



Utjecaj buke na sluh glazbenika

The Influence of Noise on Hearing in Musicians

Krsto Dawidowsky¹, Valentino Potroško², Srećko Branica¹, Lana Kovač-Bilić¹, Barbara Dawidowsky³, Ika Gugić-Radojković¹, Gorazd Poje^{1✉} 

¹Klinika za bolesti uha, nosa i grla i kirurgiju glave i vrata Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, KBC Zagreb

²Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

³Klinika za dječje bolesti Zagreb

Deskriptori

GUBITAK SLUHA UZROKOVAN BUKOM – epidemiologija, patofiziologija, prevencija;
GLAZBA; PROFESIONALNE BOLESTI – etiologija, patofiziologija, prevencija;
PROFESIONALNA BUKA – neželjeni učinci;
AUDIOMETRIJA; PRAG ČUJNOSTI;
ZAŠTITNA POMAGALA ZA UŠI

Descriptors

HEARING LOSS, NOISE-INDUCED – epidemiology, physiopathology, prevention and control;
MUSIC; OCCUPATIONAL DISEASES – etiology, physiopathology, prevention and control;
NOISE, OCCUPATIONAL – adverse effects;
AUDIOMETRY; AUDITORY THRESHOLD;
EAR PROTECTIVE DEVICES

SAŽETAK. Gubitak sluha uzrokovan bukom jest zamjedbeni tip naglušnosti s nekim posebnostima koje ga izdvajaju od ostalih zamjedbenih oštećenja sluha. Može nastati na svim razinama slušnog puta, a u tonalnom audiogramu karakterizira ga zamjedbeno oštećenje na frekvencijama od 3 do 6 kHz s najvećom incidencijom na frekvenciji od 4 kHz. Buka kojoj se glazbenici u svakodnevnom radu izlažu dovodi do profesionalnog oštećenja sluha i provedene su brojne studije koje se bave utjecajem muziciranja na sluh. Iako su rezultati istraživanja provedenih na orkestralnim glazbenicima ukazali na njihovu kumulativnu izloženost granično rizičnom intenzitetu buke od 85 dB, osobito puhača i perkusionista, dugotrajno oštećenje sluha bilo im je manje od 10 dB i nije značajno utjecalo na slušnu komunikaciju, dok su studenti glazbenih učilišta većinom bili premladi da bi razvili oštećenje sluha. Ispitivanje sluha *rock*-glazbenika koji su izloženi većem intenzitetu buke pokazalo je i značajno veće oštećenje na frekvencijama od 3 do 6 kHz koje je bilo najizraženije u bubnjara. DJ glazbenici (od engleskog *disc-jockey*, osoba zadužena za puštanje glazbe, najčešće u noćnim klubovima) najugroženija su skupina glazbenika za razvoj naglušnosti uzrokovane bukom, a zbog izlaganja niskofrekventnim tonovima velikog intenziteta pojačano gube sluh i na nižim frekvencijama (od 125 do 500 Hz). Istraživanja primjene zaštitnih sredstava protiv buke pokazala su njihovu veliku učinkovitost u prevenciji naglušnosti profesionalnih glazbenika pa je potrebno poticati njihovu upotrebu, budući da ih prema istraživanjima oni rijetko koriste.

SUMMARY. Noise-induced hearing loss is a sensorineural hearing impairment with symptoms that slightly differ from other types of sensorineural hearing loss. This type of hearing deficit is characterized by threshold shifts that first occur in the frequency range of 3 to 6 kHz, and most commonly around 4 kHz. Career in music often entails quite a few occupational diseases, and one of them is noise-induced hearing loss acquired when performing or practicing music. Numerous investigations on hearing impairment in musicians have been conducted. The results of studies on orchestral musicians show that they are indeed exposed to high noise levels. Brass, woodwind and percussion players are the most exposed, and are therefore prone to experience the greatest threshold shifts in the frequency range of 3 to 6 kHz. Rock musicians suffer from hearing loss even more often due to their exposition to even greater noise levels, and, among them, drummers are at the highest risk. Music academy students are mostly too young to develop any type of hearing loss. DJs suffer from the hardest noise induced hearing impairment among the musicians. Furthermore, they often show threshold shifts in the frequency range of 125 Hz to 500 Hz because they are more exposed to lower frequencies with high sound pressure level. Investigations present great benefit from various personal noise protection tools, and musicians ought to be encouraged to implement some of them.

U modernom društvu buka je, uz starenje, glavni uzrok trajnog oštećenja sluha. Iako pri spomenu gubitka sluha zbog buke prvo pomislimo na oštećenje nastalo na radnom mjestu, izvori buke u svakodnevnom životu (gradska vreva, preglasna glazba, bučni sportovi, vožnja motorom, lov...) mogu djelovati jednako pogubno. Dugotrajno izlaganje preglasnom zvuku dovodi ne samo do gubitka sluha, nego i do vaskularnih, hormonalnih i neuralnih promjena izazivajući hipertenziju, gastrointestinalne smetnje i stres zbog povećanja razine kortizola. Buku definiramo kao svaki „neželjeni zvuk“ intenziteta većeg od 85 dB koji izaziva neugodu ili nepovoljno utječe na zdravlje. Možemo ju podijeliti prema intenzitetu, trajanju (kontinuirana, fluktuirajuća, intermitentna, udarna, impulsna) i

spektu tonova i šumova koje sadrži (jednotonska, buka uskog spektra i buka širokog spektra). Udarana buka uzrokovana je sudarom dvaju objekata pa iako je najčešća u industriji može se pojaviti i u glazbi (udarac gonga). Impulsna buka uzrokovana je naglim otpuštanjem energije, primjerice pri eksploziji ili pucanju iz vatrenog oružja.

