

# Audiološka verbotonalna dijagnostika: pomoćna skripta za rad u Dijagnostičkom odjelu

---

**Pansini, Mihovil**

## Other document types / Ostale vrste dokumenata

Publication year / Godina izdavanja: **1969**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:257:958369>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

[SUVAG Polyclinic Repository](#)

**Mihovil Pansini**

**AUDIOLOŠKA VERBOTONALNA DIJAGNOSTIKA**

Pomoćna skripta za rad u Dijagnostičkom odjelu



Poliklinika SUVAG, Zagreb

Centar SUVAG – za rehabilitaciju slušanja i govora,  
Zagreb 1968.

Pretisak  
Poliklinika SUVAG, Zagreb,  
2002.

## PREDGOVOR

Rehabilitacija sluha je kompleksan zadatak za koji je potrebno poznavanje raznih struka. Rad na rehabilitaciji sluha i govora timski je rad, koji uključuje stručnjake iz raznih područja nauke. Budući rehabilitator za rad po ovoj metodi treba da ima pregled i sintetički prikaz podataka koji su baza poznavanja sistema i rada. Samo će tako biti moguće iskoristiti iskustvo i razmišljanje za rješavanje svakodnevnih problema koji se javljaju u radu. Mnoge stvari ovdje prikazane, makar na prvi pogled možda izgleda da su izvan područja interesa verbotonalnog sistema, mogu pridonijeti razumijevanju i tumačenju još nedovoljno poznatih mehanizama na putu percepcije govora.

Svakim danom je sve više seminara za usavršavanje u verbotonalnoj metodi rehabilitacije sluha i govora, sve je veći broj rehabilitatora, od njih se traži sve veće znanje i sve bolji rezultati u radu. Stručna i naučna literatura o verbotonalnom sustavu sve je obimnija, tako da ukoliko olakšava utoliko i otežava svladavanje osnovnih znanja, pa se javila potreba da se nadopuni i sistematizira nastavno gradivo za seminariste. Ova pomoćna skripta su doprinos tom zadatku.

U Zagrebu, novembra 1968.

M. Pansini

## U V O D

Verbotonalni sistem stvorio je profesor dr. Petar Guberina i prvi puta je iznio osnove svoje teorije 1954. godine u Parizu, a godinu dana kasnije na Svjetskom kongresu gluhih.

Profesor Guberina je lingvista i eksperimentalni fonetičar, redovni profesor Filozofskog fakulteta, direktor Fonetskog instituta i direktor Centra za rehabilitaciju sluha i govora u Zagrebu te redovni član Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti.

Od 1935. bavi se jezikom kao ljudskim izrazom nastavljajući školu osnivača strukturalne škole Ferdinanda de Saussurea i Charlesa Ballya, koji su isticali važnost govornog jezika u odnosu na pisani jezik. U istraživanjima na tom polju Guberina je doktorirao na Sorboni 1939. godine. Nasuprot pisanog jezika govorni jezik je prirodni način komunikacije, mnogo bogatiji jer informativnost daju ne samo značenje riječi nego i vrednote govornog jezika koje su: intonacija, pauza, ritam, jačina i vrijeme.

1954. godine Guberina je u suradnji s P. Rivencom iz Saint Clouda stvorio audio-vizualno globalno-strukturalnu metodu za učenje stranih jezika. Ta metoda koristi audio-vizualna sredstva da bi strukture govora bile što bolje ostvarene u emisiji govora (slušanje i gledanje) u percepciji i reprodukciji (točno slušanje i dobar izgovor). Danas je ta metoda poznata širom svijeta kao audio-vizualna metoda Saint Cloud – Zagreb.

Sva ta istraživanja pokazala su koliko je značenje strukture u percepciji govora, koliko je značenje vrednota govornog jezika u stvaranju tih struktura. Tako su pronađeni osnovni elementi informativnosti govora, koji su kasnije poslužili u rehabilitaciji sluha kao osnova za dobru slušnu percepciju govora kod patološkog uha.

S druge strane u percepciji govora ne sudjeluje samo uho, nego je slušanje polisenzoričko, u njoj sudjeluje mnogo drugih tjelesnih osjeta koji imaju mehanoreceptore.

Godine 1952. počeo je profesor Guberina istraživanja u govornoj audiometriji i odredio je optimale glasova. Glas se može percipirati, razumjeti bez deformacija, na jednom uskom frekvencijskom području, koje nije šire od jedne oktave. Proširivši istraživanja na patološko uho otkrio je da optimale glasova nisu fiksne i da se mogu stvoriti nove strukture pojedinih glasova na drugim frekvencijskim područjima, na kojima normalno uho te glasove ne bi prepoznalo.

