

Arh. hig. rada, 20 (1969) 45.

## SLUH I BUKA

RENÉ CHOCHOLLE

*Laboratoire de Neurophysiologie générale, Collège de France, Paris, France*

*(Priljeno 3. X 1968)*

Razlikovanje zvuka od buke je potpuno subjektivno. Svaki zvuk koji nam je efektivno neprihvatljiv, neugodan, nazivamo bukom; nasuprot tome, ako nam je on ugodan ili jednostavno prihvatljiv, pa čak i samo indiferentan, govorimo o zvuku.

Te razlike između zvuka i buke su općenito uzevši vrlo istančane i naš sud o tome da li se radi o zvuku ili o buci može varirati u funkciji mnogih faktora; razliku nije moguće pripisati nekom određenom fizikalnom faktoru.

Posljedice djelovanja buke na organizam vrlo su različite. Među njima najprije možemo navesti izravne posljedice djelovanja buke na slušni sistem; neke su normalne, fiziološke, kao npr. efekt prikrivanja, slušna akomodacija, slušni umor. Druge su patološke; to su traume izazvane zvukom vezane uz oštećenja na razini cilijarnih stanica u unutarnjem uhu.

Druga štetna posljedica djelovanja buke jesu smetnje što ih ona izaziva: smetnje na psihičkom planu, ali isto tako na razini općih fizioloških mehanizama.

Buka je jedna od nevolja modernog industrijaliziranog života i kako postaje sve intenzivnija, sve više smeta i postaje sve štetnija.

Vrlo je dakle važno poznavati kako fiziološke tako i patološke ili psihičke posljedice djelovanja buke na organizam, kako bismo se mogli odbraniti.

Ali prije nego počnemo govoriti o učincima buke, potrebno je znati što razumijevamo pod tim terminom.

### I PRIRODA BUKA

Termin buka ima određeni subjektivni sadržaj (1, 2).

Kako razlikujemo buku od zvuka?

Svaki zvuk koji nam je afektivno neprihvatljiv, neugodan, tj. koji nam je neprijatan, koji nas smeta, koji nam je neizdržljiv, naziva se

»buka«. Po tome se buka razlikuje od drugih zvukova koji su nam indiferentni, ili prihvatljivi, ili čak ugodni.

Razlikovanje zvuka od buke je vrlo istančano i ovisi o mnogim faktorima od kojih su neki potpuno subjektivni.

Među tim faktorima mogu se navesti ovi:

### 1. Prilike

Općenito uzevši, čas kad čujemo zvuk, okolina u kojoj se nalazimo itd., značajno utječu na naš sud. Ocjena da se radi o indiferentnom ili ugodnom zvuku može se promijeniti u potpuno suprotnom smislu ako se prilike promijene.

Tako npr. zvukove melodije iz susjedova radioaparata ili ugodne zvukove ljudskog glasa koji dopiru do našeg stana kroz zidove doživljavamo kao buku jer su nepoželjni. Zvuk koji nam je po danu indiferentan ili čak ugodan predstavlja vrlo neugodnu buku noću, ako nas probudi ili nam onemogućava spavanje.

### 2. Naše vlastito stanje, kako fiziološko tako psihičko

Možemo različito prosuđivati buku već prema tome da li smo zdravi ili pak bolesni, da li smo raspoloženi ili neraspoločeni.

### 3. Individualne razlike

Isti zvuk će jedni prosuđiti kao buku, dok će drugima biti indiferentan; tako će neke ljude jako smetati buka transformatora koji se nalazi u blizini njihove kuće, dok će ga drugi jedva zamjećivati.

### 4. Iskustvo

Očito je da naša prošlost, ali i sva naša sjećanja, naš odgoj i sve ideje što ih je čovječanstvo sakupilo, da sve to utječe na naš sud; tako muziku koja se jako razlikuje od naše možemo doživjeti kao buku, jer na nju nismo navikli.

### 5. Afektivni karakter buke

Svaki zvuk koji je za nas vezan uz neku opasnost, koji znači uzbunu, prijetnju, prosuđujemo kao buku.

Vrlo je teško dati objektivnu definiciju buke: svi objektivni kriteriji koji su do sada predloženi, ako i vrijede u pojedinačnim slučajevima, nemaju općenitu valjanost; to je npr. slučaj s postojanjem neparnih harmonika ili tranzijenata, s neslaganjem između različitih sastavnih dijelova zvuka, s jakim modulacijama frekvencije ili intenziteta, s proširenim spektrom ali bez ijednog istaknutog dijela, itd.