✉ Adresa za dopisivanje:

Prim. dr. sc. Gorazd Poje, dr. med., <https://orcid.org/0000-0001-7159-7834>
Klinika za bolesti uha, nosa i grla i kirurgiju glave i vrata,
Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Klinički bolnički centar Zagreb,
Kišpatičeva 12, 10000 Zagreb, e-pošta: gpoje@kbc-zagreb.hr

Primljeno 25. veljače 2021., prihvaćeno 31. kolovoza 2021.

Intenzitet zvuka kojem su profesionalni glazbenici svakodnevno izloženi često prelazi granicu buke i može dovesti do oštećenja sluha. Razvoj naglušosti u njih, dakako, ne ovisi samo o intenzitetu buke, nego i o trajanju izloženosti, prostoru u kojem sviraju i vrsti glazbe kojom se bave, ali i o korištenju zaštitnih pomagala protiv buke. Kako je sluh najvažnije osjetilo glazbenika, provedena su brojna istraživanja o utjecaju buke na njihov sluh koja pregledno donosimo u nastavku teksta. Isto tako, opisan je i učinak buke na sluh općenito i patofiziologija oštećenja sluha duž slušnog puta.

Oštećenje sluha bukom

Akutna ozljeda bukom ili akustička trauma jest oštećenje dijelova unutrašnjeg uha koje je izazvano naglim i neposrednim izlaganjem zvuku velike akustičke energije. Ovaj uglavnom reverzibilni gubitak sluha naziva se privremeni pomak praga sluha (engl. *temporary threshold shift*). Ako je buka dovoljnog intenziteta ili se izlaganje buci dovoljno često ponavlja, dolazi do trajnog pomaka praga sluha (engl. *permanent threshold shift*). Nastaje (ovisno o smjeru izvora buke) jednostrano ili na oba uha, a osim unutrašnjeg može zahvatiti i srednje uho i oštetiti bubnjić i slušne koščiće. Jaki zvuk mehanički oštećuje Cortijev organ, dovodi do rupture osjetnih stanica i intrakohlearnih membrana te miješanja perilimfe i endolimfe izazivajući zamjedbenu naglušost. Akustička trauma izaziva veći gubitak sluha od onog koji nastaje zbog dugotrajnog izlaganja buci, osobito u nižim frekvencijama. Nagla i jaka eksplozija ili udar (blast) može izazvati i rupturu provodnog aparata srednjeg uha s posljedičnom mješovitom naglušosti.

Kritičnom razinom buke koja dovodi do oštećenja sluha u akutnoj akustičkoj traumi smatra se zvuk jačine 140 dB u trajanju od nekoliko milisekundi. Naprotiv, razine koje dovode do naglušosti pri dugotrajnom izlaganju buci nisu definirane. Osim jačine i frekvencije zvuka, na oštećenje sluha djeluju i dnevna te ukupna godišnja izloženost buci, otpornost pojedinca na buku, životna dob, bolesti uha, karakteristike prostora te udaljenost i položaj uha prema izvoru buke.

Kronično oštećenje bukom ili akustička lezija izaziva zamjedbenu naglušost oštećujući samo unutrašnje uho i posljedica je dugotrajnoga kumulativnog izlaganja buci. Mjesto oštećenja u unutrašnjem uhu nalazi se u pužnici i zahvaća osjetne stanice s dlačicama u Cortijevom organu. Sterocilije (dlačice) na osjetnim stanicama nakon izlaganja buci gube elastičnost i zato slabije reagiraju na podražaj. Ovakve stanice se mogu oporaviti i povratiti svoju funkciju. Povećanjem intenziteta i trajanja buke nastaje veće oštećenje koje dovodi do gubitka stereocilija i propadanja osjetnih stanica te trajnog oštećenja sluha. Ako izlaganje buci potraje, sekundarna neuralna degeneracija zahvatit će slušni živac i slušne jezgre u moždanom deblu i neurone u

TABLICA 1. DOPUŠTENI ODNOS JAČINE BUKE I DNEVNE IZLOŽENOSTI

TABLE 1. PERMISSIBLE RATIO OF NOISE INTENSITY AND DAILY EXPOSURE

Izloženost buci (sati) / Noise exposure (hours)	Buka (dB) / Noise intensity (dB)
8 h	90
6 h	92
4 h	95
3 h	97
2 h	100
1,30 h	102
1 h	105
0,30 h	110
0,15 h	115

slušnom korteksu. Dopusćeni odnos jačine buke i dnevne izloženosti naveden je u tablici 1. Na oštećenje sluha ne djeluje samo jačina buke – važno je i kakve je ona vrste i koliko dugo traje. Dokazano je da buka jačine do 90 dB u 90% ljudi tijekom radnog vremena neće dovesti do oštećenja sluha u govornim frekvencijama između 500 i 3000 Hz pa tako neće izazvati značajne smetnje u komunikaciji. Dakako, audiometrijsko ispitivanje će pokazati zamjedbeno oštećenje sluha na frekvencijama između 3000 i 6000 Hz, a moguća je i pojava šuma. S vremenom se oštećenje širi i na ostale frekvencije slušnog spektra pa dolazi do smanjene razabirljivosti govora u buci, slabi selektivno slušanje i nastaju poteškoće u određivanju smjera izvora zvuka.¹⁻⁷

Patofiziologija oštećenja sluha izazvanog bukom

Buka može pokrenuti različite patofiziološke procese koji dovode do privremenog ili trajnog gubitka sluha.