“Termin “verbotonalni” sistem izražava jedinstvo riječi i zvuka i isto tako označava specifičnost zvuka u riječima i ovisnost govora o zvuku, a nastao je u toj fazi istraživanja, kad su tražena frekvencijska polja kod patološkog uha kao komunikativni kanal”. (I. Škarić)

U tom je radu stvorena verbotonalna audiometrija, koja je u stanju da ispita funkcionalnu vrijednost sluha, da pronade područja koja su sposobna da prenesu govorni jezik, te da prepoznaju ona područja patološkog uha koja unose buku u komunikacioni kanal i koja treba isključiti iz slušanja.

Tako se pojavio jedan od osnovnih principa rehabilitacije sluha po verbotonalnom sistemu: da nije potrebno dodavati intenzitet u optimalnom slušnom polju, te da ga treba prigušiti na funkcionalno slabijim područjima.

Drugi princip je mogućnost pomicanja optimala glasova iz područja za normalno uho na funkcionalno sačuvanom području sluha, pa makar to područje bilo i vrlo maleno, vrlo slabo, komunikativni kanal vrlo uzak, i makar bio izvan područja frekvencija koje upotrebljava normalno uho kod slušanja. Transferiranje razumljivosti govora vrši se rehabilitacijom sluha i govora po verbotonalnoj metodi aparatima SUVAG (Sistem univerzalnog verbotonalnog slušanja Guberina).

Treći princip je da se u rehabilitaciji sluha i govora koriste ne samo frekvencijske strukture govora nego i vrednote govornog jezika, koje nose informativnost govora, a koje su: intonacija, pauza, ritam, jačina i vrijeme. Ta se vrijednost govornog jezika naročito očituje u afektivnom govoru, te je zato **afektivnost** jedan od postupaka rada po verbotonalnom sistemu.

Četvrti je princip da je slušanje polisenzoričko i da je zato u rehabilitaciji potrebno koristiti i sve ostale komunikativne kanale koji prenose zvukove. U tom velikom području traže se najbolji odnosi sinhroniteta i centralno stvorenih struktura koje čine stimulusi prispjeli raznim kanalima.

Zvuk je kretanje, svako kretanje je zvuk, govor je zvuk, bez pokreta nema govora, u osnovi svakog govora jest kretanje, pa se pokret kao ritmička stimulacija koristi i za stvaranje optimalnih uslova za produkciju glasa i isto tako za percepciju glasa.

Peti je princip da je govor i sluh jedan zatvoreni kibernetički krug kojeg čini: emisija, transmisija, percepcija i reprodukcija, pa da je najprirodniji put rehabilitacije sluha i govora zvučni stimulus.

M. Lovrić

M. Pansini

## I glava – ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA

Vidi skripta M. Pansini: Audiologija I, anatomija i fiziologija

DOPUNE za Audiologiju I, anatomiju i fiziologiju

Dodatak na str.13 iza poglavlja Akcija slušnih mišića

### POVEĆANJE SLUŠNOG POLJA AKCIJOM SLUŠNIH MIŠIĆA

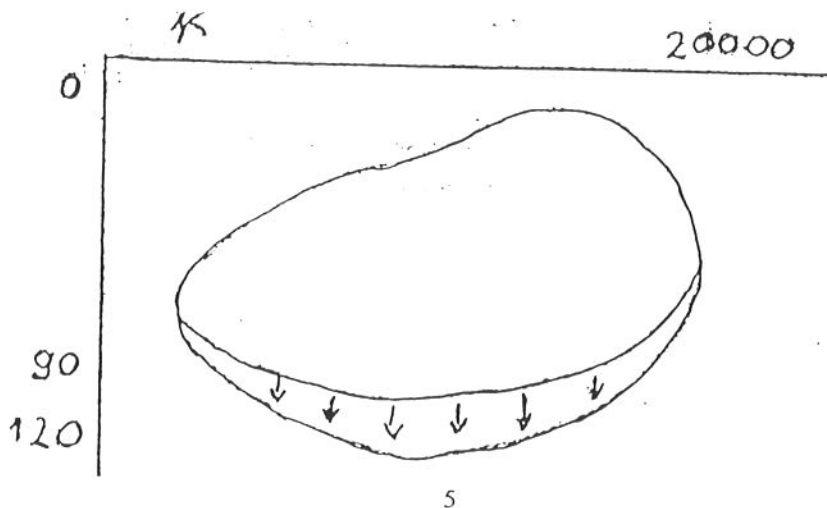
Ne postoji nikakav pravi razlog da se zaštitna uloga slušnih mišića dijeli od njihove akomodacione uloge. Kad se govori o akomodacionoj ulozi onda se misli na tonus mišića kod slabih intenziteta zvuka, a smatra se, da kontrakcija mišića kod jakih intenziteta služi samo zaštitu uha od akustičkog oštećenja. To je nepotpuno.