Naravno, svi znamo primjere kada zvuk, iako slab, smatramo bukom. To je npr. slučaj sa zvukom koji nastaje kada kapljice vode u pravil-

nim intervalima padaju u umivaonik i onemogućavaju nam spavanje, ali intenzitet buke čini se ipak ima važnu ulogu. To nas navodi da se u prvom redu interesiramo za intenzitet buke.

Svaki zvuk smatramo bukom ako je prejak i ako postane neugodan, smeta ili postaje štetan za organizam odnosno za naše uho.

Borba protiv buke je dakle u stvari borba za smanjenje intenziteta buke. Pri tome treba ipak voditi računa o nekih zahtjevima: ukoliko se ne zamijeni nekim drugim sredstvom upozorenja, mora postojati mogućnost da se *korisna buka*, poželjna ili nepoželjna, percipira u odnosu na buku pozadine.

Svako izučavanje buke se očito mora ograničiti na ono što je moguće čuti. Ipak se ne mogu potpuno izolirati ispitivanja buke od raznih drugih akustičkih ili mehaničkih fenomena koji su joj vrlo bliski: *ultrazvuka* čija je frekvencija previsoka da bi se mogao čuti, *infraczvuka* čija je frekvencija preniska, *valova udaraca* koji prate eksplozije, nagla sagorijevanja eksploziva, kao što je to *dvostruki udar* nadzvučnih aviona, *vibracije krutih tijela*.

## II UČINCI DJELOVANJA BUKA NA SLUŠNI ORGAN

### A. Normalni fiziološki učinci

Normalni fiziološki učinci nisu svojstveni samo buci, oni vrijede za svaki zvuk; ali neki mogu imati štetne posljedice, od kojih ćemo se posebno osvrnuti na ove:

#### 1. Efekti prikrivanja

Zvuk ili buka mogu prikriti neki drugi zvuk ili buku, ovisno o odnosima odgovarajućih frekvencija i intenziteta. Efekt prikrivanja očituje se kao smanjenje subjektivnog intenziteta prikrivenog zvuka. Efekt prikrivanja može čak biti potpun, tako da se intenzitet prikrivenog zvuka smanji do te mjere da se taj zvuk uopće ne može percipirati. Uz konstantan intenzitet prikrivajućeg zvuka efekt prikrivanja postepeno slabi kad se intenzitet prikrivenog zvuka povećava i efekt prikrivanja potpuno nestaje ako prikriveni zvuk po svom fizikalnom intenzitetu postane primjetno analogan ili jači od prikrivajućeg zvuka (3, 4). Prikrivanje je to jače što su zvuk ili buka većeg intenziteta.

Efekt prikrivanja može imati ozbiljne posljedice ako su prikriveni korisni zvuci; to je slučaj npr. sa signalima koji opominju na neposrednu opasnost; to isto vrijedi i za važan razgovor u kojem učestvujemo.

#### 2. Nepodnošljivi osjeti i bol kod jakih intenziteta

Pri 120 db svaki zvuk postaje nepodnošljiv; kod 130–140 db dolazi do osjeta bola; a takve intenzitete mogu doseći npr. neki strojevi u tvornici ili mlazni avioni na aerodromima (5, 6, 7).



### 3. Slušna adaptacija i akomodacija

Kao kod svih bioloških pojava, uspostavljanje slijedi period organiziranja: postoji kratko vrijeme adaptacije, u kom se vremenu početni intenzitet osjeta progresivno nešto malo smanjuje, sve iako to ne primjećujemo u svakidašnjem životu. Do adaptacije dolazi na svim intenzitetnim razinama slušnog podražaja; adaptacija se povećava s povećanjem intenzitetne razine.

Adaptacija može imati nekoliko uzroka:

- a) sređivanje i bolja raspodjela živčanih reakcija na nivou unutarnjeg uha i duž čitava slušnog živčanog lanca;
- b) eventualno ukapčanje, nakon nužnog zakašnjenja, kontrolnih krugova ili rekurentnih krugova u supkortikalnim strukturama;
- tome se može dodati i akomodacija mišića srednjeg uha: ti se mišići kontrahiraju kod visokih intenziteta zvuka i buke, što dovodi do određenog smanjenja intenziteta zvuka koji se provodi do uha, pa se to čak često smatralo mehanizmom koji štiti uho. Ali to smanjenje intenziteta je slabo (između 15 i 20 db, prema različitim autorima) i takvo ograničeno smanjenje gubi smisao kod vrlo intenzivne buke. Kao kod svakog refleksa, kontrakcija nije neposredna, a s druge strane, mišići se postepeno opuštaju do potpune dekontrakcije čak ako buka i dalje traje. Taj mehanizam dakle uopće ne štiti uho ako su zvuk ili buka suviše intenzivni, suviše nagli ili predugo traju.

