

ПРОМЕНЕ ПАРАМЕТАРА АКУСТИЧКОГ РЕФЛЕКСА ПОД ДЕЈСТВОМ БУКЕ

Љубица ЖИВИЋ, Ђорђе ЖИВИЋ

ОРЛ одељење, КБЦ „Крагујевац”, Крагујевац

КРАТАК САДРЖАЈ: Акустички, стапедијални рефлекс представља одговор м. стапедијуса на звучни надражај супраговорног интензитета. Саставни је део импеданцметријског испитивања, изводи се на истом апарату после тимпанометрије и неодвојиви је део у тумачењу импеданцметријских налаза. До сада најчешће праћени параметри акустичког рефлекса јесу: праг, амплитуда, излазни и улазни угао кривуље рефлекса. Циљ рада је био да се изврши детаљна анализа наведених параметара код радника изложених прекомерном дејству индустријске буке познатих физичких карактеристика (у различитом трајању) и да се установи до којих промена је дошло у наведеним параметрима код тих радника, у ком степену и под којим условима. Испитивањем су обухваћена 173 индустријска радника (346 ушију) који раде у радној јединици „Ковачница”, где се у току радног процеса ствара бука изнад дозвољених граница и неповољног фреквентног састава. Радници су подељени у две групе. Прву групу су чинили они који читаво радно време проводе у хали са буком изнад дозвољених граница, а другу радници чији је боравак у истој хали износио три часа радног времена дневно. Контролну групу су чинили радници који су све време проводили у хали, али нису имали оштећење слуха. Радници прве и друге групе су имали оштећење слуха настало искључиво као последица хроничне акустичке трауме. Код свих радника је узимана анамнеза, одређиван ОРЛ статус и вршено аудиометријско и импеданцметријско испитивање – тимпанометрија и акустички рефлекс. Резултати су показали да је праг акустичког рефлекса на 500 Hz и 1000 Hz код прве групе (95,10 dB) повећан у односу на праг рефлекса друге и контролне групе (84 dB). На вишим фреквенцијама (2000 Hz и 4000 Hz) нађено је повећање прага рефлекса код прве и друге групе (96 dB) у односу на контролну (87 dB). Амплитуда акустичког рефлекса је на фреквенцијама од 500 Hz и 1000 Hz (3,38) повећана у односу на другу (2,78) и контролну групу (2,36), а на вишим фреквенцијама је повећање израженије. Улазни угао кривуље рефлекса се код прве и друге групе кретао од 41° до 50°, а код контролне групе од 31° до 50°. Излазни угао је код највећег броја ушију прве и друге групе био од 26° до 35°, а код контролне групе од 16° до 35°. Акустички рефлекс, као неинвазивна метода, краткотрајна, објективна и једноставна за примену, не захтева сарадњу радника, што даје објективност добијеним резултатима, те су тиме избегнуте погрешне процене, импресије и субјективне реакције радника.

Кључне речи: акустички рефлекс, бука.

УВОД

Акустички, стапедијални рефлекс је саставни део импеданцметријског испитивања, објективне методе којом испитујемо скривене структуре средњег и унутрашњег ува, и представља одговор м. стапедијуса на звучни надражај супраговорног интензитета. Изводи се на истом апарату после тимпанометрије и неодвојив је део у тумачењу импеданцметријских налаза.

Лушер (*Luscher*) је први 1929. године описао стапедијални рефлекс, употребљавајући мишић стапедијуса као показатеља слушне функције [1]. У својим експериментима приметио је да код зечева долази до „глувоће” рефлекса, а одговор стапедијалног рефлекса је отежан после петоминутног излагања одређеном нивоу буке.

Мерење слушне акустичке импеданције звучном стимулацијом постало је значајан дијагностички фактор захваљујући радовима Меца, Линдена, Јергера и других [2–6]. Оно нам омогућује боље упознавање са статичким и динамичким карактеристикама стапедијалног рефлекса као важних елемената у оцени стања трансмисионог апарата, рефлексног лука м. стапедијуса, у разликовању ретрокохлеарних од ендокохлеарних оштећења, објективном одређивању прага слуха, објективном представљању рекрутмана, месту парализе н. фацијалиса и друго.