Kontrakcija slušnih mišića kod jakih intenziteta također služi funkciji slušanja, akomodira uho za slušanje u nepovoljnim uslovima. Radi se o sljedećem:

Normalno uho ima prag sluha na 0 db, a prag bola na 120 db, što čini intenzitetski raspon od 120 db unutar kojega uho čuje. Već nakon 40 db može se javiti refleksna kontrakcija muskulusa stapedijsa, a nakon 60 db muskulusa tenzora timpani. Oni smanjuju pomičnost slušnih koščica i povećavaju otpor u prenosu zvuka, tako da dolazi do pada osjeta zvuka za 10 do 40 db. Taj rezervni pad osjeta omogućuje da prag bola bude tek na 120 db. Kad slušnih mišića ne bi bilo prag bola bi bio niži za onoliko decibela za koliko ih u osjetu smanjuje kontrakcija slušnih mišića (nalazio bi se između 80 i 100 db).

Vrijednost uha treba određivati prema njegovim sposobnostima da prima govor u što većem intenzitetskom i frekventnom rasponu, da se održi funkcija i u nepovoljnim prilikama.

Promatrano sa stanovišta uloge uha u funkciji slušanja, slušni mišići imaju akomodacionu ulogu, omogućujući slušanje i kod jakih intenziteta, povećavajući kapacitet slušnog aparata povećanjem slušnog polja.





Izmjena na strani 9  
umjesto poglavlja – Koefficient transformacije

## RAZVOJ UHA

U toku evolucije uho se razvilo najprije kod riba. U početku to je bila membranozna vrećica, koja je s unutarnje strane imala osjetne stanice. Na tim osjetnim stanicama koje su imale dlačice ležala je gušća masa i otoliti, a vrećica je bila ispunjena tekućinom. To je u primarnoj funkciji organ za određivanje položaja tijela u prostoru, pa tako i danas uglavnom izgleda vestibularni aparat. Iz jednostavnog fizičkog razloga, takav organ nije osjetljiv samo na položaj tijela, nego i na gibanje, pa tako i na vibracije. Takav je organ iz psihofizioloških razloga osjetljiv samo na promjene položaja tijela, na promjene gibanja, pa tako i na zvuk, kao promjenu gibanja, jer zvuk je mehaničko titranje s povećanjem i smanjenjem pritiska, kompresijom i dekompresijom. Tako je i naš vestibularni aparat osjetljiv na niske tonove. Tako je uho u daljnjem razvitku postalo znatno osjetljivije na zvuk. To je bilo uho za slušanje u vodi, koje je primalo vibracije koje su prolazile kroz vodu i tako obavještavalo o neposrednoj okolini.

U paleozoiku, u Devonu (u doba riba), pred 260 milijuna godina, velike geološke promjene uzrokovale su razvoj vodozemaca, pa se uho transformira za primanje vibracija zraka. Između površine tijela i akvatičkog uha, koje je smješteno u dubini, razvila se dodatna struktura, mehanizam srednjeg uha: konduktivni aparat (za recepciju i transmisiju zvuka). U mezozoiku takvo se uho za slušanje zračnim putem dalje razvijalo u gmazova i ptica, a još više u sisavaca.

## KOEFICIJENT TRANSFORMACIJE

Srednje je uho kao konduktivni aparat potrebno zato što zvuk ne može jednostavno preći iz jednog medija u drugi, iz zraka u tekućinu unutarnjeg uha. Zbog razlike u gustoći i elastičnosti tih medija postoji na njihovoj granici jak akustički otpor, koji reflektira 999 promil zvuka, a propušta u tekućinu samo 1 promil energije zvuka. Primjer takvog slušanja je stanje kad bolešću ili operacijom bude odstranjen bubnjić i slušne koščiće, osim pločice stapesa, pa zvuk direktno dolazi na fenestru ovalis. Taj tisuću puta oslabljeni zvuk je logaritam 3 s bazom 10, što iznosi 3 bela ili 30 decibela gubitka sluha. Makar je taj gubitak matematički velik, u intenzitetskom rasponu kapaciteta uha on predstavlja samo laganu naglušnost za koju nije potrebno slušno pomagalo.

Zvučna energija koja dolazi na bubnjić prenosi se preko lanca slušnih košćica na fenestru ovalis. Samo neznatni dio energije zadržava fiziološka masa, rigiditet i trenje prenosnog aparata.

Titraje zraka koji dolaze na bubnjić srednje uho transformira da bi mogli preći sa što manje gubitka u tekućinu unutarnjeg uha. To se postiže s dva mehanizma.

1. Odnosom površine bubnjića prema površini fenestre ovalis.

Tlak zvuka na fenestri ovalis za onoliko je puta veći za koliko je površina fenestre ovalis manja od površine bubnjića. Površina bubnjića je 21 puta veća od površine fenestre ovalis, ali budući da je bubnjić svojim rubovima pričvršćen u anulus timpanikus on se ne može cijeli uvlačiti i prenositi energiju, nego u tome sudjeluju oko dvije trećine njegove površine, što čini odnos od 14 puta. Budući da tlak jest pritisak na jedinicu površine, on će na fenestri ovalis biti 14 puta jači negoli je na bubnjiću.