### 4. Slušni umor

Do slušnog umora dolazi ako preintenzivan zvuk ili buka predugo traju. Umor se očituje kao progresivno smanjivanje subjektivnog intenziteta i kao progresivno povećanje limena (9). Do slušnog umora dolazi samo uz jake intenzitete i umor je to veći što su zvuk ili buka bili intenzivniji ili što su dulje trajali. Potrebno je dugo vremena da dođe do rekuperacije. Nakon jednodnevnog boravka u intenzivnoj buci, kod nekih ljudi se može desiti da slušni umor ne nestane ni idućeg jutra pa čak ni nakon nekoliko dana.

Postoje velike individualne razlike: neki ljudi mogu biti vrlo podložni pojavi slušnog umora kod intenzivne buke, i to često od prvog časa ekspanzije buci, sa značajnim povećanjem slušnog limena; drugi su tom umoru podložni u maloj mjeri; kod nekih umor brzo nestaje, a kod drugih vrlo polagano.

Budući da postoje značajne individualne razlike, smatralo se da bi se mogli upotrijebiti testovi slušnog umora, vremena rekuperacije ili brzine rekuperacije, da bi se otkrili ljudi kod kojih se mogu očekivati slušne traume ako budu radili u prebučnoj okolini, kako bi se mogli udaljiti od buke koja bi za njih bila suviše opasna.

Predloženo je nekoliko testova osjetljivosti na buku koji se temelje na ispitivanju umaranja. Nažalost, različita ispitivanja na životinjama i

audiološka ispitivanja učinjena nakon nekoliko godina na ljudima koji su prošli te testove, dovode u sumnju praktičnu vrijednost takvih testova. Takvi testovi mogli bi biti više ili manje statistički valjani za čitavu populaciju ali ne valjaju kad se radi o pojedinom individuumu.

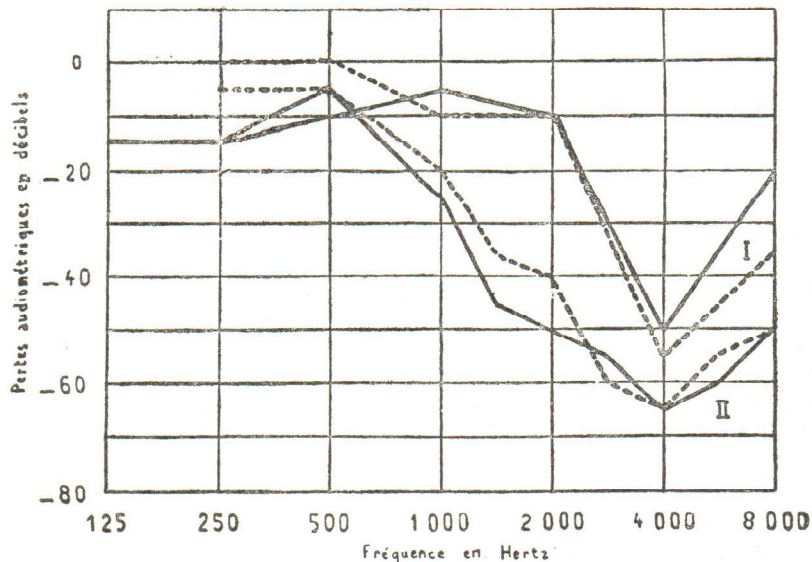
Izgleda dakle da slušni umor i slušne traume nemaju ništa zajedničko: ponavljanje slušnog umora iz dana u dan, čak i bez rekuperacije, ne dovodi nužno do slušnih trauma, iako vrlo vjerojatno olakšava njihovo pojavljivanje. Slušni umor je fiziološka pojava, za razliku od slušne traume koja je patološka pojava.

Slušni umor izazvan čistim zvukom (tonom) zahvata dosta široku skalu frekvencija, i to toliko širu koliko je zvuk intenzivniji ili dulje traje. Slušni umor je maksimalan na pola oktave ili na gornjoj oktavi. Bijeli šum širokog spektra izaziva umor na vrlo širokoj skali frekvencija s maksimumom na oko 4000 Hz.

