

Urša Zabret¹, Katarina Šurlan Popovič²

Vloga radioloških slikovnopreiskovalnih metod v obravnavi bolezenskih sprememb temporalne kosti

Radiologic Imaging Approach to Temporal Bone Pathology

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: temporalna kost, radiološka obravnava, malformacije, vnetja, poškodbe, tumorji, otoskleroza

Temporalna kost s svojo pestro obliko ustvari več votlin: zunanji sluhovod, srednje uho, notranje uho ter notranji sluhovod. Sodobne radiološke slikovnopreiskovalne metode nam omogočajo natančen prikaz teh votlin in njihovih bolezenskih sprememb. Za določeno vrsto preiskave se odločimo na podlagi klinične slike ali glede na del temporalne kosti, ki nas zanima. Pri prevodnih motnjah sluha in za prikaz zunanjega ali srednjega ušesa je osnovna preiskava računalniška tomografija s tehniko visoke ločljivosti v treh ravninah. Pri senzorinevralnih motnjah sluha in za prikaz notranjega ušesa pa uporabljamo preiskavo z magnetno resonanco. Bolezenske spremembe temporalne kosti v grobem delimo na prirojene malformacije, vnetja, poškodbe, tumorje in otosklerozo. Malformacije dokažemo z računalniško tomografijo, s katero zanesljivo prikažemo spremenjeno velikost ali obliko votlin in posameznih struktur v njih. Računalniško tomografijo uporabimo tudi za prepoznavo holesteatoma in vnetnih sprememb kosti, medtem ko je za prikaz vnetij okolnih tkiv in notranjega ušesa primernejša preiskava z magnetno resonanco z gadolinijevim kontrastnim sredstvom. Računalniška tomografija je standardna preiskava za dokaz otoskleroze. Prav tako je na prvem mestu pri poškodbah temporalne kosti, pri sumu na pridruženo parezo obraznega živca pa običajno opravimo še magnetno resonanco. Tumorji temporalne kosti lahko izvirajo iz kateregakoli tkiva, zato za njihovo opredelitev prideta v poštev obe vrsti preiskav.

ABSTRACT

KEY WORDS: temporal bone, radiologic approach, malformation, inflammation, trauma, tumors, otosclerosis.

The temporal bone contains several cavities: external auditory meatus, middle ear, inner ear, and internal auditory meatus. Modern imaging technology enables detailed scanning of the temporal bone and its pathological changes. High resolution computed tomography is the method of choice for conductive hearing loss and the examination of the

¹ Urša Zabret, dr. med., Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1525 Ljubljana; ursa.bones@gmail.com

² Doc. dr. Katarina Šurlan Popovič, dr. med., Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1525 Ljubljana

external or middle ear, while magnetic resonance imaging plays a major role in sensorineural hearing loss and the examination of the inner ear. The temporal bone could be affected by congenital malformations, inflammation, trauma, tumors, and otosclerosis. Computed tomography is used for the detection of malformations such as small cavities, narrow external lumen, and deformed ossicles. This imaging method is also used to detect cholesteatoma and inflammatory changes of the temporal bone. However, the inflammation of adjacent tissues and inner ear inflammation are best presented with magnetic resonance after gadolinium contrast injection. Computed tomography is the method of choice for otosclerosis. Furthermore, it is the first obtained imaging in cases of trauma to the temporal bone. Nevertheless, post-traumatic facial nerve palsy is best detected with magnetic resonance imaging. Due to their origin diversity, both computed tomography and magnetic resonance imaging are methods used for tumor evaluation.

