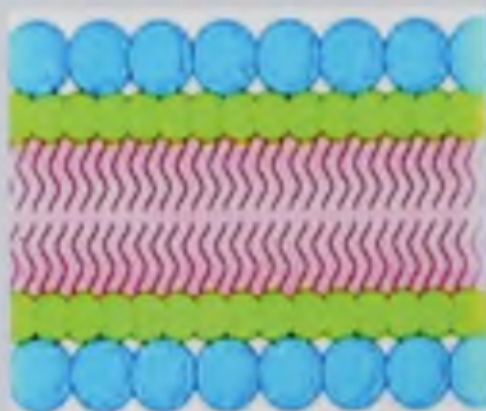


БАЙЗАК У.А., БАЙЗАКОВА Б.У.

МЕДИЦИНАЛЫҚ БИОФИЗИКА

**ТӘЖІРИБЕЛІК САБАҚТАР,
ТЕСТ ПЕН ЕСЕПТЕР ЖИНАҒЫ**



БАЙЗАК У.А., БАЙЗАКОВА Б.У.

МЕДИЦИНАЛЫҚ БИОФИЗИКА

ТӘЖІРИБЕЛІК САБАҚТАР, ТЕСТ ПЕН ЕСЕПТЕР
ЖИНАҒЫ

Медициналық және биологиялық мамандықтары студенттеріне
арналған оқу құралы

-372302-

АБА АХМЕТ ЯСАУПАТЫЕВТЕГІ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ АЛҒАШҚИ КАДЕМІЯСІ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ АЛҒАШҚИ КАДЕМІЯСІ

КІТАПХАНА

ТҮП НҰСҚА
ОРИГИНАЛ
БАЙЗАК У.А.

Түркістан 2019
«Тұран»

УДК 577(075.8)

ББК 28.071я73

Б 17

Пікір

жазғандар:

Қойшыбеков Б.К. б.ғ.д.,проф., Қарағанды мемлекеттік медицина университетінің медбиофизика кафедрасының меңгерушісі.

Тұрмамбеков Т.А. ф.-м.ғ.д.,проф. Ясауи атындағы Халықаралық Қазак-Түрік университетінің физика кафедрасының меңгерушісі.

Юсупов Б.Ю. б.ғ.к., доцент Ясауи атындағы Халықаралық Қазак-Түрік университетінің биология кафедрасының аға оқытушысы.

Б17

Байзак У.А., Байзакова Б.У. Медициналық биофизика. Тәжірибелік сабақтар, тест пен есептер жинағы. Оқу құралы. –Түркістан: «Тұран» баспаханасы. 2019. -278 б.

ISBN 978 -601-339-030-7

Оқу құралы жоғары медициналық оқу орындарының медициналық биофизика оқу бағдарламасы негізінде дайындалған. Оқу құралына көп жылғы медицина факультеті студенттеріне оқылған «Медициналық биофизика» пәнінің дәрістері мен тәжірибелік сабақтары негіз болған.

Оқу құралының басқа оқулықтардан басты ерекшелігі теориялық мәліметтердің медицинада қолданылуына көп көңіл бөліген, сонымен қатар студенттің тақырыпты толық меңгеруін қалыптастыру үшін есептер шығару мен тест тапсырмаларына жауап беру қарастырылған.

Оқу құралы жоғары медициналық және биологиялық мамандықтағы студенттерге арналған. Сонынмен қатар оқу құралын медицина-биология бағытындағы колледж студенттері, лицейлер мен мектеп оқушыларына қолдануына болады.

УДК 577(075.8)

ББК 28.071я73

Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазак-Түрік университеті Сенатының 28 желтоқсан 2018 ж. №5 шешімімен басып шығаруға рұқсат берілді.

ISBN 978 -601-339-030-7 © Байзак У.А., Байзакова Б.У.

© «Тұран» 2019 ж.

МАЗМҰНЫ

Авторлардың тілегі.....	4
1 сабақ Биологиялық мембрананың құрылысы және оның қызметі. Жасанды биологиялық мембрана.....	6
2 сабақ Биомембрана арқылы зат тасымалдау.....	31
3 сабақ Биоэлектрлік потенциал әрекет потенциалының таралуы.....	49
4 сабақ Кардиомиоциттегі әрекет потенциалы. ЭКГ.....	61
5 сабақ Қан ағысы. Гемодинамика.....	77
6 сабақ Есту биофизикасы.....	100
7 сабақ Ультрадыбыс және оны медицинада қолдану. УДЗ құралы....	127
8 сабақ Бұлшық ет биофизикасы.....	141
9 сабақ Көру биофизикасы.....	164
10 сабақ Жарықтың заттармен әрекеттесуі. Жарықтың жұтылуы.....	190
11 сабақ Люминесценция. Фотобиологиялық процесстар және фотохимиялық реакциялар.....	200
12 сабақ Радиоактивтілік. Дозаметрия негіздері.....	212
13 сабақ Рентген сәулесі. Рентген аппараты және оны медицинада қолдану.....	227
14 сабақ Электрлік факторлардың ағзаға әсері және оларды медициналық құралдарда қолдану.....	243
15 сабақ Медициналық техниканы жіктеу (классификациялау).....	263
Әдебиеттер және Web сайттар тізімі.....	271
Қосымша мәліметтер.....	274

АВТОРЛАРДЫҢ ТІЛЕГІ

Құрметті оқырман, болашақ дәрігерлер мен биологтар. Қазіргі уақыт медицина мен биология саласын физика ғылымының, онда ашылған инновациялық ғылыми жаңалықтары мен соның негізінде жасалынған түрлі құрал- жабдықтарға деген сұранысы күннен күнге артып отырғандығын көрсетуде. Соңғы жылдардағы тағы бір үрдіс - медицина саласы интеграциялық бағытта дамитын сала екендігін көрсетіп отыр, яғни медицина мен биология саласы өзге ғылымдарда ашылған жаңалықтар мен әдістерді, құрал жабдықтарды тез арада өз саласындағы қажеттілікке пайдалауда.

Ұсынылып отырған оқу құралы 3 түрлі ғылыми саланың, физика, биология мен медицинаның өз ара байланысының бір көрінісі - биофизика ғылымына арналған.

Өздеріңізге белгілі адам ағзасындағы көптеген процесстердің негізінде физикалық құбылыстар жатыр, оған мысал ретінде мембранадағы ең басты құбылыс- биопотенциалдың пайда болуын, оны көру, есту, сезіну т.б. физиологиялық құбылыстарды түсіндіруде қолданатындығын атауға болады. Олай болса, физиканың биологияда, медицинада саласында алатын лайықты орны бар деп санау керек.

Сонымен қатар, оқу құралы физикалық құбыластардың медициналық құрал жабдықтарда қолдануының физикалық негізін ашып көрсетуді өзіне басты мақсат етіп қойды. Физиканың теориялық және эксперименталдық жұмыстар нәтижесін медицина саласы көптеп қолдануда, соның бастылары ретінде магниттік резонанстық томографияны(МРТ), позитрон-эмиссиялық томографияны (ПЭТ), электрэнцефалографияны (ЭЭГ), электрокардиографияны(ЭКГ), және т.б. түрлі құралдар мен физикалық құбылыстар негізінде жұмыс істейтін көптеген диагностикалық, терапиялық әдістерді атауға болады.

Студенттің оқыған теориялық мәліметтерді саналы меңгеруін қалыптасыру үшін кей тақырыптар бойынша лабораториялық жұмыстарды орындау қарастырылған. Әр тақырыптың соңында, шешу жолы көрсетілген есептер мен студенттің жеке өзі орындайтын есептер мен тест тапсырмалары берілген.

Оқу құралында ұсынылып отырған тест тапсырмалары жаңа форматта дайындалған - көп сатылы тест технологиясы бойынша орындалған, оның авторы Байзак У.А.

Оқу құралында есеп шығару барысында қажет болатын физикалық тұрақты шамалар, латын және грек әліпбиі, түрлі физикалық өлшем бірліктер қосымша мәліметтер түрінде берілген.

Оқу құралын дайындау барысында биофизика мен медициналық биофизика бойынша әр жылдары жарық көрген көптеген оқулықтар мен оқу құралдарындағы мәліметтер пайдаланылды. Осыған байланысты Самоиловқа, Тиманюкке, Антоновка зор алғысымызды білдіреміз.

Құрметті оқырман, болашақ дәрігерлер мен биологтар! Іске кіріс, алдыңнан нұр жаусын, оқулық тапсырмаларымен танысып, оны толық меңгеруіне, берілген тапсырмаларға дұрыс жауап беруіне осы оқу құралының авторлары тілектес деп білерсің.

У.А.БАЙЗАК. педагогика ғылымдарының докторы, физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ресей жаратылыстану академиясының академигі, ҚР жоғары оқу орнының үздік оқытушысы;

Б.У.БАЙЗАКОВА, биологгия ғылымдарының кандидаты, доцент.

1 сабақ. **БИОЛОГИЯЛЫҚ МЕМБРАНЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚЫЗМЕТІ. ЖАСАНДЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ МЕМБРАНА.**

Сабақ жоспары

1. Биологиялық физика пәні және оның басқа ғылымдармен байланысы.
2. Биологиялық мембрананың қызметі.
3. Мембрананың құрылысы.
4. Биомембранадағы липидтер мен ақуыздардың түрлері.
5. Биомембранадағы фазалық ауысулар.
6. Жасанды биомембрана.
7. Тақырып бойынша тест тапсырмалары.

Сабақ мақсаты: Студенттерді биофизика пәнінің зерттеу объектісімен таныстыру, биологиялық мембрананың құрылысын және қызметін, ондағы ақуыздардың қозғалғыштығын талдау, липосомды алу жолдарын қарастыру.

§ 1.1 Биологиялық физика пәні туралы.

Бізді қоршаған материалдық дүниедегі барлық құбылыстар мен өзгерістер өзара тығыз байланыста екендігі белгілі. Соның бірі айғағы ретінде биология ғылымының биологиялық жүйелердегі құбылыстарды танып білуде дәл ғылымдардың заңдылықтары мен ондағы түсініктерді қолдану арқылы ғана одан ары дамитындығына көз жеткізді. Осындай себептерден биология және физика ғылымдарының түйісінде биофизика атты жаңа ғылыми бағыт пайда болды.

Биологиялық физика биологиялық жүйені субмолекулалық, молекулалық, жасушалық, ұлпалық, мүшелік және ағзалық деңгейлердегі дамуын физика- химиялық тұрғыдан зерттейтін ғылым. Биофизика термині алғаш рет 1892 жылы Карл Пирсонның «Ғылым грамматикасы» атты ғылыми еңбегінде «...биологиялық фактілер- морфология, эмбриология және физиология физикалық заңдылықтардың дербес бір көрінісі, сондықтан оның этиологиясы...» деп жазды. Кейін А.Фик және немістің басқа да ғалымдары бұл саланы «Медициналық физика» деп атаған.

1961 жылғы I-Дүниежүзілік биофизиктердің халықаралық конгресінде биофизика өз алдына жеке ғылым ретінде танылды.

Осы конгрестің шешіміне сәйкес биофизика – молекулалық биофизика, жасуша биофизикасы, күрделі жүйелер биофизикасы деген бөлімдерден тұрады.

1. Молекулалық биофизика бөлімі- биологиялық макромолекулалар (акуыздарды, нуклейн қышқылдарын т.б.) мен молекулалық деңгейдегі биологиялық жүйелердің құрылысы мен физикалық қасиеттерін зерттейді. Биофизиканың бұл бөлімінің пайда болуына Л.Полингтың акуыздың кеңістіктік құрылымын мен Ф.Криктің «өмір спиралы» ДНК анықтауы үлкен себеп болды. Сонымен қатар молекулалық биофизика молекулалық деңгейде энергияның түрленуі мен миграциясын да қарастырады.

2. Жасуша биофизикасы- жасауша мен оның органелдерінің құрылымын, ондағы физика-химиялық үрдістерді, биопотенциалдың пайда болу механизмін, жасуша арқылы заттарды тасымалдауды, жасуша термодинамикасын зерттейді. Биофизиканың бұл бөлімінің дамуына Бернштейннің, А.Ходжкинның, Хакслидың және т.б. ғалымдардың қосқан үлестері орасан зор.

3. Күрделі жүйелердің биофизикасы. Биофизиканың бұл бөлімі молекулалық деңгейден бастап жасушаға дейінгі деңгейдегі биологиялық жүйедегі өз ара байланыстарды зерттеумен және оны моделдеумен айналысады.

4. Мүшелердің сезім биофизикасы. Бұл бөлім көру, есту, сезу секілді тірі биологиялық құрылымдағы құбылыстарды зерттеумен, сыртқы тітіркендіргіштердің әсерінен тірі объектінің сезу мүшелерінде, рецепторларда пайда болатын энергияның электр сигналына айналу механизмін қарастырады.

Биофизика бұл аталған бөлімдерімен қатар адам ағзасына түрлі физиалық факторлардың –шудың, механикалық тербелістің, электр тогы мен электромагниттік өрістің, иондаушы сәулелердің және т.б. әсерлерін де зерттеумен айналысады.

Қазіргі кезеңде биофизика жеке ғылым ретінде физиология, биология, химия, физика, математика, компьютерлік технология, нанотехнология және т.б. ғылыми бағыттардағы ғылыми жаналықтарды қолдана отырып және солармен бірге даму үстінде, бұл өз аралық байланыс 1- суреттегі сызбада (схемада) бейнеленген.



1- сурет

Әрине, бұл схемада қазіргі заманғы ғылыми бағыттардың барлығы ескерілді деп айтуға болмас, бірақ биофизиканың негізгі жаратылыстану ғылымдарымен өз ара байланысы көрсетілді.

Медициналық биофизика медицина және фармацевтика ғылымдарымен бірлесе отырып мынадай мәселелерді зерттеумен айналысады:

- Азға күйін диагностикалауда жаңа физикалық әдістерді қарастыру және негіздеу (электрография, хемилюминесценция, ЭПР, ЯМР, спектроскопия т.б.).

- Тірі ағзаға сыртқы ортадағы физикалық факторларының зиянды әсер ету механизмін зерттеу (механикалық діріл, салмақсыздық, радиосәулелер т.б.)

Биофизикалық зерттеулерде физикалық, физика-химиялық әдістер кеңінен қолданылады. Оларға:

- рентген сәулесінің дифракциялық кескіні арқылы зат құрылысын анықтауға арналған рентгендік құрылымдық талдау әдісі;

- электрон ағынын пайдаланып зат құрылысын көруді қамтамасыз ететін электрондық микроскопты қолдану;

- зерттелінетін заттардың түрлі сәулелерді жұты мен шығаруына негізделген спектроскопия әдісі.

- зерттелінетін заттардың радиодиапазондағы электромагниттік толқындарды таңдамалы түрде жұтуына негізделген ЭМР және ЯПР радиоспектроскопиялық әдістер

Қазіргі заманда іргелес ғылымдардың бір-бірін қолдап, сол арқылы одан ары дамуы кең түрде байқалуда, бұл ретте

биофизиканы физиканың, химияның және биологияның яғни іргелес үш ғылымның жиынтығы деп қарастырған дұрыс.

§ 1.2 Биологиялық мембрана құрылысы және қызметі.

Биофизиканың міндеттерінің бірі ретінде биологиялық мембрананың құрылысын, ол арқылы зат тасымалдауды, нерв импульсының пайда болу мен оның таралуын, рецепция құбылысын және биомембранадағы энергия өзгеруін зерттеуді атауға болады.

Мембрана биофизикасы – медицина үшін ең маңызды жасуша биофизикасының негізгі бөлімі болып саналады. Адам ағзасындағы көптеген үрдістер биологиялық мембрана арқылы жүреді және іске асады. Мембранадағы үрдістердің бұзылуы-көптеген патологиялық өзгерістердің негізгі себебі болып табылады. Адам ағзасына тигізетін емдік әсерлер биологиялық мембранаға әсер ету арқылы іске асырылады. Тіршіліктің ең кіші бөлігі болып саналатын, өз бетінше өмір сүре алатын жасуша кез келеген жәндік пен өсімдік дүниесінің негізгі бөлігі болып табылады.

Биологиялық мембрана мынандай қызметтер атқарады:

- Механикалық, бұл арқылы жасуша өзін қоршаған ортадан оқшауланады, оның дербес болуына және тиісті қызмет етуіне мүмкіндік береді;
- Тосқауылдық, бұл арқылы жасуша өзін қоршаған ортамен талғампаздық (селективті) түрде пассивті және активті зат тасымалдауға қол жеткізеді;
- Матрицалық, бұл арқылы биологиялық мембранада ақуыздар мен ферменттердің болуы камтамасыз етіледі,
- Энергетикалық, бұл арқылы биологиялық мембранада АТФ синтезделуі, биопотенциалдардың пайда болуына мүмкіндік алады.,
- Рецепторлық, мұндай қызмет арқылы мембрана басқа жасушаларды, сыртқы тітіркендіргіштердің әсерін сезуге, заттарды танып білуге мүмкіндік алады.

Мембрана жасушаларды бір-бірінен бөлумен қатар, оның ішкі бөлігі цитоплазманы өз беттерінше жеке қызмет атқара алатын бөліктерге-компартменттерге бөледі. Қазіргі кезеңде биологиялық жүйелердің қызметін сипаттауда осы компартментализация принципі үлкен қолдау табады. Жасушаның компартментализациялануы, ондағы биохимиялық процесстер мен түрлі реакциялардың бір-бірінен оқшау жүруіне мүмкіндік береді, бұл реакциялардың бір ортада жүруі мүмкін емес. Осы принципке

сәйкес, цитоплазмада - май қышқылдары синтезделсе, олардың тотығуы-митохондрияда жүреді, ал рибосомда- ақуыз синтезделсе, оның бұзылуы-лизосомда орын алады.