Taj prenos energije možemo usporediti s uskom petom na cipeli. Ako osoba težine (mase) 60 kg stane na petu, peta vrši pritisak od 60 kp (sila od 60 kilopondi). Pritisak na jedinicu površine naziva se tlak. Pritisak jednako tlak puta površina. Tlak od 1 kp/cm<sup>2</sup> zove se tehnička atmosfera (1 at). Ako je površina pete 10 cm<sup>2</sup> onda je tlak na jedinici površine 6 at, jer je pritisak raspoređen na površinu (6 puta 10 jednako 60). Ako ista osoba stane na podlogu cipelom koja ima površinu pete 1 cm<sup>2</sup> onda će tlak iznositi 60 at. Ukupni je pritisak sada raspoređen na manju površinu. Iz toga razloga je sječivo sjekire ili šiljak čavla male površine. Djelujući odgovarajućom silom na malu površinu tlak je vrlo velik.

Tekućine također prenose silu koja na njih djeluje, ali tu postoji bitna razlika između tekućine i čvrstih tijela. Tekućina ima svojstvo da silu koja na nju djeluje u ma kom pravcu prenosi podjednako u svim pravcima. To je zbog toga što su čestice tekućine međusobno vrlo pokretljive.

Djelovanje vanjske sile na tekućinu u labirintu vrši se pomoću pločice stapesa kao pomoću nekog pokretnog čepa, koji se utiskuje u tekućinu. Taj čep ima odgovarajuću površinu, koja se može izraziti u mm<sup>2</sup>. Prilikom djelovanja sile na stapes ona se dijeli na broj kvadratnih milimetara površine pločice stapesa, pa se može kazati da stapes djeluje na tekućinu odgovarajućim tlakom. Tlak se prenosi u istoj veličini na svaki mm<sup>2</sup> stijene posude i na površinu fenestre rotunde. Tlak koji se na ovaj način javlja i prenosi tekućinom naziva se hidraulički tlak, a zakon – Pascalov zakon.

2. Postiže se polugom nejednakih krakova koju čine čekić i nakovanj. Čekić i nakovanj su u svom inkudomalearnom zglobu nepomični. Na tom je mjestu točka njihovog zakretanja – hvatište poluge. Dulji krak poluge čini manubrium maleusa, a kraći krak dugi nastavak nakovnja.

Pritisak na bubnjić uvlači bubnjić i pomiče manubrium maleusa i do veličine pola milimetra (pet puta više negoli je debljina bubnjića). Amplituda kraćeg kraka poluge je za onoliko manja za koliko je taj krak veći.

Prema pravilu poluge, poluga će biti u ravnoteži ako umnožak sile i njezinog kraka bude jednak umnošku tereta i njegovog kraka. Kada pomoću stroja (poluge nejednakih krakova) dižemo veći teret (svladavamo gušći medij tekućine labirinta), tada manja sila na bubnjiću i na duljem kraju poluge) djeluje na većem putu nego što ga prelazi teret (pomaci pločice stapesa u fenestri ovalis). Prema tome, koliko se puta smanji sila, toliko se puta poveća put. To je zlatno pravilo mehanike.

$$\text{sila} \cdot \text{pripadni put} = \text{teret} \cdot \text{pripadni put}$$

Odnos duljine krakova inkudomalearne poluge iznosi 1 : 1,31, pa će na fenestri ovalis za taj iznos amplituda biti manja, a sila veća.

Prema tome je ukupni efekat transformacije koju čini srednje uho  $14 \times 1,31 = 18,3$ .

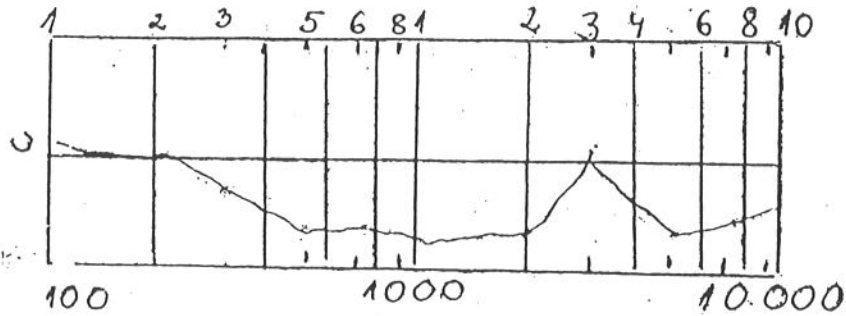
Dodatak na str. 15 iz poglavlja Mehanička impedanca

## OTPOR SLUŠNIH KOŠČICA

U audiogramu prag sluha je sveden na horizontalnu crtu, što nikako ne znači da sve frekvencije istog intenziteta uho čuje jednako dobro. Uho je najosjetljivije na srednje frekvencije koje su mu za govor najinformativnije, a za niske i visoke frekvencije osjetljivost pada. Prag sluha je sveden na horizontalnu crtu radi jednostavnijeg grafičkog prikazivanja gubitka sluha.

