

**AKUSTIKA, TOVUSHNING FIZIK XUSUSIYATLARI VA ESHITISH
SISTEMASINING BIOFIZIK ASOSLARI**

p.f.f.d, PhD, dotsent. Buzrukov To'liqin Omonovich

Email: tolqinbuzrukov5@gmail.com

Qurbonmurodov Umid Jumanazarovich

Email: umidjumanazarovich@gmail.com

Boboqulov Otajon Xolmurod o'gli

Annotatsiya

Ushbu maqolada akustika fanining tibbiyotdagi ahamiyati, tovushning asosiy fizik xususiyatlari, inson eshitish sistemasining biofizik mexanizmlari hamda quloqning eshitish sezgirligini aniqlash usullari ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Tovush — elastik muhitda tarqaluvchi mexanik tebranish bo'lib, uning chastota, amplituda, intensivlik, tovush bosimi, tembr va rezonans kabi parametrlarini chuqur tushunish eshitish fiziologiyasi va audiologik diagnostika uchun muhim hisoblanadi. Inson qulog'i tashqi, o'rta va ichki quloq qismlaridan iborat bo'lib, tovush to'lqinlarini mexanik tebranishdan nerv impulsiga aylantiruvchi murakkab biologik-akustik tizim vazifasini bajaradi. Eshitish sezgirligini baholashda tonal audiometriya, nutq audiometriyasi, kamerton sinamalari, otoakustik emissiya va eshitish chaqirilgan potentsiallari muhim diagnostik ahamiyatga ega. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, hozirgi vaqtda dunyo aholisining 1,5 milliarddan ortig'i turli darajadagi eshitish pasayishi bilan yashamoqda, 430 milliondan ortiq insonda esa reabilitatsiyani talab qiluvchi eshitish buzilishi mavjud. Shu bois akustika va eshitish sistemasining fizik asoslarini o'rganish nafaqat nazariy, balki amaliy-klinik ahamiyatga ham ega.

Kalit so'zlar: akustika, tovush, chastota, amplituda, intensivlik, eshitish analizatori, quloq, koklea, audiometriya, eshitish sezgirligi, biofizika.

Kirish

Akustika — fizikaning tovush hosil bo'lishi, tarqalishi, muhit bilan o'zaro ta'siri va qabul qilinishini o'rganuvchi bo'limidir. Tibbiyotda akustika alohida o'rin tutadi, chunki inson organizmida tovushni qabul qilish, uni nerv impulslariga aylantirish va markaziy nerv tizimida tahlil qilish murakkab biofizik jarayonlar orqali amalga oshadi. Auskultatsiya, ultratovush diagnostikasi, audiometriya, fonokardiografiya, dopplerografiya kabi usullar ham akustik hodisalarga asoslanadi.

Inson eshitish analizatori tashqi muhitdagi tovush signallarini qabul qilib, ularni biologik axborotga aylantiradi. Bu jarayon tashqi quloqda tovushni yig'ish, o'rta quloqda mexanik kuchaytirish, ichki quloqda esa mexanik tebranishni elektrofiziologik impulsga o'tkazish orqali kechadi. Ayniqsa, chig'anoq — koklea darajasida yuz beradigan mexanoelektrik transduksiya eshitish sistemasining eng muhim bosqichi hisoblanadi.

Bugungi kunda eshitish qobiliyatining pasayishi global sog'liqni saqlash muammolaridan biri bo'lib qolmoqda. Shovqinli ishlab chiqarish, urbanizatsiya, quloq infeksiyalari, qarish jarayoni, ototoksik dori vositalari va genetik omillar eshitish buzilishining asosiy sabablaridan hisoblanadi. Shu sababli tovush fizikasi va eshitish sistemasining biofizik xususiyatlarini chuqur o'rganish shifokorlar, tibbiyot talabalari va audiologiya sohasidagi mutaxassislar uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqotning maqsadi

Akustika va tovushning asosiy fizik xususiyatlarini tibbiy-biofizik nuqtayi nazardan tahlil qilish, eshitish sistemasining tovushni qabul qilish mexanizmlarini yoritish hamda quloqning eshitish sezgirligini aniqlash usullarini umumlashtirish.