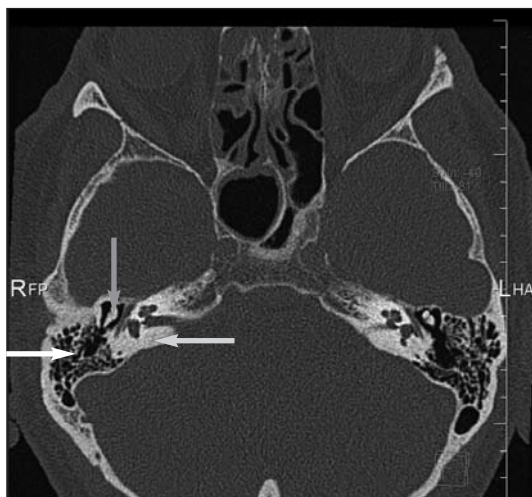
UVOD

Temporalna kost je ena izmed anatomske najbolj pestrih kosti v našem telesu, saj se znotraj nje nahajajo številne žilne in živčne poti ter ravnotežni in slušni organ. Med embrionalnim razvojem je lahko podvržena številnim malformacijam, ki spremenijo anatomijo kosti in s tem njeno funkcionalno vlogo v razvoju sluha in govora otrok. V kasnejšem življenjskem obdobju se klinično izrazijo predvsem vnetja, poškodbe in tumorji. Razvoj radioloških slikovnopreiskovalnih metod pomeni velik korak naprej v diagnostični obravnavi bolezenskih sprememb temporalne kosti. CT predstavlja radiološ-

ko slikovnopreiskovalno metodo izbora za prikaz zunanega in srednjega ušesa. Za popoln prikaz anatomije in bolezni notranjega ušesa pa je potrebna še preiskava z MRI.

Anatomija temporalne kosti

Temporalna kost je lateralno locirana lobanjska kost, v kateri se nahajajo slušni in ravnotežni organ, poti VII. in VIII. možganskega živca, notranja karotidna arterija in jugularna vena (slika 1). Sestavljena je iz timpaničnega, skvamoznega in petroznega dela, ki skupaj oblikujejo več votlin: zunanji sluhovod, bobnična votlina oz. srednje uho, labirint oz. notranje uho ter notranji sluhovod (1, 2).



Slika 1. CT temporalne kosti. Primerno prežračene celice desnega mastoida (bela puščica). Srednje uho s slušnimi koščicami (siva puščica). Notranje uho – notranji sluhovod, polžek in vestibulum (svetlo siva puščica).

Radiološke tehnike slikanja temporalne kosti

Danes nam večrezinski CT omogoča prikaz anatomske strukture temporalne kosti s prostorsko ločljivostjo 230 µm in debelino rezine do 0,1 mm. CT-preiskavo temporalne kosti naredimo s tehniko visoke ločljivosti (angl. *high resolution computed tomography*, HRCT) v treh ravninah – transverzalni, koronarni in sagitalni. Običajno izberemo debelino posameznega reza od 0,4 do 0,7 mm, z rekonstrukcijo do 0,5 mm (2–4).

MRI-preiskavo uporabljamo za prikaz strukture notranjega ušesa in možganovine ali za natančnejšo opredelitev bolezenskih sprememb srednjega in zunanega ušesa, če s CT-preiskavo nismo uspeli postaviti diagnoze. MRI omogoča sočasen prikaz struktur v različnih ravninah. Običajen protokol vključuje T1-poudarjene sekvence z dodatkom kontrasta ali brez in novejša T2-poudarjene sekvence (angl. *constructive interference in steady state*, CISS). S slednjimi lahko prikažemo tekočino tudi znotraj labirinta in

med seboj uspešno razločimo skalo timpani, skalo vestibuli in možganske živce. MRI je edina slikovna metoda, s katero lahko prikažemo bolezenske spremembe vzdolž celotne slušne poti (2–4).

Ko se odločamo za radiološko slikovno-preiskovalno metodo na podlagi klinične slike, velja, da izberemo CT pri bolnikih s prevodno motnjo sluha, MRI-slikanje pa pri sensorinevralni izgubi sluha, tinitusu in vrtoglavici (2–4). Tabela 1 prikazuje najprimernejšo preiskavo za diagnostično obravnavo posameznih sestavnih delov temporalne kosti.

BOLEZENSKA SPREMEMBE TEMPORALNE KOSTI

Bolezenske spremembe temporalne kosti razvrstimo v pet večjih skupin: prirojene malformacije, vnetja, poškodbe, tumorji in otoskleroza.

