

Қазақстан-Ресей Медицина Университеті  
Медициналық биофизика және информатика кафедрасы.

**Тақырыбы:** Биологиялық ұлпалардың дыбыспен әрекеттесуінің физикалық негізі. Медицинада ультрадыбыстық зерттеулерді қолдану.

**Орындаған:** Аяпбаев Т.Е  
**Қабылдаған:** Нұрбекова А.Ж  
**Факультеті:** Жалпы медицина  
**Тобы:** 105 Б

**Алматы 2012**

# Жоспар

## I. Кіріспе:

## II. Негізгі бөлім:

1. Диагностиканың дыбыстық әдістері
2. Ультрадыбыстардың қасиеттері
3. Ультрадыбыстың биологиялық әсері
4. Ультрадыбыс медицинада кеңінен қолданыла бастады.

## III. Қорытынды:

## IV. Қолданылған әдебиеттер:

Дыбыс деп - серпімді орта бөлшектерінің толқын түрінде таралатын тербелмелі қозғалысын айтамыз. Осы тербелістер адам немесе жануардың есту мүшесіне әсер еткенде дыбыс түйсігін туғызады. Дыбысты жиілік дыбыс анализі деп аталатын қарапайым гормоникалық тербелістерге жіктеу нәтижесінде спектр алынады. Егер дыбыс тербелісінің энергиясы өте кең аймақта таралып жатса, онда оны тұтас спектр, тұтас спектрлі дыбысты шу, ал үздік-үздік жиіліктерден құралатын спектрді сызықты деп атайды. Музыкалық дыбыстар еселі жиіліктері бар сызықтық спектрге жатады.

Қатты дененің, сұйықтың және газдың ішіндегі қысымы немесе механикалық кернеуі өзгерсе, онда олар дыбыс көзіне айналады. Дыбыс көздеріне ішектер, камертондар, трубалар немесе мембраналар жатады. Дыбысты сол сияқты дыбыс генераторы да шығарып береді. Адам мен жануарлардың дыбыстық аппараттары күрделі тербелмелі жүйеге жатады. Дыбыс көздерінің тербелісін туғызу көбінесе соққы, т. б. әсер еткенде (ішектер, қоңырау) жүзеге асырылады. Ауа ағыны қатты денені орай аққанда құйындардың түзілуі және құйындардың сол денелерден бөлінуі далада дыбыс шығарады. Мысалы, жел соққан кезде сымдар мен құбырлар дыбыс шығарады. Дыбыс ортаға тараған сайын оның интенсивтігі кеми береді.

Дыбыс интенсивтігінің кемуі мына формуламен анықталады:  $I = I_0 e^{-\alpha r}$ .

Мұндағы  $I_0$  - дыбыс көзі шығарған интенсивтік. Дыбыс  $N$  қашықтық өткеннен кейінгі интенсивтік  $I$ -ге тең,  $a$  -жұтылу коэффициенті.

Дыбыс толқындарының таралуы, ең алдымен, дыбыс жылдамдығымен сипатталады. Газдарда, қатты денелерде кума толқындар (бөлшектердің тербеліс бағыты толқынның таралу бағытымен бағыттас) тарай алады. Дыбыс жылдамдығы ортаның көлемдік сығылғыштығы ( $\chi$ ) (каппа) және тығыздығымен ( $\rho$ ) анықталады:  $v = 1/\chi\rho$ ;

Дыбысты қабылдайтын құралдарды дыбыс қабылдағыштар деп атайды.