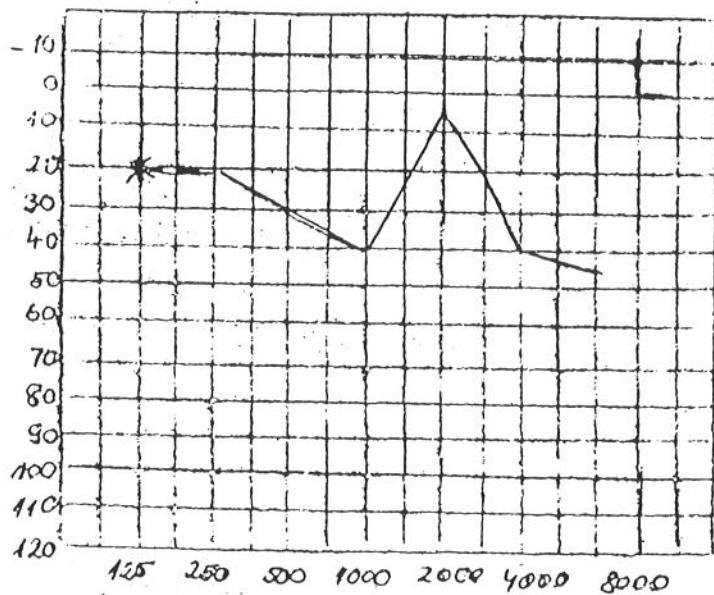
I efekat transformacije srednjega uha nije na svim frekvencijama jednak. Sasvim je jasno, da bi prag sluha bio drugačiji kad bi se mehanizam srednjeg uha odstranio. Prag bi u tom slučaju bio slabiji za 30 db, ali ne linearno, jer akustički otpor pojedinih struktura srednjega uha nije linearan.

U eksperimentu na mačkama odstranjenje struktura srednjega uha daje se gubitak sluha između 20 i 35 db (najveći je gubitak između 500 i 2000 Hz, te između 5000 i 7000 Hz). Na 3000 Hz gubitak je najmanji, postoji pozitivni zubac.



U čovjeka kod prekida lanca slušnih košćica pozitivni se zubac javlja na 2000 Hz. Što je prekid lanca slušnih košćica bliži pločici stapesa, što je dakle na fenestri ovalis manja masa, to će zubac biti jače pozitivan. Uspoređujući normalni prag sluha (0 db) s pragom sluha kod prekida lanca slušnih košćica postaje očito da je pozitivni efekat mehanizma konduktivnog aparata u govornom području najmanji na 2000 Hz.

Srednje uho na 1000 Hz poboljšava slušanje za 30 ili više decibela, a na 2000 Hz samo za 5 ili 10 db.



Ako je na fenestri ovalis otpor, što ga pružaju slušne koščiće i bubnjić povećan (kao što je to kod otoskleroze), onda je zubac na 2000 Hz negativan (gubitak sluha je veći).

Dodatak na str. 25 iza poglavlja Mikrofonizam pužnice

## TEORIJE SLUŠANJA

Potrebno je odgovoriti na pitanja

1. Kako živčani slušni sustav posreduje između fizičkog podražaja i psihološkog doživljaja?
2. Kako se prenosi slušni kvantitet – jačina?
3. Kako se prenosi slušni kvalitet – visina?

Budući da se radi o bioelektričkim potencijalima u živcu koji prenosi sve informacije, a za sve živce u osnovi vrijede isti opći zakoni, prenos zvučnog stimulusa i njegovo prepoznavanje omogućeno je samo slijedećim mehanizmima prenosa:

1. Određeno slušno vlakno ide s određenog mjesta i dopire do određenog mjesta, pa mjesto može biti specifična informacija.
2. Broj impulsa koji prolaze živčanim vlaknom može biti veći ili manji, pa je u tome druga mogućnost slanja informacija.
3. Sudjelovanje većeg ili manjeg broja živčanih vlakana u prenošenju impulsa čini treću mogućnost davanja informacija.

1. pitanje – Kako živčani slušni sustav posreduje između fizičkog podražaja i psihološkog doživljaja?

Mehanička zvučna energija promjenama pritiska djeluje na bubnjić i svojom energijom izaziva na njemu titranje koje odgovara titranju zraka. Ti se titraji transformiraju u konduktivnom aparatu, ali ne mijenjaju osnovni oblik titranja koje je postojalo u zraku. To se mehaničko titranje prenosi na tekućinu labirinta, na perilimfu, zatim s nje na duktus kohlearis preko Reissnerove membrane i bazilarne membrane na endolimfu i Cortijev organ. Posljednje mjesto koje vjerno prati mehaničko gibanje titraja zraka je relativno gibanje između membrane tektorije i osjetnih stanica, što dovodi do kemijskih promjena u stanici, oslobađa se acetilkolin, a on podražuje živčane završetke. Postoji i drugo mišljenje, da kohlearni potencijal direktno podražuje živčane završetke. Živčanim vlaknom teku tada bioelektrički potencijali koje treba razlikovati od kohlearnog potencijala.