Prirojene malformacije

Malformacije zunanega in srednjega ušesa imajo enako embriološko zasnovo, zato

Tabela 1. Najprimernejše preiskave za diagnostično obravnavo temporalne kosti. Gd – gadolinijevo kontrastno sredstvo.

	SESTAVNI DEL TEMPORALNE KOSTI	METODA IZBORA
ZUNANJE UHO	Svetlina zunanjega sluhovoda	Klinični pregled otologa
	Timpanična kost	CT
	Temporomandibularni sklep	CT ali MRI (odvisno od bolezenske spremembe)
	Obušesna slinavka	MRI
	Mastoidni del obraznega živca	CT in MRI
SREDNJE UHO	Stene (zgornja, spodnja, zunanja, notranja, sprednja in zadnja)	CT
	Zgornja stena v povezavi z možganskimi ovojnicami, likvorjem in temporalnim režnjem	MRI v koronarni ravnini – T2-poudarjena sekvenca
	Kladivce, nakovalce, stremence	CT v transverzalni, koronarni in sagitalni ravnini
	Patološko mehko tkivo v votlini srednjega ušesa	CT za dokaz prisotnosti tkiva MRI za določitev izvora tkiva
NOTRANJE UHO	Koščeni labirint	CT
	Membranozni del labirinta (endolimfa, perilimfa)	MRI (T1- in T2-poudarjena sekvenca, patološko kopičenje Gd na T1-poudarjeni sekvenci)
	Izstopišče VIII. možganskega živca (ravnotežni živec)	MRI
	Okroglo in ovalno okence	CT v transverzalni in koronarni ravnini

so običajno prisotne istočasno in so vzrok prirojenim prevodnim motnjam sluha. Radiološko jih prikažemo s CT-preiskavo v treh ravninah. Radiolog mora oceniti prehodnost zunanjega sluhovoda, velikost in obliko votline srednjega ušesa, položaj in prisotnost slušnih koščic, velikost okenc in potek obraznega živca (VII.). Malformacija zunanjega ušesa je lahko zoženje ali popolna odsotnost svetline zunanjega sluhovoda, malformacije srednjega ušesa pa so spremenjena oblika, zlepljenost ali popolna odsotnost posamezne slušne koščice. Obrazni živec pri opisanih nepravilnostih pogosto poteka prosto skozi votlino srednjega ušesa, na kar mora biti radiolog še posebej pozoren, saj je obrazni živec zaradi takšne lege med kirurškimi posegi izpostavljen poškodbam (1, 5).

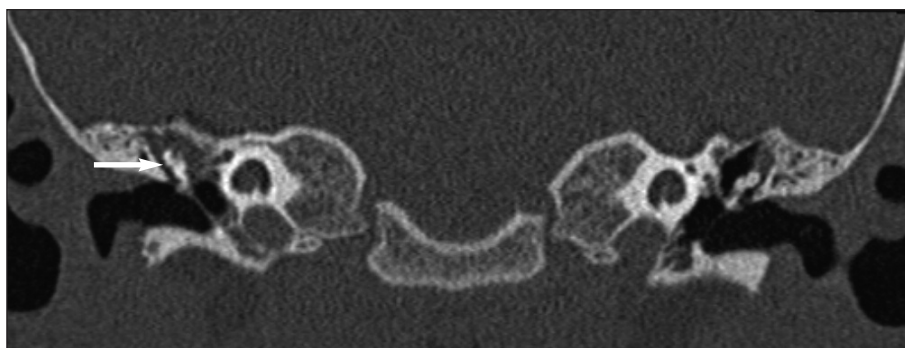
Prirojena senzorinevralna motnja sluha je posledica malformacij notranjega ušesa ali odsotnosti slušnega živca (VIII.). Za njihov prikaz uporabljamo CT-preiskavo, s katero prikažemo koščeni del labirinta in MRI-preiskavo, ki nam omogoči odkritje malformacij membranoznega dela notranjega ušesa in VIII. možganskega živca. Najpogostejše vidimo klinično nepomembno razširitev posteriornih polkrožnih kanalov in vestibularnega akvedukta. Nevarnejša prirojena malformacija je odsotnost koščene pregrade v polžku, ki ločuje endolimfo

(možgansko tekočino) in perilimfo (labirintno tekočino), imenovana tudi Gusherjev sindrom. Pritisk možganske tekočine se tako prenese v labirint, kar med kirurškim posegom na ovalnem okencu povzroči iztekanje labirintne tekočine in posledično popolno gluhost (6, 7).