Oštećenja slušnih osjetnih i potpornih stanica Cortijeva organa

Unutrašnje i vanjske osjetne slušne stanice imaju manje i veće stereocilije koje su preko kationskog kanala povezane s proteinskim kompleksom koji se naziva *tip-link*. Zvuk velikog intenziteta može oštetiti ovu izuzetno osjetljivu proteinsku strukturu pa se kationski kanal za koji je ona vezana više ne može otvoriti. Oštećenje *tip-linka* u vanjskim osjetnim slušnim stanicama rezultira gubitkom sposobnosti amplifikacije zvuka na određenim frekvencijama i može dovesti do naglušosti od 20 do 60 dB. Oštećenje *tip-linka* u unutrašnjim osjetnim stanicama otežava otvaranje kationskih kanala i depolarizaciju stanice smanjujući prije-

nos podražaja na kohlearni živac. Ako citoskeletna aktinska struktura stereocilija nije značajno oštećena, proteinski kompleks se može regenerirati. Prag sluha se vraća na početne vrijednosti pa je oštećenje sluha izazvano bukom privremeno. Buka koja, međutim, uzrokuje preveliku depolimerizaciju aktina u stereocilijama dovodi do gubitka njihovog rigiditeta. Cilije postaju flakcidne, a proteinski *tip-link* kompleks više se ne može oporaviti pa nastaje trajni gubitak sluha. Osim mehaničkog oštećenja stereocilija, buka uzrokuje i intracelularne metaboličke promjene. Pri izlaganju buci u osjetnim i potpornim stanicama dolazi do deplecije stanične energije, stvaranja slobodnih radikala i oksidativnog stresa. To uzrokuje citoskeletne promjene unutar osjetnih stanica i mijenja njihov kapacitet primanja podražaja preko stereocilija, a dolazi i do strukturalnih promjena potpornih stanica koje su bitne za integritet osjetnih stanica i prijenos vibracija na bazilarnu membranu. Ako je u stanicama razina oksidativnog stresa ispod one koja uzrokuje apoptozu dolazi do privremenog gubitka sluha, dok apoptoza uzrokovana većom razinom stresa dovodi do trajnog gubitka sluha.⁸

Privremeni gubitak sluha može nastati i zbog oštećenja u sinapsama unutarnjih osjetnih slušnih stanica i aferentnih neurona. Istraživanja su pokazala da buka u početku snažno stimulira unutarnje stanice, što dovodi do otpuštanja velike količine glutamata u sinapsu koji postaje ekscitotoksičan i može oštetiti aferentni neuron. Ako je oštećenje malo može doći do regeneracije i tada postoji privremeni pomak praga sluha, dok preveliko oštećenje uzrokuje trajnu naglušost.⁹ Brojna istraživanja su pokazala da buka uzrokuje promjene na gotovo svim dijelovima slušnog puta. Statler i suradnici¹⁰ u svom radu dokazali su da buka zbog ekscitotoksičnosti glutamata uzrokuje nastanak mikrocista u kohlearnim jezgrama skočimiša. Nakon izlaganja buci dolazi do pojačane glicinergičke i kolinergičke aktivnosti, što uzrokuje promjenu aktivnosti pojedinih neurona u tim jezgrama i mijenja ravnotežu ekscitacije i inhibicije. Ako se ova ravnoteža ne uspije obnoviti, dolazi do tonotopskih promjena u kohlearnim jezgrama, odnosno smanjenja područja kohlearnih jezgara koja su zadužena za primanje visokofrekventnih podražaja i stvaranja novih sinapsi.¹¹

Salvi i suradnici¹² objavili su rad u kojem su pokazali učinke buke na lokalno polje potencijala (elektrofiziološki signal koji sumira impulse velikog broja neurona u određenom području u mozgu) u donjim kolikulima. U svom istraživanju na činčilama pokazali su gubitak sluha od 20 do 30 dB na frekvencijama od 2 do 8 kHz nakon petodnevnog izlaganja zvuku intenziteta 105 dB. Na visokim frekvencijama od 4 do 8 kHz smanjila se maksimalna amplituda, ali i promjena lokalnog polja potencijala kao odgovor na tonove niskog

intenziteta. Ispitivanja¹¹ utjecaja akustičke traume s posljedičnim unilateralnim gubitkom sluha pokazala su hiperaktivnost donjih kolikula. Isto tako, dokazano je da neposredno nakon akustičke traume dolazi do smanjene ekspresije gena bitnih za inhibitornu funkciju neurona i normalizacije njihove ekspresije proporcionalno vremenu od nastanka traume. Neki geni uključeni u proces razvoja hiperekscitacije u inferiornim kolikulima su GABRA1, GLRA1, GAD1, GRIA2, GRIN1, RAB3A, RAB3GAP1, KCNK15.