Tadqiqot materiallari va usullari

Maqola adabiyotlar tahlili, biofizik umumlashtirish va klinik-audiologik diagnostika usullarini solishtirish asosida tayyorlandi. Tahlilda akustika, eshitish fiziologiyasi, koklear mexanizmlar, tonal audiometriya, eshitish chegarasi va tovush intensivligi haqidagi ilmiy manbalar o'rganildi. Mavzuni yoritishda nazariy biofizika, normal fiziologiya, otorinolaringologiya va audiologiya fanlaridagi ma'lumotlar integratsiya qilindi.

Akustika va tovushning fizik xususiyatlari

Tovush — elastik muhit zarrachalarining tebranishi natijasida hosil bo'ladigan va to'liq shaklida tarqaladigan mexanik hodisadir. Tovush faqat muhit mavjud bo'lganda tarqaladi; vakuumda tovush tarqalmaydi, chunki tebranishni uzatuvchi zarrachalar mavjud emas. Havo, suv, suyak to'qimasi va yumshoq to'qimalar tovush tarqalishi uchun turli akustik muhit hisoblanadi. Tovushning asosiy fizik ko'rsatkichlariga chastota, amplituda, to'liq uzunligi, tezlik, intensivlik, tovush bosimi va tembr kiradi. Chastota bir soniyada sodir bo'ladigan tebranishlar soni bo'lib, gersda o'lchanadi. Inson qulog'i odatda 20 Hz dan 20 000 Hz gacha bo'lgan tovushlarni eshita oladi. 20 Hz dan past tovushlar infratovush, 20 000 Hz dan yuqori tovushlar esa ultratovush deyiladi.

Amplituda tebranishning maksimal og'ishini bildiradi va tovushning baland-past eshitilishi bilan bog'liq. Amplituda qancha katta bo'lsa, tovush shuncha kuchli eshitiladi. Biroq eshitish sezgisi faqat amplitudaga emas, balki tovush bosimi va inson qulog'ining chastotaga sezgirligiga ham bog'liq.

Tovush intensivligi birlik yuzadan birlik vaqt ichida o'tadigan energiya miqdorini bildiradi. Amaliyotda tovush darajasi detsibel bilan ifodalanadi. Detsibel logarifmik birlik bo'lib, inson qulog'ining tovushga bo'lgan sezgirligi keng diapazonda o'zgarishini ifodalash uchun qulaydir. Masalan, juda past eshitish chegarasi bilan og'riq chaqiruvchi tovush darajasi o'rtasida millionlab marta farq mavjud bo'lishi mumkin.

Tovushning tembri murakkab tovush tarkibidagi asosiy va qo'shimcha garmonik tebranishlarga bog'liq. Bir xil chastota va intensivlikka ega tovushlar turli manbalardan chiqqanda har xil eshitilishi aynan tembr bilan izohlanadi. Musiqa, nutq, yurak tonlari va nafas shovqinlarini farqlashda tembr muhim ahamiyatga ega.

Rezonans ham akustikaning muhim hodisalaridan biridir. Rezonansda tashqi tebranish chastotasi tizimning xususiy chastotasiga mos kelganda tebranish amplitudasi keskin ortadi. Inson qulog'ida tashqi eshituv yo'li, nog'ora parda, eshituv suyakchalari va bazilyar membrana turli chastotalarga moslashgan rezonans xususiyatlariga ega.

Eshitish sistemasining fizik va biofizik xususiyatlari

Eshitish sistemasi tovush signallarini qabul qiluvchi, kuchaytiruvchi, saralovchi va nerv impulsiga aylantiruvchi biologik tizimdir. U anatomik jihatdan tashqi quloq, o'rta quloq, ichki quloq, eshituv nervi va bosh miya po'stlog'idagi eshitish markazlaridan iborat.

