for intractable vertigo: efficacy of simplified retrosigmoid approach. *Otol Neurotol.* 2002 Jan;23(1):67-72.
12. Perez R, Ducati A, Garbossa D, Benech F, Fontanella MM, Canale A, Albera R. Retrosigmoid approach for vestibular neurectomy in Meniere's disease. *Acta Neurochir (Wien).* 2005 Apr;147(4):401-4;
13. Burton H, Firszt JB, Holden T. Hearing thresholds and fMRI of auditory cortex following eighth cranial nerve surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2013 Sep;149(3):492-9. doi: 10.1177/0194599813495179. PMID:23804630
14. De La Cruz A, Borne Teufert K, Berliner KI. Transmastoid labyrinthectomy versus translabyrinthine vestibular nerve section: does cutting the vestibular nerve make a difference in outcome? *Otol Neurotol.* 2007 Sep;28(6):801-8.
15. Colletti V, Carner M, Colletti L. Auditory results after vestibular nerve section and intratympanic gentamicin for Ménière's disease. *Otol Neurotol.* 2007 Feb;28(2):145-51.
16. Teufert KB, Berliner KI, De la Cruz A. Persistent dizziness after surgical treatment of vertigo: an exploratory study of prognostic factors. *Otol Neurotol.* 2007 Dec;28(8):1056-62.
17. Morel N, Dumas G, Nguyen DQ, Mohr E, Hitter A, Schmerber S. Vestibular neurectomy versus chemical labyrinthectomy for disabling Ménière disease. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac.* 2005 Dec;122(6):271-80.
18. Schmerber S, Dumas G, Morel N, Chahine K, Karkas A. Vestibular neurectomy vs. chemical labyrinthectomy in the treatment of disabling Ménière's disease: a long-term comparative study. *Auris Nasus Larynx.* 2009 Aug;36(4):400-5. doi: 10.1016/j.anl.2008.08.001.
19. Rubinstein JT, Bierer S, Kaneko C, Ling L, Nie K, Oxford T, Newlands S, Santos F, Risi F, Abbas PJ, Phillips JO. Implantation of the semicircular canals with preservation of hearing and rotational sensitivity: a vestibular neurostimulator suitable for clinical research. *Otol Neurotol.* 2012 Jul;33(5):789-96. doi: 10.1097/MAO.0b013e318254ec24.
20. Merfeld DM, Lewis RF. Replacing semicircular canal function with a vestibular implant. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck*

Surg. 2012 Oct;20(5):386-92. doi: 10.1097/MOO.0b013e328357630f.

21. Tran H, de Waele C, Beraneck M, Vassias I, Gioanni H, Huy PT, Herman P, Vidal PP, Kania RE. Auditory outcomes after implantation and electrical stimulation of the lateral ampullar nerve in guinea pig. *Ear Hear.* 2012 Jan-Feb;33(1):118-23. doi: 10.1097/AUD.0b013e31822f6726.

22. Golub JS, Ling L, Nie K, Nowack A, Shepherd SJ, Bierer SM, Jameyson E, Kaneko CR, Phillips JO, Rubinstein JT. Prosthetic implantation of the human vestibular system. *Otol Neurotol.* 2014 Jan;35(1):136-47. doi: 10.1097/MAO.0000000000000003.

23. Nabi S, Parnes LS. Bilateral Ménière's disease. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2009 Oct;17(5):356-62. doi: 10.1097/MOO.0b013e3283304cb3.

24. Schlegel M, Vibert D, Ott SR, Häusler R, Caversaccio MD. Functional results and quality of life after retrosigmoid vestibular neurectomy in patients with Ménière's disease. *Otol Neurotol.* 2012 Oct;33(8):1380-5. doi: 10.1097/MAO.0b013e318268d1cd. PMID:22931868

25. Li CS, Lai JT. Evaluation of retrosigmoid vestibular neurectomy for intractable vertigo in Ménière's disease: an interdisciplinary review. *Acta Neurochir (Wien).* 2008 Jul;150(7):655-61; discussion 661. doi: 10.1007/s00701-007-1462-0.

26. Loader B, Beicht D, Hamzavi JS, Franz P. Tenotomy of the stapedius and tensor tympani muscles reduces subjective dizziness handicap in definite Meniere's disease. *Acta Otolaryngol.* 2013 Apr;133(4):368-72. doi: 10.3109/00016489.2012.746470. PMID:23350595

27. Crane BT, Minor LB, Della Santina CC, Carey JP. Middle ear exploration in patients with Ménière's disease who have failed outpatient intratympanic gentamicin therapy. *Otol Neurotol.* 2009 Aug;30(5):619-24. doi: 10.1097/MAO.0b013e3181a66d2b.

28. Scoleri P, Widner SA, Cass SP. An anatomic variant of the anterior inferior cerebellar artery in a patient with Ménière's disease. *Otol Neurotol.* 2001 Jul;22(4):519-25.

29. Seo YJ, Kim J, Choi JY, Lee WS. Visualization of endolymphatic hydrops and correlation with audio-vestibular functional testing in patients with definite Meniere's disease. *Auris Nasus Larynx.* 2013 Apr;40(2):167-72. doi: 10.1016/j.anl.2012.07.009.