Vnetja

Vnetja zunanjega sluhovoda so pogost zaplet sladkorne bolezni. Kažejo se kot akutno vnetje kostnine ali osteitis z abscesi v okolišnjih tkivih. Vnetne spremembe kosti prikažemo s CT, okolnih tkiv pa z MRI-preiskavo z gadolinijevim kontrastnim sredstvom (8–10).

Najpogostejša so vnetja srednjega ušesa. Radiološko slikovno diagnostična obravnavanje je potrebna pri odraslem bolniku s seroznim vnetjem srednjega ušesa, brez predhodnih kroničnih vnetij. S CT-preiskavo izključimo prisotnost tumorja ali druge bolezenske spremembe v okolici, ki bi lahko zaprle Evstahijevo cev. Hkrati prikažemo posledice kroničnega vnetja srednjega ušesa, ki se kažejo kot zmanjšana prezračevnost mastoida in votline srednjega ušesa z zaobljenim in vbočenim bobničem. Prisotna je lahko demineralizacija slušnih koščic in timpanoskleroza. Za timpanosklerozo so značilne kalcinacije sluznice, bobniča in ligamentov slušnih koščic (10, 11).



Slika 2. CT temporalne kosti v koronarni ravnini. Mehkotkivna sprememba levo v zgornjem delu votline srednjega ušesa, ki predstavlja holesteatom. Slušne koščice so slabše vidne zaradi demineralizacije, ki jo je povzročil holesteatom (označeno s puščico).

Zaplet kroničnega vnetja srednjega ušesa je sekundarni holesteatom, ki nastane z vbočenjem ploščatega epitelijskega sluznice sluhovoda preko predrtega bobniča v votlino srednjega ušesa. Pri tem se oblikuje t. i. holesteatomska vrečka, v katero se odlagajo odmrle celice, ki se luščijo zaradi slabše prekrvavitve epitelijskega v votlini srednjega ušesa. Rastoča holesteatomska masa lahko uniči stene votline srednjega ušesa, slušne koščice in septa med posameznimi mastoidnimi zračnimi celicami. Za prepoznavo holesteatoma običajno zadostuje CT-preiskava. Na CT-preiskavi ima konveksne robove in običajno leži v zgornjem delu votline srednjega ušesa oziroma epitimpanu (slika 2). Popolna neprestračenost srednjega ušesa na CT-preiskavi onemogoča razlikovanje med holesteatomom, vnetjem ali pooperativnimi spremembami in takrat je potrebna MRI-preiskava. Na T2-poudarjeni sekvenci ima holesteatom značilno zvišan signal, na T1-poudarjeni sekvenci znižan signal, po dodatku gadolinijevega kontrastnega sredstva pa vidimo robno povišan signal. Za holesteatom je značilen izrazito visok signal na difuzijsko obteženem slikanju, kar nam omogoča prepoznavo ostanka ali ponovitve manjših holesteatomov v pooperativnih mehkotivnih spremembah (10, 12–14).

Pri vnetjih notranjega ušesa je slikovnopreiskovalna metoda izbora MRI. Akutni virusni labirinitis ima značilno povišan signal na T1-poudarjenih sekvencah z gadolinijevim kontrastnim sredstvom. Pri bakterijskih vnetjih (meningokoknih ali pnevmokoknih) lahko pride do razraščanja veziva v strukturah notranjega ušesa. Prikažemo jih kot področje znižanega signala na T2-poudarjenih sekvencah znotraj endolimfe. Po dovajanju gadolinijevega kontrastnega sredstva imajo na T1-poudarjeni sekvenci zvišan signal. Razraščanje veziva v strukturah notranjega ušesa lahko onemogoči vstavev polžkovga vsadka pri otrocih, ki so oglušeli po bakterijskem

meningitisu. Zato je bakterijski meningitis z izgubo sluha absolutna indikacija za MRI-preiskavo v vsaj sedmih dneh po izgubi sluha in vstavev polžkovga vsadka še pred razvojem vezivnih sprememb (10, 15).