Cijeli slušni put pokazuje tonotopski raspored neurona i njihovih vlakana. Postoje dijelovi slušnog puta koji su podraženi zvukovima određenih tonova ili frekvencija, a buka uzrokuje promjene u regijama koje tonotopski odgovaraju visokim frekvencijama. Istraživanje Kamkea i suradnika¹³ o utjecaju buke na raspored tonotopskih regija u medijalnom koljenastom tijelu mačaka pokazalo je da pri visokofrekventnom gubitku sluha uzrokovanom bukom dolazi do smanjivanja tonotopskih regija za visoke frekvencije. Robertson i Irvin¹⁴ u svom su istraživanju dokazali istu takvu tonotopsku reorganizaciju u primarnom slušnom korteksu, a njihovi rezultati su pokazali da je tonotopska reorganizacija u tim područjima puno veća nego u ostalim dijelovima slušnog puta.

Kod gubitka sluha uzrokovanog bukom dolazi i do promjena kohlearnih vaskularnih struktura. Krvne žile unutrašnjeg uha sastavni su dio krvno-labirintne barijere, dovode kisik i nutrijente bitne za održavanje metaboličkih funkcija i održavaju ionsku homeostazu perilimfe i endolimfe. Izlaganje buci dovodi do reverzibilnih promjena kao što su vazokonstrikcija, lokalna ishemija i povećana permeabilnost krvnih žila.¹⁵ Blokada kalcijevih kanala verapamilom prije izlaganja buci smanjuje privremeni gubitak sluha upravo zbog toga što smanjuje vazokonstrikciju i permeabilnost.¹⁶ Bez obzira na reverzibilnost tih promjena, one vjerojatno pridonose oštećenju stanica Cortijeva organa i spiralnog ganglija. Rezultati istraživanja Picciotija i suradnika pokazali su značajan porast koncentracije VEGF-a (engl. *vascular endothelial growth factor*) u kohlearnim krvnim žilama zamorčica koji su bili izloženi buci.¹⁷ VEGF je čimbenik koji potiče angiogenezu i ima neuroprotektivno djelovanje, a njegovo je lučenje iz endotelnih stanica krvnih žila inducirano hipoksijom i njihovim oštećenjem. Zaključili su da buka uzrokuje vazokonstrikciju, oštećenje kohlearnih krvnih žila i hipoksiju, a odgovor na te podražaje jest pojačana produkcija VEGF-a kako bi se ponovno uspostavila normalna doprema kisika i vaskularnih struktura.

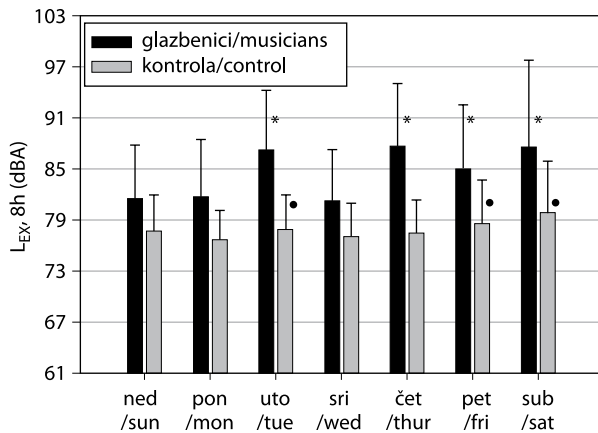
Oštećenje sluha profesionalnih glazbenika

Zbog svakodnevnog izlaganja zvukovima velikog intenziteta glazbenici su rizična skupina za oštećenje sluha. Tijekom muziciranja i pri slušanju preglasne

glazbe iz zvučnika ili slušalica vrlo ih mali broj koristi zaštitna pomagala protiv buke koja smatraju neudobnima, navodeći da im ona smanjuju percepciju dinamike (promjene intenziteta) i boje tona. Gubitak sluha profesionalnih glazbenika ne ovisi samo o jačini buke kojoj se izlažu, nego i godinama bavljenja glazbom.¹⁸ Budući da je sluh ključno osjetilo u njihovom radu, postoje brojna istraživanja provedena na različitim skupinama *pop/rock/jazz*-glazbenika, *rap*-glazbenika, pripadnika različitih vrsta orkestrara, studenata glazbe-

nih akademija, studenata vojnih glazbenih akademija i DJ-eva koja se bave utjecajem bučne glazbe na sluh.

Studija Qiana i suradnika¹⁹ na glazbenicima orkestra Kanadskoga nacionalnog baleta pokazala je da je ekvivalentna trajna razina buke (*Leq*, razina stalne buke koja bi na čovjeka jednako djelovala kao promatrana promjenjiva buka istog trajanja) kojoj su izloženi pojedini glazbenici bila najveća u trubača (94 dB), drugi po redu bili su trombonisti i flautisti s 93 dB, a nakon njih svirači tube s 92 dB. U ostalih članova orkestra *Leq* je bila ispod 90 dB. Rezultati izračuna prediktivne vrijednosti trajnog gubitka sluha navedenih glazbenika nakon 40 godina izloženosti izmjerenoj dozi buke pokazali su da će gubitak sluha pripadnika orkestra biti manji od 10 dB na frekvencijama od 3 do 6 kHz. Russo²⁰ i Behar²¹ proveli su istraživanja na istom orkestru. Od 40 ispitanika kojima su rađena audiometrijska testiranja samo troje je imalo značajan gubitak sluha veći od 10 dB; od njih je dvoje sviralo drveni puhački instrument, a jedan od glazbenika bio je perkusionist. Slični rezultati dobiveni su i drugim istraživanjima na orkestralnim glazbenicima i studentima glazbe. Müller i Schneider²² u svom su prospektivnom kohortnom istraživanju pokazali da je prosječan gubitak sluha 39 članova vojnog orkestra nakon 13 godina sviranja bio od 2 do 5 dB, a studija Pouryaghoubi i suradnika²³ na 135 glazbenika pokazala je bilateralni gubitak sluha u 88% uz iznimku violinista koji su imali prosječno 6 dB lošiji sluh na uhu uz koje drže violinu. Rezultati istraživanja^{24,25} na studentima glazbenih akademija pokazali su njihovu značajno veću izloženost buci (slika 1), ali ne i statistički značajan gubitak sluha u odnosu na kontrolnu skupinu nemuzičara. Očekiva-



