

ОБЕЛЕЖЈА СЕНЗОРИНЕУРАЛНЕ НАГЛУВОСТИ ПОСЛЕ АКУСТИЧНЕ ТРАУМЕ УНУТРАШЊЕГ УВА

Слободан СПРЕМО, Зденко СТУПАР

Клиника за оториноларингологију, Клинички центар „Бања Лука”, Бања Лука, Босна и Херцеговина

КРАТАК САДРЖАЈ

Увод Оштећења у кохлеи после изложености акустичној трауми великог интензитета могу настати услед удруженог дејства неколико фактора, међу којима посебан значај има дејство акустичне енергије на слушне ћелије у Кортијевом органу.

Циљ рада Циљ рада је био да се испита корелација између степена сензоринеуралне наглувости и обележја тоналног аудиограма код испитаника изложених акустичној трауми.

Метод рада Анализирана су 262 аудиограма испитаника изложених акустичној трауми, која су упоређена с налазима 146 аудиограма испитаника који су имали кохлеарно оштећење изазвано исхемијским, дегенеративним или токсичним етиолошким факторима. Испитаници су, према степену наглувости, сврстани у три групе: прву групу су чинили испитаници са благом сензорном наглувошћу (21-40 dB HL), другу испитаници са средњом сензорном наглувошћу (41-60 dB HL), а трећу испитаници са тешком сензорном наглувошћу (>60 dB HL). Према облику и обележјима кривуље прага слуха, дефинисано је пет типова аудиограма: тип 1 односио се на раван аудиограм, тип 2 на оштротропазан аудиограм са падом прага слуха за 2-4 kHz, тип 3 на оштротропазан аудиограм са падом прага слуха већим од 4 kHz, тип 4 на аудиограм са зупцем на 2 kHz, а тип 5 на аудиограм са зупцем на 4 kHz.

Резултати Блага сензорна наглувост утврђена је код 163 ува испитаника изложених акустичној трауми (62,2%), средње тешка наглувост код 78 испитаних ушију (29,8%) уз највећи губитак слуха на 4 kHz и 8 kHz, а тешка наглувост код 21 испитаног увата (8%), што се може приписати и удруженом деловању других етиолошких фактора који су изазвали кохлеарну лезију. Типични облици аудиограма били су: тип 1 (66 испитаника; 25,2%), тип 2 (71 испитаник; 27,1%) и тип 3 (68 испитаника; 25,9%). Конфигурација аудиограма испитаника изложених акустичној трауми статистички се значајно разликовала од типа аудиограма испитаника с кохлеарним оштећењем исхемијског или дегенеративног порекла ($p=0,0005$).

Закључак На основу типа аудиограма и укупног сензорног губитка слуха после изложености акустичној трауми могуће је проценити степен оштећења кохлеје. Смањење функције слуха у распону 2-4 kHz типично је за оштећење кохлеје акустичном енергијом.

Кључне речи: сензоринеурална наглувост; акустична траума; унутрашње уво

УВОД

Акустична траума је чест етиолошки чинилац сензоринеуралног губитка слуха. Она може бити последица изложености звуку великог интензитета у радном окружењу или задесно дејством експлозије у непосредној близини. Акустична траума делује на унутрашње уво двојако: механичком енергијом тзв. бласт-таласа и акустичном енергијом на сензорне ћелије у кохлеи [1-3].

Губитак слуха после изложености акустичној трауми великог интензитета први је описао Грин (Green) 1872. године. Морфолошке промене у кохлеи истражене су после смрти код људи који су били изложени акустичној трауми и током експеримената на животињама [3, 4]. Губитак микроцилија, промена облика ћелија и вакуолизација цитоплазме су промене које се најпре испољавају на спољним слушним ћелијама у Кортијевом органу. Исцрпљење метаболичких процеса у слушним ћелијама продуженом исхемијом после акустичне трауме доводи до хидропса, а потом и до руптуре најпре спољних, а затим и унутрашњих слушних ћелија. Нестанак слушних ћелија у Кортијевом органу следи дегенерација ганглијских ћелија и неуроно слушног живца.