«Мембрана» термині ХІХ ғасырдың орта бөлігінде пайда болды және бұл арқылы жасушаны қоршаған ортадан бөліп тұрған, жартылай өткізгіш қасиеті бар жұқа қабатты атаған. 1851 жылы физиолог Х.Моль өсімдік жасушасы плазмолізін зерттеп, оның қабырғасының мембранаға тән қасиеті бар екендігін анықтаған. 1855 жылы ботаник К.Негели жасушаның толық қанды өмір сүруіне мембрананың жартылай өткізгіштік қасиетінің маңызды екендігін, осы арқылы жасуша ішінде осмостық қысымның қалыпты жағдайда болатындығын мәлімдеді. 1890 жылы неміс зерттеушісі В.Пфедфер алғаш рет «жасуша немесе плазмалық мембрана» терминін енгізді.

Жасушаның басты құрылымы мембрана екендігін алғаш ботаниктер анықтағандығы белгілі, өйткені ХІХ ғасырда электрондық микроскоптың болмауы себепті тірі организмдегі мембрана қабатын көру әлі мүмкін емес еді. Осы себепті биологиялық мембрана құрылысы мен оның көптеген қасиеттерін анықтау ХХ ғасырдың еншісіне тиді.

Биологиялық мембрананың алғашқы үлгісі 1902 жылы ұсынылған болатын. Зерттеушілер фосфолипидте жақсы еритін заттардың мембрана қабаты арқылы еркін өтетіндігін байқаған, осы құбылыс мембрана фосфолипидтен тұратын жұқа қабат деген жорамал жасауға мүмкіндік берген.

1925 жылы Гортер мен Грендель гемолизденген эритроциттен ацетон арқылы липидті бөліп алған. Алынған ертіндіні судың бетіне құйған, булану нәтижесінде су бетінде пайда болған липид молекулаларының алып жатқан аймағының ауданы, тәжірибе басында алынған эритроциттердің ауданынан екі есе көп болған. Осының негізінде мембранадағы липидтер екі қабат болып орналасқан деген қорытынды жасалды (2- сурет).

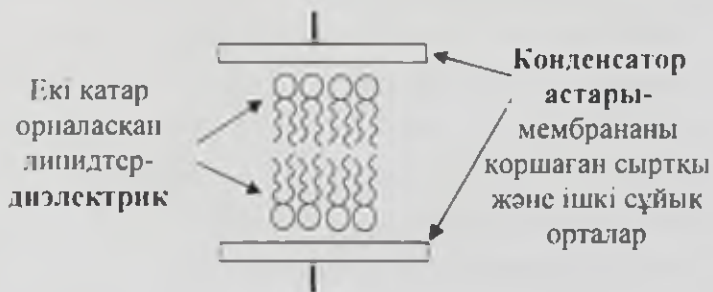
1935 жылы бұл ойдың дұрыстығын Коул мен Кертис мембрананың электрлік параметрлерін өлшеу арқылы дәлелді. Олар мембрананың меншікті электрлік сиымдылығының $C=0,5 \cdot 10^{-2}$ Ф/м², ал меншікті электрлік кедергісінің $\rho = 10$ Ом· м² үлкен болатындығын анықтады.

Биологиялық мембрана жазық конденсаторға ұқсас. Конденсатордың екі астары ретінде мембрананың сырты және

ішкі(циоплазма) орталарындағы электролиттік сұйықтарды, ал конденсатордың астарларын бөліп тұрған диэлектригі ретінде екі қатар орналасқан фосфолипид қабатын, яғни биомембараны алуға болады(3- сурет).



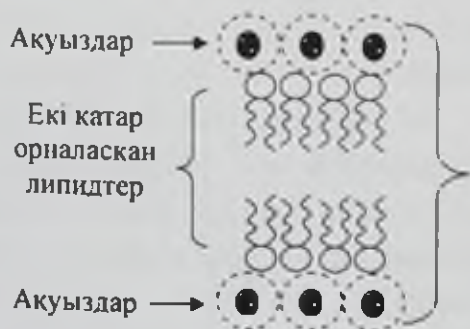
2- сурет



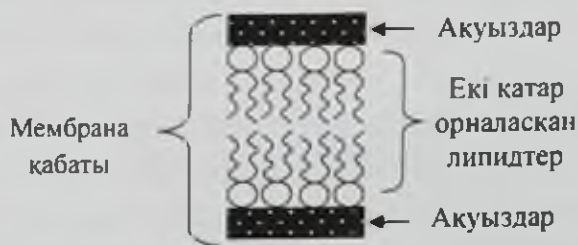
3- сурет

Жазық конденсатордың электрлік сиымдылығы мына өрнекпен анықталынады: $C = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S/d$, мұнан конденсатордың меншікті сиымдылығы (бірлік ауданға сәйкес келетін сиымдылық мәні) мынаған тең болады: $C_{MC} = \epsilon \cdot \epsilon_0/d$, мұндағы ϵ - липидтің диэлектрлік өтімділігі, ол $\epsilon=2$ тең, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, d - конденсатор астарының ара қашықтығы. Мембрананың конденсаторға ұқсастығынан d - шаманы мембрана қабатының қалыңдығына тең деп санауға болады. Олай болса меншікті сиымдылық өрнегінен: $d = \epsilon \cdot \epsilon_0/C_{MC}$. Сонда $d = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м $\cdot 2 / 0,5 \cdot 10^{-2}$ Ф/м² = $35 \cdot 10^{-10}$ м = 3,5 нм., анықталған бұл шама бір қатар липид қабатының қалыңдығы.

1935 жылы Дж.Даниэлли мен Г.Давсон биологиялық мембрананың «бутерброд» тәрізді мембрананың жобасын ұсынды. Ол үш қабаттан, яғни ортасында екі қатар(бикар) болып липидтер орналасқан, бұл қабаттың екі жағына ақуыздар жабысып орналасқан (4-сурет).



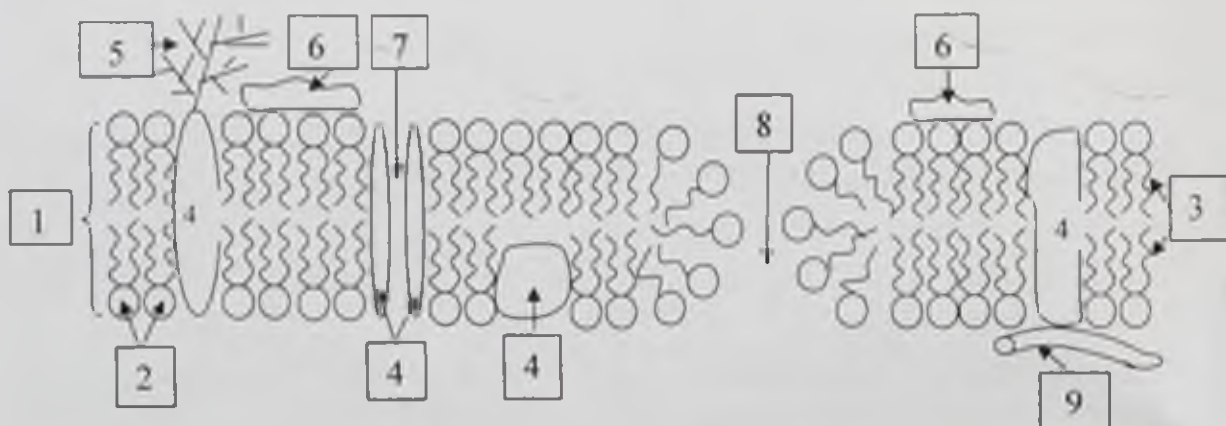
4 сурет



5 сурет

Кейін бұл жобаны одан ары дамытқан көптеген ұсыныстар болды 1964 ж. Дж.Робертсон (5 сурет); 1966 ж. Дж.Ленард және С.Сингер т.б.

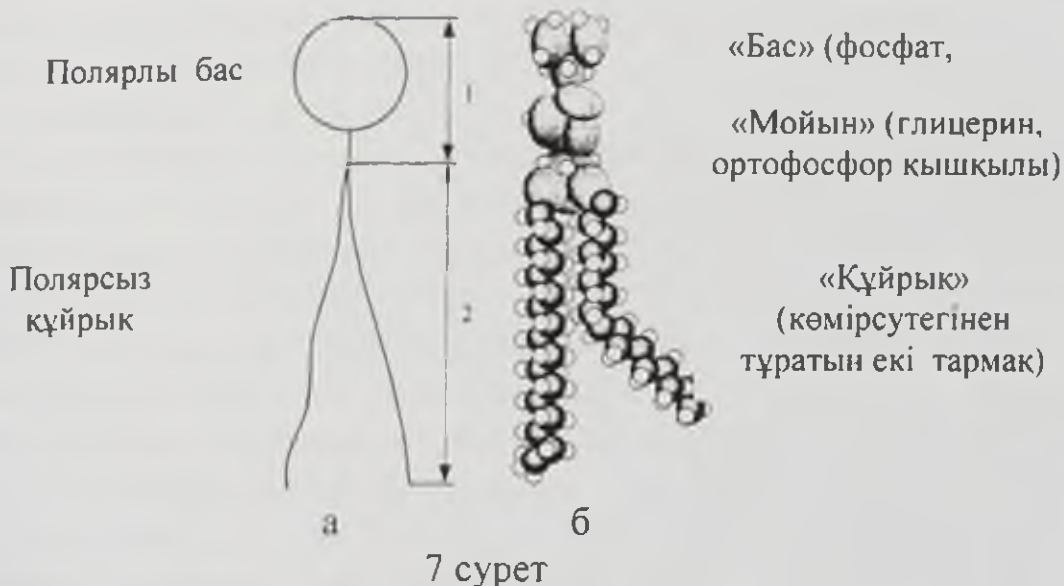
Қазіргі уақытта 1972 жылы Никольсон мен Сингер ұсынған, 1981 жылы Сингер одан ары жетілдірген биомембрананың «сұйық-мозайкалы» моделі қолданылуда. Бұл моделге сәйкес биологиялық мембрананың негізі - липидтер, олар бір біріне перпендикуляр түрде, екі қатар болып орналасқан, ал ақуыздардың кейбірі липид қабатына жабысып, кейбірі оған батып немесе оны толығымен тесіп орналасқан (6 сурет).



6-сурет. 1-фосфолипид бикабаты, 2- фосфолипид молекуласының гидрофильді полярлы басы, 3- фосфолипид молекуласының гидрофобты құйрығы, 4- интегралды ақуыздар, 5- гликолипид, 6- перифериялық ақуыздар, 7- иондық канал, 8- пор(саңлау), 9- ақуызға жабысқан микротүткіше.

Жалпы липидтер үш түрде: фосфолипид, гликолипид және стероид түрінде кездеседі. Бұлардың ішінде фосфолипидтердің үлесі басым, яғни көптеген денелердің мембрана қабаты фосфолипид молекуласынан құралған деп санауға болады.

Биологиялық мембранадағы фосфолипид молекулалары екі бөліктен: полярлы бастан және полярсыз құйрықтан тұрады. Полярлы бастың алып жатқан ауданы $0,6 \text{ нм}^2$ тең, ал құйрыққа сәйкес келетін аудан $0,2-0,3 \text{ нм}^2$. Фосфолипид молекуласының барлық ұзындығының 1 бөлігі полярлы басқа, қалған 2 бөлігі оның құйрығына сәйкес келеді (7а - сурет).



Кей фосфолипид молекуласының полярлы басы азотты топтардан (этанолламин, фосфат, холин) құралған болса, кей бірі азотсыз негіздерден (серин, инозин, треонин) құралған және зарядталған болып келеді, соның нәтижесінде ол гидрофильді қасиетке ие, осы себепті олар су молекулаларын жақсы тартады. Полярлы бас «мойын» арқылы «құйрықпен» жалғасқан. «Мойын» деп көп атомды спирттер: глицерин немесе сфингозиннен құралған құрылымды атаймыз. Құрамындағы спирт түріне сәйкес фосфолипидтерді: глицерофосфатты және сфингофосфатты деген түрлерге бөледі.

Глицерофосфатты немесе сфингофосфатты «мойынға» полярсыз құйрық жалғанған, ол екі тармақ түрінде, көміртегінің 14 - 24 атомынан тұратын, май қышқылы молекулаларынан құралған тізбек түрінде болады.

Тізбектегі көміртегі атомына бір немесе екі сутегі атомы жабысып орналасқан, құрамы мен құрылымы парафинге ұқсас, су жұқпайды, яғни гидрофобты болып келеді (7б- сурет). Екі тармақты фосфолипид құйрықшасының бірі қаныққан, екіншісі қанықпаған май қышқылынан құралады.

Фосфолипидтің физика-химиялық қасиетінің ең маңыздысы ретінде, оның басының гидрофильді, құйрықшасының гидрофобты болып келуін атаған жөн. Осындай қасиетке сәйкес және кей шарттарды сақтаған жағдайда, сулы ортада фосфолипид молекулалары өз беттерінше сфера түрінде жиналады. Нәтижесінде, фосфолипид молекулалары бір біріне параллель екі

катар(биқатар) болып орналасады және әр қатардағы (моноқатар) молекула полярлы басымен сыртқы ортаға қарай, қышқылды құйрықшалары ішкі ортаға қарай бағыттталып орналасады.

Осылайша, динамикалық жағынан тұрақты болатын фосфолипидті биқабат құрылады және ол биологиялық мембрананың негізгі қаңқасы болып саналады. Мысалы, массасы 1 мг липид молекуласынан ауданы 1 м² болатын биқабатты жасауға болады. Жасуша мембранасының 1 мкм² ауданында 4·10⁶ липид молекуласы бар, бұл әр моноқабатта 2·10⁶ молекула бар деген сөз.

Әр түрлі фосфолипид молекулаларының сулы ортада екі қатар болып жинақталу қабілеті әр түрлі, әсіресе ол лецитинде жоғары, егер ортада лецитин бар болса, ол фосфолипидтердің жиналғыштық қабілетін күшейтеді. Ғалымдар, фосфолипид молекуласының осындай қабілеті арқасында жер бетінде тіршілік пайда болған деп санайды.

Жүрізілген ғылыми зерттеулер мембрана қабатындағы липид молекулаларының тығыз орналасауы фосфолипид құрамына қандай май қышқылы енетіндігіне байланысты екендігін көрсетті. Егер көміртегі тізбесіндегі атомдар арасындағы қос байланыс көп болса, мембранадағы молекулалар арасы алшақ болады, бұл өз кезегінде мембрананың беріктілігін (қаттылығын) кемітеді және мембрана қабатының заттарды өткізгіштігін жоғарылатады.

Мембранадағы фосфолипид молекулаларының тығыз орналасуына **холестериннің** әсері бар екендігі анықталды. Холестерин фосфолипид биқабатына еніп, оның тығыздығын артырады. Биологиялық мембранада холестерин молекуласының көбейуі фосфолипид молекуласының алатын ауданын кемуіне алып келеді, өйткені фосфолипидтер құйрықшаларындағы көмірсутегі тізбегінің биқабатқа қатысты орналасу көлбеулігі өзгереді. Холестерин көбейген сайын фосфолипид құйрықшалары мембрана қабатына тіктеу орналасады, нәтижесінде мембрана тығыздығы одан ары артып, заттарды өткізуін кемітеді. Эритроцит плазмолемасындағы 1 моль фосфолипидке 0,37 моль холестерин келсе, мембрана ішіндегі митохондриясында бұл шама 0,03 мольге тең. Жасушадағы холестериннің шамасы ағзадағы зат алмасуға тікелей байланысты, ол өз кезегінде тамақтану түріне тәуелді. Сондықтан, холестерині көп тамақты үнемі пайдалану жасушаның қаттылығын арттырып, оның заттарды өткізу қабілетін төмендетеді.

Биологиялық мембрананы құрайтын гликолипид молекуласы қатар жатқан жасушалардың бір біріне жабысып қалмауын қамтамасыз етеді. Бұл липидтер қатар жатқан жасуша беттерінде теріс электр зарядтарын туғызады, нәтижесінде пайда болған электростатикалық өріс әсерінен олар бір бірінен алшақтайды. Егер мембранадағы гликолипидтер белгілі бір шамадан асып кетсе, онда жасушалар бір біріннен тіптен алшақтап кетеді, нәтижесінде олардың өз ара ақпарат алмасуы бұзылады.

Зерттеулер биологиялық мембраналардың липидтік құрамы түрлі болатындығын анықтады (1 кесте).

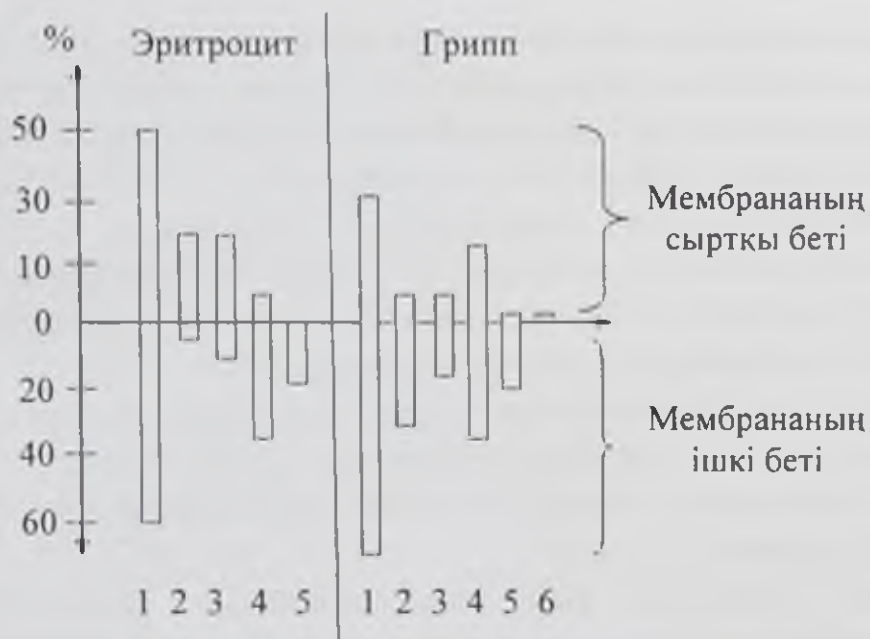
Биологиялық мембранадағы липид құрамы, %

1 кесте.