SLIKA 1. IZLOŽENOST BUCI PO DANIMA U TJEDNU. NA ORDINATI JE RAZINA DNEVNE IZLOŽENOSTI BUCI U DECIBELIMA, A NA APSCISI SU DANI U TJEDNU. CRNOM BOJOM OZNAČENA JE DNEVNA IZLOŽENOST BUCI U GLAZBENIKA, A SIVOM DNEVNA IZLOŽENOST BUCI U KONTROLNE SKUPINE.²⁴ FIGURE 1. NOISE EXPOSURE BY DAYS IN WEEK. ORDINATE – DAILY EXPOSURE IN dB, ABCISSA – DAYS IN WEEK. BLACK COLUMN MARKS EXPOSURE IN MUSICIANS, AND GREY COLUMN EXPOSURE IN CONTROL GROUP.²⁴

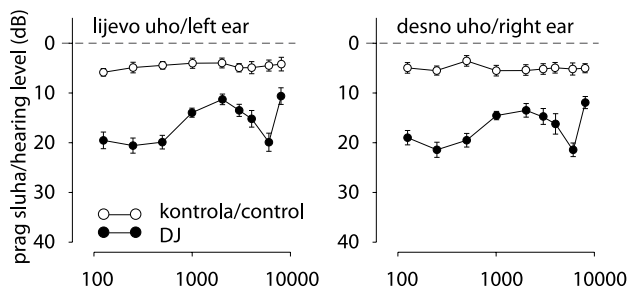
TABLICA 2. ISPITANICI S PRAGOM SLUHA ISPOD 10. PERCENTILE NA FREKVENCIJAMA OD 3 DO 8 KHz. D – DESNO UHO, L – LIJEVO UHO. PREUZETO I PRILAGOĐENO IZ: SCHMUZIGER N, PATSCHEKE J, PROBST R.²⁶ TABLE 2. CASES WITH SOUND LEVEL UNDER 10TH PERCENTILE IN FREQUENCIES 3–8 KHz. D-RIGHT EAR L-LEFT EAR. FROM SCHMUZIGER N, PATSCHEKE J, PROBST R.²⁶

Dob/godine / Age/years	Instrument	Vrijeme izloženosti / Time of noise exposure		Prag sluha (dB) / Hearing level (dB) 3 – 8 kHz
		Godine sviranja / Years of playing	Tjedna izloženost/sati / Weekly exposure/hours	
23	Trombon Trombone	5	3	2,5 (D/R) 17,5 (L)
22	Gitara Guitar	6	9	16 (D/R) 10 (L)
23	Gitara Guitar	7	4	11 (D/R) 16 (L)
29	Gitara Guitar	11	5	11 (D/R) 25 (L)
34	Perkusije Percussion	16	8	9 (D/R) 21 (L)
49	Gitara i klavir Guitar & piano	30	4	32 (D/R) 40 (L)

no, budući da se radilo skupini mladih ljudi kojima se nije ni počelo razvijati oštećenje sluha uzrokovano bukom.

Rock-glazbenici i DJ-evi su posebna skupina glazbenika za koju je karakteristično izlaganje zvuku velikog intenziteta koji na koncertima i probama prosječno iznosi od 100 do 105 dB. DJ-evi se najčešće bave puštanjem glazbe u noćnim klubovima s cjelonoćnim izlaganjem buci visokog intenziteta. Rad u takvim uvjetima predstavlja velik rizik za razvoj gubitka sluha uzrokovano bukom i provedeno je nekoliko istraživanja koja se bave gubitkom sluha u navedenoj populaciji. Smuziger i suradnici²⁶ u svom su radu usporedili audiometrijske nalaze 42 rock-glazbenika mlađa od 50 godina koji su se prosječno 5 sati tjedno izlagali buci intenziteta od 100 do 105 dB dulje od 5 godina s nalazima 20 ispitanika kontrolne skupine koji ni na koji način nisu bili izloženi buci. Rezultati za skupinu rock-glazbenika pokazali su prosječni gubitak sluha od 6 dB na frekvencijama od 3 do 8 kHz, a za kontrolnu skupinu 1,5 dB. Oštećenje sluha bilo je najčešće u bubnjara, iako su četiri gitarista, od kojih jedan svira i klavijature, i jedan trombonist imali pojedinačno najveće oštećenje. Zanimljivo je da su glazbenici koji su tijekom sviranja koristili zaštitu od buke imali prosječni gubitak sluha od 2,4 dB, dok je u onih koji ju nisu koristili on iznosio 8,2 dB. Tablica 2 prikazuje rezultate oštećenja sluha glazbenika čiji se prag nalazi ispod desete percentile. Maia i suradnici²⁷ u svom su istraživanju na 23 rock-glazbenika osim tonalne audiometrije za određivanje praga sluha koristili i metodu ispitivanja evocirane otoakustičke emisije. Rezultati istraživanja pokazali su zamjedbeno oštećenje na frekvencijama od 4 do 6 kHz u 41% ispitanika, dok je evocirana otoakustička emisija izostala u 61% ispitanika, što ukazuje na oštećenje slušnih stanica u ispitanoj populaciji glazbenika.