Tashqi quloq quloq suprasi va tashqi eshituv yo'lidan tashkil topgan. Quloq suprasi tovush to'lqinlarini yig'adi va ularni tashqi eshituv yo'lga yo'naltiradi. Tashqi eshituv yo'li ma'lum chastotalardagi tovushlarni kuchaytiruvchi rezonator vazifasini bajaradi. Ayniqsa, inson nutqi uchun muhim bo'lgan chastotalar diapazonida tashqi quloqning kuchaytiruvchi roli katta.

O'rta quloq nog'ora parda, bolg'acha, sandoncha va uzangicha suyakchalaridan iborat. Nog'ora parda tovush bosimi ta'sirida tebranadi va bu tebranish eshituv suyakchalari orqali ichki quloqqa uzatiladi. O'rta quloqning eng muhim fizik vazifasi havo muhitidan suyuqlik muhitiga tovush energiyasini samarali o'tkazishdir. Agar bu mexanik moslashtirish bo'lmaganida, tovush energiyasining katta qismi qaytib ketgan bo'lardi. Eshituv suyakchalari tizimi kuchni oshiradi va tebranishni oval darchaga yetkazadi.

Ichki quloqda joylashgan koklea eshitish jarayonining asosiy biofizik markazi hisoblanadi. Koklea spiral shakldagi suyuqlik bilan to'lgan tuzilma bo'lib, uning ichida

bazilyar membrana va Kortiy organi joylashgan. Oval darcha orqali kelgan tebranishlar koklea suyuqligida to'liqin hosil qiladi. Bu to'liqin bazilyar membrana bo'ylab tarqaladi. Bazilyar membrananing turli qismlari turli chastotalarga sezgir: yuqori chastotalar kokleaning asos qismida, past chastotalar esa cho'qqi qismida maksimal tebranish hosil qiladi.

Kortiy organida joylashgan tukli hujayralar mexanik tebranishlarni elektr signallarga aylantiradi. Tovush ta'sirida stereotsiliyalar egiladi, ion kanallari ochiladi, hujayra membranasi depolyarizatsiyalanadi va eshituv nervi tolalarida impuls hosil bo'ladi. Bu jarayon mexanoelektrik transduksiya deyiladi. Tukli hujayralarning shikastlanishi, ayniqsa tashqi tukli hujayralarning zararlanishi, eshitish sezgirligining pasayishiga olib keladi.

Eshitish sistemasining yana bir muhim xususiyati chastotaviy selektivlikdir. Inson qulog'i tovushlarni faqat eshitibgina qolmay, balki ularni chastota, intensivlik, vaqt davomiyligi va fazoviy yo'nalishiga ko'ra tahlil qiladi. Bu xususiyat nutqni tushunish, musiqa ohanglarini farqlash, shovqin fonida kerakli signalni ajratish va xavf manbasini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

Quloqning eshitish sezgirligini aniqlash

Eshitish sezgirligi inson qulog'ining eng past eshtiladigan tovush darajasini qabul qilish qobiliyatidir. Bu ko'rsatkich eshitish chegarasi bilan baholanadi. Eshitish chegarasi — muayyan chastotadagi eng past intensivlikdagi tovushni eshitish mumkin bo'lgan darajadir. Sog'lom yosh insonlarda eshitish sezgirligi odatda 1000–4000 Hz diapazonida eng yuqori bo'ladi.

Eshitish sezgirligini aniqlashda eng keng qo'llaniladigan usul tonal audiometriyadir. Tonal audiometriyada bemorga turli chastota va intensivlikdagi sof tonlar beriladi. Har bir chastotada bemor eshita oladigan minimal tovush darajasi aniqlanadi va natijalar audiogramma ko'rinishida qayd etiladi. Audiogramma orqali eshitish pasayishining darajasi, turi va taxminiy lokalizatsiyasi baholanadi.