Мембрана липидтері	Жануар жасушасының мембранасы			<i>E.coli</i> бактериясының мембранасы
	Миелинді қабықша	Эритроциттің плазмалеммасы	Ішкі митохондрия мембранасы	
Холестерин	25	25	5	0
Фосфатидилэтанол амин	14	20	28	100
Фосфатидилсерин	7	11	0	0
Фосфатидилхолин	11	23	48	0
Фосфатидилин озитил	0	2	8	0
Сфингомиелин	6	18	0	0
Цереброзид	21	0	0	0

Сонымен қатар мембрана бикабатының ішкі және сыртқы беттеріндегі липид мөлшері де түрлі деңгейде болады, оны мына 8 суреттен байқауға болады.

Сыртық факторлардың әсерінен липид қабаты үздіксіз өзгерістерге ұшырап отырады. Бұл құбылыстың бір көрінісі ретінде фосфолипид құйрықшасының май қышқылды бір тармағының еркін радикалды тотығу әсерінен бұзылатындығын атуға болады, сонымен қатар фосфолипаза A₂ ферменті әрекетінен қанықпаған май қышқылды тармақ жұлынып кететіндігін де атуға болады.



8 сурет. 1-фосфолирид, 2-сфигомиелин, 3-фосфатидилхолин, 4-фосфатидилэтаноламин, 5-фосфатидилсерин, 6-фосфатидилинозитил.

Егер ағзаға енетін фосфолипаза A_2 қажетті мөлшерден артып кетсе, мысалы улы жылан шаққан кезде, онда мембрана жасушасының бұзылуы өте жоғары деңгейге жетеді, бұл өз кезегінде ағзаның өмір сүруін тоқтауға дейін алып келеді. Микроағзалардан бөлінетін кей ферменттер мысалы, фосфолипаза C, мембрананың липид қабатындағы фосфолипид молекуласының полярлы басын «жұлып» алады екен.

Сондықтан фосфолипаза A_3 ферменті, фосфолипаза C, еркін радикалды тотығу үрдісінің мембрананы зақымдайтын әрекеті бар екендігін білу қажет.

§ 1.3 Биологиялық мембрананың физикалық қасиеттері

Тығыздығы. Фосфолипид бикабатының тығыздығы 800 кг/м^3 тең, бұл судың тығыздығынан кем.

Өлшемі. Электрондық микроскопиялық талдау нәтижесінде мембрана қалыңдығы 4 нм ден 13 нм дейінгі аралықта болатындығы және жасуша мембраналардың қалыңдығы олардың түрлеріне байланысты болып келетіндігі анықталды.

Мықтылығы. Мембрананың сыртқы әсерлерге (үзілу, созылу, бұзылу) төзімділігі төмен. Мысалы, мембрана ішіндегі қысым 100 Па болғанда мембрана құрылымы бұзылады. Тірі

жасуша осмостык қысымға төтеп беру үшін мембранасын созбайды, ол өз пішінін (формасын) өзгерту арқылы төтеп береді.

Деформациялануы. Жасуша мембранасының деформациялануы мен иілгіштігі жеңіл, ал оның серпімділік модуль 0,45 Па тең.

Тұтқырлығы. Мембараның липид қабатының тұтқырлығы 30-100 мП·с, яғни өсімдік майының тұтқырлығына жақын.

Беттік керілуі 0,03-3 мН/м аралығында жатыр, бұл сумен салыстырғанда 2-3 есе кем.

Өткізгіштігі. Биомембрананың суды өткізу көрсеткіші $25-33 \cdot 10^{-4}$ см/с аралығында.

Электр сымдылығы. 1 см^2 мембрана қабатының электрлік сымдылығы 0,5 -1,3 мкФ аралығында, ал мембрана қабатындағы электр өрісінің кернеулігі $E = 20 \cdot 10^6$ В/м. Мембрананың фосфолипид аймағының диэлектрлік өтімділігі $\epsilon = 2.0-2.2$ тең болса, оның гидрофильді аймағының диэлектрлік өтімділігі $\epsilon = 10-20$ тең.

Электрлік кедергісі. 1 см^2 мембрананың бетінің кедергісі $10^2 - 10^5$ Ом/см², ол жасушаның сыртқы немесе ішкі орталарымен салыстырғанда ондаған миллион есе көп. Мембараның электро оқшаулау (электроизоляциялау) қасиеті техникалық изолятордан әлде қайда көп жоғары.

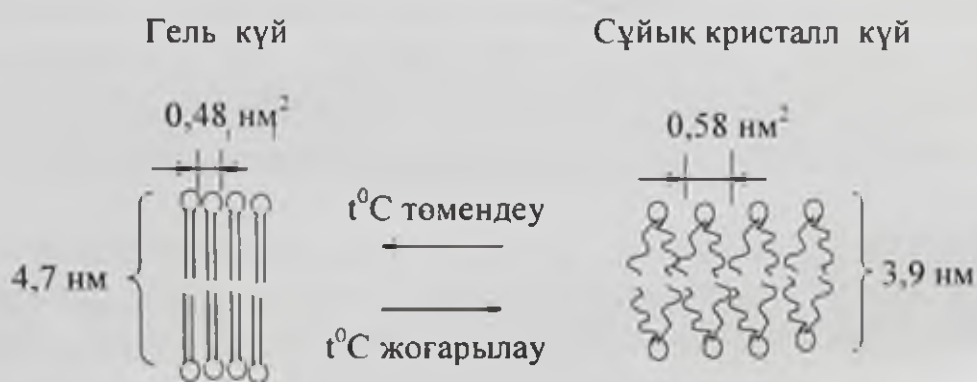
§ 1.4 Мембрананың фазалық күйі.

Бір қалыпты физиологиялық жағдайда, яғни температура адам денесінің температурасына тең, рН және иондар концентрациясы тұрақты болғанда биологиялық мембрана қабаты «сұйық кристаллды» күйде болады. «Сұйық кристалл» күй деп құрылымда сұйыққа да (құрылым бөлшектері ретсіз, хаосты қозғалыста), кристаллға да (құрылым бөлшектері кеңістікте реттелген күйде) тән қасиет бір мезгілде кездесетін күйді атаймыз.

Температура төмендегенде биомембрананың фосфолипидтік қабаты өз құрылымын сақтай отырып қатты кристалл күйге көшеді. Мембрана қабатындағы фосфолипид молекулаларының тығыздығы оның күйіне тікелей тәуелді, мысалы, лецитин молекуласы қатты кристалл күйде $0,46-0,48 \text{ нм}^2$ аймақты алса, оның сұйық кристалл күйдегі алатын аймағы $0,6-0,8 \text{ нм}^2$ тең, мұнан мембрана қабатының өлшемдері (көлемі, ауданы, қалыңдығы т.б.) оның фазалық күйін тікелей тәуелді деген қорытынды жасауға

болады. Фосфолипид молекуласының құйрығындағы қанықпаған май қышқылдарындағы қос байланыс көп болған сайын, қатты кристалл күйге ауысу температурасы да төмендейді.

Сұйық кристаллды биомембрана құрылымы температура өзгерісіне өте сезімтал. Температура төмендегенде мембрана сұйық кристалл күйден гель тәрізді күйге ауысады. Бұл кезде мембрана өзінің толық құрылымын сақтайды, фосфолипид құйрышқалары түзуленіп, бір біріне параллель орналасады және олардың тербелісі шектеледі. Сұйық кристалл күйде бір липид молекуласы алып жатқан аудан $0,58 \text{ нм}^2$ болса, гель күйде бұл шама $0,48 \text{ нм}^2$ дейін төмендейді, яғни мембрана көлемі азаяды, оның есесіне мембрана қабаты қалыңдайды (9- сурет)



9- сурет

Биомембрана қабатының сұйық кристалл күйден гель күйге көшуі кезінде бикабатта радиусы 1-3 нм болатын порлар(саңлау) пайда болады. Бұл порлар арқылы иондар мен молекуласы қарапайым қосылыстағы заттар тасымалданады, яғни фазалық өзгеріс мембрананың иондық өткізгіштігін жоғарылатады. Мұндай қасиеттің арқасында, яғни дене температурасының төмендеуі кезінде мембраналардың зақымдалуы болмайды, өйткені су және тұздардың мембрана арқылы өтуі жоғарылап, олардың жасуша ішінде кристаллдануына жол берілмейді, бірақ мұндай күйде липид молекулаларының қозғалғыштығы төмендейді.

Мембрана қабатында ақуыздар көп, олардың көптігінің әсерінен мембрананың беттік керілу көрсеткіші «липид-су» шекарасындағы көрсеткіштен «ақуыз-су» шекарасындағы көрсеткішіне жақын. Мембаралық ақуыздардың концентрациясы жасуша түріне байланысты өзгеріп отырады, мысалы, аксонның

миелинді қабатындағы ақуыз липидтерден 2,5 есе аз, ал эритроцит мембранасындағы ақуыз саны керісінше липидтен 2,5 көп.

Ақуыздар мембрана қабатында әр түрлі орналасқан, бірі мембрана бетіне жабысып тұрса, бірі оны тесіп өтеді. Мембрана бетіне жабысып орналасқан ақуыздарды перифериялық, ал оны тесіп өткендерін интегралдық ақуыздар беп атайды.

Интегралды ақуыздар липиттер тәрізді, мембрана қабатындағы бөлігі α -спираль түрінде ширатылған түрде болып келетін гидрофобты қасиеті бар, аминқышқылдарынан тұрады, ал мембрана қабатынан сыртқа шыққан бөлігі гидрофильді қасиетке ие және аминқышқылдарынан тұрады. Бұл ақуыздар мембрана қабатына гидрофильді әсерлесу нәтижесінде пайда болатын күштер арқылы ұсталып тұр. Кейбір интегралды ақуыздардың мембранадан сыртқа шыққан бөлігіне көмірсулар жабысып тұрады, мұндай комплекстерді гликопротеин деп атайды, олар рецепторлық қызмет атқарады және ақзаның иммундық реакцияларында маңызды роль бар. Мысал ретінде мембрана қабатын 7 рет тесіп өткен бактериородоспінді атауға болады, ол ақуызға фоторецепторлық қабілет береді, ал эритроцит ақуызы - гликофорин қан тобын анықтайтын гликопротеинге жатады. Көптеген интегралды ақуыздар мембрана қабатында канал ролін атқарады, мұндай каналдардың ішкі бетінде гидрофильді аминқышқылының радикалыдары орналасады, олар арқылы суда еритін молекулалар мен иондар өтеді.

Перифериялық ақуыздар мембрананың сыртқы бетіне де, ішкі бетіне де орналаса алады. Бұл ақуыздар мембрана қабатына электростатикалық әсерлесу нәтижесінде пайда болатын күштер арқылы ұсталып тұр, бұл күштер интегралды ақуыздарды ұстайтын күшпен салыстырғанда әлде қайда төмен, сондықтан перифериялық ақуыздарды мембрана бетінен жұлып алу жеңіл. Ал интегралдық ақуыздар мембрана қабатындағы липидтердің көмірсутегі тізбегімен Ван-дер Ваальс күші арқылы әсерлеседі және бұл әсерлесу күшінің үлкен болуы себепті интегралды ақуызды бөліп алу тек липид қабатын бұзу нәтижесінде қол жеткізуге болады.

Мембрана құрамындағы липидтер мен ақуыздар қозғалғыш келеді, егер молекула қозғалысы мембрананың бір қабатында орын алса, ондай қозғалысты – латериалды диффузия деп атайды,

егер молекула мембрананың бір қабатынан екінші қабаттына орын ауыстырса, оны флип-флоп орын ауыстыру деп атайды.

Латериалды диффузия кезіндегі молекуланың бір орыннан екінші орынға ауысу жиілігі мынаған тең:

$$v = 2\sqrt{3} \frac{D}{A},$$

мұндағы D – латериалды диффузия коэффициенті, A – мембрана бетіндегі бір молекула алып жақтан бет ауданы.

Молекуланың бір орындағы «тұрғылықты өмір ұзақтығы» оның орын ауыстыру жиілігіне кері пропорционал болады:

$$\tau = \frac{1}{v} = \frac{A}{2\sqrt{3}D}$$

Молекуланың t уақыт мерзіміндегі орташа квадраттық орын ауыстыруы мына орнекпен анықталынады:

$$S_{\text{орт.кв}} = 2\sqrt{Dt},$$

Липидтердің диффузия коэффициенті өте жоғары. Мысалы, 40°C температура кезіндегі ретикулум саркоплазмасының липидтері үшін $D = 1,2 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ тең. Егер $A = 7 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$ болса, онда липидтер 1 секунд ішінде $5,9 \cdot 10^7$ рет орын ауыстырар еді, мұнан липидтің «тұрғылықты өмір ұзақтығы» $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ с}$ тең болатындығы көрінеді.

Ақуыз молекулалары липдтер тәрізді жылдам қозғалмайды. Мысалы, лимфоцитарлы мембрананың антиген молекуласының ақуызы үшін $D = 10^{-14} \text{ м}^2/\text{с}$ тең болса, онда оның орташа квадраттық орын ауыстыруы $S_{\text{орт.кв}} = 0,2 \text{ мкм}$ тең болады. Мұнан мембранадағы ақуыздардың қозғалшыштығы төмен екендігін көреміз, өйткені мембрана қабатындағы микротүтіктер немесе микрофиламенттер ақуыздардың басым бөлігінің қозғалысын шектеп, оларды мембрананың белгілі бір бөлігінде тұруына ықпал етеді.

Мембрана молекулалары түзу сызықты қозғалыспен қатар айналмалы қозғалысқа да түседі. Мысалы, 1 радиан бұрышқа фосфолипид молекуласы 10^{-9} секунд ішінде бұрылса, родоспин 10^{-6} с , цитохромоксидаза 10^{-4} с ішінде бұрылады.

Мембаранадағы фофолипид молекуларладың флип-флоп түріндегі қозғалысы латериалды диффузиямен салыстырғанда өте баяу жүреді, мысалы, фосфолипид молекуласы мембрананың бір қабатынан екінші қабатына өтуіне 1 сағатқа жақын уақыт қажет

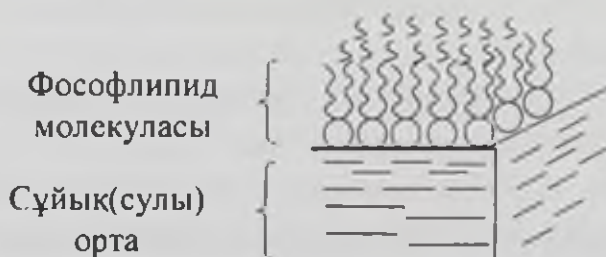
скен. Ал ақуыз молекулалары мұндай орын ауыстыруға қатыспайды.

Латериалды және флип-флоп диффузия жылдамдықтардың әр түрлі болуының үлкен маңызы бар. Латериалды диффузия жылдамдығының үлкен болуы мембранадағы химиялық реакциялардың жылдам өтуіне ықпал етеді, ал флип-флоп орын ауыстыруының баяу өтуі мембранадағы тепе теңсіздікті қамтамасыз етеді.

§ 1.5 Жасанды мембрана

Биомембрана қабатының құрлысын, оның тосқауылдық, тасымалдағыштық қызметінің бұзылуын, дәрілік заттарды өткізуін, электр өткізгіштігін, трансмембраналық потенциалдардың пайда болуын және т.б. қасиеттерін зертханалық жағдайда зерттеуде табиғи мембранадан гөрі жасанды мембрананы қолданған ыңғайлы. Осы мақсатта жасанды мембраналар қолданылады. Жасанды мембрананы алудың бірнеше жолы бер, соларды қарастырайық.

1. Жасанды моноқабатты мембрана. Фосфолипид молекулалары гидрофильді басымен сұйық ортаға, гидрофобты құйрығымен сыртқы ортаға(ауа) қарай орналасатыны белгілі, осы қасиеті нәтижесінде екі ортаны бөліп тұрған, мысалы «сұйық-ауа» шекарасындағы аз мөлшердегі фосфолипид молекулалары ортаның шекарасында бір қатар болып моноқабат құрайды (10 сурет).

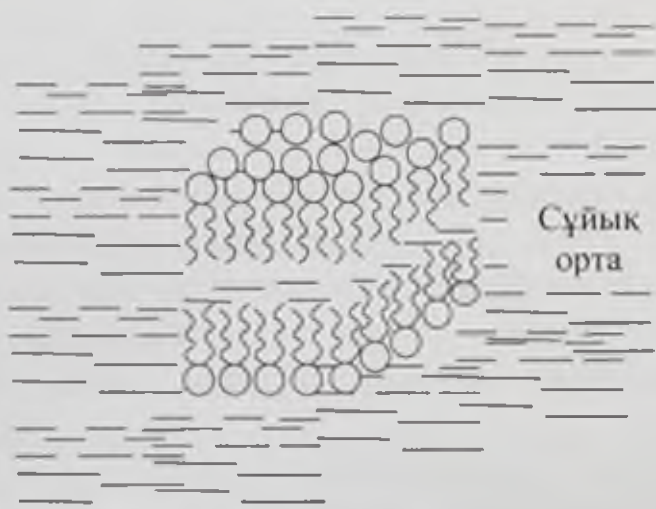


10 сурет

Мұндай моноқабатты құрылым, мембрананың механикалық қасиетін, ондағы молекулалардың қозғалғыштығын, фазалары түрлі ортадағы процестерді, дәрілік заттардың мембранаға арқылы өтуін зерттеуде қолданады. Моноқабатты мембрананың кемшілігі де бар, табиғи мембрана екі қабаттан тұрады, бұл кемшілік жасанды

мембраналық құрылым - липосом мен жалпақ екі қабатты липидті мембраналарда ескерілген.

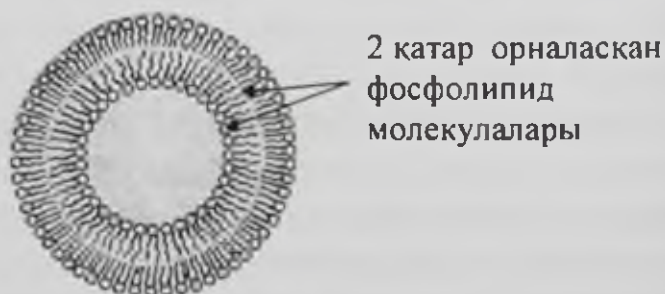
2. Жасанды жалпақ бикабатты мембрана. Егер сұйық ортада фосфолипид молекулалары көп мөлшерде болса, онда сұйық ортада молекулалардың гидрофильді басы сұйық ортаға (сыртқа) қарай, ал гидрофобты көмірсутегі тізбегі сұйық ортадан жасырынып, ішке қарай, екі қатар болып орналасады (11 - сурет).