### **Диагностиканың дыбыстық әдістері.**

Жан-жануардың, адамның организміндегі кейбір мүшелері жұмыс істеп тұрғанда дыбыс шығарады. Мысалы, жүрек, ішекқарын, қан айналысы кезінде дыбыс шығады. Бұл органдардың сау кезіндегі шығаратын дыбысы мен ауырған кезіндегі дыбыс шығаруы түрліше болады. Атап айтқанда, тон жоғарылығы, тембрі, ұзақтығы, қаттылығы әр түрлі келеді. Мысалы, жүрек жұмысы кезінде екі дыбыс айқын білінеді. Оны жүрек тоны деп атайды. Бірінші дыбыс төмен, күңгірттеу және созылмалы болса, екінші дыбыс -жоғары және қысқа болып естіледі. Бірінші дыбыс жүрек қарыншасы жиырылғанда (оны систола кезіндегі дыбыс деп атаса), екінші дыбыс қарыншасы қайта қалпына келгенде (босаңсығанда) шығады. Ол диастола кезіндегі дыбыс делінеді. Ал жүрек ауруға ұшыраса осы дыбыстардың сипаты өзгереді.

Сол сияқты ішкі органдар бұзылғанда да, дыбыс сипаты өзгереді. Ішкі органдар мен жүрек соғысының дыбыстарын тыңдап, диагноз қою әдісін аускультация деп атайды. Аускультация әдісімен дыбысты тыңдау үшін стетоскоп пен фонендоскоп қолданылады. Стетоскоптың бір ұшы тарлау, екінші ұшы кеңдеу болып жасалынады. Стетоскоптың кеңдеу ұшы ауру тыңдалатын жерге жапсырылады да, тарлау ұшымен тыңдайды. Ал дыңдалатын дыбысты күшейту үшін фонендоскоп деген құрал пайдаланылады. Бұл құрал тыңдалатын оймыштан (ворона) және резеңкіден жасалған екі түтікшеден тұрады. Екі түтікше дәрігердің екі құлағына кигізіледі де, оймыш ауру денесіне жапсырылады. Сонда екі құлақпен тыңдалған дыбыс бір құлақпен тыңдалған дыбысқа қарағанда күшейіп шығады. Ал стетоскоп пен фонендоскоптың біріктірсек онда стетофонендоскоп деп аталады. Бұл құралдағы оймышпен жүрек ұрысын тыңдаса, мембранамен өкпе жұмысын тыңдайды.

Дененің әр жерін ұрып көріп, одан шыққан дыбысты тыңдау әдісін перкуссия деп атайды. Дененің әр жерін саусақпен немесе кішкене балғамен ұрып көрсе, онда еріксіз дыбыс пайда болады. Бұл дыбысты перкуторлық дыбыс деп атайды. Серпімді тканьдерді, немесе ауа толған дене қуысын ұрғанда перкуторлық дыбыс резонансқа түсіп, ол дыбыс күшейіп естіледі. Мысалы, құрсақ қуысында сұйық көбірек жиналған болса, онда дыбыс өте қысқа және тұншығып естіледі.



Қазіргі кезде электронды стетоскоп пайдаланылады. Ол құралмен дыбысты тыңдап қана қоймай, ол дыбыстың графигін сызып алуға болады.

Беріген дыбыс құрамындағы тербеліс жиіліктерінің жиыны онын акустикалық спектрі деп атайды. Егер дыбыста  $\nu'$ -тен  $\nu''$ -ке дейінгі интервалдағы барлық жиіліктегі тербелістер болса, онда спектр тұтас деп аталады. Егер дыбыс дискретті (яғни бір-бірінен шекті интервалдармен бөлінген),  $\nu_1, \nu_2, \nu_3$ , және т.б. жиіліктері бар тербелістерден тұрса, онда спектр сызықты деп аталады. Ультрадыбыстытарды жасанды өндіріп алатын құралдарды ультрадыбыс шығарғыштар деп атайды. Олар негізінен: механикалық, пьезоэлектрлік және магнитострикциялық дыбыс шығарғыштар болып үшке бөлінеді.

Бұлардың әрқайсысы жиілігі және интенсивтілігі әртүрлі ультрадыбыстарды өндіре алады. Механикалық ультрадыбыс шығарғыштар жиілігі 1-ден 100 кГц-ге дейінгі, магнитострикциялық ультрадыбыс шығарғыштар жиілігі 5 кГц-тен 150 кГц-ке дейінгі, және пьезоэлектрлік ультрадыбыс шығарғыштар жиілігі 100 кГц-тен жоғарғы болатын дыбыстар иен ультрадыбыстарды өндіре алады.

