

TOSHKENT STOMATOLOGIYA INSTITUTI

BIOFIZIKA VA INFORMATIKA KAFEDRASI

Biofizikadan ma'ruzalar

Ma'ruza: № 4

“BIOAKUSTIKA”

Toshkent - 2015

Reja:

1. Tovush. Tovushning fizikaviy va psixo-fizikaviy xarakteristikalari.
2. Veber-Fexner qonuni.
3. Eshitish biofizikasi elementlari. Dopler effekti. Klinikada tovushga asoslangan usullar. Audiometriya.
4. Sezgi a'zolari biofizikasi. Odamning eshitish apparati.
5. Ultratovush va infratovush. Ularning organizmga ta'siri.

Tovush hodisalarini o'rganuvchi fizika bo'limiga akustika deyiladi. Akustika umumiy fiziologik (bioakustika), arxitekturik, musiqiy va hakoza bo'limlarga bo'linadi. Tovush – (bu zarrachalarning elastik muhitda tebranishidir) qulog'imiz seza oladigan chastotalarda zarrachalarning elastik muhitda tebranishidir, ya'ni $16 - 2 \cdot 10^4$ Gs chastotadagi diapazondir. 16 Gs chastotadan kichik tebranishlarga infratovush (IT), $2 \cdot 10^4$ Gs dan kattalarini ultratovush (UT) deb ataladi. IT va UT larni qulog'imiz qabul qilmaydi.

Tovushning har xil muhitda tarqalish tezligi har xil bo'lib, u muhitning elastik xususiyatiga va muhit zichligiga bog'liq bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$v = \sqrt{E / \rho},$$

bunda, E – Yung moduli, ρ – zichlik.

Qattiq jismlarda tovush tebranishlari $v = 2-5$ km/s tezlik bilan bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar ko'rinishida tarqaladi. Suyuqliklarda esa tovush $v = 0,7-2$ km/s bilan bo'ylama to'lqinlar siqilish va kengayish tarzida tarqaladi. Suvda tovush tezligi $v = 1,3$ km/s. Bu tezlikni odamning yumshoq to'qimalari uchun o'rtacha tovush tezligi deb qabul qilish mumkin. Havoda 0°C temperaturada $v = 331,5$ m/s ga teng. Temperaturaning har 1°C ga oshishida tezlik taxminan 0.5 m/s ga oshadi va $t = 20^\circ\text{C}$ da $v = 340$ m/s ga teng bo'ladi. Tovush tezligi tebranish chastotasiga bog'liq emas.

Tovush toni (vaqt mobaynida doimiy yoki biror qonuniyat asosida o'zgaruvchi bo'lgan tebranish) chastota, amplituda (siljish) va tebranish shakli - garmonik spektr bilan harakatlanadi. Tovush to'lqini intensivlik ($J \sim A^2$) va tovush bosimi ($J \sim \Delta p^2$) bilan xarakterlanadi. Bu tovushning fizik xarakteristikalaridir. Chastotaning fizik xarakteristikasiga psixofizik yohud sub'yektiv xarakteristika hisoblangan tovush balandligi mos keladi. Kichik chastotalarga past tonlar, kattalariga baland tonlar mos keladi.

Tovush intensivligining fizik xarakteristikasiga tovushning qattiqlik deb ataluvchi psixofizik xarakteristikasi mos keladi. Tovush qattiqligi subyektiv ma'noga ega bo'lib tovush chastotasi va sezuvchanlikka bog'liqdir. Intensivlik sinonimlari – tovush kuchi, energiya oqimining zichligi, Umov vektoridir. Intensivlik – vaqt birligi ichida yo'nalishga perpendikulyar bo'lgan birlik yuzadan o'tuvchi to'lqinning energiya miqdoridir, J deb belgilanadi. U vektor kattalik bo'lib, tezlikning ko'chish yo'nalishiga mos keladi.

O'lchov birligi:

$$J \rightarrow j/s \cdot m^2 = Vt/m^2;$$

$$J = \Omega \cdot v = 1/2 \rho \omega^2 A^2 \cdot v,$$

bunda:

ρ – muhit zichligi

ω – siklik chastota;

A - amplituda

Fizik xarakteristika garmonik spektrga tembr deb nomlangan psixofizik xarakteristika mos keladi. Tembr – bu eshitish sezgisining sifat xarakteristikasidir. Asosiy tovushning jilosidir. Bir xil chastotali murakkab tonlar tebranish shakli yoki garmonik spektri bilan farq qilishi mumkin. Unda ular tembri bilan farqlanadi.