11- сурет

Мұндай модель арқылы биомембрананың иондарды өткізуін, биопотенциалдың пайда болу механизмінің зерттейді.

3. Жасанды бикабатты мембрана - липосом. Егер фосфолипидтерді полярлы еріткішке қоссақ, онда екі қабаттан тұратын сфера тәрізді тұйықталған құрылым пайда болады, оны липосом деп атайды. Өйткені фосфолипид молекулалары су ертіндісінде, өз бетерінше гидрофильді басымен сулы ортаға қарай, ал гидрофобты құйрықтарымен ішкі ортаға қарай бір біріне қарама қарсы екі қатар болып орналасады және тұйықталады (12-сурет).



12 - сурет

Мұндай липосомды ультрадыбыспен фосфолипидтері бар эмульсияға әсер ету арқылы да алуға болады, бірақ пайда болған липосомның диаметрі өте аз 20-40 нм болу оларды зерттеулерде қолдануға ыңғайсыз етеді. Қазіргі кезеңде диаметрі 400 нм болатын липосомдарды алуға мүмкіндік туды. Сондай ақ ультрадыбыспен, механикалық әсер етумен және т.б. әсер ету арқылы табиғи мембралардан липосом алуға болады. Липосомның ұлпа арқылы адам ағзасына жеңіл өтетіндігін ескеріп, оны дәрілік заттармен толтырып, дәріні жеткізуде қолдануда. Осындай әдіспен адам ағзасына инсулинді жеткізу қолға алынуда. Егер инсулинді ауыз қуысы арқылы қабылдасақ, онда ас қазан сөлі инсулин молекуласын ыдыратып жібереді, сондықтан оны инъекция арқылы салады, енді жерде инсулинді липосом қабықшасымен қаптап, пероралды түрде (ауыз қуысы арқылы) қабылдауға мүмкіндік туып отыр.

Қазіргі кезеңде дәрілік препараттарды ағзаның нақты бір бөлігіне, нақты бір жасушаға жеткізу бағытында зерттеу жұмыстары жүргізілуде. Ол былайша жүзеге асырылмақшы. Әр жасушаның мембрана қабатында тек осы қабатқа тән ерекше ақуыздар «антиген» болатыны анықталған. Әр антигенге сәйкес, тек сонымен ғана әрекеттесе алатын «антидене» болады екен. Егер осындай антиденені липосомның бикабатына ендірсек, сонда дәрілік затпен толтырылған липосом бізге қажетті антиген орналасқан жасушаға барып жабысады, сонымен бірге дәрілік зат жасушаға енеді. Бұл әдіс әзірше зерттеу күйінде қалып отыр.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Мына тапсырмадан бір біріне сәйкес жауаптарды тап.

Биологиялық мембрананың қызметтері.....

A. Механикалық, бұл арқылы....

B. Тосқауылдық, бұл арқылы....

C. Матрицалық, бұл арқылы....

D. Энергетикалық, бұл арқылы...

E. Рецепторлық, мұндай қызмет арқылы...

1. жасуша өзін қоршаған ортамен талғампаздық (селективті) түрде пассивті және активті зат тасымалдауға қол жеткізеді;

2. жасуша биологиялық мембранада ақуыздар мен ферменттердің болуы қамтамасыз етіледі;
3. жасуша өзін қоршаған ортадан оқшауланады, оның дербес болуына және тиісті қызмет етуіне мүмкіндік береді;
4. биологиялық мембранада АТФ синтезделуі, биопотенциалдардың пайда болуына мүмкіндік алады;
5. мембрана басқа жасушаларды, сыртқы тітіркендіргіштердің әсерін сезуге, заттарды танып білуге мүмкіндік алады.

2. Мембрана жасушыларды бір-бірінен бөлумен қатар....

А. оның ішкі бөлігі цитоплазманы өз беттерінше жеке қызмет атқара алатын бөліктерге-компартменттерге бөледі. Мұны....

В. оның ішкі бөлігі цитоплазманы бірге қызмет атқара алатын бір бөлікке біріктіреді. Мұны....

С. оларды бір бірімен байланыста болатын тұтас бөлікке біріктіреді. Мұны...

1. Өз ара бөлу принципі деп атайды. Бұл принцип бойынша...

2. Өз ара бірігу принципі деп атайды. Бұл принцип бойынша...

3. компартментализация принципі деп атайды. Бұл принцип бойынша...

а) ондағы биохимиялық процесстер мен түрлі реакциялар бір бірінен оқшау жүреді. Соның нәтижесінде...

в) ондағы биохимиялық процесстер мен түрлі реакциялар бір бірінен оқшау жүрмейді. Соның нәтижесінде...

Н. цитоплазмада - митохондрияда жүреді, олардың тотығуы- май қышқылдары синтезделсе, ал рибосомда- ақуыз синтезделсе, оның бұзылуы-лизосомда орын алады.

Ж. цитоплазмада - ақуыз синтезделсе, олардың тотығуы- митохондрияда жүреді, ал рибосомда-, май қышқылдары синтезделсе, оның бұзылуы-лизосомда орын алады.

Ғ. цитоплазмада - май қышқылдары синтезделсе, олардың тотығуы- митохондрияда жүреді, ал рибосомда- ақуыз синтезделсе, оның бұзылуы-лизосомда орын алады.

3. Алғашқыда зерттеушілер фосфолипидте жақсы еритін заттардың мембрана қабаты арқылы еркін өтетіндігін байқаған, бұл құбылыс...

А. мембрана фосфолипидтен тұратын қабат деген жорамал жасауға мүмкіндік берген. 1925 жылы Горттер мен Грендель тәжірибе арқылы...

В. мембрана ақуыздан тұратын жұқа қабат деген жорамал жасауға мүмкіндік берген. 1925 жылы Горттер мен Грендель тәжірибе арқылы...

С. мембрана фосфолипидтен тұратын жұқа қабат деген жорамал жасауға мүмкіндік берген. 1925 жылы Горттер мен Грендель тәжірибе арқылы...

1. липид молекулаларының алып жатқан көлемі, тәжірибе басында алынған эритроциттердің көлемінен екі есе көп болғандығын анықтаған, бұл мембранада...

2. липид молекулаларының алып жатқан аймағының ауданы, тәжірибе басында алынған эритроциттердің ауданынан екі есе аз болғандығын анықтаған, бұл мембранада...

3. липид молекулаларының алып жатқан аймағының ауданы, тәжірибе басында алынған эритроциттердің ауданынан екі есе көп болғандығын анықтаған, бұл мембранада...

Н. липидтер екі қабат болып орналасқан деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді.

Л. ақуыздар мен липидтер екі қабат болып орналасқан деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді.

Ғ. липидтер «бутерброд» тәрізді орналасқан деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді.

4. 1935 жылы Дж. Даниэлли мен Г. Давсон биологиялық мембрананың (БМ)....

А. «бутерброд» тәрізді мембрананың жобасын ұсынды. Бұл модель бойынша БМ....

В. «сұйық мозайкалы» жобасын ұсынды, Бұл модель бойынша БМ.....

С. «биқабатты» мембрананың жобасын ұсынды. Бұл модель бойынша БМ.....

1. екі қабаттан, яғни ортасында екі қатар (биқатар) болып липидтер орналасқан, бұл қабаттың екі жағына ақуыздар жабысқан. Кейін бұл моделді жетілдіріліп Никольсон мен Сингер...

2. үш қабаттан, яғни ортасында екі қатар (биқатар) болып ақуыздар орналасқан, бұл қабаттың екі жағына липидтер

жабысқан. Кейін бұл моделді жетілдіріліп Никольсон мен Сингер.....

3. үш қабаттан, яғни ортасында екі қатар (биқатар) болып липидтер орналасқан. бұл қабаттың екі жағына ақуыздар жабысқан. Кейін бұл моделді жетілдіріліп Никольсон мен Сингер...

N. биологиялық мембрананың негізі - липидтер, олар бір біріне перпендикуляр түрде, екі қатар болып орналасады, ал ақуыздардың кейбірі липид қабатына жабысып, кейбірі оған батып немесе оны толығымен тесіп орналасқан деген модель ұсынды.

J. биологиялық мембрананың негізі - липидтер, олар бір біріне жазық түрде, екі қатар болып орналасады, ал ақуыздардың кейбірі липид қабатына жабысып, кейбірі оған батып немесе оны толығымен тесіп орналасқан деген модель ұсынды.

F. биологиялық мембрананың негізі - ақуыздар, олар бір біріне перпендикуляр түрде, екі қатар болып орналасады, ал липидтердің кейбірі ақуыз қабатына жабысып, кейбірі оған батып немесе оны толығымен тесіп орналасқан деген модель ұсынды.

5. Биологиялық мембранадағы фосфолипид молекулалары...

A. екі бөліктен: полярсыз бастан және полярлы құйрықтан тұрады. Полярлы бастың алып жатқан ауданы $0,6 \text{ нм}^2$ тең, ал құйрыққа сәйкес келетін аудан $0,2-0,3 \text{ нм}^2$.

B. екі бөліктен: полярлы бастан және полярсыз құйрықтан тұрады. Полярлы бастың алып жатқан ауданы $0,6 \text{ нм}^2$ тең, ал құйрыққа сәйкес келетін аудан $0,2-0,3 \text{ нм}^2$.

C. екі бөліктен: бастан және құйрықтан тұрады. Полярлы бастың алып жатқан ауданы $0,6 \text{ нм}^2$ тең, ал құйрыққа сәйкес келетін аудан $0,2-0,3 \text{ нм}^2$.

D. екі бөліктен: полярлы бастан және полярсыз құйрықтан тұрады. Полярлы бастың алып жатқан ауданы $2,6 \text{ нм}^2$ тең, ал құйрыққа сәйкес келетін аудан $2-3 \text{ нм}^2$.

6. Кей фосфолипид молекуласының басы...

A. полярлы және натрий топтардан (натрий, фосфор, хлор) құралған, соның нәтижесінде....

B. полярсыз және азотты топтардан (этанолламин, фосфат, холин) құралған, соның нәтижесінде....

C. полярлы және азотты топтардан (этанолламин, фосфат, холин) құралған, соның нәтижесінде....

1. ол гидрофильді қасиетке ие. Осы себепті олар...
 2. ол гидрофобты қасиетке ие. Осы себепті олар...
 3. ол гидрофильді қасиеттен айрылады. Осы себепті олар...
- N. зат молекулаларын жақсы тартады.
- J. су молекулаларын жаман тартады.
- F. су молекулаларын жақсы тартады.

7. Биологиялық мембрананы құрайтын гликолипид молекуласы....

A. қатар жатқан жасушалардың бір біріне жабысып қалуын қамтамасыз етеді, өйткені...

B. қатар жатқан липидтердің біріне жабысып қалмауын қамтамасыз етеді, өйткені...

C. қатар жатқан жасушалардың бір біріне жабысып қалмауын қамтамасыз етеді, өйткені...

1. липидтер қатар жатқан жасуша беттерінде теріс электр зарядтарын туғызады, нәтижесінде...

2. липидтер қатар жатқан жасуша беттерінде оң электр зарядтарын туғызады, нәтижесінде...

3. ақуыздар қатар жатқан жасуша беттерінде теріс электр зарядтарын туғызады, нәтижесінде...

N. пайда болған электростатикалық өріс әсерінен олар бір бірінен алшақтайды. Егер мембранадағы гликолипидтер белгілі бір шамадан асып кетсе, онда...

J. пайда болған электростатикалық өріс әсерінен олар біріне жақындайды. Егер мембранадағы гликолипидтер белгілі бір шамадан асып кетсе, онда...

F. пайда болған магнит өріс әсерінен олар бір бірінен алшақтайды. Егер мембранадағы гликолипидтер белгілі бір шамадан асып кетсе, онда...

a) липидтер бір біріннен тіптен алшақтап кетеді, нәтижесінде олардың өз ара ақпарат алмасуы бұзылады.

b) жасушалар бір біріннен тіптен алшақтап кетеді, нәтижесінде олардың өз ара ақпарат алмасуы бұзылады.

c) жасушалар бір біріннен тіптен алшақтап кетеді, нәтижесінде олардың өз ара ақпарат алмасуы дұрысталады.

8. Сұйық кристаллды биомембрана құрылымы температура өзгерісіне өте сезімтал. Температура төмендегенде мембрана...

А. сұйық күйден сұйық кристалл күйге ауысады. Бұл кезде мембранадағы фосфолипид бастары түзуленіп....

В. гель күйден сұйық кристалл күйге ауысады. Бұл кезде мембранадағы фосфолипид құйрықшалары түзуленіп....

С. сұйық кристалл күйден гель тәрізді күйге ауысады. Бұл кезде мембранадағы фосфолипид құйрықшалары түзуленіп....

1. бір біріне параллель орналасады және олардың тербелісі күшейеді. Сұйық кристалл күйде...

2. бір біріне перпендикуляр орналасады және олардың тербелісі шектеледі. Сұйық кристалл күйде...

3. бір біріне параллель орналасады және олардың тербелісі шектеледі. Сұйық кристалл күйде...

Н. бір липид молекуласы алып жатқан аудан $0,58 \text{ нм}^2$ болса, гель күйде бұл шама $0,48 \text{ нм}^2$ дейін төмендейді, соның әсерінен....

Ж. бір ақуыз молекуласы алып жатқан аудан $0,58 \text{ нм}^2$ болса, гель күйде бұл шама $0,48 \text{ нм}^2$ дейін төмендейді, соның әсерінен....

Ғ. бір липид молекуласы алып жатқан аудан $0,48 \text{ нм}^2$ болса, гель күйде бұл шама $0,58 \text{ нм}^2$ дейін төмендейді, соның әсерінен....

а) мембрана көлемі артады, мембрана қабаты жұқарады.

в) мембрана көлемі азаяды, мембрана қабаты жұқарады.

с) мембрана көлемі азаяды, мембрана қабаты қалыңдайды.

9. Температура төмендегенде...

А. мембрана сұйық кристалл күйден гель тәрізді күйге ауысады және

В. мембрана гель тәрізді күйден сұйық кристалл күйге ауысады және

С. мембрана кристалл күйден гель тәрізді күйге ауысады және

1. бұл кезде фосфолипидтердің гидрофобты құйрықшаларының өз ара орналасуы өзгеріп, биқабат қалыңдайды.

2. бұл кезде фосфолипидтердің гидрофобты құйрықшаларының өз ара орналасуы өзгеріп, биқабат жұқарады.

3. бұл кезде фосфолипидтердің гидрофильді құйрықшаларының өз ара орналасуы өзгереді биқабат қалыңдайды.

10. Ақуыздар мембрана қабатында әр түрлі орналасқан, бірі мембрана бетіне жабысып тұрса, бірі оны тесіп өтеді, мембрана...

А. бетіне жабысып орналасқан ақуыздарды перифериялық, ал оны тесіп өткендерін интегралдық ақуыздар беп атайды. Перифериялық ақуыздар.....

В. бетіне жабысып орналасқан ақуыздарды интегралдық, ал оны тесіп өткендерін перифериялық ақуыздар беп атайды. Перифериялық ақуыздар.....

1. мембрана қабытына электростатикалық әсерлесу нәтижесінде пайда болатын күштер арқылы ұсталып тұр, ал интегралдық ақуыздар...

2. мембрана қабытына иондық әсерлесу нәтижесінде пайда болатын күштер арқылы ұсталып тұр, ал интегралдық ақуыздар...

D. мембрана қабатына Ван-Дер –Ваальс күшімен әсерлеседі

N. мембрана қасбатына Кулон күші әсерлеседі.

11. Биомембранадағы липидтер....

1. қабат бойымен қозғалады, оны...

2. қабат бойымен тербеледі, оны ...

А. латериалды диффузия деп атайды, егер липид...

Б. тербелмелі диффузия деп атайды, егер липид..

1. бір қабаттан екінші қабатқа орын ауыстырса оны...

II. тек бірінші қабаттан екінші қабатқа орын ауыстырса оны...

D. флип-флоп орын ауыстыру деп атайды.

N. бірінші реттік флип- флоп орын ауыстыру деп атайды.

12. Биофизика - ... зерттейтін ғылым.

А. ағзаның өмір сүруінің физика-химиялық негіздері мен оның әртүрлі сатыдағы дамуын

В. жылулық құбылыстардың өзгеруін.

С. қанның тамыр жүйесімен ағуын.

D. адамның қимыл-тірек қозғалысын.

Е. ағзадағы түрлі патологиялық өзгерістерді.

13. Молекулалық биофизика ... молекулалық деңгейде зерттеумен айналысады.

А. биологиялық жүйелерді

В. жылулық құбылыстарды.

С. қанның тамыр жүйесімен ағуын.

D. адамның қимыл-тірек қозғалысын.

Е. биологиялық кибернетика сұрақтарын.

14. Жасуша биофизикасы ... зерттеумен айналысады.
- A. тіршіліктің ең кішкентай бөлігі жасушаны.
 - B. жылулық құбылыстарды.
 - C. қанның тамыр жүйесімен ағуын.
 - D. адамның қимыл-тірек қозғалысын.
 - E. биологиялық кибернетика сұрақтарын.