2. pitanje – Kako se prenosi slušni kvantitet – jačina?

Općenito se smatra da jačina tona ovisi o ukupnom zbroju svih bioelektričkih potencijala u svim podraženim vlaknima u jedinici vremena. Što je intenzitet veći, to je deformacija na bazilarnoj membrani veća, pa je broj podraženih stanica u živčanim vlaknima veći, ukupni broj impulsa veći.

Ono u čemu se istraživači nisu složili je

3. pitanje – Kako se prenosi slušni kvalitet – visina?

Postoje mnoge teorije i još veći broj varijanti, ali ćemo prikazati samo opći razvoj osnovnih grupa teorija slušanja.

#### HELMHOLTZOVA TEORIJA REZONANCIJE

Ona smatra osnovnim **funkciju bazilarne membrane**.

Razlikovanje visine tona zavisi od duljine niti na bazilarnoj membrani, koja biva aktivirana akustičkom rezonancijom. Ti se titraji prenose na osjetne stanice, koje bivaju podražene dodirivanjem membrane tektorije (ili ulaženjem cilija u nju). Izgleda kao da se u svakom uhu nalazi jedna malena harfa koja ako “u njoj zapjeva” podražaj, odgovara titranjem koje odgovara – karakteristikama njezinih frekvencija.

#### TEORIJE MJESTA POSLIJE HELMHOLTZA

Dok Helmholtzova teorija smatra osnovnom funkciju bazilarne membrane, teorija mjesta smatraju da je **mjesto na bazilarnoj membrani funkcija duljine vala zvuka**.

Mjesta bliže ovalnom prozorčiću bivaju podražena višim tonovima (kraćim valovima), a mjesta bliže vrhu pužnice niskim tonovima (duljim valovima), što se u određivanju mjesta poklapa s Holmholtzovom teorijom.

U tim dvjema teorijama nadopunu čini Hensenova pretpostavka da su pojedine stanice osjetljivije na određenu visinu tona, pa bi tako same osjetne stanice bile rezonatori.

Sve te teorije pretpostavljaju da u kohlei dolazi do analize kompleksnog zvuka u pojedinc čiste tonove, sve su te teorije – teorije periferne analize zvuka.

## TEORIJE FREKVENCIJE

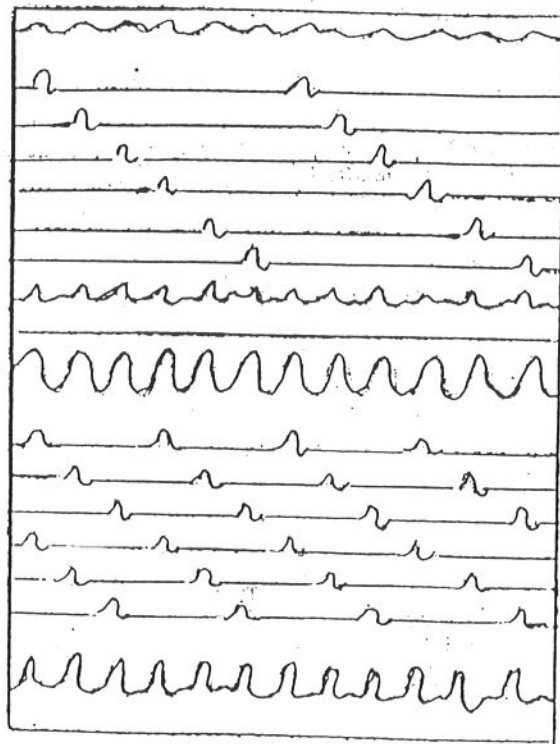
Rinne je 1865. posumnjao u teoriju rezonancije i periferne analize. Periferna analiza tonova zahtijeva osim svega integracione mehanizme u višim centrima, koji će od pojedinih tonova ponovo sastaviti kompleksni zvuk.

Voltolini 1885. prikazuje jednostavnu frekvencijsku teoriju u kojoj uho uspoređuje s telefonom ili gramofonom.

Rutherford 1886. smatra da sve stanice mogu biti podražene bilo kojim zvukom, jednostavnim ili kompleksnim, i da tim putem "valovi zvuka prelaze u vibracije živca određene frekvencije, amplitude i oblika vala".

Budući da živčano vlakno pokazuje refraktornu fazu u kojoj je nepodražljivo (u kojoj se opravljaja) ono može u jednoj sekundi poslati najviše 800 impulsa. Za prenos viših frekvencija upotrebljen je princip plotuna.