Радови Борга, Нилсона, Закрисона и Браска истичу значај акустичког рефлекса у процени аудитивних ефеката буке [7–12].

Акустички рефлекс се изводи чистим тоновима, и то најчешће од 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz и 4000 Hz супраговорног интензитета, као и белим шумом. Контракцијом м. стапедијуса долази до укрупњавања ланца слушних кошчица, што повећава импеданцију која се преко бубне опне одражава на количину рефлектоване енергије емитованог звука. Све се то региструје на волтметру, а графички се може приказати у виду кривуље стапедијалног рефлекса.

До сада најчешће праћени параметри акустичког рефлекса јесу: праг, амплитуда, улазни и излазни угао.

Праг стапедијалног рефлекса се добија најмањим интензитетом звука који може да изазове контракцију мишића, а графички то је она видљива дефлексија криве која почиње надражајем а завршава се његовим престанком. Звучна стимулација иде преко акустичког нерва, а њена јачина се креће од 70 dB до 100 dB по Дјупсленду, односно од 70 dB до 95 dB по Јепсену [13].

Амплишуда акустичког рефлекса представља динамичку промену акустичке импеданције која је резултат контракције интраауралних мишића. Посебно су је изучавали Фрајс (*Freis*) и Валенца (*Valenza*) (1975)

и према њиховом мишљењу повећање амплитуде од две јединице до пет јединица 10 dB изнад прага рефлексије је за нормално уво. На почетку контракције м. стапедијуса крива која се бележи заклапа са хоризонталном равни угао који називамо *улазни угао*. Валенца је посебно изучавао ове углове и дошао до закључка да се улазни угао налази у границама од 31° до 69° и зависан је од брзине којом се одиграва читав циклус контракција [1]. На крају контракције м. стапедијуса крива која се бележи заклапа са хоризонталном равни угао који се назива *излазни угао*. Валенца је такође закључио да се излазни угао креће од 16° до 68° [1]. Бука примарно делује на слух као примарни орган свих звучних дражи. Дејство буке, било да се ради о краткотрајном дејству јаке буке, или дугим дејству буке нешто слабијег интензитета, одвија се тако што најпре бивају оштећени високи тонови, нарочито око 4000 Hz , јер су они смештени у базалном завоју – који је и први на удару звучним таласима – будући да је то најслабије исхрањен предео [14]. Аудиограм код особа осетљивих на штетно дејство буке, а који су изложени прекомерном дејству буке показује у почетном стадијуму скотом на 4000 Hz од 30 до 35 dB . Ако бука и даље делује, скотом се продубљује, оштећење захвата и ниже фреквенције, док после 25-30 година радног стажа доводи до тешког перцептивног оштећења слуха.

ЦИЉ РАДА

Циљ рада је био да се изврши детаљна анализа параметара акустичког рефлекса код радника који су изложени прекомерном дејству индустријске буке познатих физичких карактеристика у различитом трајању. Ова анализа вршена је код радника са различитим степеном оштећења слуха, у поређењу са радницима који су имали практично нормалан слух а радили су под истим условима.

Значај испитивања је у томе да се потврди хипотеза о корисности увођења акустичког рефлекса у батерију тестова за сложену процедуру борбе против штетног деловања буке.

МЕТОД РАДА

Испитивањем је обухваћена група од 173 индустријска радника (346 ушију) који раде у радној јединици „Ковачница”, где се у току радног процеса ствара бука изнад дозвољених граница неповољног фреквентног састава. Радници су подељени у три групе. Прву групу су чинили радници који читаво радно време проводе у хали са буком изнад дозвољених граница – 132 радника (264 уха). Другу групу су чинила 42 радника (84 уха) чији је боравак у хали износио три сата радног времена дневно. Трећу – контролну – групу чинили су радници који су све време проводили у хали, али нису имали оштећење слуха. Радници прве и друге групе су имали различите сте-

пене оштећења слуха који су настали искључиво као последица хроничне акустичке трауме. Код свих радника је узимана анамнеза, одређиван ОРЛ статус, вршена су аудиометријска и импеданцметријска испитивања – тимпанометрија и акустички рефлекс.