Қорытынды сұрақтар

1. Биологиялық мембрананың негізгі функциялары
2. Биологиялық мембрананың құрылыс
3. Сұйық мозайкалы БМ құрылысы
4. Фосфолипидтердің, ақуыздардың құрамы мен қасиеттері
5. Фосфолипидтердің, ақуыздардың қозғалғыштығы.
6. Жасанды липидтер, қолдану

2 сабақ. БИОМЕМБРАНА АРҚЫЛЫ ЗАТ ТАСЫМАЛДАУ

Сабақ жоспары

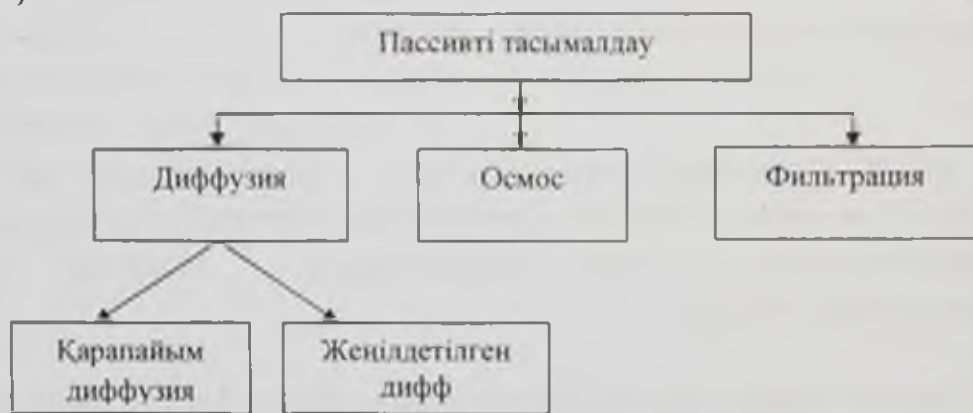
1. Биологиялық мембранның өткізгіштігі туралы түсінік. Жасуша өткізгіштігі.
2. Пассивті тасымалдау және оның түрлері: диффузия, жеңілдетілген диффузия, осмос және фильтрация.
3. Гемодиализ.
4. Ионоформдар.
5. Активті тасымалдау және оның механизмі.
6. Ион каналдары арқылы зат тасымалдау ерекшелігі.
7. Тақырып бойынша тест тапсырмалары.

Сабақ мақсаты: биологиялық мембрананың заттарды өткізуін және оның түрлерін, пассивті және активті тасымалдауды, биомембранадағы иондық каналдардың заттарды өткізу ерекшеліктерін талдау.

Жасуша ашық термодинамикалық жүйе болғандықтан өзін қоршаған ортамен үнемі зат, энергия және ақпарат алмасады. Мұндай алмасу жасуша мембранасының түрлі заттарды өткізу қабілеті арқасында іске асады. Жасушаның мұндай қабілетін - өткізгіштік деп атайды. Жасушадағы метоболизм, биопотенциалдың пайда болуы, нерв импульстарының таралуы және т.б. көптеген құбылыстар мембранадағы зат тасымалдау арқасында жүреді және пайда болады. Сондықтан, биологиялық мембрана арқыл зат тасымалдау- жасаушаның өмір сүруінің негізгі шарты. Зат тасымалдаудың бұзылуы түрлі патологиялық құбылыстарға алып келеді. Сондықтан тасымалдау құбылысын зерттеудің медицина және фармацевтика үшін үлкен теориялық және практикалық маңызы бар. Емдеу ісі дәрілік заттардың жасауша мембранасы арқылы өтуіне, яғни мембрананың өткізгіштігіне тәуелді, сондықтан дәрілік заттардың жасаушаның қалыпты және патология кезіндегі өткізгіштігін білу өте қажет.

БМ арқылы зат тасымалдауды транспорт деп те атайды, ол екі түрге бөлінеді: пассивті тасымалдау (транспорт) және активті тасымалдау (транспорт).

Пассивті тасымалдау (ПТ) деп, зарядсыз бөлшектерді (заттарды) концентрациясы көп C_1 ортадан концентрациясы аз ортаға қарай тасымалдауды, электролитте зарядталған бөлшектерді (заттарды) электр өрісінің потенциалы жоғары φ_1 ортадан, потенциал шамасы төмен φ_2 ортаға қарай тасымалдауды, немесе электрохимиялық потенциалы жоғары μ_1 нүктеден, электрохимиялық потенциалы төмен μ_2 нүктеге қарай тасымалдауды атайды. Аталған тасымалдаудың бұл түрлерінде сырттан энергия жұмсалмайды, жүйе ішінде концентрациялық, электрлік т.б. градиентте жинақталған энергия қоры есебінен жүреді. Пассивті тасымалдау мынадай түрлерге бөлінеді (1-сурет):



1 сурет

Енді қарапайым диффузия құбылысының механизмін талдайық. **Диффузия** деп, зат молекулаларының хаустық жылулық қозғалысы нәтижесінде, өз беттерінше концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдануын айтамыз. БМ липид қабаты арқылы жүретін тасымалдану концентрациялық градиент есебінен жүреді және ол Фика заңына бағынады:

$$J = -D \, dc/dx,$$

мұндағы J - зат ағынының тығыздығы, D - диффузия коэффициенті, dc/dx - концентрациялық градиент. Мембрананың қалыңдығының өте аз болуы себепті ондағы концентрациялық градиентті тұрақты шама деп атуға болады, олай болса $dc/dx = (c_{m2} - c_{m1})/l$, мұндағы c_{m2} - мембрананың бірінші ішкі бетіндегі бөлшектер концентрациясы, c_{m1} -мембрананың келесі ішкі бетіндегі бөлшектер концентрациясы (2 сурет). Осылайша анықталған градиент өрнегін Фик теңдеуіне қойсақ:

$$J = -D(c_{m2} - c_{m1})/l$$

Енді мембрана мен сыртқы орта арасындағы заттардың таралуын сипаттайтын таралу коэффициенті деген шама ендірейік: 0

$$K = c_{m1}/c_1 = c_{m2}/c_2,$$

мұндағы c_1 и c_2 1 және 2 ортадағы зат концентрациясы, ал c_{m1} және c_1 , c_{m2} және c_2 шамаларының әр түрлі болуы заттардың полярлы және полярсыз еріткіштерде әр түрлі деңгейде еруіне байланысты деп түсіндіріледі (2 -сурет бойынша).



2 - сурет

Соңғы өрнектен $c_{m1} = Kc_1$ және $c_{m2} = Kc_2$ болатындығын анықтап, оны Фик теңдеуіне қойсақ:

$$J = -DK(c_2 - c_1)/l,$$

мұндағы $P = DK/l$ шаманы өткізгіштік коэффициенті деп атайық, сонда Фик теңдеуі мына түрге келеді:

$$J = -P(c_2 - c_1),$$

мұндағы P - мембрананың заттарды өткізгіштігін сипаттайтын шама.

Егер бір зат үшін $P = 0$ болса, ондай мембрана бұл затты өткізбейтін деп саналады, егер бір зат үшін $P=0$, ал келесі зат үшін $P \neq 0$ болса, ондай мембрана жартылай өткізгіш деп аталады.

Фик теңдеуі арқылы зарядталмаған және электр өрісі жоқ кезіндегі зарядталған бөлшектерді пассивті тасымалдау құбылысын сипаттайды, енді мембранадағы электр өріс кезіндегі тасымалдау құбылысын сипаттайтын өрнекті қорытып шығарайық.

Электр өрісінде тұрған ионға әсер ететін Кулон күші: $f_0 = qE$ тең, мұндағы E - электр өрісінің кернеулігі, ал ионның заряды мына өрнекпен сипатталады $q = Ze$, мұндағы Z – ионның валенттілігі. Электр өрісін электр потенциалының градиенті арқылы жазайық: $E = -d\phi/dx$. Сонда ионға әсер ететін Кулон күші мына түрге келеді: $f_0 = -Ze \cdot d\phi/dx$. Соңғы өрнектің екі жағын да N_A Авогадро санына көбейтсек $f = -ZF d\phi/dx$ өрнегі келіп шығады, мұндағы $f = f_0 N_A$ бір моль ионға әсер етуші күш, $F = eN_A$ Фарадей тұрақтысы.

Тасымалданатын затқа (ионға) электр күшімен қатар ортаның кедергі күші де әсер етеді. Бұл күштер бір- бірін теңестіргендіктен зат бірқалыпты v жылдамдықпен тасымалданды, оның шамасы ионға әсер етуші күшке тура пропорционал $v = b \cdot f$ тең, мұндағы b – ионның қозғалғыштық коэффициенті. Осы анықталған шамаға f күштің өрнегін қойсақ, жылдамдық мына түрге келеді:

$$v = -bZF \cdot d\phi/dx$$

Мембрана арқылы тасымалданатын зат ағыны мына өрнекпен сипатталады: $\Phi = c \cdot S \cdot v$, мұндағы c - тасымалданатын зат концентрациясы, S - зат тасымалдатын аймақтың көлденең қимасының ауданы, v - тасымалдау жылдамдығы. Осы өрнекке жоғарыда анықталған жылдамдықтың өрнегін қойсақ, онда электр өрісінде тасымалданатын зат ағынының өрнегін аламыз:

$$\Phi = -cSbZF d\phi/dx$$

Тасымалдатын зат ағынының тығыздығы мына түрде анықталынатындығын ескерсек: $J = \Phi/S$, соңғы өрнек мына түрге келеді:

$$J = -cbZF d\phi/dx$$

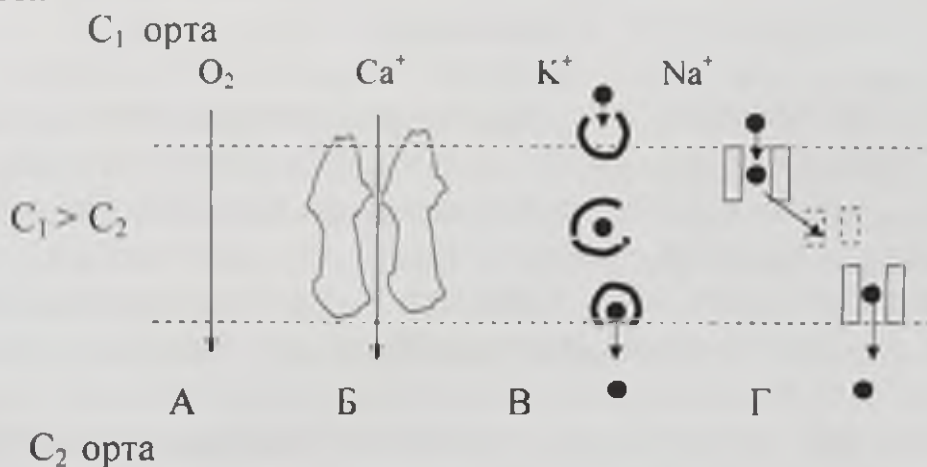
Жалпы жағдайда бір мезгілде зат тасымалдау концентрациялық және электр өрісі градиенттері нәтижесінде жүрсе, онда соңғы өрнек мына түрде жазылады:

$$J = -D dc/dx - cbZF d\phi/dx$$

Бұл Нернст- Планк теңдеуі деп аталынады және ол ионның концентрациялық және потенциал градиенті әсерінен жүретін диффузиялық ағынның тығыздығын сипаттайды. Нейтрал бөлшектер үшін $Z=0$ болатындығын ескерсек, соңғы өрнек Фик теңдеуіне айналады. Сонымен біз пассивті тасымалдаудың

заңдылықтарын анықтадық. Енді пассивті тасымалдаудың түрлерін қарастырайық (3- сурет).

1. Қарапайым диффузия липидтік қабат арқылы жүреді және Нернст-Планк теңдеуіне бағынады. Мұндай тасымалдаулар арқылы жасушаға оттегі, көміртегі газы, дәрілік заттар жеткізіледі. Бірақ қарапайым тасымалдау өте баяу жүретіндіктен жасушаны қажетті қоректі

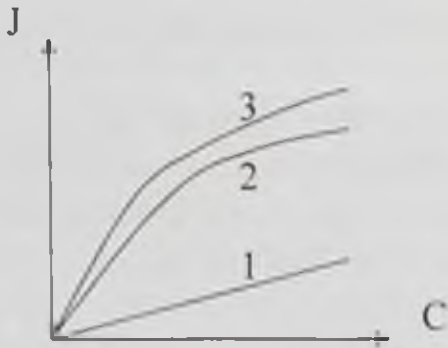


3 сурет. А- қарапайым диффузия, Б- иондық канал арқылы тасымалдау, В- жеңілдетілген диффузия, Г- эстафеталық тасымалдау.

2. Жеңілдетілген диффузия. Тасымалдаудың бұл түрі мембранадағы арнаулы ақуыздар- тасымалдағыштар арқылы іске асады. Олар мембрана арқылы табиғаты гидрофильді болатын, өз беттерінше мембрана арқылы өтуі өте төмен заттарды тасымалдайды. Мұндай тасымалдағыштар мембрана қабаты арқылы кейбір аминқышқылдарын, көмірсуларды, пулиндік және пиримидтік негіздерді, нуклеозидтарды тасымалдайды. Тамақтық заттардың ішекте сорылуы, бүйректегі реабсорбция және т.б. процесстер осы тасымалдаушылар арқылы жүреді.

Егер мембранада бір мезгілде жай және жеңілдетілген диффузия қатар жүрсе, онда мембрана арқылы заттарды тасымалдау жай диффузия ағыны мен жеңілдетілген диффузия ағынының қосындысына тең болады (4- сурет). Жалпы жеңілдетілген диффузия жылдамдығы 10^{-4} ион/с тең.

Графиктен, мембрана арқылы жеңілдетілген диффузия көмегімен зат тасымалдау қарқыны өте жоғары болатындығы көрініп тұр.



4 сурет. 1- жай диффузия ағыны. 2- жеңілдетілген диффузия. 3- қорытынды ағын.

Кей оқулықтарда ион тасымалдағыштарды ионоформ деп атайды. Ионоформның сырты полярсыз молекулалар тобымен қапталған, сондықтан ол мембрананың гидрофобты аймағында жатады, ішкі қабатында иондарды қосып алуға арналған полярлы молекуламен қапталған бос қуыс бар. Ионоформдардың басым көпшілігі микроағзалардан алынған, бірақ синтетикалық жолмен алынғандар да кездеседі.

Мембрана арқылы зат тасымалдау құбылысын зерттеген Борнның теңдеуіне сәйкес, мембрана қабаты арқылы иондарды тасымалдауға қажетті энергия шамасы ионның радиусына кері пропорционал.

$$\Delta W = \frac{e^2 N_A}{8\pi \epsilon_M b} + \frac{e^2 N_A}{8\pi \epsilon_0 \epsilon_n} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{b} \right),$$

мұндағы, ΔW - ион тасымалдағыш жұбының энергиясы, r - ион радиусы, b - тасымалдағыштың радиусы, ϵ_M – мембрананың диэлектрлік өтімділігі, ϵ_n – тасымалдағыштың ішкі сферасының диэлектрлік өтімділігі.

Тасымалдағыш ионды қосып алғанда пайда болған жұптың радиусы артады, жоғарыдағы теңдеуге сәйкес тасымалдау энергиясы азаяды. Жүргізілген есептеулер тасымалдағыш арқылы калии немесе натрий иондарын тасымалдауға 15 кДж/моль энергия жұмсалатындығын көрсетті, ал жай диффузия кезінде тасымалдағыштың көмегінсіз аталған иондарды тасуға 250-300 кДж/моль энергия жұмсалады екен.

Тасымалдағыштардың көпшілігі нейтралды(зарядсыз) күйде болады, олар ортадан ионды қосып алып, зарядталған жұпқа айналады, ал кейбірі керісінше зарядталған болып келеді, мысалы нигерицин, ол өзіне ионды қосып алып нейтрал күйге көшеді.

Ақуыз тасымалданатын заттарды өзіне қосып алып диффузияланады. Бұл құбылыс валиномицин арқылы калии ионын тасымалдауда толық анықталған. Жүргізілген ғылыми зерттеулер мына жағдайды көрсетті, валиномицин өзіне калии ионын қосып алып, липид қабатында еритін комплекс құрап, мембрананың екінші жағына өтеді де, калии ионын босатады, өзі қайта орнына келеді.

3. Эстафеталық тасымалдау. Мембрана қабатында орналасқан тасымалдаушы ақуыздар тасымалданатын затты бір біріне жеткізу арқылы іске асырады.

4. Осмос. Жасуша мембранасының жартылай өткізгіштік, яғни кей заттарды өткізетін, мысалы су молекуласын, ал кей заттарды өткізбейтін қасиеті бар. Осмос деп су молекуласының концентрациясы көп ортадан (бұл ортада еріген зат концентрациясы аз) аз ортаға (еріген зат концентрациясы көп) қарай мембрананың жартылай өткізгіштік қасиеті нәтижесінде тасымалдануын атайды. Мына мысалды талдайық: ыдыстың бір бөлігінде концентрациясы 40%, екінші бөлігінде 60% болатын тұз ертіндісі бір бірінен өткізгіштігі тұз үшін 0 тең, ал суды өткізетін қалқан арқылы бөлінген болсын делік, егер қалқанды алып тастасақ, онда 1 бөліктен су молекулалары 2 бөлікке қарай тасымалданады НЕГЕ ? Өйткені 1 ортада (40 пайыз тұз, 60 пайыз су) су молекуласының концентрациясы 2 ортаға (60 пайыз тұз, 40 пайыз су) қарағанда көп, сондықтан су молекуласының тасымалдануы 1 ортадан ден 2 ге қарай жүреді.

Су молекулаларының әсерінен пайда болатын қысым осмостық деп аталады. Осмостық қысымдары бірдей ертінділерді изотондық деп атау келісілген. Ағза сұйықтығының осмостық қысымы физиологиялық ертінді қысымына тең, сондықтан оны ағза сұйығына салыстырғанда изотондық ертінді болып табылады. Егер ертіндің осмостық қысымы басқа ертіндінің осмостық қысымынан жоғары болса ондай ертіндіні гипертондық, керісінше болса, оны гипотондық ертінді деп атайды. Адам қанының осмостық қысымы 0,76-0,78 МПа аралығында жатыр, ал 0,86% NaCl физиологиялық ертіндінің осмостық қысымы да дәл осындай. Егер эритроцит жасушасын дистилляцияланған суға салсақ, онда су молекулалары оның ішіне еніп, жасуша ісінеді, оның порлары кеңіп, оның ішіндегі барлық заттар сыртқа шығып, жасуша мембранасы толығымен суға толады. Осылайша алынған мембрана

кабықшаларын зерттеуге ыңғайлы. Егер жоғарыда аталған эксперименте эритроцитің ішіндегі заттар сыртқа шықпаса, онда ол ісініп, жасауша жарылып кетер еді, мұндай құбылысты «осмостық шок» деп атайды. Мұндай жағдай ағза көп мөлшерде тұзды ерітінді қабылдаған кезде байқалалы.