Potier i suradnici²⁸ istraživali su razinu buke u 6 noćnih klubova u Montpellieru i prosječno oštećenje sluha u 29 DJ-eva. Prosječna ekvivalentna trajna doza buke izmjerena u neposrednoj blizini DJ-a iznosila je 98,7 dB s najvećim intenzitetom u niskim frekvencijama od 60 do 250 Hz. DJ-evi su u prosjeku imali 26 godina i radili su barem tri noći tjedno dulje od 6 godina. Rezultati audiometrijskih pretraga, prikazani na slici 2, pokazali su prosječni bilateralni gubitak sluha od 5 dB na svim frekvencijama s najvećim oštećenjem od 20 dB na frekvenciji od 6 kHz. Zanimljivo je da je na frekvencijama od 125 do 500 Hz zabilježen tek nešto manji gubitak sluha od onog na 6 kHz. Taj niskofrekventni gubitak sluha jest posljedica izlaganja dubokim tonovima velikog intenziteta u zatvorenom prostoru. Slično istraživanje proveli su Santos i suradnici²⁹ na skupini od 30 brazilskih DJ-eva. Oni su uz trajni istraživali i privremeni gubitak sluha nakon izlaganja buci. Njihovi rezultati su pokazali oštećenje od



SLIKA 2. AUDIOMETRIJSKA KRIVULJA ISPITIVANJA SLUHA 29 DJ-EVA U USPOREDBI S KONTROLNOM SKUPINOM. NA APSCISI SU OZNAČENE FREKVENCIJE U HZ, A NA ORDINATI PRAG SLUHA U DB. GUBITAK SLUHA JE SIMETRIČAN, A POMAK PRAGA SLUHA POSTOJI NA FREKVENCIJAMA OD 3 DO 6 KHz TE NA FREKVENCIJAMA OD 125 DO 500 Hz.²⁸

FIGURE 2. HEARING RESULTS OF AUDIOMETRY TESTING IN 29 DJ COMPARED TO CONTROL GROUP. ABSCISSA – FREQUENCIES IN HZ, ORDINATE – HEARING LEVEL IN DB. HEARING LOSS IS SYMMETRICAL, WITH IMPAIRMENT IN FREQUENCIES 3–6 KHz AND 125–500 HZ.²⁸

25 dB na frekvencijama od 3 do 6 kHz u 27% ispitanika. Privremeni gubitak sluha na frekvencijama od 500 Hz do 8 kHz iznosio je od 5 do 30 dB, a 76% ispitanika imalo je privremeno oštećenje sluha veće od 10 dB na frekvenciji od 4 kHz. Njihovi su rezultati potvrdili da buka uzrokuje primarno visokofrekventnu naglušost i da oštećenje može biti trajno i privremeno.

Rasprava

Utjecaj buke na zdravlje odavno je prepoznat kao štetan, a istraživanja njezinog utjecaja na sluh u radnoj okolini uvrstila su je na popis profesionalnih bolesti. Smatra se da svakodnevno izlaganje zvuku do 70 dB ne predstavlja rizik za sluh, dok kumulativni utjecaj buke iznad 85 dB dovodi do trajnog oštećenja sluha.³⁰ Dok je danas u Republici Hrvatskoj oko 22% populacije izloženo buci na radnom mjestu, u Europskoj uniji taj se broj penje na 28%.^{31,32} Iako zvuk velikog intenziteta može oštetiti sluh na svim razinama slušnog puta, oštećenje vanjskih slušnih osjetnih stanica Cortijeve organa vjerojatno je glavni uzrok trajnog gubitka sluha uzrokovano bukom. Zbog svoga rada u bučnom okruženju profesionalni glazbenici očekivano predstavljaju rizičnu populaciju za razvoj trajne naglušosti. Prethodno opisana istraživanja pokazala su da na rizik njihovog gubitka sluha ne utječe samo kumulativna izloženost buci određena njenim intenzitetom i trajanjem, već i vrsta glazbe, instrumenti koje sviraju i prostor u kojemu rade. Iako je dnevna izloženost buci orkestralnih glazbenika i studenta glazbenih učilišta povećana u usporedbi s neindustrijskom radnom populacijom, ona rijetko prelazi dnevnu razinu od 85–90 dB koja dovodi do težeg oštećenja sluha. Istraživanja na profesionalnim klasičnim glazbenicima pokazala su da oni s vremenom ipak razvijaju zamjedbeno ošteće-