Испитивање акустичког рефлекса смо вршили на 500 Hz , 1000 Hz , 2000 Hz и 4000 Hz чистим тоновима, контралатералном и ипсилатералном стимулацијом на апарату *Interacustics AZ 70*. Кривуља је бележена X-Y писачем.

РЕЗУЛТАТИ

Извори буке у хали „Ковачница” су: машине на којима радници раде – ковачки чекић, ковачка преса, ротационе пећи, машине које довозе и одвозе материјал, сам процес ковања, као и системи за хлађење и загревање. Однос измереног и дозвољеног нивоа буке:

- а) ковачки чекић – измерени ниво буке 103 dB , а дозвољени 90 dB
- б) ковачка преса – измерени ниво буке 97 dB , а дозвољени 84 dB
- в) ротационе пећи – измерени ниво буке 96 dB , а дозвољени 84 dB
- г) околна бука – измерени ниво буке 97 dB , а дозвољени 84 dB

Бука је континуирано импулсна, највећа прекорачења измереног дозвољеног нивоа буке су на високим фреквенцијама – од 1000 Hz до 8000 Hz , где је човече уво и најосетљивије.

Испитујући степен оштећења слуха код ове групе радника, налазимо код највећег броја ушију оштећење скотома на 4000 Hz – 174 уха (50,29%). Почетни скотом на 4000 Hz од 20 до 40 dB нашли смо код 97 ушију (28,04%), а скотом од 40 до 60 dB на 4000 Hz код 77 ушију (22,25%). То је и најчешће оштећење слуха које настаје под дејством буке. Код 94 испитиваних ушију (27,17%) нашли смо оштећење слуха на високим фреквенцијама од 1000 Hz до 8000 Hz до 60 dB . Тешко перцептивно оштећење слуха веће од 60 dB нашли смо код 30 ушију (8,67%), и то у групи радника који су у току целог радног времена изложени прекомерном дејству буке. Такође смо потпуни губитак слуха на фреквенцији од 4000 Hz нашли код радника ове групе, и то код 16 ушију (4,62%). Код 32 испитивана уха (9,25%) нашли смо да је слух у границама нормале – од 0 до 20 dB (Табела 1).

Тимпанометријска испитивања су показала да се комплијанса код групе радника стално изложених прекомерном дејству буке код највећег броја ушију – 173 (65,52%) налази изнад $0,9\text{ cm}^3$. Код групе радника који су буци изложени само три сата током радног времена комплијанса се код највећег броја ушију налази од $0,5$ до $0,9\text{ cm}^3$, и то 49 ушију (59,75%). Код контролне групе се комплијанса код свих испитиваних ушију налази у границама од $0,4$ до $0,9\text{ cm}^3$.

ТАБЕЛА 1. Степен оштећења слуха испитиваних радника.

TABLE 1. Hearing impairment in investigated workers.

СТЕПЕН ОШТЕЋЕЊА СЛУХА HEARING IMPAIRMENT LEVEL	ГРУПА I GROUP I	ГРУПА II GROUP II
Слух у границама 0-20 dB Hearing between 0-20 dB (normal hearing)	21 (7.95%)	11 (13.41%)
Почетни сцотом 20-40 dB на 4000 Hz Beginning scotom from 20-40 dB at 4000 Hz	57 (21.39%)	40 (48.78%)
Скотом 40-60 dB на 4000 Hz Scotom from 40-60 dB at 4000 Hz	63 (23.86%)	14 (17.07%)
Пад на високим фреквенцијама 1000-8000 Hz до 60 dB Fall on high frequencies from 1000-8000 Hz below 60 dB	77 (29.16%)	17 (20.74%)
Тешко перцептивно оштећење слуха веће од 60 dB Hard perceptive hearing impairment above 60 dB	30 (11.37%)	
Потпуни губитак на фреквенцији од 4000 Hz Complete hearing loss at 4000 Hz	16 (6.07%)	

Средња вредност потребне јачине звука за изазивање стапедијалног рефлекса – праг рефлекса – код радника I групе за фреквенцију од 500 Hz износи 95,10 dB, код радника II групе 74,72 dB, а код контролне групе 84,38 dB.