Slušni umor prate rekitman i diplakuzija, često i zviždanje i zujanje u ušima, katkada čak i vrtoglavica.

### B. Patološki učinci

Patološki učinci su u biti *traume* ili *akustične traume*, nazvane još i *zvučne* ili *slušne traume*.



Sl. 1. Dva primjera profesionalne gluhoće

I profesionalna gluhoća u početnom stadiju

II profesionalna gluhoća u vrlo kasnom stadiju (puna linija: zračno provođenje; tačkasta linija: provođenje kroz kosti)

Na ordinati: gubitak sluha u decibelima; na apscisi: frekvencija zvuka u Hercima



Manifestiraju se kao nepovratni gubici sluha i nikad nema čak ni djelomične rekuperacije. Te se traume nazivaju *profesionalne* ukoliko je za njih odgovorna buka kojoj je čovjek izložen za vrijeme rada (10).

Gubici sluha su većeg ili manjeg raspona, a njihov se maksimum općenito nalazi oko 4000 Hz, osim ako su umjesto bukom širokog spektra, izazvani dubokim zvukovima.

Gubici sluha izazvani djelovanjem buke počinju najčešće oko 4000 Hz, ali povreda se s vremenom polako produbljuje ako izloženost buci i dalje traje. Istovremeno povreda se polako širi na druge frekvencije, najprije na više, a zatim na niže (vidi sliku). U posljednjem stadiju zahvaćen je u velikoj mjeri širok spektar frekvencija i mogu biti zahvaćene čak i niske frekvencije.

Gluhoće izazvane slušnim traumama ne napreduju same od sebe, jer se njihovo napredovanje prekida ako se prekine boravljnje u odviše bučnoj okolini.

To su gluhoće percepcije, jer za jednog te istog individuuma slične audiogrami za zračno i za koštano provođenje. Gluhoće percepcije najčešće su praćene rekrutacijom i diplakuzijom. U većini slučajeva one su dosta slične za oba uha. Međutim, mogu se naći i slučajevi gdje se oba uha oštećena u različitoj mjeri: jedno je uho bez sumnje bilo bolje zaštićeno od drugog.

Podložnost buci je vrlo različita: ima ljudi kod kojih se mogu naći oštećenja od prvog časa provedenog u intenzivnoj buci, dok drugi mogu provesti čitav život u još intenzivnijoj buci, a da kod njih nikad ne dođe do akustičnih trauma.

Ispitivanja na životinjama i opažanja na ljudima nakon smrti pokazala su da je stvarno došlo do oštećenja: anatomskih oštećenja s lokaliziranim destrukcijama, znatnih oštećenja ili čak naprsnuća bazilarne ili tektorijalne membrane, ili histoloških oštećenja s razaranjem dlačica na cilijarnim stanicama, vakuolizacije ili razaranja samih cilijarnih stanica, potpornih stanica, živčanih vlakana.

Audiogrami gubitaka sluha zbog djelovanja buke slični su audiogramima koji se dobiju pod utjecajem slušnog umora. Općenito nalazimo iste tipove audiograma mjereći efekte eksplozija, udarnih valova, trauma lubanje, pod utjecajem tvari koje su naročito štetne za pužnicu ili kod raznih virusnih bolesti. Opravdano je dakle vjerovati da je struktura same pužnice odgovorna za te promjene: veća krhkost struktura ili senzornih elemenata na malim udaljenostima od baze pužnice ili pak posebnih struktura u okolini te regije. Nažalost, sva do sad predložena objašnjenja ne zadovoljavaju.

Gubici sluha izazvani utjecajem buke slični su i gubicima sluha kod prezbiakuzija. Ipak prezbiakuzije počinju na višim frekvencijama a ne oko 4000 Hz, ali se i one postepeno šire i produbljuju prema nižim frekvencijama, samo što maksimum nije oko 4000 Hz. Razlikovanje jednog od drugog tipa gubitka sluha je katkada teško kod starijih ljudi, jer su oni u nekom razdoblju svog života mogli biti izloženi intenzivnoj buci.

## III PSIHIČKI UČINCI DJELOVANJA BUKE

Razlikovanje psihičkih učinaka i općih fizioloških učinaka je dosta nesigurno, jer se oni isprepliću i djeluju jedni na druge. Psihički se učinci nikada ne smiju zanemariti, kao ni opći fiziološki učinci, jer oni zajedno čine svu neugodnost i štetnost buke.