Керісінше жасаушадағы су молекулалары толығымен сыртқа шықса, яғни ағзаның сусыздануы байқалса, онда жасауша жиырлып, оның жансыздануы орын алады, яғни жасауша өмір сүруін тоқтатады. Мұндай құбылыс «коллапс» деп аталынады. Қан тамарлар жүйесіндегі қанның осмостық қысымын тұрақты деңгейде реттеп отыратын арнаулы альбумин деген ақуыз бар.

Ағзадағы коллапс құбылысы көп қан кетудің әсерінен емес, қанның осмостық қысымының бірден төмендеуінен байқалады екен, сондықтан көп қан жоғалту кезінде ағзаға инерті жоғарымолекулалы қан ауыстырғыштарды салады, нәтижесінде қанның осмостық қысымы өз деңгейіне келеді.

5. Фильтрация (сүзу, сүзгі) деп гидростатикалық қысым градиенті есебінен су молекулаларының мембрана порлары арқылы тасымалдануын атайды. Су молекулаларының тасымалдану жылдамдығы Пуайзель заңы бойынша жүреді: $dV/dt = P_1 - P_2/w$, мұндағы dV/dt - суды тасымалдау жылдамдығы, w - гидравликалық қысым, ол $w = 8l\eta/\pi r^4$ тең, l - пор ұзындығы, r - оның радиусы, η - судың тұтқырлық коэффициенті. Фильтрация құбылысы қан тамырлары арқылы су молекуласын тасымалдануда маңызды орын алады, кейбір патологияларда фильтрация күшейіп нәтижесінде дене ісінеді.

6. Гемодиализ. Енді, диффузия құбылысының гемодиализ аппаратында қолданылуын қарастырайық.

Диализ деп-жартылай өткізгіштік қасиеті бар мембрана арқылы зат молекуласының селективті түрде өткізетін диффузия құбылысын атайды. Көбіне, диализ арқылы ертіндегі күрделі және қарапайым молекулалы заттарды бір бірінен бөлу үшін қолданады, соның бір көрінісі ретінде қанды уытты заттардан тазартуды атауға болады. Медицина бұл процесті гемодиализ деп атайды, оны медициналық орталықтарда жедел және созылмалы бүйрек жеткіліксіздігі бар науқастарға қолданады. Бір реттік қолдануға арналған «Жасанды бүйрек» аппаратының негізінде осы құбылыс жатыр.

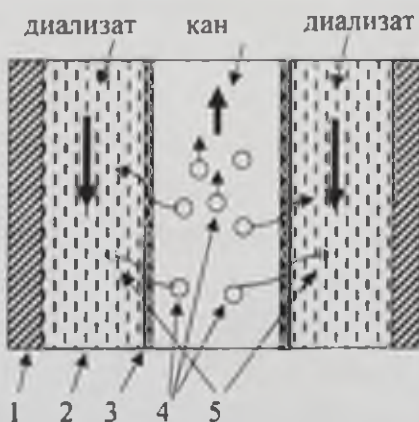
Гемодиализ аппаратының жұмыс істеу принципі мынадай. Жартылай өткізгіш мембрананың бір жағы жоғары қарай ағып жатқан канмен жанасқан (5 суретте жоғары бағытталған), ал екіншісі жағы - диализ, иондық құрамы жағынан ақуызсыз кан сарысуы(плазма) ерітіндісімен жанасқан (5 суретте төмен бағытталған).

Қан құрамында уытты заттардың көп, ал диализатта аз болуы нәтижесінде пайда болған концентрациялық градиент есебінен кан құрамындағы төмен және орташа молекулалық уытты заттар жартылай өткізгіш мембрана арқылы диализатқа диффузияланады.

Қандағы және диализаттағы улы заттардың концентрациясы теңескенде диффузия процесі тоқтайды, сондықтан қанды толық тазарту үшін диализатты қайта қайта ауыстыру керек. Жартылай өткізгіш мембрана күрделі молекулалы заттарды (ақуыздар мен пішінді кан элементтері) өткізбейді, сондықтан олардың қандағы құрамы өзгермейді.

ДИП-02 маркалы диализатрдың қарапайым модель 5 суретте берілген.

Диализат пен кан ағысының бағыты



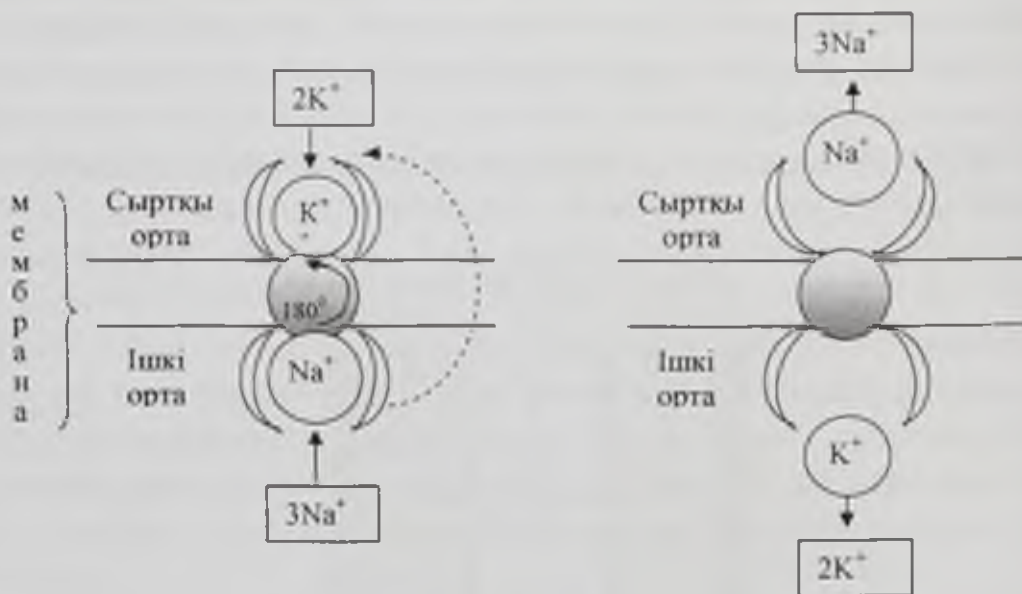
5- сурет. 1- түтіктің қабырғасы, 2-диализат, 3-жартылай өткізгішті мембрана, 4- қандағы уытты зат. 5- қандағы уытты заттар диффузиясының бағыты.

Активті тасымалдау(АТ). Егер мембранада тасымалдау тек пассивті түрде жүретін болса, онда мембрананың ішкі және сырты ортадағы иондар концентрациясы теңесер еді, бұл жасуша үшін өте қауіпті жағдай, сондықтан мембрана орталарындағы иондардың концентрацияларын әр түрлі болуын қамтамасыз ететін механизм де болуы тиіс. Ол активті тасымалдау нәтижесінде іске асады және

заттар концентрациясы аз ортадан концентрациясы көп ортаға қарай, яғни градиентке қарсы бағытта тасымалданады, әрине мұндай тасымалдануға энергия қажет. Осы мақсаттағы энергия көзі болып аденозин трифосфат қышқылы молекуласының (АТФ) ыдырау кезінде бөлінетін энергиясы қолданылады.

Ғылыми тәжірибе негізінде АТФ бір молекуласы ыдырағанда бөлінетін энергия арқылы сыртқы ортаға 3 натрий ионын, ішкі ортаға 2 калий ионын тасымалдауға жететіндігін көрсетті.

Тасымалдағыш ақуыз АТФ молекуласынан бөлінген энергияның есебінен бір жағымен сыртқы ортадан 2 калий ионын, ішкі ортадан 3 натрий ионын қосып алып, мембрана қабатында 180° бұрылып, натрий ионын сыртқы ортаға, калий ионын ішкі ортаға жеткізеді, онан соң ақуыз қайта өз орнына келеді (6- сурет).



6 сурет

АТФ энергиясы арқылы зат тасымалдайтын осындай ақуыздарды иондық насостар деп атайды. Қазіргі кезде толық зерттелген осындай үш түрлі электрогенды насостар белгілі, олар: калий-натрий насосы (3 натрий ионын сыртқа, 2 калий ионын ішке), кальций насосы (2 кальций ионын сыртқа) және протон насосы (2 протонды сыртқа)

Осындай тасымалдау арқылы жасуша ішкі ортада калий ионының концентрациясын жоғары деңгейде, ал натрий ионының төмен деңгейде ұстап тұрады. Активті тасымалдау кезінде мембрананың талғампаздық (селективті) қасиеті сақталады.

Заттар мембранадағы иондық каналдар арқылы да тасымалданады.

Мембрана қабатындағы орналасқан ақуыз молекулалары мен липидтер саңлаулар (пор), яғни иондық каналдар жасайды. Мұндай иондық каналдар арқылы мембранаға су молекулалары мен ірі иондар тасымалданады. Каналдар мембрананың өткізгіштік коэффициентін жоғарылатады, канал көп және олардың радиустары үлкен болған сайын мембрананың өткізгіштігі де артады. Каналдардың тасымалданатын заттарды тандап өткізетін қасиеті бар. Әр иондық канал өзіне тиісті ғана ионды немесе затты өткізеді, яғни натрий каналы негізінен натрий ионын, калий каналы тек калий иондарын өткізеді. Сонымен қатар каналдардың заттарды өткізуі олардың зарядына байланысты болады, мысалы катиондарды өткізетін канал аниондарды өткізбейді, керісінше аниондарды өткізетін канал катионды өткізбейді. Каналдар өзіне тән емес иондарды да өткізеді, бірақ ол заттар үшін каналдың өткізгіштігі өте төмен, мысалы натрий каналының калий ионын өткізуі натримен салыстырғанда 20 есе төмен.

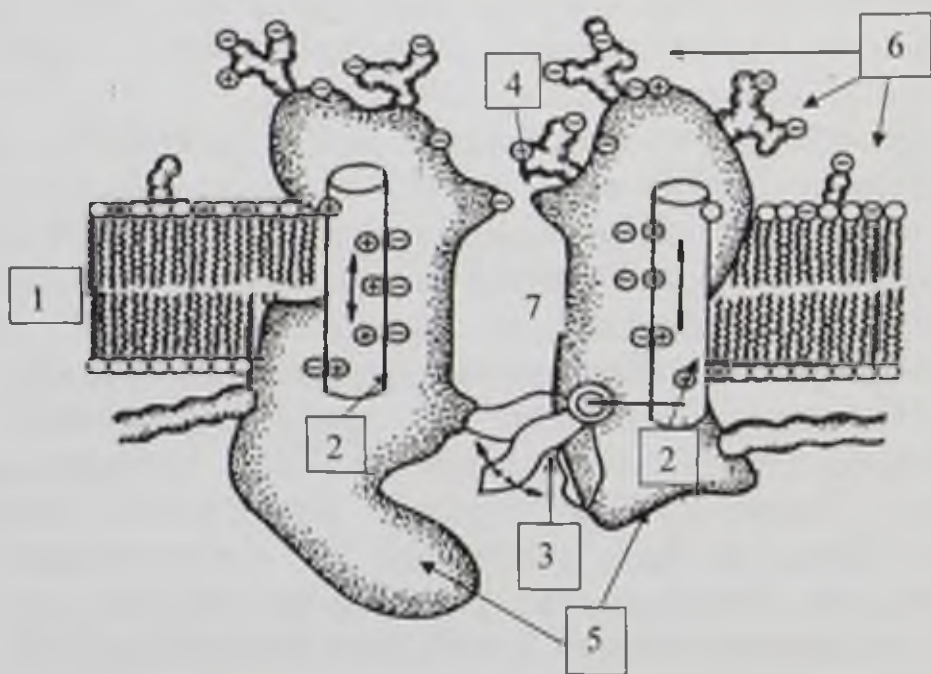
Мембранадағы каналдарды кейбір қосылыстар арқылы жауап тастауға болады екен, мысалы тетродотоксин молекуласы натрий каналын, тетраэтиламония молекуласымен калий каналын жауап тастайды. Мұндай әдістер медицинада көп қолданылады, мысалы ота жасағанда, тіс жұлғанда қажетті аймақты жансыздандыру осы құбылыстардың арқасында орындалады.

1842 жылы Э.В.Брюкке қуық қалтасындағы суды тасымаладауды зерттеу нәтижесінде тірі ағза ұлпаларында зат тасымалы саңлаулар (пор) арқылы жүретіндігін жобалаған болатын. Брюкктің бұл гипотезасы тек жүз жылдан кейін Ходжикин мен Хакслидің (1952), Девсон мен Даниеллидің (1955) ғылыми жұмыстары және Хладни мен Хайдонның (1970, 1972) жасанды липид бикабатына орнатылған грамицидін (ақуыз) каналдың қасиетін зерттеулері нәтижесінде дәлелденді.

Қазіргі заманғы концепция бойынша мембранадағы иондық каналдар деп липид бикабатын тесіп орналасқан, электрохимиялық потенциалы аз жаққа қарай зат тасымалын қамтамасыз ететін интегралды ақуыздарды (олардың комплексін немесе гликопротеид) атайды. Иондық канал арқылы зат тасымалының өткізгіштік коэффициенті $10^{-8} - 10^{-9}$ м/с тең, бірақ бұл шама судағы еркін диффузия арқылы иондарды тасымалдаудан 5-6 есе төмен.

Хилле 1977-84 ж.ж. аралығында жүргізген зерттеулері нәтижесінде иондық каналдың зат өткізгіштігін реттейтін селективті сүзгі (фильтр) және «қақпа» тәрізді механизм бар екендігін анықтады (7- сурет). Селективті сүзгі канал арқылы тек белгілі бір заттарды өткізу немесе оларды басқалардан бөліп алумен айналысады. Бірақ мұндай ион каналының өлшемі (радиусы, кеңдігі) өзгермейді, мембрананың өткізгіштігі әр уақытта тұрақты, өзгеріссіз қалады.

Мембрананың өткізгіштігі «қақпа» механизмі арқылы реттеледі. Иондық каналдың «қақпасы» ақуыз комплексінен құралады, «қақпаның сыртқы механохимиялық және т.б. әсерлерден «бұралатын» немесе «кері бұралатын» қасиеті бар, соның нәтижесінде ақуыз комплексінің саңлауы тарылады немесе кеңейеді, яғни «қақпаның» өткізгіштігі өзгеріп тұрады.



7 сурет. 1 — липидті бикабат, 2 — кернеу сенсоры, 3 — қақпа, 4 — селективті фильтр 5- ақуыз макромолекуласы, 6 — көмір сулар, 7 — пор

Ақуыз комплексіндегі канал саңлауының өлшемі тасымалданатын зат өлшемімен шамалас болып келеді. Канал жабық не толық ашық күйде болады және ол арқылы зат бір жақты бағытта тасымалданады, соңғы күйде зат тасымалдау

қарқыны максимал деңгейінде жүреді. Мысалы, натрий және калий иондарын тасмалдау жылдамдығы 10^7 ион/с тең.

Мембрананың нақты бір зат үшін өткізгіштігі берілген уақыт мезгіліндегі ашық тұрған ион каналдарының санын тәуелді екен. Мембрананың өткізгіштігі мына өрнекпен сипатталады: $p = n\pi r^2 D/l$, мұндағы n - мембрананың бірлік ауданына сәйкес келетін ашық канал саны, r - канал радиусы, D - заттың судағы диффузия коэффициенті, l - каналдың ұзындығы (ол мембрана қалыңдығына тең).

Иондық каналдардың «қақпаларының» ашық, не жабық күйде болуын реттейтін бірнеше факторлар бар. Егер канал «қақпасының» күйі мембранадағы потенциалдың өзгеруіне байланысты болса оны **потенциалға тәуелді** каналдар деп атайды. Мұндай каналдағы «қақпаның» күйі мембранадағы кернеу өзгерісін сезгіш жүйе (сенсор) арқылы реттеледі. Сенсор канал құрылымына енетін ақуыз комплексін құрайтын аминақышқыл қалдықтарынан құралған байланысқан зарядтардан тұрады. Мысалы, потенциалға тәуелді натрий каналында кернеу сезгіш жүйе - сенсор аминақышқыл қалдықтарының (гистидилом, лизилом, аргинилом және т.б.) катиондарынан құрылған.

Иондық каналдардың екінші түрі **потенциалға тәуелсіз** болып келеді. Мұндай каналдардың өткізгіштігі мембранадағы потенциалдың өзгерісінен емес, керісінше басқа түрдегі, мысалы, химиялық, механикалық, сәулелік және т.б. әсерлерден туындайды. Потенциалға тәуелсіз каналдардың «қақпаларының» күйі сыртқы әсерлерді қабылдайтын мембранадағы түрлі рецепторлардан келетін «ақпараттарға» байланысты болады. Рецепторлардан келетін ақпарат жасуша аралық сигналдар жүйесі арқылы мембранадағы «қақпаға» жеткізіледі, ол өз кезегінде ақпарат мәліметіне байланысты «қақпаны» ашады немесе жабады. Иондық каналдардың мұнан да басқа түрде жұмыс істейтіндері бар екендігі анықталған.

Иондық каналдардың тағы бір маңызды қасиеті ионның түрі мен оның химиялық құрылымын ажырата алуы. Иондық канал талғампаздығының табиғатын білу жасушаның электрлік белсенділігінің молекулалық механизімін анықтауға мүмкіндік береді. Иондық талғампаздық туралы бірнеше гипотезе бар.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Жасуша ашық термодинамикалық жүйе болғандықтан өзін қоршаған ортамен үнемі...

A. зат және энергия. Жасушаның мұндай қабілетін –

B. энергия және ақпарат алмасады. Жасушаның мұндай қабілетін –

C. зат, энергия және ақпарат алмасады. Жасушаның мұндай қабілетін –

1. тасымалдағыштық деп атайды. Осындай қабілетінің арқасында жасушада...

2. транспорттық деп атайды. Осындай қабілетінің арқасында жасушада...

3. өткізгіштік деп атайды. Осындай қабілетінің арқасында жасушада...

I. метоболизм пайда болады.

II. биопотенциал пайда болады.

III. нерв импульстарының таралады.

IV. осы аталғандардың барлығы орындалды.

2. БМ арқылы зат тасымалдауды....