За фреквенцију од 1000 Hz средња вредност јачине звука за изазивање рефлекса износи: код радника I групе 95,24 dB, код радника II групе 82,43 dB и код радника контролне групе 86,56 dB.

На фреквенцији од 2000 Hz: код радника I групе износи 96,82 dB, код II групе 94,20 dB и код III групе 85,62 dB.

На фреквенцији од 4000 Hz износи: код I групе 97,84 dB, код II групе 95,40 dB и код III групе 86,40 dB (Табела 2).

Амплитуду акустичког рефлекса смо мерили за свако уво, и то на прагу и 10 dB изнад прага. Упоредиване вредности су представљале однос површина које смо добијали мерењем квадратића на посебном оригиналном формулару, шрафираном између ових двеју површина. Обележавање је било у релативним јединицама: тако да је амплитуда на прагу рефлекса обележена са LI, а 10 dB изнад прага означава колико је она пута већа у односу на претходну. При анализи амплитуде пратили смо просечне вредности у односу на фреквенцију стимулишућег тона и у односу на праг рефлекса.

Код радника прве групе амплитуда је била већа на праговима рефлекса вишим од 90 dB. Веће амплитуде

де су забележене на праговима од 100 dB и 105 dB и фреквенцијама од 1000 Hz и 2000 Hz. Пронашли смо да је нешто већа зависност амплитуде од интензитета прага рефлекса, где су варијације амплитуде биле веће у оквиру сваке фреквенције.

Код друге групе радника амплитуда се креће у границама од две јединице до пет јединица. Нешто веће вредности амплитуде забележене су код ове групе радника на фреквенцији од 2000 Hz и праговима од 95 до 100 dB.

Код контролне групе радника амплитуда се налази у границама од 2 до 2,66 (Табела 3).

Анализирајући узлазне углове кривуље стапедијалног рефлекса код прве групе радника, налазимо да се код највећег броја ушију и на свим испитиваним фреквенцијама он налази од 31° до 60°, с тим што их је највише између 41° и 50°. Узлазне углове мање од 31° налазимо код највећег броја ушију на 4000 Hz. Код друге групе радника узлазни угао се код највећег броја ушију налази од 41° до 50°. Код контролне групе радника узлазни угао се код највећег броја ушију налази од 31° до 50°.

Анализирајући излазне углове код прве групе испитиваних радника код највећег броја ушију на испитиваним фреквенцијама они се налазе од 16° до 45°. Највећа заступљеност је у интервалу од 26° до 35°. Од нижих ка вишим фреквенцијама опада број ушију чије криве заклапају углове веће од 45°. Код друге групе радника, код највећег броја ушију се из-

ТАБЕЛА 2. Средње вредности јачине звука потребне за изазивање акустичког рефлекса.

TABLE 2. The medium value of sound intensity sufficient for causing acoustic reflex.

ПРАГ РЕФЛЕКСА REFLEX TRESHOLD	ФРЕКВЕНЦИЈА FREQUENCY			
	550 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Група I Group I	95.10 dB	95.24 dB	96.82 dB	97.84 dB
Група II Group II	74.72 dB	82.43 dB	94.20 dB	95.40 dB
Група III Group III	84.38 dB	86.56 dB	85.62 dB	86.40 dB

ТАБЕЛА 3. Средње вредности амплитуде акустичког рефлекса.
TABLE 3. The medium value of acoustic reflex amplitude.

АМПЛИТУДА AMPLITUDE	ФРЕКВЕНЦИЈА FREQUENCY			
	550 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Група I Group I	3.31	3.38	4.09	2.66
Група II Group II	2.52	2.68	2.80	2.36
Група III Group III	2.36	2.45	2.50	2.08

лазни углови налазе од 36° до 45°. Код треће (контролне) групе, код највећег броја ушију излазни угао се налази од 26° до 35°.