nje sluha na frekvencijama od 3 do 6 kHz koje u većine iznosi manje od 10 dB i ne stvara im značajnu poteškoću u svakodnevnom radu. Dakako, određene skupine glazbenika kao što su perkusionisti i puhači imali su, prema rezultatima prethodno navedenih studija, teži gubitak sluha, pa ih možemo smatrati skupinom povećanog rizika za oštećenje sluha unutar populacije klasičnih glazbenika. Istraživanja sluha u DJ-a i *rock*-glazbenika, s druge strane, pokazala su oštećenja veća od 10 dB. Dok je u skupini *rock*-glazbenika gubitak sluha bio većinom na frekvencijama od 3 do 6 kHz, DJ glazbenici su uz navedene frekvencije imali i značajno oštećenje na frekvencijama od 125 Hz do 500 Hz zbog izlaganja glasnim niskofrekventnim tonovima visokog intenziteta u zatvorenom prostoru. Isto tako, istraživanja su pokazala da su DJ-evi izloženi značajno većem riziku akustične traume i privremenog gubitka sluha u odnosu na ostalu populaciju glazbenika. Zanimljivi su i rezultati Smuzigera i suradnika^{26,33} koji su na studiji od 42 *rock*-glazbenika pokazali učinkovitost korištenja zaštitnih sredstava od buke. Nakon petogodišnjega prosječnog izlaganja buci intenziteta od 100 do 105 dB 5 sati tjedno, ispitanici koji su redovno koristili zaštitu su imali prosječni gubitak sluha od 2,4 dB, oni koji su je koristili povremeno 3,8 dB, a oni koji ju nisu nikada koristili 8,2 dB. Razlozi zbog kojih glazbenici rijetko koriste zaštitna sredstva protiv buke većinom su povezani s promjenom percepcije intenziteta i boje tonova instrumenata koje sviraju i otežanom sinkronizacijom s ostalim članovima orkestra.³³ Nadalje, istraživanja učinka okluzije koji se javlja pri korištenju pomagala koja se stavljaju u zvukovod pokazala su da se niskofrekventni tonovi koji u njega dolaze preko kosti odbijaju od čepića ili slušnog pomagala i vraćaju u srednje i unutrašnje uho, stvarajući neugodan slušni podražaj. Rezultati ovih studija naveli su učinak okluzije kao razlog nekorištenja zaštite u 43%, promjenu percepcije zvukova u 82% i ometanje vlastite izvedbe u 76% ispitanika.^{34,35} Zaštitna sredstva koja se stavljaju u zvukovod stvarala su im, kako su naveli, neugodne podražaje i jako ih ometala u izvedbi glazbe.

Zaključak

Prosječan dnevni intenzitet buke kojoj se profesionalni glazbenici izlažu tijekom svoga radnog vijeka iznosi 80 i više dB i ima kumulativni učinak na njihov sluh. Gubitak sluha im je naizraženiji na frekvencijama od 3 do 6 kHz, pa iako u klasičnih glazbenika (osim u bubnjara i dijela puhača) ne prelazi prosječni prag od 10 dB, oštećenje u *rock*-glazbenika i DJ-eva iznosi i 20 dB. U skupini DJ-eva je, nadalje, zabilježen i gubitak na niskim frekvencijama pa ih možemo smatrati skupinom glazbenika koji su izloženi najvećem riziku profesionalnog oštećenja sluha. Budući da su

brojna istraživanja pokazala veliku učinkovitost zaštitnih sredstava u smanjenju gubitka sluha uzrokovanog bukom, potrebno je poticati glazbenike na njihovo korištenje kako bi sačuvali osjetilo koje je navažnije za njihovu profesiju. Edukativni programi u glazbenim učilištima i medijima kojima bi se glazbenici obrazovali o rizičnim čimbenicima za gubitak sluha uzrokovan bukom nastalom pri muziciranju, posljedicama gubitka sluha i mogućnostima zaštite te podjela besplatnih zaštitnih sredstava na izvedbama i koncertima samo su neke od preventivnih mjera koje bi mogle umanjiti oštećenje sluha uzrokovano profesionalnim bavljenjem glazbom.

LITERATURA

1. *World Health Organisation*. Deafness and hearing loss [Internet]. Dostupno na: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>. Pristupljeno 5. veljače 2021.
2. *Centers for Disease Control and Prevention*. Occupational Noise Exposure. DHHS (NIOSH) Publication No. 98-126 [Internet]. 1998 Jun. Dostupno na: <https://www.cdc.gov/niosh>. Pristupljeno 5. veljače 2021.
3. *Resanović B, Vranjković M, Orsag Z*. Tema iz preventive Buka okoliša – javnozdravstveni problem. Sv. 2. 2006. Dostupno na: <https://www.hcjz.hr/index.php/hcjz/article/viewFile/2001/1977>. Pristupljeno 5. veljače 2021.
4. *Nakayama JR, Ramsey MJ*. Tympanometry BT. U: Kountakis SE, ur. *Encyclopedia of Otolaryngology, Head and Neck Surgery*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2013, str. 2905–9.
5. *Koeppen, BM, Stanton BA*. The Special Senses. U: Levy M, Koeppen BM, Stanton BA, ur. *Principles of physiology*. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2006, str. 127–60.
6. *Draušnik Ž, Štefančić V, Benjak T*. Prevalencija invaliditeta uzrokovanog oštećenjem sluha u Republici Hrvatskoj. *Hrvat Rev Rehabil*. 2016;52(1):140–9.
7. *Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi RH*. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave. NN [Internet]. 2004;145/2548. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_10_145_2548.html. Pristupljeno 5. veljače 2021.
8. *McGee J, Walsh EJ*. Cochlear Transduction and the Molecular Basis of Auditory Pathology. U: Flint PW, Haughey MBChB, Lund CBE, V, Niparko JK, Robbins KT, Thomas JR i sur, ur. *Cummings otolaryngology*. Philadelphia: WB Saunders; 2015, str. 2234–2274.
9. *Altschuler RA, Dolan D*. Basic Mechanisms Underlying Noise-Induced Hearing Loss. U: Miller J, Le Prell C, Rybak L, ur. *Free Radicals in ENT Pathology. Oxidative Stress in Applied Basic Research and Clinical Practice*. New York: Humana Press Cham; 2015, str. 129–46.
10. *Statler KD, Chamberlain SC, Slepecky NB, Smith RL*. Development of mature microcystic lesions in the cochlear nuclei of the Mongolian gerbil, *Meriones unguiculatus*. *Hear Res*. 1990;50(1–2):275–88.
11. *Eggermont JJ*. Neural Substrates of Noise Induced Hearing Loss. U: Eggermont JJ, ur. *Noise and the brain: experience*