Tovush intensivligi va qattiqligi o'zaro Veber – Fexner qonuni bilan bog'langan. Agar tovush intensivligi geometrik progressiya bo'yicha oshsa, unda tovush qattiqligi arifmetik progressiya bo'yicha oshadi, ya'ni

$$E = k \cdot \ln J/J_0$$

Bunda: E – qattiqlik; k – proporsionallik koeffisienti; J – tovush intensivligi; J_0 – nolinchisi intensivlik yoki sezish bo'sag'asi ($J_0 = 10^{-12} \text{ Vt/m}^2$).

Tovush intensivligini xarakterlash uchun o'nli logarifm foydalaniladi:

$$\beta = \ln J / I_0$$

bunda: β - intensivlik sathi; β - bellarda o'lchanadi. $\beta = 2B$ intensivlik satxiga tovush intensivligining quyidagi qiymatlari to'g'ri keladi.

$$J = 100$$

$$J_0 = 10^{-10} \text{ Vt/m}^2$$

Chunki $\beta = \ln J / J_0$ quyidagini bildiradi: $10^\beta = J/J_0$

Bundan agar $\beta = 2$ bo'lsa, $10^2 = J/J_0$ yoki

$$J = 100 \quad J_0 = 100 * 10^{-12} = 10^{-10} \text{ Vt/m}^2$$

Eshitish bo'sag'asi nolinchii intensivlik – bu chastotasi 1kGs bo'lgan tovushni eshituv sezgisi hosil bo'lgandagi tovushning minimal intensivligidir. Atrof muhitda tovush to'lqinidan zarrachalarning quyiqlashgan qismidagi o'rtacha bosimdan maksimal katta bo'lgan ortiqcha bosimga tovush bosimi deyiladi va u Δp deb belgilanadi. J va Δp orasidagi bog'lanish

$$J = \Delta p^2_{ef} / \rho v$$

Bundagi $\Delta p_{ef} = \Delta p_{max} / \sqrt{2}$

va shunga ko'ra

$$J = \Delta p^2_{max} / 2\rho v$$

Bunda Δp_{ef} - Δp ning effektiv qiymati, Δp_{max} – amplitudaviy qiymat, ρ - muhit zichligi, v - tovush tezligi, ρv - muhitning solishtirma akustik qarshiligi deyiladi.

Organizmida mustaqil ravishda paydo bo'ladigan tovushlarni eshitish auskultatsiya deyiladi, tovushlarni eshitish uchun stetoskop, forendoskop ishlatiladi. Auskultatsiyaga asoslangan usulni fonokardiografiya deyiladi, ya'ni yurakdagi tovushlarni yozish usuli. Tananing ayrim qismlarini tukkullatish va uni analiz qilinishiga perkussiya deyiladi.

Tovushni generatsiyalash va qabul qilishda odam organizmida bir qancha organ va sistemalar mavjud: og'iz bo'shlig'i, tishlar, lablar, tomoq va hokazo. Ular bo'yicha mutaxassis – otorinolaringolog – quloq bo'yicha (oto), tomoq bo'yicha – larynx, (hiqildoq yoki halqum) va burun (rino) mutaxassisliklari mavjud. Undan tashqari tor mutaxassisliklar bor: Logoped – duduqlanishni da'volaydi. Surdolog – eshitish qobiliyati pasayganlarni da'volaydi, Foniatr – qo'shiqchilarni da'volash.

Eshitish qobiliyatini tekshirish usuliga audiometriya deb ataladi. Tekshirishda oktavalar orasidagi chastotalarda eshitiluvchanlik bo'sag'asi egri chizig'ining nuqtalari aniqlanadi. Eshitish qobiliyatining pasayganligi normal egri chiziqqa taqqoslash yo'li bilan aniqlanadi. Hosil qilingan grafik audiogramma, asbob esa audiometr deyiladi. Oktava – bu shunday ton balandligining intervalidirki, undagi chetki chastotalar nisbati 2 ga tengdir.