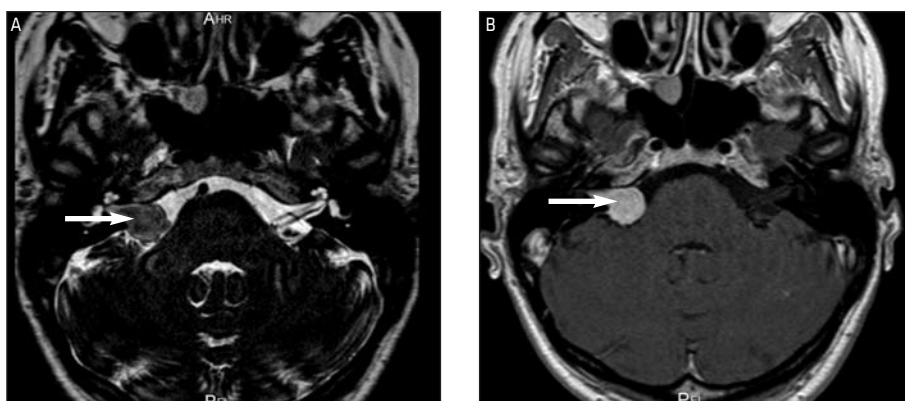
Poškodbe

Poškodbe temporalne kosti so posledica močnega topega udarca v glavo, ki lahko povzroči zlom kostnine, krvavitev v votline ušesa ali poškodbo živcev, žil in ostalih struktur srednjega oz. notranjega ušesa. Pogosto so pridružene tudi poškodbe možganovine (16).

Najpogostejše posledice poškodbe temporalne kosti so motnje sluha obeh vrst in pareza obraznega živca (17). CT-preiskava običajno zadostuje za odkritje vzroka prevodne motnje sluha po poškodbi. Ob premiku dela temporalne kosti zaradi zloma je lahko motena prehodnost zunanega sluhovoda ali votline srednjega ušesa ali pa so vzrok slušnim motnjam zlomljene oz. izpahnjene slušne koščice. Vzroke za sensorinevralno motnjo sluha po poškodbi prikažemo z MRI-preiskavo. Najpogostejši vzrok je krvavitev v labirint, ki jo prepoznamo na T1-poudarjenih sekvencah zaradi visokega signala sveže krvi. Parezo obraznega živca lahko posredno potrdimo s CT-slikanjem, kadar lomna poka poteka skozi kanal obraznega živca v votlini srednjega ušesa. V primeru negativne CT-preiskave je potrebno MR-slikanje, ker je vzrok parezi lahko otekanje in utesnitev živca v prehodu skozi ozek labirint. Signal obraznega živca je v predelu utesnitve in ob fundusu notranjega sluhovoda na T2-poudarjenih sekvencah zvišan. Ob taki najdbi na MRI-preiskavi je za ohranitev delovanja obraznega živca potrebna takojšnja dekompresija (16, 18).

Tumorji

Ker tumorji zrastejo kjerkoli v področju temporalne kosti, za njihovo prepoznavo uporabljamo tako CT- kot MRI-preiskavo. Pri



Slika 3. Tumor VIII. možganskega živca. MRI T2-poudarjena slika v transverzalni ravnini pokaže hipointenzivno tumorsko spremembo v desnem pontocerebelarnem kotu in notranjem sluhovodu vzdolž VIII. možganskega živca (A – označeno s puščico), ki se po gadolinijevem kontrastnem sredstvu na T1-poudarjeni sliki izrazito obarva (B – označeno s puščico).

nekaterih tumorjih uporabimo tudi obe metodi hkrati, ker sta komplementarni.