ДИСКУСИЈА

У нашим испитивањима индустријских радника који су били изложени прекомерној буци у различитом временском трајању дошли смо до закључка да је степен оштећења слуха највећи код радника прве групе. Анализом наших резултата смо нашли да код 90,75% радника постоји оштећење слуха настало као последица хроничне акустичке трауме (буке), а да је код 9,25% радника слух у границама нормале иако су радили под истим условима.

Тимпанометријским испитивањем смо нашли да је комплијанса повећана код прве и друге групе радника у односу на трећу (контролну) групу.

Сматрамо да ова разлика у количини пропуштене звучне енергије према унутрашњем уву говори о индивидуалној преосетљивости на штетно дејство буке.

Анализом параметара акустичког рефлекса нашли смо да је потребна јачина звука за изазивање стапедијалног рефлекса већа код прве и друге групе у односу на контролну групу. Сматрамо да је то последица смањења метаболичких процеса који настају због недостатка кисеоника. Код особа изложених прекомерном дејству буке, а који су осетљиви на њено штетно дејство смањена је излазна енергија из рецепторних ћелија и као таква није довољна, по нашем мишљењу, да изазове надражај слушног нерва. Повећање звучне енергије потребне за пренос надражаја на акустички нерв постиже се повећањем интензитета самог стимулуса, што онда доводи до повећања самог прага слуха.

Амплитуда акустичког рефлекса је у зависности од временаведеног у буци, па је највећа код радника прве групе.

Кривуље акустичког рефлекса се разликују по изгледу код радника све три испитиване групе, што се објективно показује и разликама у величини узлазних и излазних углова испитиваних радника.

Вршећи код свих радника обе методе импеданцметрије, тимпанометрију и акустички рефлекс, утврдили смо да је за могућност слуха важан не само праг слуха исказан на аудиометријској кривуљи по

појединим фреквенцијама, већ и праг непријатности и бола на већем интензитету, што показује и појава акустичког рефлекса.

Уколико је слушно поље између прага слуха и прага рефлекса уже, могућности слушне перцепције су мање услед појаве рекрутмана. У том смислу говори и пораст амплитуде акустичког рефлекса, као и његова заморљивост. Све ово иде у прилог доприносу који акустички рефлекс може дати дијагностици слушног оштећења услед буке и примени одговарајућих мера.

ЗАКЉУЧАК

Борба против штетног дејства буке захтева сложен поступак у коме ниједна метода сама по себи није довољна за сагледавање проблема. У том смислу смо као допунску методу досадашњим процедурама увели систематско испитивање акустичког рефлекса, објективне методе која је лако изводљива.

Нарочити допринос истраживању даје одређивање горње границе слушног поља на вредностима блиским осећају непријатности због повећаног интензитета звука, када се јављају праг акустичког рефлекса, промена његових параметара и замор. Ова истраживања су од посебног значаја за испитивање сужења слушног поља услед оштећења слуха буком, а самим тим и могућности комуникације помоћу слуха и говора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borg E, Nilsson R, Liden G. Fatigue and recovery of the human accoustic reflex in industrial noise. Journal of the Accoustical Society of America 1979, 65, 846-848.
2. Toppilu E, Pukko I, Stark J. House induced hearing loss. Scandinavian Audiology, 2001; 30:236-244.
3. Anderson H, Barr and Wedenberg. E. The Early detectio of accoustic tumors by the stapediuss reflex test. In: Ciba Foundation Symposium Sensoneural Hearing Loss London. Churchill 1970, p. 275.
4. Borg E, Moller AR. Effects of central depressants on the accoustic middle ear reflex in rabbits. Acta Physiologic Scandinavica 1975, 94, 327-338.
5. Dupesland G. Middle Ear Muscle Reflex Elicited by Accoustic and non Accoustic stimulation. Acta Otolaringol. Suppl. 1964, 188:287.
6. Jerger J, Jerger S. Accoustic Reflex decay: 10-second or 5-second criterion Ear and Hearing 4, 1973, 70-71(L).