## Ультрадыбыстың тамаша екі қасиеті бар.

1) Ультрадыбыс толқыны өте қысқа;

2) Ультрадыбыс толқыны энергияны өте көп тасымалдайды. Егер дыбыстың жиілігі 20 Гц-тен 20.000 Гц арасында болса, онда оның естілетін дыбыс болғаны. Кейбір дене секундына 20 тербелістен кем тербеліп, дыбыс шығарады. Мұндай дыбыстарды біз естімейміз. Бұл инфрадыбыстар деп аталады. Сол сияқты жиілігі 20.000 Гц артық дыбыстарды да адам құлағы естімейді. Мұндай дыбыстарды - ультрадыбыстар деп атайды. Ультрадыбыстардың жоғары шегі 10 Гц дейін барады.

Ал, жиілігі 10<sup>9</sup> Гц көп дыбыстар гипердыбыстар деп аталады. Ал, естілмейтін дыбыстар физиологиялық тұрғыдан былайша түсіндіріледі. Негізгі мембрана бірімен-бірі өте нашар байланысқан көлденең талшықтардан тұрады. Сондықтан негізгі мембрананың кейбір бөліктері өз алдына меншікті тербелісін жасап тұруы мүмкін. Егер сопақша терезені жайлап басып тербеліске келтірсек, онда негізгі мембрананың кейбір бөліктері ғана болмаса, оның өзі түгелдей тербеліске түспеуі мүмкін. Басқаша айтқанда жиілігі 20 Гц дыбыс толқындары негізгі мембрананы тербеліске түсіре алмайды. Сөйтіп ондай дыбыстарды адам құлағы естімейді. Олай болса, адам құлағының төменгі есту шегі 20 Герц жиіліктегі дыбыс екен.

## Ультрадыбыстың қасиетті.

**Ультрадыбыстың толқын ұзындығы.** Естілетін дыбыс толқыны өзін шығарып тұрған құралдың жан-жағына бірдей таралады. Былайша айтқанда, естілетін дыбыс толқынын бір ғана нүктеге естілетіндей (басқа жаққа естілмейтіндей) етіп бағыттап жіберуге болмайды. Мысалы, адамның сөйлеген сөзі оның барлық жағына бірдей естіліп тұрады. Ал, жарық толқыны ондай емес. Жарық толқыны белгілі бір нүктеге ғана түсетіндей етіп бағытталады. Мысалы, автомашинаның сыртқы шамы жарықты тек белгілі бір нүктеге бағыттай алады. Басқаша айтқанда, жарық толқыны дыбыс толқыны сияқты барлық жаққа бірдей таралмайды. Ол белгілі бір бағытта тарайды.

Дыбыс та, жарық та толқын тәрізді. Ендеше бұл екеуінің тарауындағы мұндай айырмашылық неге байланысты? Оның толқын ұзындығы мен жолай кездесетін кедергінің (оларды шығарып тұрған құралдың) шамасына тығыз байланысты екені анықталды. Естілетін дыбыстардың толқын ұзындықтары 1,4-1,5 метрге дейін жетеді.

Ал жарық толқынының ұзындығы миллиметрден он мыңдаған үлесімен өлшенеді. Олай болса, адам сөйлегендегі естілетін дыбыс толқынының ұзындығы адам аузының шамасына қарағанда әлдеқайда үлкен болады. Ендеше естілетін дыбыс толқыны жан-жаққа бірдей таралады. Ал жарық толқынының ұзындығы автомашина шамы шамасынан әлдеқайда кіші. Сондықтан да ол бір шоқ болып бағытталады.



Зерттеулер нәтижесінде дыбыс толқыны неғұрлым кіші болған сайын солғұрлым оны бағытталған шоқ түрінде алуға болатындығы анықталды. Оған көз жеткізу үшін ультрадыбыстың ауадағы, сұйықтағы және қатты денедегі толқын ұзындықтарын есептесек болғаны. Мектептің физика курсынан дыбыстың жылдамдығы, жиілігі және толқын ұзындығы өрнектелетін қатынас мынау:  $v = \nu \lambda$

Міне, осы формуланы ультрадыбыстың толқын ұзындығын анықтау үшін пайдалануға болады.