У великом броју студија у којима су приказана обележја слуха и аудиограма после дејства акустичне трауме мишљења аутора о особеностима тоналног аудиограма су веома различита [1, 4, 5]. Објављени су налази једноструког или двоструког пада на 2 kHz или 4 kHz, силазни облик аудиограма или губитак слуха на ниским фреквенцијама.

У нашем раду су истражена обележја аудиограма испитаника који су били изложени деловању акустичне трауме услед експлозије артиљеријских граната. Познавање конфигурације аудиограма и степена губитка слуха после деловања акустичне трауме на кохлеу може бити значајно у диференцијалној дијагнози различитих облика сензорне наглувости.

ЦИЉ РАДА

Циљ рада је био да се испита однос између степена сензоринеуралне наглувости и обележја тоналног аудиограма на основи просечних вредности прага слуха (енгл. *pure tone average* – PTA) код испитаника изложених акустичној трауми.

МЕТОД РАДА

Истраживање је обухватило две групе испитаника: групу А су чинила 132 испитаника изложена акустичној трауми, а групу Б 74 испитаника која су имала кохлеарно оштећење изазвано исхемијским, дегенеративним или токсичним етиолошким факторима. Испитаници групе А су у просеку били стари 44 године (распон: 20-65 година), а испитаници групе Б 46 година (распон: 21-66 година).

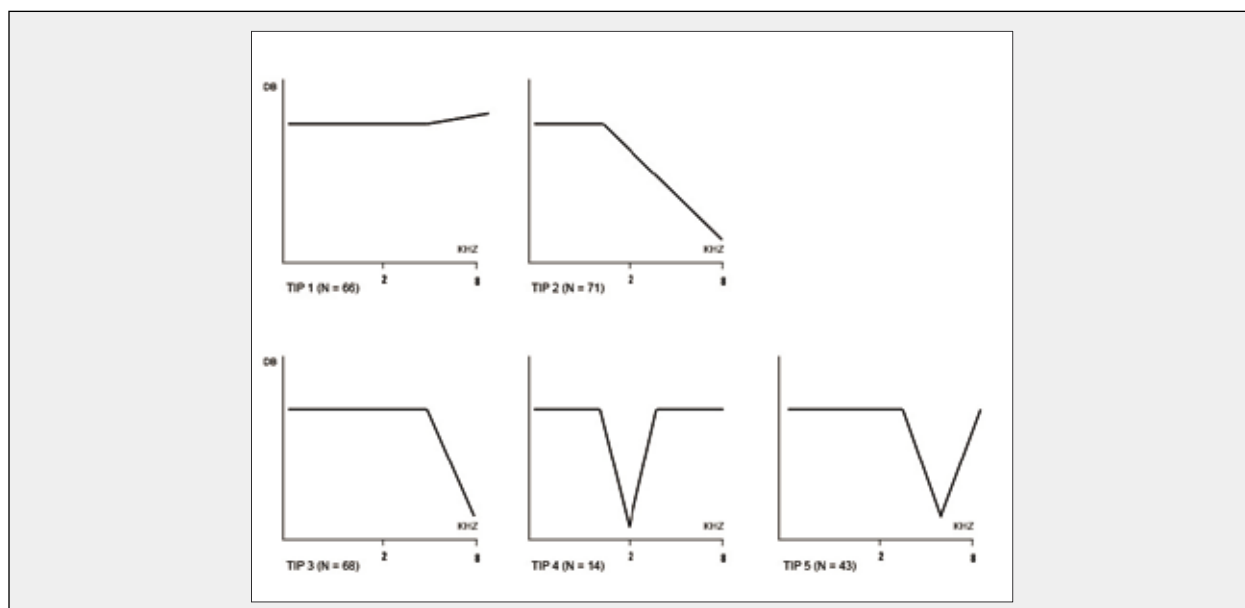
Акустична траума код испитаника била је изазвана оближњим експлозијама артиљеријских граната током борбених активности у Босни и Херцеговини у периоду 1992-1995. године. Етиолошки чиниоци кохлеарног оштећења у контролној групи били су: исхемија, вирусна оштећења и дегенеративне промене у кохлеи. Тонални аудиограм бележен је за оба ува, тако да су анализирана укупно 264 аудиограма у групи А и 146 аудиограма у групи Б. Од тренутка повређивања до тренутка када је истраживање започето протекло је између три и шест година, што значи да се не може очекивати промена обележја тоналног аудиограма с обзиром на начин повреде унутрашњег ува акустичном енергијом. Испитаници су прегледани у Аудиолошком кабинету Клинике за оториноларингологију Клиничког центра у Бања Луци у периоду 2000-2002. године.