7. Pilz PK, Ostwald J, Kreiter A, Schnizer HU. Effects of the middle ear reflex on sound transmission to the inner ear of rat. *Hear – Res* 1997, 105 (1-2), 171-182.
8. Zakrisson JE, Borg E, Liden G, Nilsson R. Stapedius Reflex in industrial noise: Fatiguability and role for temporary threshold shift (TTS). *Scandinavian Audiology Supplement* 1980, 12, 326-334.
9. Simonović M. Auditory Deprivation and Related Impedance Changes during Otitis media. A. Multidisciplinary Research Proceedings of 19th International Congress of Audiology, Jerusalem 1988, 66.
10. Živić Đ. Uloga impedancmetrije u prevenciji i dijagnostici slušnog zamora i oštećenja sluha bukom. Doktorska disertacija, Beograd 1975.
11. Živić Lj. Promene u kvalitetima stapedijalnog refleksa pod dejstvom buke. Doktorska disertacija, Beograd 2000.
12. Živić Đ, Živić Lj. Buka, slušni zamor i impedancmetrija. Medicinski fakultet Kragujevac, 2001.
13. Borg E, Nilsson R. Acoustic Reflex in Industrial Noise. *Acoustic Reflex* 1974, 413-437.
14. Simonović M. Auditivni efekti buke u medicini rada II. Vidaković A. KCS Institut za medicinu rada, Udruženje za medicinu rada, Beograd 1997, 593-602.

CHANGES OF ACOUSTIC REFLEX PARAMETERS DUE TO EFFECT OF NOISE

Ljubica ŽIVIĆ, Đorđe ŽIVIĆ

ORL Department of KHC „Kragujevac“, Kragujevac

ABSTRACT

Acoustic, stapedial reflex represents a response of the m. stapedius to a sonic excitation of supra speech intensity. It is the constitutive part of impedancmetric investigations, it is performed on the same apparatus after tympanometry, and it is the inseparable part in representation of impedancmetric findings. Until now, the most frequently monitored parameters of acoustic reflex of clinical importance are: threshold, amplitude, output and input angle of the reflex curve.

The aim of this work was to performed detailed analysis of mentioned parameters in workers exposed to extensive action of industrial noise of known physical characteristics (of different durations) and to establish which changes occurred in these workers, to what extent and under which conditions. Investigations included 173 industrial workers (346 ears), which work in working unit „Forge“, where during the working process noise is produced which is above permissible limits and of the unfavorable frequency content. Workers were divided into two groups. The first group consisted of workers who were spending the whole working time in the workroom with noise above permissible limits, the second group consisted of workers who were spending 3 hours of the working time in that workroom, while the control group consisted of workers who were spending the whole working time in that workroom but they did not have any hearing impairment. Workers of the first and the second group had the hearing impairment, which occurred exclusively as a consequence of chronic acoustic trauma. For all the workers the anamnesis was taken, as well

as ORL status and audiometric and impedancmetric investigations were performed, namely the tympanometry and acoustic reflex.

Results have shown that the acoustic reflex threshold at 500 Hz and at 1000 Hz for the first group (95.10 dB) was increased with respect to the reflex threshold of the second and the control group (84 dB). At higher frequencies of 2000 Hz and 4000 Hz an increase of the reflex threshold was found for the first and the second group (96 dB) with respect to the control group (87 dB). The amplitude of acoustic reflex was increased, at frequencies 500 Hz and 1000 Hz (3.38), with respect to the second group (2.78) and the control group (2.36), and at higher frequencies, this increase is more prominent. The input angle of the reflex curve was, for the first and the second group, within limits 41° to 50°, and for the control group was from 31° to 50°. The output angle was, at majority of ears of the first and the second group, from 26° to 35°, and for the control group it was from 16° to 35°.

Acoustic reflex, as the noninvasive method, short term one, objective and simple for application, does not require collaboration of workers, what provides for objectivity of obtained results and what caused that wrongful estimations, impressions and subjective reactions of workers were avoided.

Key words: acoustic reflex, noise.

Ljubica ŽIVIĆ
Branka Radičevića 20/3, 34000 Kragujevac
Tel: 034 370 889