Егер  $0^\circ\text{C}$  температурада ультрадыбыс ауада 330 м/с жылдамдықпен таралады деп есептесек, онда ауадағы ультрадыбыс толқынының ұзындығы 1,65 см -  $0,33 \cdot 10^4$  см-ге дейінгі аралықта жататынын байқар едік.

Ультрадыбыс сұйықта орта есеппен алғанда 1200 м/с жылдамдықпен тарайды десек, онда ультрадыбыстың бұл ортадағы толқын ұзындығы 6 см -  $1,2 \cdot 10^4$  см арлығында жатады. Сол сияқты ультрадыбысты қатты денедегі жылдамдығын секундына 4000 м деп санасақ, онда толқын ұзындығының 20 см –  $4 \cdot 10^4$  см арлығын қамтитынын байқар едік. Ал көзге көрінетін жарық сәулесінің (қызыл сәуле) толқын ұзындығы шамамен алғанда  $0,5 \cdot 10^4$  см-дей болады. Байқап қарасақ, көрінетін жарық сәулесінің толқын ұзындығымен өте мол жиіліктегі ультрадыбыс толқынының ұзындығы шамалас. Ультрадыбыс толқынының қысқалығы ультрадыбыс сәулелерін де (жарық сәулелері сияқты) бағытталған түрде алуға мүмкіндік береді. Сондай-ақ ультрадыбыс сәулелері жарық сәулелері тәрізді шағылысады, сынады және фокустелінеді.

Ультрадыбыс энергиясы. Ультрадыбыстың тамаша қасиеттерінің бірі -энергияны өте көп тасымалдайды.Тербеліске түскен ауаның бөлшектері белгілі бір жылдамдыққа ие болады. Осы бөлшектердің тербеліс жылдамдығы неге байланысты екенін қарастырып көрейік.

Ультрадыбыс толқындары, материалдық бөлшектердің серпімді тербелісі болғандықтан, өзі таралған ортада белгілі бір мөлшерде энергия тасиды. Ал біз ультрадыбыс тербелісінің жиілігі естілетін дыбыстың жиілігіне қарағанда жүз мың және миллион есе артық екенін білеміз. Олай болса, ультрадыбыс дегеніміз естілетін дыбыстарға қарағанда миллион есе артық энергия тасымалдайды екен. Ультрадыбыс толқындары тасымалдайтын энергия механикалық толқындардың қайсысының болса да таситын энергиясынан әлдеқайда көп болады.

Ал, ультрадыбыс энергиясының көптігі соншалық, оның көмегімен судың ішіндегі қорғасын, күміс тәрізді металдарды ұнтақтауға, араласпайтын екі сұйықты араластырып (мысалы керосин мен су), тұрақты эмульсия алуға және алмаз, кварц тәрізді өте қатты кристалдарды кесуге, тесуге, өңдеуге болады.

Ультрадыбыс толқынының таралу бағытына перпендикуляр 1 м аудан арқылы 1 секунд ішінде ультрадыбыс таситын энергияның мөлшері ультрадыбыстың

интенсивтілігі деп аталады.

Интенсивтіліктің өлшемі ретінде  $1\text{ м}^2$  ауданға келетін  $1\text{ Вт}$  алынады ( $1\text{ Вт}/\text{м}^2$ ). Адамның құлағы еститін дыбыстардың интенсивтілігі өте аз, оның төменгі шегі  $10^{12}\text{ Вт}/\text{м}^2$  және жоғарғы шегі  $10\text{ Вт}/\text{м}^2$ . Өте қатты дыбыстың (мысалы, реактивті самолет моторының шығарған дыбысының) интенсивтілігі шамамен алғанда  $0,1\text{ Вт}/\text{м}^2$ . Бұл дыбыс адамға өте қатты әсер етеді. Ал ультрадыбыс диапазондарында интенсивтілігі  $10\text{ Вт}/\text{м}^2$  -ге ететін дыбыс шығарып алуға болады. Бұл интенсивтілік адамның құлағын ауыртатын дыбыстың интенсивтілігінен  $10\,000\,000$  есе артық деген сөз. Интенсивті ультрадыбыс тербелістері сұйықтарда таралғанда кавитация құбылысы байқалады.