Havo o'tkazuvchanligi va suyak o'tkazuvchanligini solishtirish eshitish buzilishining turini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Agar havo o'tkazuvchanligi pasayib, suyak o'tkazuvchanligi nisbatan saqlangan bo'lsa, konduktiv eshitish pasayishi ehtimoli yuqori bo'ladi. Bu holat tashqi yoki o'rta quloq patologiyalarida uchraydi. Agar havo va suyak o'tkazuvchanligi birgalikda pasaysa, sensorinevral eshitish pasayishi haqida o'ylash mumkin. Bu ko'proq ichki quloq, tukli hujayralar yoki eshituv nervi shikastlanishida kuzatiladi.

Kamerton sinamali ham eshitish holatini tezkor baholashda qo'llaniladi. Rinne sinamasi havo va suyak o'tkazuvchanligini solishtiradi. Weber sinamasi esa tovushning qaysi quloqda kuchliroq eshtilishini aniqlashga yordam beradi. Bu usullar

oddiy bo'lsa-da, klinik amaliyotda eshitish buzilishining konduktiv yoki sensorinevral turini dastlabki farqlashda foydalidir.

Nutq audiometriyasi bemorning nutqni qabul qilish va tushunish qobiliyatini baholaydi. Bu usul oddiy tonal audiometriyadan farqli ravishda eshitishning funksional tomonini ko'rsatadi. Chunki bemor ba'zan tonlarni eshitishi mumkin, ammo nutqni shovqinli muhitda tushunishda qiynaladi. Shu sababli zamonaviy audiologiyada tonal audiometriya bilan birga nutq audiometriyasi ham muhim ahamiyatga ega.

Otoakustik emissiya ichki quloqdagi tashqi tukli hujayralar faoliyatini baholashga yordam beradi. Bu usul ayniqsa chaqaloqlarda eshitish skriningi uchun qulay, chunki bemorning faol javobi talab qilinmaydi. Eshitish chaqirilgan potentsiallari esa eshituv yo'llari va miya sopi darajasidagi nerv o'tkazuvchanligini baholaydi. Bu usul chaqaloqlar, hushsiz bemorlar yoki subyektiv audiometriya o'tkazish qiyin bo'lgan holatlarda katta ahamiyatga ega.

Natijalar va tahlil

Akustika va eshitish sistemasining biofizik xususiyatlarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, inson qulog'i oddiy tovush qabul qiluvchi organ emas, balki yuqori darajada moslashgan biologik analizator hisoblanadi. Tovushning chastotasi, intensivligi, davomiyligi va spektral tarkibi quloqning turli tuzilmalari tomonidan bosqichma-bosqich qayta ishlanadi.

Tashqi quloq tovushni yig'adi va rezonans orqali ayrim chastotalarni kuchaytiradi. O'rta quloq mexanik moslashtiruvchi tizim sifatida tovush energiyasini havo muhitidan suyuqlik muhitiga o'tkazadi. Ichki quloq esa mexanik energiyani bioelektrik signalga aylantiradi. Koklea darajasidagi bazilyar membrana tovush chastotalarini anatomik joylashuv asosida ajratadi, tukli hujayralar esa bu tebranishlarni nerv impulslariga aylantiradi.

Tonal audiometriya eshitish sezgirligini aniqlashning asosiy usuli hisoblanadi. Biroq eshitishni to'liq baholash uchun faqat audiogramma yetarli emas. Nutq audiometriyasi, otoakustik emissiya, kamerton sinamallari va chaqirilgan potentsiallar bilan birgalikda tekshirish eshitish sistemasining turli bo'g'inlarini aniqroq baholash imkonini beradi.

Muhokama

Eshitish fiziologiyasida fizik qonuniyatlarning roli juda katta. Tovush bosimi, rezonans, impedans, energiya uzatilishi, chastotaviy tahlil va mexanoelektrik transduksiya eshitish jarayonining asosiy biofizik mexanizmlarini tashkil qiladi. Shuning uchun akustika qonuniyatlarini bilmasdan turib, quloq kasalliklari, eshitish

pasayishi, audiometriya natijalari yoki eshitish apparatlari ishlash prinsipini to'liq tushunish qiyin.