Če novotvorba vznikne v zunanjem sluhovodu, zoži svetlino in povzroči prevodno motnjo sluha. Zadebelitev stene in klinično pomembnost zožitve svetline ocenimo s CT-preiskavo v transverzalni in sagitalni ravnini. Najpogostejše gre za benigne kostne zadebelitve, t.i. eksostoze koščenega dela zunanjega sluhovoda. Malignomi zunanjega sluhovoda so redki, lahko pa vzniknejo iz sluznice zunanjega sluhovoda ali pa izvirajo iz obušesne slinavke in invazivno vraščajo v timpanično kost. Pri tovrstnih tumorjih je slikovnopreiskovalna metoda izbora MRI s kontrastnim sredstvom (19).

V srednjem ušesu najpogostejše odkrijemo benigne timpanične paragangliome, adenome, meningiome ali nevrome obraznega in slušnega živca, ki jih dobro prikazemo in zamejimo s CT-preiskavo v dveh ravninah. Primarni maligni tumorji so izredno redki. Večinoma gre za metastaze, limfome ali karcinome iz okolice, ki vraščajo v votlino srednjega ušesa (20–22).

Najpogostejša novotvorba notranjega ušesa je nevrinom ali švanom VIII. možganskega živca, ki vznikne v notranjem sluhovodu ali cerebelopontinem kotu (slika 3A in B). Klinično se lahko izraža kot senzori-

nevalna motnja sluha, vrtoglavica ali tinitus. Običajno je enostranski, pri bolnikih z nevrofibromatozo tipa 2 pa se značilno pojavi na obeh straneh. Diagnozo postavimo z MRI-preiskavo. Tumor je dobro viden na T1-poudarjeni sekvenci po dodatku gadolinijevega kontrastnega sredstva, ker ima izrazito zvišan signal. Pri izraženih simptomih je potrebna kirurška odstranitev tumorja. Možen zaplet operacije je izguba sluha, zato je izredno pomembna radiološka izključitev oz. potrditev tumorja na nasprotni strani. Kirurg v primeru obojestranskega tumorja odlašja z operacijo. V vmesnem času se bolnika spremlja z rednimi MRI-preiskavami (15, 23, 24).

Otoskleroza

Otoskleroza pomeni napredujoče zakostenevanje ovalnega okenca in hrustančnih odrastkov ter pretvorbo normalnega koščenega labirinta v nepravilno kostnino. Pogostejše se pojavi pri mladih ženskah in povzroča prevodne motnje sluha. Najboljša metoda za potrditev klinične diagnoze je CT, kjer v začetnem stadiju bolezni vidimo področja hipodenzne oziroma razredčene kostnine pred ovalnim okencem in zadebeljen odrastek stremenca. Redkeje jih lahko vidimo tudi pred okroglim okencem ali

v predelu polžka v notranjem ušesu. Kasneje področja razredčene kostnine nadomestijo sklerotična področja nepravilne kostnine (25, 26).

ZAKLJUČEK

Pri celostni obravnavi bolezenskih sprememb in poškodb temporalne kosti imajo radiološke slikovnopreiskovalne metode

pomembno vlogo. S CT- in MRI-preiskavami prepoznamo, zamejimo in spremljamo bolezenske spremembe ter hkrati vplivamo na pravi izbor zdravljenja. Za radiologa je pomembno dobro poznavanje anatomije temporalne kosti in radioloških značilnosti bolezenskih sprememb, ki jih moramo upoštevati pri izbiri ustrezne radiološke slikovnopreiskovalne metode.