Ультрадыбыс толқындары сұйық арқылы өткенде сығылу және сиреу процестері алмасып отырады. Сиреу моменті кезінде сұйық созыла бастайды. Ал сұйықтың көп созыла алмайтындығы белгілі. Сондықтан зор қысымға шыдамай, сұйық «үзіліп» кетеді. Мұндай «үзілістер» сұйық бөлшектерінің ілінісу күштерінің азайған жерлерінде пайда болады.

Оған суды араластыратын ауа, басқа газдар себепші болады. Пайда болған кеңістікке (кавернабостық кеңістік) ауа, немесе басқа газдар кіріп, толады. Келесі сығу моменті кезінде бұл көпіршіктер жарылады. Осы құбылысты кавитация деп атайды, ал көпіршіктерді кавитациялық көпіршіктер деп атайды. Осы жарылыс кезінде орасан зор қысым пайда болып, кейде ол, тіпті, он және жүз мыңдаған атмосфераға дейін жетеді. Кавитация құбылысы кезінде қаншалықты көп жұмыс істелінетін мынандай мысалдар көруге болады: балға соғушы күніне сегіз сағаттан үзбей екі ай бойы жұмыс істегенде қанша соққы жасаса, 25 кГц жиіліктігі ультрадыбыс таралғанда пайда болатын бір кавитациялық көпіршік бір минутта сонша соққы жасайды.

Жылдамдығы төмендей аймаққа келгенде көпіршіктің көлемі біртіндеп азаяды да, жарылғанда гидродинамикалық соққыға ұқсас дыбыс импульсі пайда болады. Дыбыс импульсі көпіршік ішіндегі газ аз болған сайын күштірек шығады. Егер ағу қасиеті мол денелердің маңында кавитациялық тесіктер (каверна) болса, онда бірнеше рет қайталанатын соққы салдарынан дененің (гидротурбина қалақшашалары, кеменің еспе винттері т.б.) беті мүжіліп, бүліне бастайды.



Бұл - кавитациялық эрозия. Акустикалық кавитацияның пайда болу жайына келейік. Сұйыққа белгілі бір амплитудасы бар дыбысты түсіру нәтижесінде сиретудің жарты кезеңіне тең уақытта кавитациялық көпіршіктер пайда болады. Бұл көпіршіктер жарылғанда үлкен қысым жасалады. Мысалы, ол қысым  $10^3$  МН/м<sup>2</sup> жетеді. Оның ұзақтығы 10°С -ге созылады. Көпіршіктердің жарылуы кезінде оның ішіндегі газ 10000 С°-қа дейін адиабаттық түрде қызады. Осының салдарынан кавитация кезінде көпіршіктер жарқырайды. Ол дыбыс люминесценциясы немесе сонолюминесценциясы деп аталады. Акустикалық кавитация қызыл қан түйіршіктеріне, бактерияларға және клеткаларға қатты әсер етеді. Кавитацияның әсерімен денеден ауру тарататын вирустарды «айдап» шығуға болады. Адам және мал қанында пайда болатын кавитацияның зияны өте көп. Артерия мен венадағы қан ағыстары басқа жай сұйық ағыстарына ұқсамайды. Кавитацияның жүрек құлақшаларына әсер етуі мүмкін және артерия қабырғаларына «тот» тұрып қалуына әкеп соқтыруы ықтимал деген жорамал бар. Бұл атеросклероз ауруының қозуын тездетеді.