A. өткізгіштік деп атайды, ол...

B. тасымалдағыштық деп атайды, ол..

C. транспорт деп те атайды, ол...

1. пассивті және активті деген түрлерге бөлінеді.

2. жай және диффузия деген түрлерге бөлінеді.

3. осмос және сүзгі деген түрлерге бөлінеді.

3. Фик теңдеуі

A. $J = D \frac{dC}{dx}$

B. $J = -D \frac{dC}{dx}$

C. $J = -D \frac{dX}{dC}$

D. $J = D \frac{dX}{dC}$

E. $J = D \frac{dC}{dx}$

4. Нернст –Планк теңдеуі

A. $J = D \frac{dC}{dx} + cbZF \frac{d\phi}{dx}$

B. $J = -D \frac{dC}{dx} + cbZF \frac{d\phi}{dx}$

C. $J = -D \frac{dX}{dC} + cbZF \frac{d\phi}{dx}$

$$D. \quad J = D \frac{dX}{dC} + cbZF \frac{d\phi}{dx}$$

$$E. \quad J = D \frac{dC}{dx} + cbZF \frac{d\phi}{dx}$$

5. Пассивті тасымалдау деп.....

A. заттарды концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдауды айтады. Бұл құбылыс...

B. электрлік потенциалы көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдауды айтады. Бұл құбылыс...

C. A және B шартына сәйкес жүреді. Бұл құбылыс...

1. концентрациялық энергия қоры есебінен жүреді

2. электрлік градиентте жинақталған энергия қоры есебінен жүреді

3. осы екі энергиялар есебінен жүреді.

6. Активті тасымалдау деп.....

A. заттарды концентрациясы аз ортадан көп ортаға қарай тасымалдауды айтады. Бұл құбылыс...

B. электрлік потенциалы аз ортадан көп ортаға қарай тасымалдауды айтады. Бұл құбылыс...

C. A және B шартына сәйкес жүреді. Бұл құбылыс...

1. концентрациялық және АТФ энергия қоры есебінен жүреді және..

2. электрлік және концентрациялық градиентте жинақталған энергия қоры есебінен жүреді және...

3. АТФ энергиясы есебінен жүреді және...

N. градиентке қарсы бағытта жүреді, нәтижесінде мембрананың..

J. градиентке бағыттас бағытта жүреді, нәтижесінде мембрананың....

F. градиентке тәуелсіз жүреді, нәтижесінде мембрананың....

I. сыртқы және ішкі орталарындағы иондар концентрациясы теңеседі.

II. сыртқы және ішкі орталарындағы иондар концентрациясы әр түрлі болады.

7. Диффузия деп, зат молекулаларының...

A. концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдануын айтамыз. Ол ...

B. жылулық қозғалысы нәтижесінде, өз беттерінше электрлік потенциалы көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдануын айтамыз.

Ол ...

С. жылулық қозғалысы нәтижесінде, өз беттерінше концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдануын айтамыз. Ол ...

1. Нернст –Планк заңы бойынша жүреді.

2. Фик заңы бойынша жүреді.

3. Борн теңдеуі бойынша жүреді.

8. Жеңілдетілген диффузия...

А. мембранадағы арнаулы ақуыздар- тасымалдағыштар арқылы іске асады. Олар мембрана арқылы..

В. цитоплазмадағы арнаулы липидтер- тасымалдағыштар арқылы іске асады. Олар мембрана арқылы..

С. мембрана сыртындағы арнаулы иондар- тасымалдағыштар арқылы іске асады. Олар мембрана арқылы..

1. табиғаты гидрофильді болатын, мембрана арқылы өтуі өте жоғары заттарды тасымалдайды.

2. табиғаты гидрофобты болатын, өз беттерінше мембрана арқылы өтуі өте төмен заттарды тасымалдайды.

3. табиғаты гидрофильді болатын, өз беттерінше мембрана арқылы өтуі өте төмен заттарды тасымалдайды.

9. Тасымалдағыштар....

А. нейтралды(зарядсыз) күйде болады, ол ортадан ионды қосып алып, зарядталған жұпқа айналады.

В. зарядталған болып келеді, ол өзіне ионды қосып алып нейтрал күйге көшеді.

С. А және В аталғандардың екеуі де кездеседі.

10. Ғылыми тәжірибе негізінде тасымалдағыш ақуыз АТФ бір молекуласы ыдырағанда бөлінетін энергия арқылы...

А. сыртқы ортаға 2 натрии ионын, ішкі ортаға 3 калии ионын тасымалдауға жететіндігін көрсетті. Мұндай ақуыздарды....

В. сыртқы ортаға 3 натрии ионын, ішкі ортаға 2 калии ионын тасымалдауға жететіндігін көрсетті. Мұндай ақуыздарды....

С. ішкі ортаға 3 натрии ионын, сыртқы ортаға 2 калии ионын тасымалдауға жететіндігін көрсетті. Мұндай ақуыздарды....

1.иондық насостар деп атайды. Олардың мынадай түрлері кездеседі...

2. молекулалық насостар деп атайды. Олардың мынадай түрлері кездеседі...

3. тасымалдағыштар деп атайды. Олардың мынадай түрлері кездеседі...

I. калии-натрий насосы (2 натрий ионын сыртқа, 3 кали ионын ішке), кальций насосы (3 кальций ионын сыртқа) және протон насосы (2 протонды сыртқа). Осындай тасымалдау арқылы жасуша...

II. калии-натрий насосы (3 натрий ионын сыртқа, 2 кали ионын ішке), кальций насосы (3 кальций ионын сыртқа) және протон насосы (2 протонды сыртқа). Осындай тасымалдау арқылы жасуша...

III. калии-натрий насосы (3 натрий ионын сыртқа, 2 кали ионын ішке), кальций насосы (3 кальций ионын сыртқа) және протон насосы (3 протонды сыртқа). Осындай тасымалдау арқылы жасуша...

N. ішкі ортада калий ионының концентрациясын жоғары деңгейде ұстап тұрады.

J. сыртқы ортада натрий ионының жоғары деңгейде ұстап тұрады.

F. N және J шартын орындайды.

11. Хилле 1977-84 ж.ж. аралығында жүргізген зерттеулері нәтижесінде иондық каналдың зат өткізгіштігін реттейтін...

A. селективті сүзгі (фильтр) тәрізді механизм бар екендігін анықтады. Нәтижесінде...

B. «қақпа» тәрізді механизм бар екендігін анықтады. Нәтижесінде...

C. осы екі механизмнің бер екендігіни анықтады. Нәтижесінде...

1. белгілі бір заттарды өткізу немесе оларды басқалардан бөліп алу іске асырылады.

2. каналдың өткізгіштігі реттеледі.

3. I және 2 шарт орындалады.

12. Егер иондық канал «қақпасының» күйі мембранадағы...

A. концентрациялық градиент өзгерісіне байланысты болса оны...

B. потенциалдың өзгеруіне байланысты болса оны...

C. тоқтың өзгеруіне байланысты болса оны...

1. токқа тәуелді каналдар деп атайды. Мұндай каналдағы «қақпаның» күйі...
 2. потенциалға тәуелді каналдар деп атайды. Мұндай каналдағы «қақпаның» күйі...
 3. потенциалға тәуелсіз каналдар деп атайды. Мұндай каналдағы «қақпаның» күйі...
- I. мембранадағы кернеу өзгерісін сезгіш жүйе (сенсор) арқылы реттеледі.
 - II. мембранадағы ток өзгерісін сезгіш жүйе (сенсор) арқылы реттеледі.
 - III. мембранадағы заряд өзгерісін реттегіш арқылы реттеледі.
13. Егер иондық канал «қақпасының» күйі мембранадағы...
 - A. ток өзгерісіне байланысты болса оны...
 - B. потенциалдың өзгеруіне байланысыз болса оны...
 1. токқа тәуелді каналдар деп атайды. Мұндай каналдағы «қақпаның» күйі...
 2. потенциалға тәуелді каналдар деп атайды. Мұндай каналдағы «қақпаның» күйі...
 3. потенциалға тәуелсіз каналдар деп атайды. Мұндай каналдағы «қақпаның» күйі...
 - I. химиялық, механикалық, сәулелік және т.б. әсерлерден туындайды.
 - II. мембранадағы кернеу өзгерісін сезгіш жүйе (сенсор) арқылы реттеледі.
 - III. мембранадағы ток өзгерісін сезгіш жүйе (сенсор) арқылы реттеледі.

Қорытынды сұрақтар:

1. БМ өткізгіштігі деп нені атайды ?
2. БМ арқылы зат тасымалдаудың түрлерін ата ?
3. Дифузия мен осмостың өз ара айырмашылығы неде ?
4. Пассивті және активті тасымалдау түрлері.
5. Ионформдар деп нені атайды ?
6. Иондық каналдардың құрылысы.
7. Иондық каналдар арқылы зат тасымалдау механизмі.

3 сабақ. **БИОЭЛЕКТРЛІК ПОТЕНЦИАЛ. ӘРЕКЕТ ПОТЕНЦИАЛЫНЫҢ ТАРАЛУЫ.**

Сабақ жоспары

1. Потенциал туралы түсінік
2. Биопотенциал түрлері: тыныштық және әсер потенциалдары
3. Гольдман-Ходжкин-Катц теңдеуі.
4. Әрекет потенциалының пайда болу механизмі.
5. Ходжкин-Хаксли теңдеуі.
6. Нерв талшығы бойымен әрекет потенциалының таралуы.
7. Есеп шығару үлгілері

Сабақ мақсаты: биопотенциалдың түрлерін, пайда болу механизмін, оның математикалық өрнегін және әрекет потенциалының нерв талшығымен таралуын талдау.

Физикада потенциал термині әр түрлі өрістердің (электростатикалық, магниттік, гравитациялық т.б.) энергиясын сипаттау үшін қолданылатын шама. Биологиялық мембранада электр өрісі бар, олай болса ол өрістің энергиясын да осы тәрізді биопотенциал деген шамамен сипаттаймыз. Көбіне потенциалдың шамасын қолданбайды, олардың айырымын, яғни екі нүктедегі потенциалдар айырымын колданады: $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$, мұндағы φ_2 и φ_1 сәйкес нүктелердегі (аймақтардағы) потенциал шамасы. Биопотенциал деп ағзаның екі нүке арасындағы потенциалдар айырымын немесе мембранадағы биопотенциал деп, мембрананың ішкі және сыртқы орта арасындағы потенциалдар айырымын атайды: $\Delta\varphi_m = \varphi_{\text{іш}} - \varphi_{\text{сырт}}$.

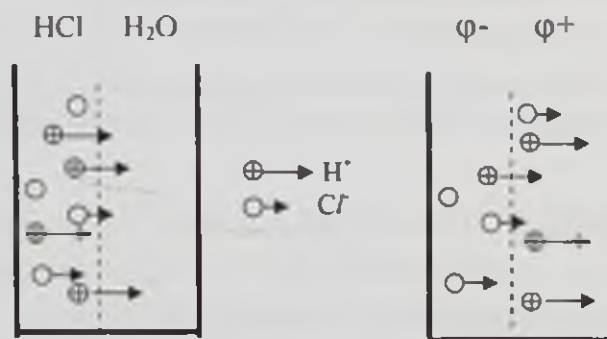
Барлық уақытта қозбаған жасушада потенциал айырымы кездеседі, оны тыныштық потенциалы деп атайды, жасуша ішінде потенциал «теріс», сыртында «оң» таңбалы болады.

Биопотенциалдың пайда болу механизмін толық талдау үшін, біз алдымен олардың негізінде қандай физика-химиялық құбылыстардың жатқандығын, және потенциалдың шамасы неге байланысты болатындығын талдайық.

Пайда болу механизміне байланысты потенциалдар: диффузиялық, фазалық және мембраналық деген түрлерге бөлінеді. Диффузиялық потенциал сұйық ортаны бөліп тұрған шекарадағы

иондардың қозғалғыштығының әр болуынан пайда болады (1 сурет).

Мысалы, ортасында поры бар бөгет арқылы екіге бөлінген ыдыстың сол жағына тұз қышқылы ертіндісін (HCl), оң жағына су құяйық. Пор тек иондарды өткізсін делік. Диффузия құбылысы әсерінен және екі ортада концентрациялық градиенттің болуы себебінен иондар ыдыстың екінші жағына қарай қозғалады.



1 сурет

Концентрациялық градиент деп белгілі бір бағыттағы бірлік ұзындыққа сәйкес келетін концентрация айырымына тең шаманы атайды. Мысалы, ертіндінің бірінші нүктедегі концентрациясы C_1 , одан l қашықтықта жатқан екінші нүктедегі концентрациясы C_2 болса, онда $\text{grad}C = C_1 - C_2 / l$ тең болады.

Сонымен концентрациялық градиенттің нолден өзгеше болуы және оң зарядталған сутегі иондарының қозғалғыштығының жоғары болуы себепті, оң зарядталған сутегі иондары теріс зарядталған хлор иондарын артқа тастап, ыдыстың оң жағына бұрын жетеді, нәтижесінде ыдыстың оң жақ бөлігі оң зарядталады, ал сол жақ бөлігінде оң зарядтардың аз болуы (сутегі иондарының біраз бөлігі оң жаққа ауысып кетті) теріс зарядтардың басым болуы себепті ол орта теріс зарядталады. Осылайша ыдыстың екі жағындағы екі түрлі зарядтардың арасында электр өрісінің айырымы туындайды оны диффузиялық потенциал деп атаймыз және оның шамасы Гендерсон теңдеуімен анықталады:

$$\varphi = \frac{u - v}{u + v} \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

мұндағы u -катионның жылдамдағы, v -анионның жылдамдығы, R - газ тұрақтысы, T - абсолюттік температура, n - ионның валенттілігі. F - Фарадей саны, C_1 – бірінші ортадағы ионның концентрациясы, C_2

– екiнiш ортадағы ионның концентрациясы. Бұл өрнектен, диффузиялық потенциалдың шамасы катион мен анионның қозғалғыштығының айырмашылығына, олардың концентрациясына тiкелей байланысты екендiгi көрiнедi. Егер катион мен анионның жылдамдығы тең болса, немесе олардың концентрациясы бiрде болса, онда диффузиялық потенциал нөлге тең болады.

Биологиялық жүйелерде потенциалдың бұл түрi негiзiнен жасушаның механикалық зақымдалуы кезiнде байқалады және иондардың зақымдалған аймақтан зақымдалмаған аймаққа қарай диффузиясы жүредi.

Қарастырылған мысалдағы бөгет аниондарды тiптен өткiзбесiн делiк, сонда ыдыстың оң жағына тек сутегi иондары өтедi, яғни $v=0$ болғандықтан Гендерсон теңдеуi Нернст теңдеуiне айналады: $\varphi = RT/nF \ln C_1/C_2$.

Фазалық потенциалдар араласпайтын екi фазалық күйдегi заттар шекарасында (судағы электролит ертiндiсi мен май) пайда болады. Мысалы, анионға салыстырғанда катиондар майлы ортада жақсы еритiн болса, онда ол майлы ортадаға жылдам ауысып, ортаны оң зарядтайды.

Мембраналық потенциалдың пайда болуы туралы алғашқы теорияны 1902 жылы Бернштейн ұсынды. ХХ ғасырдың 50 жылдары Ходжикин, Хаксли және Катц, Бернштейннің теориясының дұрыстығын тәжiрибе арқылы дәлелдедi. Олар мембрананың иондарды таңдап өткiзуiнен мембрананың iшкi мен сыртқы орталарындағы иондардың концентрациясының әр түрлi болуы биопотенциалдың пайда болуының басты себебi деген қорытынды жасады және оны кальмардың аксонында жүргiзген тәжiрибелерi арқылы толық дәлеледi. Тәжiрибе қозбаған мембрананың (кальмар аксоны) калий иондарын жақсы, ал натрий және басқа иондарды нашар өткiзетiндiгiн көрсеттi. Оның үстiне калий иондарының концентрациясы жасуша iшiнде сыртқы ортамен салыстырғанда 20-40 есе көп. Диффузия әсерiнен калий иондары сыртқа қарай тасымалданады, ал сыртқы ортадағы иондар iшке ене алмайды, олар үшiн мембрана өтiмдiлiгi өте төмен. Сонымен сыртқы ортаға өткен калий иондары ортаны оң зарядтайды, iшкi ортадаға оң зарядтардың бiраз бөлiгiн калий алып кеткендiктен, iшкi орта терiс зарядты болады (iшкi ортадағы терiс зарядтар сыртқа өте алмайды, оң зарядтар азайды). Бұл үрдiс динамикалық тепе теңдiк орнағанға дейiн жүредi. Сонымен

тыныштық потенциалы калий иондарының цитоплазмадан сыртқы ортаға қарай бағытталған диффузия әсерінен деп қарастырсақ, онда оның шамасын Нернст теңдеуінен анықтауға болады:

$$\varphi = RT/nF \ln C_1/C_2,$$

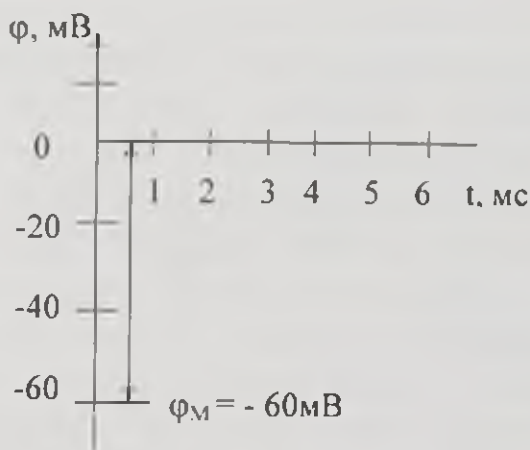
мұндағы K_1 - жасушаның ішіндегі, K_2 - сыртындағы калий ионының концентрациясы. Бұл теңдеумен анықталған потенциалды тепе-теңдік потенциалы деп атайды. Калий ионының концентрациясы төмен болған жағдайда осы формуламен анықталған потенциал шамасы мен эксперимент нәтижесі бойынша анықталған тепе-теңдік потенциал арасында көп айырмашылық бар екендігі анықталды. Бұл потенциалдың пайда болуының «калилік» теориясында үлкен кемшілік бар екендігінің дәлелі.