Анамнестички подаци су прикупљени да укажу на обољења ува или наглувост која је постојала и пре повреде акустичном траумом. Испитаници за које је утврђено претходно обољење унутрашњег или средњег ува су искључени из истраживања јер је постојала могућност удруженог деловања два или више фактора на слух. Обављен је стандардни оториноларинголошки преглед свих испитаника. Отоскопским ис-

питивањем су процењени интегритет, положај и анатомски детаљи бубне опне. У истраживање су укључени само испитаници с интактним бубном опном. Тонални аудиограм је забележен клиничким аудиометром *Danplex* у тихој комори. Праг слуха за ваздушну и костну водљивост је утврђен за фреквенције: 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz и 8 kHz. Наглувост је квантификована на основу средње вредности прага слуха на фреквенције од 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz и 4 kHz.

Критеријум за укључивање у групу А била је сензоринеурална наглувост која је наступила после повреде ува акустичном енергијом услед експлозије граната артиљеријског оружја. Сви испитаници са мешовитом или проводном наглувошћу су искључени из истраживања јер је испитиван ефекат акустичне трауме на унутрашње уво. Клинички профил испитаника изложених акустичној трауми процењен је на основу степена наглувости и конфигурације тоналног аудиограма. Испитаници су, према степену наглувости, сврстани у три групе: прву су чинили испитаници с благом наглувошћу (21-40 dB HL), другу испитаници с умереном наглувошћу (41-60 dB HL), а трећу испитаници с тешком наглувошћу (више од 61 dB HL).

Конфигурација аудиограма анализирана је према критеријумима Переса (*Perez*) и сарадника [1]. Дефинисано је пет типова аудиограма с обзиром степен промене прага слуха на испитиваним фреквенцијама. Конфигурације и особености ових пет типова аудиограма приказане су на слици 1. Код аудиограма тип 1 вредност прага слуха се не разликује за више од 15 dB на свим испитаним фреквенцијама; код аудиограма тип 2 највећи пад прага слуха одговара фреквенцији од 2 kHz до 4 kHz; код аудиограма тип 3 највећи пад прага слуха одговара фреквенцији 4-8 kHz; аудиограм тип 4 је аудиограм са скотомом (зупчастим па-



СЛИКА 1. Конфигурација пет типова аудиограма код испитаника изложених акустичној трауми (тип 1: раван; тип 2: оштротилазан на 2 kHz; тип 3: оштротилазан на 4 kHz; тип 4: скотомом на 2 kHz; тип 5: скотомом на 4 kHz).

FIGURE 1. Five types of audiogram configurations obtained with patients exposed to acoustic trauma (type 1: flat; type 2: slope at 2 kHz; type 3: slope at 4 kHz; type 4: notch at 2 kHz; type 5: notch at 4 kHz).

ТАБЕЛА 1. Обележја аудиограма испитаника групе А и групе Б.
TABLE 1. Characteristics of audiograms of group A and group B patients.