Shovqin – bu tartibsiz, o'zgarib turuvchi chastota, amplituda va murakkab tonlardir (qarsak, shitirlash, g'ichillash, so'zlashganda chiqadigan undosh tovushlar va x.k.). Shovqin organizmga salbiy tasir ko'rsatadi, shuning uchun uni yo'qotish yoki kamaytirish usullari qo'llaniladi (shovqin manbayi yo'qotiladi yoki uning quvvati tovush yutuvchi moslamalar qo'llab kamaytiriladi).

Shovqin zarari uning chastotasiga bog'liqdir: Yuqori chastotali shovqinlar past chastotali shovqunlarga qaraganda zararliroqdir. Yuqori chastotali shovqunlarning ruxsat etilgan chegaraviy darajasi 75 – 80 dB ni, past chastotali shovqinlar uchun 90 – 100 dB dir. Normal ruxsat etilgan shovqin darajasi 40 - 50 dB.

Shovqin qattiqligini o'lchash uchun maxsus asboblardan – shumomerlar

ishlatiladi. U tovush tebranishlarini elektr tebranishlarga aylantirib beruvchi mikrofondan, kuchaytirgich, to'g'irlagich va detsimetrlarda darajalangan Mikroampermetrdan iborat.

Ultratovush, uning tibbiyotda va biologiyada ishlatilishi.

Chatotasi 20 kGs dan katta bo'lgan, bo'ylama to'lqin sifatida tarqaluvchi elastik tebranishlarni Ultratovush deyiladi. Ultratovushning yuqori chegarasi chegaralanmagan. Tovush va ultra tovush to'lqinlarining tezliklari taxminan bir xildir.

$$v_{\text{ut}} \gg v_{\text{t}}$$

ni hisobga olganda amalda qo'llaniladigan ultratovush intensivligi tovush intensivligidan bir muncha kattaroqdir.

$$J = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2 v$$

$$\omega = 2\pi \nu$$

$$J = \frac{1}{2} \rho 4\pi^2 \nu^2 A^2 v$$

Ya'ni,

$$J \sim \nu^2$$

Ultratovushning yuqori chastotali to'lqinlarini generatsiyalash uchun teskari piezoelektr effekt xodidasidan foydalaniladi, ya'ni yuqori chastotali elektr maydoniga joylashtirilgan kristal plastinkasini galma – galdan uzaytirish va qisqartirishdan foydalaniladi. Kvars, segnet tuzi, bariy titan kabi kristallarni ishlatish mumkin. Plastinkaning tebranishi atrofidagi gaz yoki suyuqlik muhitida elastik UT to'lqinini hosil bo'ladi. UT moddaga tasiri (to'qimaga) UT keltirib chiqaradigan zarrachalarning quyuqlashishi va siyraklashishi natijasida deformatsiyalarning hosil bo'lishiga bog'liq bo'ladi. Bu deformatsiyalar UT ning

quvvatiga qarab yemiruvchi yoki kichik tasirlovchi xususiyatga ega bo'lishi mumkin.

UT ta'sirida ba'zi ximiyaviy reaksiyalarni oksidlanish jarayonini tezlashtirish mumkin, suvning UT tasirida yemirish natijasida aktiv radikallar (H va OH) hosil bo'ladi. UT jarrohlikda zararli o'simtalarni yemirishda, siydik qovug'idagi toshlarni maydalashda, suyaklarni arralashda, dorivor emulsiya va aerozollar yaratishda ishlatiladi. Unchalik katta bo'lmagan quvvatdagi UT modda almashinuvini oshiradi. Shuningdek, mikromassaj sifatida ishlatiladi.

UT yutilishi muhitning xususiyatlariga bog'liqdir. Bu esa moddaning molekulyar xususiyatlarini o'rganishga imkon beradi (molekulyar akustika). Ikki muhit chegarasidan UT to'lqinlarining qaytishi bir jinsli bo'lmagan qo'shilmalarni, ularning o'lchamini aniqlashda, bo'shliqlarni aniqlashda UT ni tashhis qilish uchun ishlatishga imkon beradi.

UT ning lokatsion metodlariga UT ning impuls nurlanishi kiradi. Impulslar orasida nurlatgich UT ni qabul qiluvchi vazifasini bajaradi va UT ning to'g'ri pyezo effektiga asosan tebranishlar elektr signallariga aylanadi. Ular esa EOP yordamida monitorda organlar tasvirini beradi.