Sukcesivni bregovi zvučne energije podražuju sve osjetne stanice s pripadajućim živčanim nitima do kojih zvučna energija dopre. Ako je frekvencija zvuka malena, manja od 800 Hz, onda podražaj putuje svim vlaknima, koja su bila podražena, ovisno o intenzitetu zvuka i pragu osjetljivosti pojedinog vlakna. Ako je frekvencija viša javlja se refraktorna faza, pa živčane niti šalju impulse sa svakog drugog ili trećeg brijega zvučnih valova, ali su tako svrstani u vodove, u plotune, da njihov zbroj daje frekvenciju impulsa koja odgovara frekvenciji stimulusa.





Budući da je poznato da se živčane niti mogu podražiti i u toku svoje relativno refraktorne faze (koja slijedi nakon apsolutne refraktorne faze) ako je podražaj dovoljno jak, proizlazi da će češće reagirati, da će dati veći broj impulsa u sekundi. Kako je ranije spomenuto da glasnoća ovisi o ukupnom broju svih impulsa u jedinici vremena, to će u tom slučaju taj isti ton biti primljen kao ton jačeg intenziteta. Tako jačina (intenzitet) postaje funkcija ukupnog broja impulsa u jedinici vremena.

## WEVEROVA TEORIJA PLOTUNA

Ona predstavlja sintezu teorije mjesta i teorije frekvencije. Nepobitno je dokazano da oštećenje pojedinih mjesta duktusa kohlearisa dovode do gubitka sluha ovisno o mjestu oštećenja kao što je i neoborivo dokazano da impulsi putuju u plotunima.

Prema tome na 3. pitanje: kako se prenosi slušni kvalitet – visina? Wever smatra (a ta teorija danas ima najviše pristalica) da se on prenosi pomoću dva mehanizma:

1. za niske frekvencije do 400 Hz mehanizmom složene frekvencije impulsa,
2. od 5000 Hz dalje mehanizmom teorije mjesta.

Već od 400 Hz naviše javlja se mehanizam teorije mjesta, a mehanizam složene frekvencije impulsa preteže se sve do 5000 Hz, s time da su prelazi nužno postepeni.

Visinu se danas smatra kombinacijom “brujanja” (korelat fiziološke frekvencije) i “tijela” (korelat fiziološkog mjesta ili kanala).

Već je ranije spomenuto da živčana vlakna mogu slati tri vrste obavijesti:

1. Određeno živčano vlakno ide s jednog mjesta i dopire do određenog mjesta (treba znati da u kori mozga postoji projekcija kohlea).
2. Periodicitetom njegovih impulsa.
3. Sudjelovanjem većeg ili manjeg broja živčanih vlakana u prenosu impulsa.

Treći mehanizam služi za prenos intenziteta, a prva dva za visinu tona. Tako je i time određeno da informaciju o visini određuje mjesto i frekvencija. Tako komplonirane informacije čine centralne strukture o kojima ovisi percepcija.



## LATERALNA INHIBICIJA

Promatrajući val deformacije na bazilarnoj membrani vidljivo je da je podražena većina površina, veći broj osjetnih stanica, da je područje viših frekvencija gotovo uvijek podraženo do mjesta osnovnog tona. Što je osnovni ton niži, to će veći dio bazilarne membrane biti podražen.

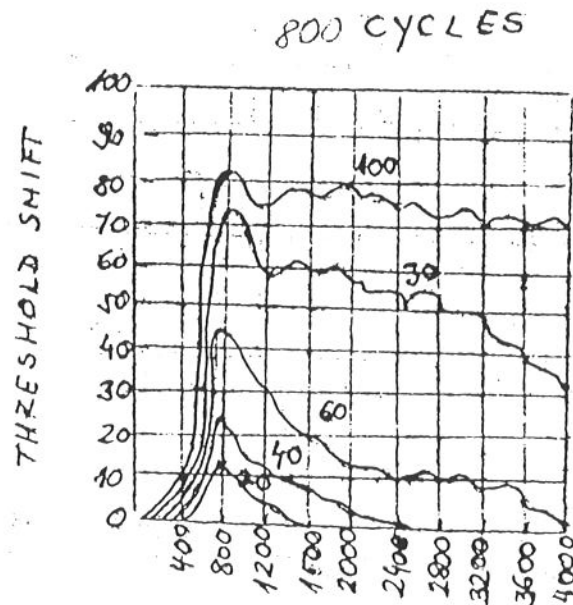
Budući da je bazilarna membrana podražena i izvan mjesta za određeni ton, trebalo bi očekivati da će to regulirati šumom, a ne čistim tonom.