Праг слуха Hearing threshold	Група Group	Конфигурација аудиограма Audiogram configuration					Укупно Total
		Тип 1 Type 1	Тип 2 Type 2	Тип 3 Type 3	Тип 4 Type 4	Тип 5 Type 5	
21-40 dB HL*	A	47 (28.8%)	39 (23.9%)	33 (20.3%)	11 (6.7%)	33 (20.2%)	163
	B	54 (57.4%)	6 (6.4%)	34 (36.1%)	0 (0%)	0 (0%)	94
41-60 dB HL**	A	11 (14.1%)	30 (38.5%)	25 (32.1%)	3 (3.8%)	9 (11.5%)	78
	B	12 (42.8%)	5 (17.8%)	11 (39.3%)	0 (0%)	0 (0%)	28
>60 dB HL***	A	8 (38.1%)	2 (9.5%)	10 (47.6%)	0 (0%)	1 (4.8%)	21
	B	16 (66.7%)	2 (8.3%)	6 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	24

* $p=0.0005$ (54); ** $p=0.0044$ (15.12); *** $p=0.2134$ (4.48)

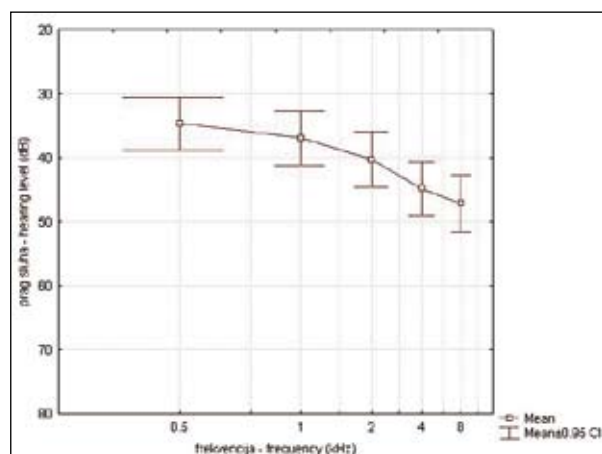
дом прага слуха) у распону 2-4 kHz; аудиограм тип 5 је аудиограм са скотомом у распону 4-8 kHz.

Особености аудиограма су анализирани у корелацији са степеном сензорне наглувости. Статистичка значајност разлика у конфигурацији аудиограма у групама А и Б испитана је применом χ^2 -теста за два независна узорка у програму *Statistica 7*.

РЕЗУЛТАТИ

Средње вредности прага слуха измерене код испитаника групе А и групе Б приказане су у табели 1. Код 163 испитана уха у групи А (62,2%) утврђена је блага сензорна наглувост (до 40 dB HL) уз највећи губитак слуха на 4 kHz и 8 kHz. Типичан облик аудиограма био је тип 1 (28,8%). Конфигурација аудиограма статистички се значајно разликовала од изгледа аудиограма испитаника групе Б ($p=0,0005$). Средње вредности прага слуха са вредностима интервала поверења (CI) испитаника групе А код којих је утврђен тип 1 аудиограма приказане су на графикону 1. Средња вредност прага слуха била је 29 dB, уз уједначену расподелу мерених вредности у фреквентном распону од 250 Hz до 8 kHz.

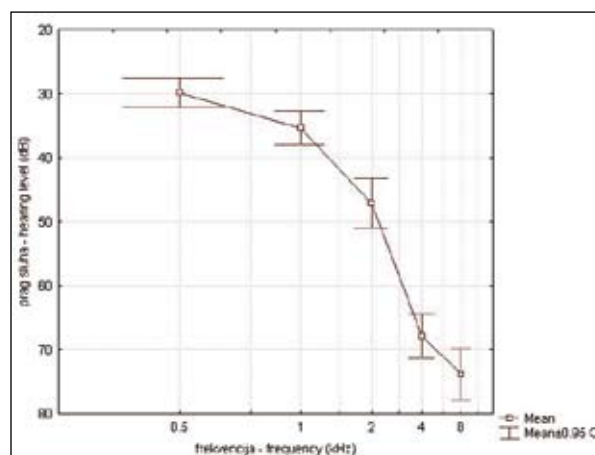
Код 78 испитаних ушију у групи А са средњим степеном сензорне наглувости утврђено је 30 аудиогра-



ГРАФИКОН 1. Средње вредности прага слуха испитаника групе А са аудиограмом тип 1.