Qaytgan signallarni tinch turgan UT datchigi yordamida (bir o'lchamli usul) yoki qo'zg'aluvchi va tebranuvchi datchiklar yordamida (ikki o'lchamli usul) kuzatish mumkin.

UT tibbiyotda davolash maqsadida keng foydalaniladi, ayniqsa nevrologik tabiatga ega bo'lgan kasalliklarda qo'llaniladi (ishias radikulit lyumbago bexteres kasalligi va boshqalar) Terapiyada ishlatiladigan UT ning chastotasi 0.8 – 3 M Gs. UT ning to'qimalarga kiruvchanligi chastotaga bog'liq – chastota ortishi bilan UT yutilishi oshadi va buning natijasida uning kiruvchanligi kamayadi.

$v = 1.6 - 2.6 \text{ M Gs}$ da UT 1.5 – 2.0 sm,

$v = 0.8 - 0.9 \text{ M Gs}$ da 5 – 6 sm da

to'qimaga o'ta oladi.

Shuningdek akustik qarshilik $z = \rho \cdot v$ ga ham bog'liqdir, shuning uchun $v = 0.88 \text{ M Gs}$ da UT suyak to'qimasining 0,3 sm gacha , yog' to'qimasining 10 sm , mushak to'qimasining 5 sm gacha kira oladi.

UT ning to'qimalariga ta'siri erkin tushish tezlanishga "g" ga nisbatan 105 marta katta bo'gan tezlanishga ega bo'lishi bilan va muhit zarrachalarini UT to'lqinlari ta'sirida hosil qiladigan o'zgaruvchan bosimdir.

Tayanch funksiyasiga va mexanik kuchlanganlik ta'siriga ega bo'lgan to'qimalar UT ni yutish qobiliyatiga ega, shuning uchu UT ni terapevtik maqsadlarda ham ishlatish mumkin.

UT – temperaturasining asosiy dozimetrik parametrlari: quvvat, intensivlik, ta'sir va ekspozitsiyadir. Quvvat – bu vaqt birligida UT – boshchasining nurlanish energiyasidir. $j/s = Vt$ Intensivlik – bu nurlatgich vaqt birligida , yuza birligiga to'g'ri keluvchi energiyasidir. (VT/sm²) tajribada ishlatiladigan kichik (0,05 – 0,4 VT/sm²), o'rta (0,6 - 0,8 VT/sm²), yuqori (1,0 – 1,2 VT/sm²) UT intensivliklariga bo'linadi.

UT tovush to'lqinlaridan farqli o'laroq katta chastota va kichik to'lqin uzunliklariga ega bo'lgani uchun uning fokuslanishi yengildir. Ta'sir (rejimi) uzluksiz va uzlukli impulsli bo'lishi mumkin. Impuls qancha kichik bo'lsa UT shuncha kam effektivlikka ega bo'ladi. Havoda UT ko'p yutilgani uchun davolash tajribasida kontakt muhit qilib glitserin, vazelin yog'i yoki suv olinadi.

UT ning to'qimalarga ta'siri 3 ta faktor asosida bo'lishi mumkin.

1.Mexanik

2.Issiqlik

3.Fizik – ximiyaviy.

O'zgaruvchan akustik qarshilikda mexanik faktor yuzaga keladi, bu to'qimalarni mikrovibratsiya yoki mikromassaj qilishga imkon beradi. Bu hujayra membranalarida diffuziya va osmosni oshiradi.

Issiqlik faktori to'qimalarda yutilgan UT to'lqin energiyasini unda issiqlik ajralishi bilan bog'liqdir, bu esa biologik jarayonlarni kuchaytirishga, organizimdagi shlaklarni yemirishga hizmat qiladi.

Ultratovushning fizik – kimyoviy faktori hujayra ichidagi molekulyar komplekslarni fazoviy qayta qurilishi bilan bog'liqdir. Bunda ba'zi fermentlar aktivligi oshadi: oksidlanish – tiklanish jarayonlari tezlashadi; to'lqinlarda biologik aktiv moddalar – geparin, gistamin, serotonin hosil bo'ladi.