Gray je predložio jedno objašnjenje, koje je nazvao "princip maksimalnog podražaja". Mada će znatan broj živčanih vlakana slati impulse višim centrima, impulsi koji dolaze sa slabije podraženog područja inhibiraju se u centralnim jezgrama, pa se osjeća samo visina koja odgovara maksimalnoj aktivnosti mjesta. To je fenomen lateralne inhibicije. Submaksimalno podraženi dijelovi doprinose dakle jedino glasnoći u percepciji.

To znači da slušanje stalno sadrži redukciju, inhibiciju, eliminaciju zvukova.

## MASKIRAJUĆI EFEKT

Takva se eliminacija zvukova vidi u maskirajućem efektu kojeg određeni ton čini na susjedne tonove. Maskiranje se može definirati kao porast apsolutnog praga jednog ispitivanog tona zbog simultanog prisustva nekog drugog tona.

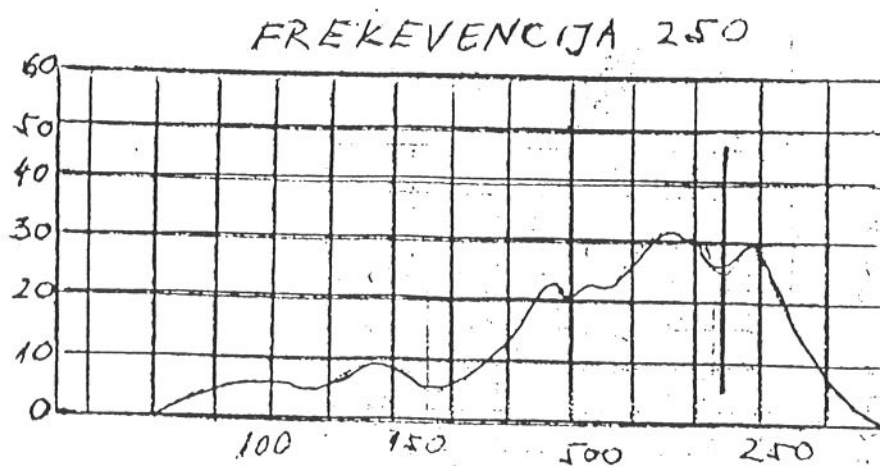
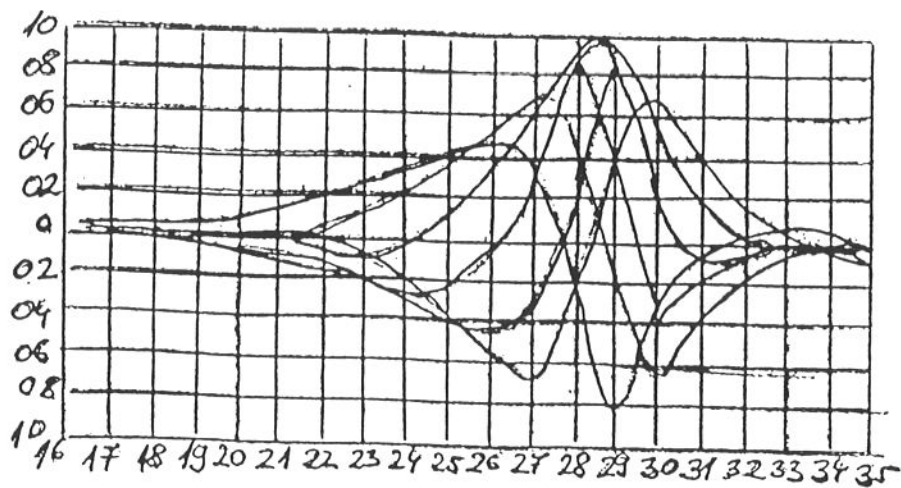


Ta pojava ima slijedeće karakteristike:

1. Opseg zahvaćenih frekvencija raste s intenzitetom maskirajućeg tona.

2. Veličina maksiranja mijenja se uglavnom ovisno od blizine ispitivanih i maskirajućeg tona.
3. Tonovi koji su viši od maskirajućeg tona više su zahvaćeni nego tonovi koji su niži od njega.
4. Oštriji padovi maskiranja nalaze se na točkama koje predstavljaju umnožak maskirajućeg tona s malim cijelim brojevima (800, 1600, 2400, 3200).

Maskirajući efekat je periferni fenomen, koji po svom obliku odgovara deformaciji bazilarne membrane.



Maskirajući ton podiže pragove sluha susjednih frekvencija do one mjere u kojoj koristi neke od njihovih putova (uključujući i put deformacije bazilarne membrane).

S tim u vezi je i činjenica da se podražaji koji se djelomično podudaraju oduzimaju od ukupnog doživljaja glasnoće, jer maskiranje, kako je ranije spomenuto, uključuje efekat lateralne inhibicije.

Naprotiv, tonovi koji su dovoljno udaljenih frekvencija, da je izbjegnuto djelovanje maskirajućeg efekta, sumiraju se u glasnoći, što odgovara principu glasnoće kao ukupnoj frekvenciji impulsa.