LITERATURA

1. Casselman JW, Mark AS, Butman JA. Anatomy and diseases of the temporal bone. In: Atlas SW, ed. Magnetic resonance imaging of the brain and spine. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. p. 1193–257.
2. Alexander AE, Caldemeyer KS, Rigby P. Clinical and surgical application of reformatted high-resolution CT of the temporal bone. *Neuroimaging Clin N Am*. 1998; 8 (3): 631–50.
3. Fujii N, Inui Y, Katada K. Temporal bone anatomy: correlation of multiplanar reconstruction sections and three-dimensional computed tomography images. *Jpn J Radiol*. 2010; 28 (9): 637–48.
4. Glenn LW. Innovations in neuroimaging of skull base pathology. *Otolaryngol Clin North Am*. 2005; 38 (4): 613–29.
5. Ishimoto S, Ito K, Karino S, et al. Hearing levels in patients with microtia: correlation with temporal bone malformation. *Laryngoscope*. 2007; 117 (3): 461–5.
6. Vrabec JT, Lin JW. Inner ear anomalies in congenital aural atresia. *Otol Neurotol*. 2010; 31 (9): 1421–6.
7. Casselman JW, Offeciers FE, De Foer B, et al. CT and MR imaging of congenital abnormalities of the inner ear and internal auditory canal. *Eur J Radiol*. 2001; 40 (2): 94–104.
8. Rowlands S, Devalia H, Smith C, et al. Otitis externa in UK general practice: a survey using the UK General Practice Research Database. *Br J Gen Pract*. 2001; 51 (468): 533–8.
9. Holten KB, Gick J. Management of the patient with otitis externa. *J Fam Pract*. 2001; 50 (4): 353–60.
10. Hegde AN, Mohan S, Pandya A, et al. Imaging in infections of the head and neck. *Neuroimaging Clin N Am*. 2012; 22 (4): 727–54.
11. Cunningham M, Guardiani E, Kim HJ, et al. Otitis media. *Future Microbiol*. 2012; 7 (6): 733–53.
12. Williams MT, Ayache D, Alberti C, et al. Detection of residual cholesteatoma with delayed contrast-enhanced MR imaging: initial findings. *Eur Radiol*. 2003; 13 (1): 169–74.
13. Vercruyse JP, De Foer B, Pouillon M, et al. The value of diffusion-weighted MR imaging in the diagnosis of primary acquired and residual cholesteatoma: a surgical verified study of 100 patients. *Eur Radiol*. 2006; 16 (7): 1461–7.
14. De Foer B, Vercruyse JP, Spaepen M, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of the temporal bone. *Neuroradiology*. 2010; 52 (9): 785–807.
15. Mafee MF. MR imaging of intralabyrinthine schwannoma, labyrinthitis, and other labyrinthine pathology. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995; 28 (3): 407–30.
16. Johnson F, Semaan MT, Megerian CA. Temporal bone fracture: evaluation and management in the modern era. *Otolaryngol Clin North Am*. Jun 2008; 41 (3): 597–618.
17. Yetiser S, Hidir Y, Gonul E. Facial nerve problems and hearing loss in patients with temporal bone fractures: demographic data. *J Trauma*. Dec 2008; 65 (6): 1314–20.

18. Sartoretti-Schefer S, Scherler M, Wichmann W, et al. Contrast-enhanced MR of the facial nerve in patients with posttraumatic peripheral facial nerve palsy. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1997; 18 (6): 1115–25.
19. Devaney KO, Boschman CR, Willard SC, et al. Tumours of the external ear and temporal bone. *Lancet Oncol.* 2005; 6 (6): 411–20.
20. Alaani A, Chavda SV, Irving RM. The crucial role of imaging in determining the approach to glomus tympanicum tumours. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2009; 266 (6): 827–31.
21. Maroldi R, Farina D, Palvarini L, et al. Computed tomography and magnetic resonance imaging of pathologic conditions of the middle ear. *Eur J Radiol.* 2001; 40 (2): 78–93.
22. Zan E, Limb CJ, Koehler JF, et al. Middle ear adenoma: a challenging diagnosis. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009; 30 (8): 1602–3.
23. Juliano AFT, Maya M, Lo WW, et al. Temporal bone tumors and cerebellopontine angle lesions. In: Som PM, Bergeron RT, ed. *Head and neck imaging*, 5th ed. St Louis: Mosby; 2011. p. 1449–531.
24. Tieleman A, Casselman JW, Somers T, et al. Imaging of intralabyrinthine schwannomas: a retrospective study of 52 cases with emphasis on lesion growth. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008; 898–905.
25. Pulec JL. The cause of otosclerosis. *Ear Nose Throat J.* 1998; 77 (12): 941.
26. Michaels L, Soucek S. Origin and growth of otosclerosis. *Acta Otolaryngol.* 2011; 131 (5): 460–8.

Prispelo 2. 4. 2014