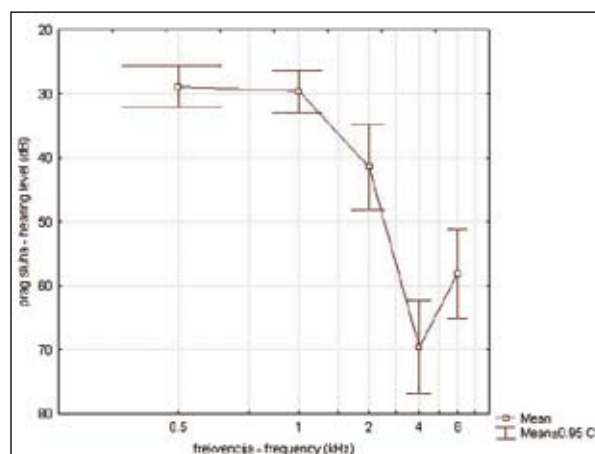
GRAPH 1. Mean hearing threshold values in group A with type 1 audiogram.

ма тип 2 (38,5%) и 25 аудиограма тип 3 (32,1%). Конфигурација аудиограма статистички се значајно разликовала од изгледа аудиограма испитаника групе Б ($p=0,004$). Просечне вредности прага слуха испитаника групе А код којих је утврђен аудиограм тип 2 приказане су на графикону 2. Просечна вредност прага слуха била је 46,6 dB HL, уз асиметричну расподелу измерених вредности, са високим падом слуха на фреквенцијама већим од 2 kHz.



ГРАФИКОН 2. Средње вредности прага слуха испитаника групе А са аудиограмом тип 2.

GRAPH 2. Mean hearing threshold values in group A with type 2 audiogram.



ГРАФИКОН 3. Средње вредности прага слуха испитаника групе А са аудиограмом тип 3.

GRAPH 3. Mean hearing threshold values in group A with type 3 audiogram.

Аудиограм тип 3 утврђен је код 68 испитаних ушију у групи А (25,9%). На графикону 3 приказане су средње вредности прага слуха испитаника групе А код којих је уочен аудиограм тип 3. Утврђена је асиметрична расподела измерених вредности, са највећим падом слуха на 4 kHz и 8 kHz.

Код 21 испитаног ува са тешком сензорном наглувошћу испитаника групе А утврђено је 10 аудиограма тип 3 (47,6%) и два аудиограма тип 2 (9,5%). Конфигурација аудиограма се није статистички значајно разликовала од изгледа аудиограма уочених код испитаника групе Б ($p=0,213$).

Типични облици аудиограма за акустичну трауму били су тип 1, који је забележен код 66 испитаника (25,2%), тип 2, уочен код 71 испитаника (27,1%), и тип 3, утврђен код 68 испитаника (25,9%). Конфигурација аудиограма статистички се значајно разликовала у односу на испитанике с кохлеарним оштећењем исхемијске или дегенеративне етиологије ($p=0,0005$).