Zamonaviy tibbiyotda eshitish buzilishlarini erta aniqlash muhim profilaktik yo'nalishlardan biridir. Ayniqsa bolalarda eshitishning erta pasayishi nutq rivojlanishi, aqliy rivojlanish, ijtimoiy moslashuv va ta'lim jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Kattalarda esa eshitish pasayishi kommunikatsiya buzilishi, ijtimoiy chekinish, mehnat unumdorligining kamayishi va hayot sifatining pasayishiga olib keladi.

Hozirgi muammolardan biri shundaki, ko'plab bemorlar eshitish pasayishini kech sezadi yoki shifokorga kech murojaat qiladi. Ikkinchi muammo — shovqin gigiyenasiga yetarli e'tibor berilmasligi. Uchinchi muammo — audiologik tekshiruvlarning barcha hududlarda bir xil darajada yo'lga qo'yilmaganidir. Ushbu muammolarni hal qilish uchun eshitish skriningini kengaytirish, maktab va ishlab chiqarish muhitida shovqin nazoratini kuchaytirish, audiometriya xizmatlarini hududiy tibbiyot muassasalarida rivojlantirish zarur.

Xulosa

Akustika va eshitish sistemasining fizik xususiyatlari tibbiyotning muhim nazariy va amaliy yo'nalishlaridan biridir. Tovushning chastota, amplituda, intensivlik, tembr va rezonans kabi xususiyatlari inson qulog'ining tovushni qanday qabul qilishi va qayta ishlashini tushuntirishda asosiy o'rin tutadi.

Inson qulog'i tovushni tashqi muhitdan qabul qilib, uni mexanik tebranish, suyuqlik to'liqini va nerv impulsi bosqichlari orqali markaziy nerv tizimiga yetkazadi. Tashqi quloq tovushni yig'adi, o'rta quloq uni kuchaytiradi va ichki quloq mexanoelektrik transduksiya orqali biologik axborotga aylantiradi.

Quloqning eshitish sezgirligini aniqlashda tonal audiometriya asosiy diagnostik usul hisoblanadi. Biroq to'liq klinik baholash uchun nutq audiometriyasi, kamerton sinamalari, otoakustik emissiya va eshitish chaqirilgan potentsiallaridan kompleks foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Eshitish buzilishlarini erta aniqlash, shovqindan himoyalash, bolalarda skrining tekshiruvlarini kuchaytirish va audiologik xizmatlarni rivojlantirish kelajakda eshitish bilan bog'liq nogironlik va ijtimoiy muammolarni kamaytirishga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization. Deafness and hearing loss. Fact sheet. 2026.
2. World Health Organization. World Report on Hearing. Geneva: WHO; 2021.
3. Casale J., et al. Physiology, Cochlear Function. StatPearls. NCBI Bookshelf; 2023.

4. Carl A.C., et al. Audiology Pure Tone Evaluation. StatPearls. NCBI Bookshelf; 2023.
5. Fettiplace R. Hair cell transduction, tuning and synaptic transmission in the mammalian cochlea. Physiological Reviews. 2017.
6. Musiek F.E., et al. Perspectives on the Pure-Tone Audiogram. Journal of the American Academy of Audiology. 2017.
7. Clinical Methods. Audiometry. NCBI Bookshelf.
8. Dindamrongkul R., et al. Prediction of pure tone thresholds using speech reception threshold. 2024.
9. Guyton A.C., Hall J.E. Textbook of Medical Physiology. Philadelphia: Elsevier.
10. Ganong W.F. Review of Medical Physiology. McGraw-Hill Education.
11. Kandel E.R., et al. Principles of Neural Science. McGraw-Hill.
12. Hall J.W. Handbook of Auditory Evoked Responses. Pearson.
13. Katz J. Handbook of Clinical Audiology. Wolters Kluwer.
14. Gelfand S.A. Essentials of Audiology. Thieme.
15. Pickles J.O. An Introduction to the Physiology of Hearing. Brill.