Kichik dozadagi UT – og'riq qoldiruvchi, spazmalogik, tomirlarni kengaytiruvchi ta'sirga ega. Ta'sir zonasida qon va limfa aylanish tezlashadi, fagositozlashadi, regeniratsiya va reparatsiya jarayonlari tezlashadi. Tashqi nafas funksiyasi normallashadi.

Fizioterapiyada quyidagi UT–apparatlari qo'llaniladi:

UTS – 1, UTP – 1, UTP – 3M, UZT – 101,
(suyak – mushak, nerv sistemasi, ichki organ kasalliklarini davolashda),
UZT – 102 (stomatologik kasalliklarni davolashda), UZT – 103 (urologiyada),
UZT – 104 (ortolmologiyada),
UZT – 31 (ginekologiyada),
LOR – 1A, LOR – 2, LOR – 3, (otolaringologiyada).

Infratovush uning xarakteristikasi va organizimga ta'siri.
Infratovush 0,001 Gs 16 Gs gacha bo'lgan, qulog'imiz eshita olmaydigan kichik chastotali tebranishlardir. Har xil tabiat xodisalari yani shamol, chaqmoq, yer silkinishi, portlash, sunami, tayfun va x.z.lar IT manbayi bo'lishi mumkin.IT o'zining havoda, yer yuzasida kam yutilganligi uchun juda katta masofagacha tarqalish xususiyatiga ega.

Katta bo'lmagan va o'rtacha intensivlikka ega bo'lgan IT bosh aylantirish, ko'ngil aynishini, nafas olishni qiyinlashishiga, qorinda og'riq paydo qilishi, qo'rquv alomatlarini hosil qilishi mumkin. Intensivlik oshishi bilan og'iz qurishi, yo'tal, bo'g'ilish ($\beta > 150$ gB) alomatlari paydo bo'lishi mumkin. Ayniqsa, uzoq qaytarilib turadigan IT zararlidir.

Tovush geniratsiyasini organizimda tovush apparati hosil qiladi. U tanglay, til, lab, ovoz boylamidan iborat. Tovush hosil qilishda o'pka, bronxlar, traxeyalar, og'iz bo'shlig'i, burun, tomoq bo'shlig'i ham qatnashadi. Burun va og'iz bo'shlig'i rezonator hisoblanib, tovush formasini til, lab, tishlar yordamida kuchaytirish yoki kuchsizlantirish mumkin. Ovoz boylamlarining eng zo'r tebranishlari unli tovushlar chiqarilishida ro'y beradi. Unsiz tovushlar hosil bo'lganda yumshoq tanglayning til uchining va lablarining har xil qismlari mustaqil tebranadi.

Odamning eshitish apparati tovushni o'tkazuvchi va qabul qiluvchi qismlardan iborat. Quloq 3 qisimdan – tashqi, o'rta va ichki qisimdan iborat. Eshitish retseptorlari ichki quloqda joylashgan. Tashqi quloq – quloq chag'anog'i va tebranishni kuchaytiruvchi (rezonator) vazifasini bajaruvchi tovush yo'lidan iboratdir (quloqning sxemasi bo'lishi kerak).

Tashqi va o'rta quloqni nog'ora parda ajratib turadi. Tashqi quloq nog'ora pardasini mexanik tasirlardan himoya qiladi. O'rta quloqdan tovush 3 ta eshituv suyakchasi – bolg'acha, sandon va o'zangidan kuzatiladi. Ichki quloq perilimfa va endolimfa suyuqligidan iborat.

Ichki quloqning asosiy elementi chig'anoq shakldagi suyak bo'shlig'idan iborat, u suyuqlik bilan to'lgan bo'ladi. Chig'anoqning spiral yo'llari elastic tolalar bilan tortilgandir. Tolalar asosiga eshitish nervlari va tukli sezuvchi hujayralar tutashgan. Bu tukli sezuvchi hujayralar eshitish retseptorlar vazifasini bajaradi va tovush ta'sirida ularda nerv impulslari hosil bo'ladi (elektr potentsiallari). Ular esa bosh miyaning kerakli zonasiga uzatilib tovush sezgisini hosil qiladi.

Контрол саволлар:

1. Товуш нима?
2. Қандай товушларни фарқлашади?
3. Вебер-Фехнер қонуни нима дейди?
4. Ультра- ва инфратовуш нима?
5. Пьезоэффект нима?