ДИСКУСИЈА

Оштећења у кохлеи после изложености акустичној трауми великог интензитета могу бити изазвана удруженим деловањем неколико фактора, међу којима посебан значај има дејство акустичне енергије на слушне ћелије у Кортијевом органу [1-3]. У раду су анализирана 264 аудиограма испитаника који су били изложени дејству акустичне трауме услед експлозије артиљеријских граната, у корелацији с аудиограмима испитаника који су оболели од сензорне наглувости изазване кохлеарним оштећењем, али без повезаности с акустичном траумом. У анализи дејства акустичне енергије на унутрашње уво могуће је поставити два питања: колики је укупан губитак слуха који ће наступити после излагања акустичној енергији великог интензитета, те да ли постоје специфична места оштећења у кохлеи која ће се посредно испољити у обележјима и конфигурацији тоналног аудиограма.

У нашем испитивању код 62,2% испитаника изложена акустичној трауми дијагностикована је блага сензорна наглувост, код 29,7% испитаника средња наглувост, а код 8% испитаника тешка наглувост. Установљено је пет типичних облика тоналног аудиограма према критеријумима Переса и сарадника [1]. Будући да се највећи део акустичне енергије због анатомске организације апсорбује у базалном завоју кохлеје, очекивало се да губитак слуха неће бити равномерно распоређен у слушном пољу. Податак да је код већине испитаника изложених акустичној трауми утврђена блага или средња наглувост сензорног типа, приказане аудиограмом типа 3 и 4, упућује на закључак да је апикални завој изложен мањој количини акустичне енергије у односу на средњи и базални завој кохлеје. Оштећења у кохлеи после акустичне трауме последица су комбинованог деловања акустичне енергије и механичке енергије тзв. бласт-таласа [4, 5].

Исти тип аудиограма за оба ува испитаника, уз уједначен степен сензорне наглувости који није одступао више од 15 dB прага слуха, утврђен је код 78% испитаника изложених акустичној трауми. Истоветне конфигурације аудиограма за оба ува испитаника указују на исти механизам и распоред оштећења сензорних ћелија у Кортијевом органу два ува уколико је интензитет акустичне енергије једнак, као и на то да конфигурација аудиограма није последица случајног догађаја.

Код испитаника изложених акустичној трауми у односу на испитанике с оштећењем кохлеје забележена је статистички значајно већа учесталост аудиограма тип 1, тип 2 и тип 3 ($p=0,0005$ и $p=0,004$), што је у складу с резултатима других аутора [4, 5, 7, 8]. Више аутора заступа тезу да су тип 2 и тип 3 аудиограма последица претежног деловања механичке енергије бласт-таласа, док су тип 4 и тип 5 аудиограма претежно последица дејства акустичне енергије на слушне ћелије у Кортијевом органу [5, 6].

Блага или средња сензорна наглувост уз пад прага слуха у подручју од 2 kHz до 4 kHz су били високо значајни за оштећење кохлеје акустичном енергијом. Код 25% испитаника уочен је раван аудиограм, али уз благу сензорну наглувост, што се сматрало добрим опоравком оштећеног дела кохлеје. Такав став заступа и група аутора која је мерила стање слуха непосредно по повређивању акустичном енергијом и након опоравка [1, 10].

ЗАКЉУЧАК

Тонални аудиограм је користан у диференцијалној дијагнози сензоринеуралне наглувости изазване акустичном траумом у односу на друге етиолошке факторе оштећења унутрашњег ува. Значајан пад прага слуха у распону фреквенција 2-4 kHz је типичан за оштећење кохлеје акустичном енергијом. Сразмерно очуван слух за ниске фреквенције у односу на средње и високе указује на мањи обим оштећења слушних ћелија које се налазе у апикалном завоју кохлеје. Истраживања која ће уследити требало би да укажу на могућност процене опоравка слуха на основу конфигурације тоналног аудиограма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Perez R, Gatt N, Cohen D. Audiometric configurations following exposure to explosions. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2000; 126(10):1249-52.
2. Garth RJ. Blast injury of the ear: an overview and guide to management. Injury 1995; 26(6):363-6.
3. Garth RJ. Blast injury of the auditory system: a review of the mechanisms and pathology. J Laryngol Otol 1994; 108(11):925-9.
4. Mrena R, Savolainen S, Pirvola U, Ylikoski J. Characteristics of acute acoustical trauma in the Finnish Defence Forces. Int J Audiol 2004; 43(3):177-81.
5. Van Campen LE, Dennis JM, Hanlin RC, King SB, Velderman AM. One-year audiologic monitoring of individuals exposed to the 1995