## Ультрадыбыстың биологиялық әсері.

Ультрадыбыс толқындарының биологиялық әсерін қарастырғанда акустикалық қысымның үлкен роль атқаратынын ескерген жөн. Ультрадыбыс тербелісінің жиілігі көп болған сайын, оның толқын ұзындығы қысқара береді де, қысым түйіндері біріне-бірі жақын орналасып, ультрадыбыстың механикалық әсері арта түседі. Сонымен үлкен қысымды ультрадыбыс пен микроағындар қосылып, механикалық-динамикалық әсер етеді. Ультрадыбыстың физикалық-химиялық жағдайын тексеру үшін И. Е. Эльпинер интенсивтілігі  $12-10^4$  Втсм<sup>2</sup> ультрадыбыспен 13 амин қышқылына 12-16 сағат бойы әсер еткен. Сонда кейбіреулерінің түсі өзгерген.

1961 жылы И.Е. Хурсин интенсивтігі  $6 \cdot 10^3 - 10$  Вт/м<sup>2</sup> ультрадыбыспен ақ тышқанның ұрығына әсер етіп, ондағы нуклеин қышқылының қалай өзгеретінін тексерген. Сонда 24 сағат ішінде ешқандай да өзгерістің болмағанын, температураның тек бір градусқа ғана жоғарылағанын байқаған. Ал енді интенсивтілігі  $2 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> ультрадыбыспен әсер еткенде нуклеин қышқылы азайып температурасы алты градус көтерілген. Осыған қарап температура көтерілген сайын нуклеин қышқылы азая береді деген қорытындыға келген. Ультрадыбыстың келесі әсері жылулық деп аталады.

Ультрадыбыспен бір затқа әсер еткенде оны, сол зат жұтып алады да, ультрадыбыс энергиясы жылулық энергияға айналады. Әсіресе ультрадыбыс тербелісі тығыздығы әр түрлі екі ортаның шекарасына келіп түскенде жылулық әсер қатты байқалады. Сонымен жоғары интенсивті ультрадыбыс толқындары биологиялық объектілерді өзгеріске ұшыратады. Оған кавитация көмектеседі. Интенсивтілігі төмен ультрадыбыстан кавитация құбылысы пайда бола алмайды. Мұндай ультрадыбыстар массаж жасай отырып, қан айналысын жақсартады. Соның әсерінен жылу пайда болады.

Сонымен ультрадыбыс емдеу ісіне кеңінен пайдаланыла бастады. Оны механикалық-динамикалық әсері микромассажға, жылулық әсері - эндогендік жылуға, физикалық-химиялық әсері зат алмасу мен қан айналысын жақсартуға өте пайдалы екен.

**Ультрадыбыс медицинада кеңінен қолданыла бастады.**

Ультрадыбыс адамдар мие жануарлардың бұлшықет тарамдарын және әр түрлі мүше құрлыстарын зерттеуде таптырмас құрал екенін көрсетті.

Ультардыбыс арқылы адам

Ультардыбыс арқылы адам денесінің ішкі құрлысында жара бар екенін анықтап қана қоймай, сол жараның қай жерде екенін дәл анықтауға болады. Рентген сәулесімен анықтауға болмайтын кейбір ісіктер ультрадыбыспен оп – оңай анықталады. Ультрадыбыспен рак тәрізді өте кеселді ауруларды анықтауға болады. Көзге түскен ағаш, шыны, пластмасс ұнтақтарын рентген сәулесімен анықтауға болмайтын болса, оларды ультрадыбыс сәулелерімен оп – оңай анықтайды.

Ультрадыбыс тек қана аурулардың диагнозын қоюмен қанағаттанбайды, ол ауруларды емдейді. Тәжірибеде анықталғандай ультрадыбыстың көмегімен Бектерев ауруы, бронхит, артрит, ревмотизм және тері ауруларын емдеу өте тамаша нәтиже берген.



## Қолданылған әдебиеттер

- 1.Фрели С.Ә және Тиморева А.В, Жалпы физика курсы. I-том. // Алматы, Мектеп баспасы 1971ж.
- 2.Жұманов К.Б. Лазер жаңартқан оптика - Алматы; Мектеп, 1985