*1. Opći psihički poremećaji*

Ti poremećaji variraju od jednog do drugog individuuma, često ih je teško definirati i teško ih je dokazati (1, 2, 11, 12).

Tako buka može (13):

- izazvati čuvstva zlovolje, neugode, smetnje, zebnje, straha, iznenađenja itd.
- držati našu pažnju budnom ili čak postati prava opsesija.
- otežati san
- otežati ili onemogućiti praćenje razgovora
- izazvati različite psihičke poremećaje pa čak i poremećenja karaktera.

Nažalost, ti se učinci ne mogu posebno dokazati.

*2. Psihomotorni i intelektualni poremećaji*

Uz prisutnost buke svaki zadatak koji izvršavamo čini nam se teži. Ipak, postojanje sasvim određenih smetnji vrlo je teško dokazati, vjerojatno zato što možemo kroz neko vrijeme mobilizirati svu svoju energiju da prebrodimo teškoće i apstrahirati se od onog što nas smeta. Dobro definirani poremećaji su se, nažalost, mogli do sada samo rijetko dokazati, i to samo u dobro definiranim slučajevima (1, 2, 11, 12, 14, 15).

IV FIZIOLOŠKE POSLJEDICE DJELOVANJA  
BUKE NA ORGANIZAM

Ove je učinke isto tako teško dokazati kao i psihičke iako su i oni isto tako realni: umor i opća slabost se jasno osjećaju mada ih do sada nije bilo moguće dokazati.

Isticanje takvih učinaka otežava i činjenica da može doći do konfuzije uz prolazne fiziološke promjene kao posljedice iznenađenosti: vrlo intenzivan zvuk ili buka mogu, kao i pojava bilo kojeg podražaja, imati za posljedicu iznenađenost (18).



## ZAKLJUČAK

Očito je da ne bismo mogli živjeti u tišini; određena zvučna okolina nam je, dakle, potrebna. Ne možemo zamisliti manuelni rad pri kojem ne bismo proizvodili buku, jer bismo se osjećali izgubljeni, odijeljeni od svijeta, sa svim opasnostima osjećanja odvratnosti i pospanosti do čega bi to dovelo.

No zvučna okolina nikad ne smije biti previše intenzivna jer postoji opasnost da počne smetati, da izazove poremećaje, da postane neugodna i štetna, pa čak i opasna. Po svojoj kvaliteti ona ne smije biti neprihvatljiva ili neugodna.

Sva ispitivanja pokazuju da postoji limen za buku koji se ne smije prijeći jer tada postoji opasnost da dođe do akustičnih trauma. Općenito se smatra da buka može postati štetna i opasna iznad 80 db, a sigurno je štetna iznad 110 db. Mnogo strože granice se postavljaju u velikom broju posebnih slučajeva: u bolnicama, stambenim naseljima, školama itd. (17 do 23).

Sigurno je da su svim zemljama prijeko potrebni strogi zakonski propisi kojima bi se ograničila buka i spriječile štete što ih ona nanosi čovjeku u tom sve bučnijem svijetu.

*Résumé*

## L'AUDITION ET LE BRUIT

La distinction entre un son et un bruit est purement subjective. Tout son qui prend pour nous un caractère affectif inacceptable, désagréable, est appelé bruit; au contraire, on parle de son lorsque le caractère est agréable, ou simplement acceptable, voire même seulement indifférent.

Cette distinction entre sons et bruits est fort subtile en général, et notre appréciation pourra varier en fonction de nombreux facteurs; elle ne peut être mise en relation avec un facteur physique déterminé.

Les effets des bruits sur notre organisme sont fort divers.

Parmi ces effets, on peut reconnaître d'abord les effets directs sur notre système auditif; certains sont normaux, physiologiques, tels que les effets de masque, l'accommodation auditive, la fatigue auditive. D'autres sont pathologiques; ce sont les traumatismes sonores, liés à des lésions au niveau des cellules ciliées de l'oreille interne.

Un autre aspect nocif des bruits qu'il ne faut pas oublier est leur nuisance: les bruits peuvent avoir des effets perturbateurs au niveau psychique, mais aussi au niveau de mécanismes physiologiques généraux.

*Reçu le 3. Octobre 1968*

*Laboratoire de Neurophysiologie Générale,  
Collège de France, Paris, France*