- Oklahoma City bombing. *J Am Acad Audiol* 1999; 10(5):231-47.
6. Nondahl DM, Cruickshanks KJ, Wiley TL, et al. Recreational fire-arm use and hearing loss. *Arch Fam Med* 2000; 9(4):352-7.
 7. Konopka W, Pawlaczyk-Luszczynska M, Sliwinska-Kowalska M, et al. Effects of impulse noise on transiently evoked otoacoustic emission in soldiers. *Int J Audiol* 2005; 44(1):3-7.
 8. Christiansson BA, Wintzell KA. An audiological survey of officers at an infantry regiment. *Scand Audiol* 1993; 22(3):147-52.
 9. Plontke SK, Dietz K, Pfeffer C, Zenner HP. The incidence of acoustic trauma due to New Year's firecrackers. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2002; 259(5):247-52.
 10. Sprem N, Branica S, Dawidowsky K. Vasodilator and vitamins in therapy of sensorineural hearing loss following war-related blast injury: retrospective study. *Croat Med J* 2001; 42(6):646-9.

CHARACTERISTICS OF SENSORINEURAL HEARING LOSS SECONDARY TO INNER EAR ACOUSTIC TRAUMA

Slobodan SPREMO, Zdenko STUPAR

Otorhinolaryngology Clinic, Clinical Centre, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

INTRODUCTION Cochlear damage secondary to exposure to acoustic trauma is the consequence of the acoustic energy effects on the hearing cells in Korti's organ.

OBJECTIVE The objective was to assess the correlation between the degree of sensorineural hearing loss and the type of audiogram registered in acoustic trauma exposed patients.

METHOD We analysed 262 audiograms of patients exposed to acoustic trauma in correlation to 146 audiograms of patients with cochlear damage and hearing loss not related to acoustic trauma. "A" group consisted of acoustic trauma cases, while "B" group incorporated cases with hearing loss secondary to cochlear ischaemia or degeneration. All audiograms were subdivided with regard to the mean hearing loss into three groups: mild (21-40 dB HL), moderate (41-60 dB HL) and severe (over 60 dB HL) hearing loss. Based on audiogram configuration five types of audiogram were defined: type 1 flat; type 2 hearing threshold slope at 2 kHz, type 3 hearing threshold slope at 4 kHz; type 4 hearing threshold notch at 2 kHz; type 5 notch at 4 kHz.

RESULTS Mild hearing loss was recorded in 163 (62.2%) ears in the acoustic trauma group, while in 78 (29.8%) ears

we established moderate hearing loss with the maximum threshold shift at frequencies ranging from 4 kHz to 8 kHz. The least frequent was profound hearing loss, obtained in 21 (8%) audiograms in the acoustic trauma group. Characteristic audiogram configurations in the acoustic trauma patient group were: type 1 (N=66; 25.2%), type 2 (N=71; 27.1%), and type 3 (N=68; 25.9%). Audiogram configurations were significantly different in the acoustic trauma group in comparison to the cochlear ischaemia group of patients ($p=0.0005$).

CONCLUSION Cochlear damage concomitant to acoustic trauma could be assessed by the audiogram configuration. Preserved hearing acuity at low and mild frequency range indicates the limited damage to the hearing cells in Korti's organ in the apical cochlear turn.

Key words: hearing loss; noise-induced; inner ear

Slobodan SPREMO
Kordunaška 4, Banja Luka
Bosna i Hercegovina
Tel.: 051 308 878
E-mail: sprema@blic.net