- dependent developmental and adult plasticity. Amsterdam: Elsevier/Academic Press; 2014, str. 63.
12. Salvi R, Henderson D, Hamernik R, Ahroon W. Neural correlates of sensorineural hearing loss. *Ear Hear.* 1983;4(3): 115–29.
 13. Kamke MR, Brown M, Irvine DRF. Plasticity in the tonotopic organization of the medial geniculate body in adult cats following restricted unilateral cochlear lesions. *J Comp Neurol.* 2003;459(4):355–67.
 14. Robertson D, Irvine DRF. Plasticity of frequency organization in auditory cortex of guinea pigs with partial unilateral deafness. *J Comp Neurol.* 1989;282(3):456–71.
 15. Quirk WS, Seidman MD. Cochlear vascular changes in response to loud noise. *Am J Otol.* 1995;16(3):322–5.
 16. Goldwyn BG, Quirk WS. Calcium Channel Blockade Reduces Noise-Induced Vascular Permeability in Cochlear Stria Vascularis. *Laryngoscope.* 1997;107(8):1112–6.
 17. Picciotti PM, Fetoni AR, Paludetti G, Wolf FI, Torsello A, Troiani D i sur. Vascular endothelial growth factor (VEGF) expression in noise-induced hearing loss. *Hear Res.* 2006;214(1–2):76–83.
 18. Halevi-Katz DN, Yaakobi E, Putter-Katz H. Exposure to music and noise-induced hearing loss (NIHL) among professional pop/rock/jazz musicians. *Noise Health.* 2015;17(76):158–64.
 19. Qian C, Behar A, Wong W. Noise exposure of musicians of a ballet orchestra. *Noise Heal.* 2011;13(50):59–63.
 20. Russo FA, Behar A, Chasin M, Mosher S. Noise exposure and hearing loss in classical orchestra musicians. *Int J Ind Ergon.* 2013;43(6):474–8.
 21. Behar A, Chasin M, Mosher S, Abdoli-Eramaki M, Russo FA. Noise exposure and hearing loss in classical orchestra musicians: A five-year follow-up. *Noise Health.* 2014;20(93):42–6.
 22. Müller R, Schneider J. Noise exposure and auditory thresholds of military musicians: a follow up study. *J Occup Med Toxicol.* 2018;13(1):14.
 23. Pouryaghoub G, Mehrdad R, Pourhosein S. Noise-Induced hearing loss among professional musicians. *J Occup Health.* 2017;59(1):33–7.
 24. Tufts JB, Skoe E. Examining the noisy life of the college musician: weeklong noise dosimetry of music and non-music activities. *Int J Audiol.* 2018;57(sup1):S20–7.
 25. Lüders D, Gonçalves CG de O, de Moreira Lacerda AB, Ribas Â, de Conto J. Music students: conventional hearing thresholds and at high frequencies. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2014;80(4):296–304.
 26. Schmuziger N, Patscheke J, Probst R. Hearing in Nonprofessional Pop/Rock Musicians. *Ear Hear.* 2006;27(4):321–30.
 27. Maia JRF, Russo ICP. Estudo da audição de músicos de rock and roll. *Pró-Fono Rev Atualização Científica.* 2008;20(1): 49–54.
 28. Potier M, Hoquet C, Lloyd R, Nicolas-Puel C, Uziel A, Puel J-L. The Risks of Amplified Music for Disc-Jockeys Working in Nightclubs. *Ear Hear.* 2009;30(2):291–3.
 29. Santos L, Morata TC, Jacob LC, Albizu E, Marques JM, Painsi M. Music exposure and audiological findings in Brazilian disc jockeys (DJs). *Int J Audiol.* 2007;46(5):223–31.
 30. Goines L, Hagler L. Noise Pollution: A Modern Plague. *South Med J* 2007;100:287–294.
 31. Bogadi-Šare A, Zavalčić M. Survey on working conditions in the Republic of Croatia. *Period Biol* 2009;111:29–35.
 32. Eurofound. Sixth European Working Conditions Survey – Overview report (2017 update). Luxembourg, Publications Office of the European Union. 2017. Dostupno na: https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1634en.pdf. Pristupljeno 9. veljače 2021.
 33. Almaayeh M, Al-Musa A, Khader YS. Prevalence of noise induced hearing loss among Jordanian industrial workers and its associated factors. *Work.* 2018;61(2):267–71.
 34. Laitinen H, Poulsen T. Questionnaire investigation of musicians' use of hearing protectors, self reported hearing disorders, and their experience of their working environment. *Int J Audiol.* 2008;47(4):160–8.
 35. O'Brien I, Driscoll T, Williams W, Ackermann B. A Clinical Trial of Active Hearing Protection for Orchestral Musicians. *J Occup Environ Hyg [Internet].* 2014;11(7):450–9.