Кейінгі жүргізілген тәжірибелер мембрананың аз мөлшерде натрия мен хлор иондарын да өткізетіндігін көрсетті, олай болса тыныштық потенциалының пайда болуында K^+ , Na^+ және Cl^- иондарының да қатысы бар. Қозбаған мембрананың K^+ , Na^+ және Cl^- иондары өткізу коэффициенті $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$ мұнан калий ионының натриға салыстырғанда өтімділігі 25 есе жоғары екендігі көрінеді, яғни тыныштық потенциалының пайда болуында калий мен натрий иондарының концентрациялары басты роль атқаратындығы келіп шығады.

1949 жылы Гольдман, Ходжкин және Катц тыныштық потенциалының басты теңдеуін ұсынды:

$$\varphi_M = -RT/F \ln \frac{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_o}{P_K [K^+]_o + P_{Na} [Na^+]_o + P_{Cl} [Cl^-]_i}$$

мұндағы i и o иондардың ішкі және сыртқы ортадағы концентрациясы, P_K , P_{Na} , P_{Cl} сәйкес иондар үшін мембрананың өткізгіштік коэффициенті. Бұл өрнек Гольдман-Ходжкин-Катц теңдеуі деп аталады. Бұл теңдеу арқылы анықталған тыныштық потенциалы эксперимент нәтижелерімен дәл келген. Мысалы, кальмар аксонындағы тыныштық потенциалының шамасы $\varphi_M = -60$ мВ болған (2 сурет).

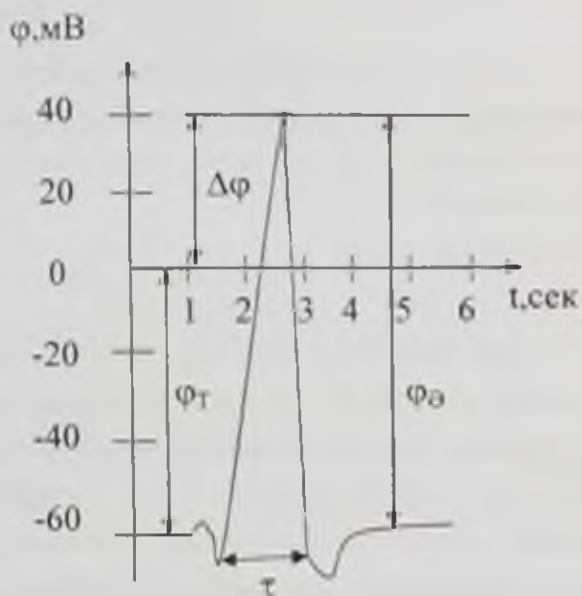


2 сурет

Жасушаны сыртқы тітіркендіргіштер (механикалық, жылулық, электрлік) арқылы қозған күйге көшірсек, мембрананың натрий иондарын өткізуі күрт жоғарылайды, бірақ калии иондарын өткізу дәрежесі өзгеріссіз қалады. Мембрананың калии және натрий иондарын өткізу коэффициенті $P_K : P_{Na} = 1 : 20$ дейін өзгеріп, натрий ионын өткізу 500 есе артады. Оның үстіне мембранада натрий иондарының каналы 10 есе көп, осы факторлар натрий иондарының мембрана ішіне қарай өтуін күшейтіп, ондағы потенциалдар айрымын төмендеуіне, соңынан оның ішкі қабатының оң зарядталуына алып келеді. Жасушадағы бұл құбылысты деполяризация деп атайды.

Мембрананың қозу нәтижесіндегі потенциалдар айрымының толық өзгерісі әрекет потенциалының мәнін береді: $\varphi_{\text{Ә}} = \varphi_{\text{T}} - \Delta\varphi$, мұндағы φ_{T} – тыныштық потенциалының мәні, $\Delta\varphi$ – потенциал өзгірісі. Әрекет потенциалы деп қозған күйдегі цитоплазма мен сыртқы орта арасындағы потенциалдар айрымын айтамыз. Мысалы, үлкен кальмар аксонының тыныштық потенциалы -60 мВ тең. Оны қоздырғанда потенциалы +35 мВ дейін жоғарыласа, онда потенциалдың айырымы немесе әрекет потенциалы $\varphi_{\text{Ә}} = -60 \text{ мВ} - 35 \text{ мВ} = -95 \text{ мВ}$ (3- сурет).

Ходжкин мен Хаксли мембранадағы кернеуді тұрақтандыру арқылы жүрізген тәжірибелерін қорытындылай келе, мембранадағы қозу құбылысының электрлік эквиваленті схемасын ұсынды (4 сурет).



3- сурет. φ_T – тыныштық потенциалы, $\varphi_Ө$ – әрекет потенциалы, τ – әсер потенциаланың ұзақтығы.



4 - сурет

Бұл модельге сәйкес қозған мембрана бір біріне параллель жалғанған C конденсатордан (мембрананың сымдылығына сәйкес), айнымалы екі кедергіден, олар калии $g_K = 1/R_K$ және натрий $g_{Na} = 1/R_{Na}$ каналдарының және үшінші кедергі хлор және басқа да иондардың $g_{Cl} = 1/R_{Cl}$ өткізгіштігін сипатайды және осы тізбектегі тыныштық потенциалын сипаттайтын үш ЭКК тұрады. Сонда қозған мембрана арқылы өтетін ток мына шамамен сипатталады: $I_M = C_M d\varphi/dt + I_K + I_{Na} + I$, мұндағы $C_M d\varphi/dt$ - сымдылықтоғы (мембрананың қайта зарядталуы кезіндегі ток шамсы), I_K - калий иондарының тоғы, I_{Na} - натрий иондарының тоғы, I - хлор және басқа да иондар тоғы. Мұндағы әр иондар тоғы сол иондардың диффузиясы нәтижесінде пайда болатын тыныштық потенциал φ_M мен тепе-теңдік Нернст потенциалының φ_i^P айырымына тең: $I_i = g_i(\varphi_M - \varphi_i^P)$.

Осы айтылғандарды ескере келе Ходжкин мен Хаксли әсер потенциалы үшін мына түрдегі теңдеуді ұсынды:

$$I_M = C_M d\varphi/dt + g_K(\varphi_M - \varphi_K^P) + g_{Na}(\varphi_M - \varphi_{Na}^P) + g_{UT}(\varphi_M - \varphi_{UT}^P)$$

Бұл әрекет потенциалы үшін Ходжкин-Хаксли теңдеуі деп аталады және жүргізілген эксперимент нәтижелерімен жақсы үйлеседі.

Жасуша мембранасының қозу уақытының ұзақтығы өте аз, 0,5-1 мс аралығында жатады, онан соң мембрана қабатының натрий ионын өткізуі төмендейді, қайтадан тыныштық потенциалы орнайды. Бұл құбылыс реполяризация деп аталады. Әрекет потенциалының ұзақтығы жасуша түріне және температураға байланысты болады. Мысалы, температураны 10°C кеміткенде әрекет потенциалының ұзақтығы үш есе артады.

Қозған мембранадағы әрекет потенциалы нерв талшығы (аксон) бойымен тарайды. Оның таралу механизмі төмендегіше: мембрананың қозған бөлігінің ішкі қабаты оң зарядталады (деполяризацияланады), ал қозбаған бөлігінің заряды (тыныштық потенциалы) теріс қалпында қалады, екі бөлік арасында потенциалдар айырымы пайда болып, ток жүреді, ол ток өткізгіш сыртқы қабат арқылы да жүріп тізбекті тұйықтайды (5- сурет).



5- сурет.

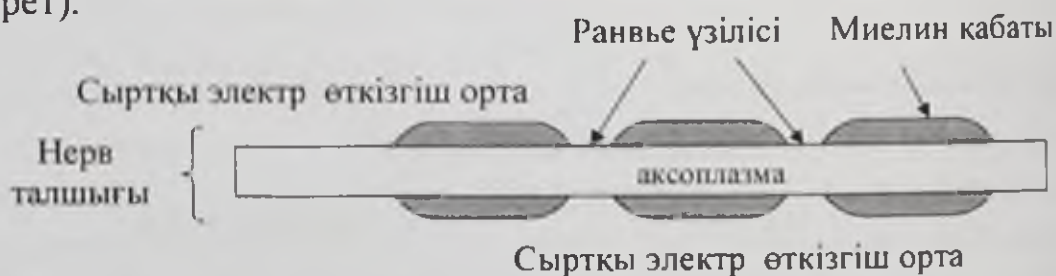
Осылайша пайда болған «жергілікті (локальный) ток» деполяризацияланған бөлікке жанасып жатқан қозбаған нерв талшығының бөлігін тітіркендіріп, оны қоздырады, нәтижесінде ол бөлікте әрекет потенциалы пайда болады, бұл құбылыс келесі бөлікке ауысып, жалғаса береді. Ток жасушаның сыртқы қабаты арқылы қозбаған бөліктен қозған бөлікке қарай жүреді, ал ішкі ортада ток керісінше бағытталады.

Кез келген электр тогы сияқты «жергілікті ток» мембрананы тітіркендіріп, мембрананың иондарды өткізуін жоғарылатады, бұл құбылыс өз кезегінде осы бөлікте әрекет потенциалын тудырады, ол келесі бөлікті қоздырады, процесс осылайша жалғасып, нерв талшығы бойымен импульс тарайды. Бұл кезде бұрын қозған мембрана бөлігінде қайта қалпына келу процессі, яғни реполяризация (тыныштық потенциалының орнауы) құбылысы жүреді. Импульстің аксон бойымен тарауы бір бағытта

мембрананың қозған бөлігінен келесі бөлігіне қарай жүреді.

Мембрананың осының алдында ғана қозуды өткізген бөлігі біраз уақыт бойы қозбаған - рефракторлы күйін сақтайды, сондықтан импульс кері бағытта тарамайды.

Нерв импульсінің (әрекет потенциалының) таралуы нерв талшығының қасиетіне байланысты. Нерв талшығы миелинді және миелинсіз деген екі түрге бөлінеді. Миелинді нерв талшығының цилиндр тәрізді орта бөлігі аксоплазмамен толтырылған, сырты цитоплазмалы мембранамен қапталған болып келеді. Нерв талшығының цилиндр тәрізді өсінің әр жерінің 0,2 мкм ден 2 мкм сайын қабаты жаңалаштанған болып келеді. Мұндай аймақтарды нерв талшығының түйіні немесе Ранвье үзілісі деп атайды және бұл аймақтар жасушаның сыртын алып жатқан ертіндімен жанасады. Ранвье үзіндісінің ұзындығы жобамен 1 мкм тең (6-сурет).



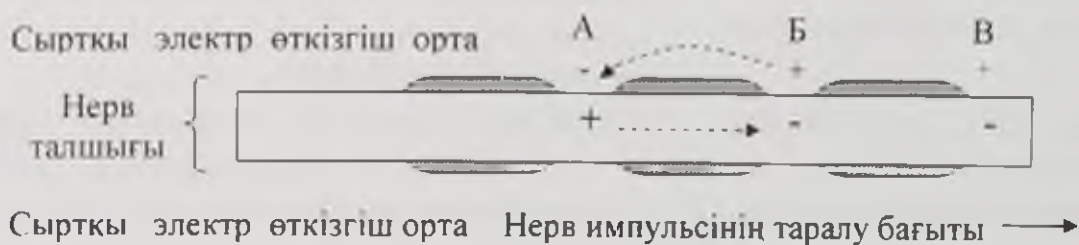
6- сурет

Нерв жасаушасын миелинді қабаты липидтер мен ақуыздардан тұрады сондықтан ол изолятор болып табылады. Осы себепті қозу аксон мембранасының тек ашық аймақтарында (Ранвье үзіндісінде) пайда болады, бұл кезде аксонның басқа аймақтарында потенциалдар айырымы тұрақты, сыртқы орта он ішкі орта теріс зарядталған болып келеді. Миелинді нерв қабатының деполяризацияланған А бөлігіндегі қозу келесі В бөлігіне өтеді, бұл құбылыс ар қарай тек В нүктесінде жалғасады. ал бұрын қозған күйде болған В нүктесі қозуды сезбейтін рефракторлы күйде біраз уақыт болады. Осы себепті импульстер нерв арқылы тек бір бағытта ғана тарайды.

Миелинді нерв талшығы арқылы импульстердің осылайша таралуын секірмелі немесе сальтоторлы деп атайды. Импульстің сальтоторлы таралуы нерв импульстерінің таралу жылдамдығын артыруға мүмкіндік береді және мембрананың өте аз бөлігінің қозуы аз иондарды тасмалдауға, яғни натрий және калий иондық



насостарының жұмысына аз энергия жұмсауға мүмкіндік туғызады (7- сурет).



7- сурет.

Нерв талшығы арқылы әсер потенциалының x қашықтыққа және t уақытқа байланысты таралуы телеграф теңдеуі арқылы сипатталады екен және оның шешуі мына өрнекке тең:

$$\varphi = \varphi_0 e^{-x/\lambda},$$

мұндағы φ - x нүктедегі потенциал мәні, x - қозған жерден потенциалы анықталынатын нүктеге дейінгі қашықтық, λ - нерв талшығының тұрақтысы, ол деполяризация потенциалының e есе кемуіне тең ара қашықтық. Нерв талшығының тұрақтысы мына шамаға тең:

$$\lambda = \sqrt{r_M \Delta a / 2r_i},$$

мұндағы r_M - нерв талшығы қабатының меншікті электр кедергісі, Δ - қабат қалыңдығы, a - нерв талшығының радиусы, r_i - цитоплазманың меншікті электр кедергісі. Бұл өрнектерден миелинсіз нерв талшығы үшін нерв талшығы тұрақтысының үлкен шама болған сайын импульстің таралу жылдамдығы артатындығы байқалады, ал ол өз кезегінде аксон радиусы мен мембрананың меншікті кедергісінің үлкен, цитоплазманың меншікті кедергісінің аз болғандығын сайын үлкен шама болатындығын көреміз.

Миелинді нерв талшығында козудың таралуы Ранвье үзіндісінің ұзындығына байланысты болады екен. Жүргізілген өлшеулер импульстің таралуы бір үзілістен екінші үзіліске дейін 0,07 мс екендігін көрсетті. Нерв радиусы 10 мкм болатын талшықтағы импульстардың таралу жылдамдығы 120 м/с тең.

Аутоиммундық аурулардың бірі склероз нерв талшығының миеленді қабаттың бұзылуынан, нерв талшығының ашылып қалуынан пайда болады. Соның әсерінен нерв импульстарының ашылып қалған нерв аймағындағы таралу жылдамдығы нашарлайды, нәтижесінде көру мен қозғалу қабілеті төмендейді,

бұлшық еттердің әлсізденуі байқалады т.б. Сондай ақ нерв талшығының демиедендігі басқа да аурулар себепінен де пайда болуы мүмкін, мысалы невралгия, радикулит, түрлі полиневропатология.

Есеп шығару үлгілері

1. Биомембрана конденстарға ұқсас, липидтер қабатын конденсатордың астары арасындағы диэлектрик ретінде қарастыруға болады. Егер мембрана қалыңдығын $d=10$ нм, оның диэлектриктік өтімділігін $\epsilon=4$ деп алсақ және мембранадағы потенциал айырымы $\Delta\phi=U=0,2$ В тең болса, онда $S=1$ мм² мембрана қабатының электрлік сиымдылығын және ондағы электр өрісінің кернеулігін анықта. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Есепті шешу: алдымен есепте берілген шамаларды СИ өлшем бірлігіне аудару керек: $d=10$ нм = 10^{-8} м, $S=1$ мм² = 10^{-6} м². Жалпақ конденсатордың электр сиымдылығы мынаған тең: $C=\epsilon\epsilon_0 S/d$. Сонда $C=4 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-6} / 10^{-8} = 3500$ пФ.

Электр өрісінің кернеулігі мына түрде беріледі: $E=U/d$, сонда $E=0,2/10^{-8} = 20 \cdot 10^6$ В/м. **Жауабы:** $C=3500$ пФ, $E=20 \cdot 10^6$ В/м

2. Температурасы 30°C болатын мембранадағы K^+ иондарының тасымалдануы әсерінен пайда болатын тепе теңдік потенциалды есепте. K^+ иондарының іштегі концентрациясы 360 ммоль/кг, сыртығысы 10 ммоль/кг тең деп ал. $R=3,8$ Дж/моль·К, $F=96500$ Кл/моль.

Есепті шешу: Нернст теңдеуіне сәйкес тепе теңдік потенциалы $\phi_M = -RT/F \ln(K_i/K_o)$ өрнегімен сипатталады. Сонда $\phi_M = -(3,8 \cdot 303/96500) \ln 360/10 = -90$ мВ. **Жауабы:** -90 мВ

3. Нерва талшығы бойымен әрекет потенциалы $S=10$ см кашықтыққа қанша уақытта жетеді, егер оның таралу жылдамдығы $v=20$ м/с тең болса.

Есепті шешу: Таралу уақытын мына өрнекпен анықтаймыз: $t=s/v$. $t=0,1/20 = 5 \cdot 10^{-3}$ с. **Жауабы:** $5 \cdot 10^{-3}$ с.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАСЫ

а) тест

1. Тыныштық потенциалының пайда болуында...

А. К, Na және Cl атомдарының қатысы бар. Қозбаған мембрананың...

В. K^+ , Na^+ және Cl^- иондарының қатысы бар. Қозбаған мембрананың...

C. K^+ , Na^+ және Cl^- иондарының қатысы бар. Қозбаған мембрананың...

1. бұл иондарды өткізбеу коэффициенті...

2. бұл атомдарды өткізу коэффициенті...

3. бұл иондарды өткізу коэффициенті...

I. $P_K : P_{Cl} : P_{Na} = 1 : 0,04 : 0,45$, мұнан калий ионының натриға салыстырғанда өтімділігі...

II. $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,45 : 0,04$, мұнан натрий ионының хлорға салыстырғанда өтімділігі...

III. $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$, мұнан калий ионының натриға салыстырғанда өтімділігі...

01.3 есе жоғары екендігі көрінеді, яғни тыныштық потенциалының пайда болуында...

02. 25 есе төмен екендігі көрінеді, яғни тыныштық потенциалының пайда болуында...

03.25 есе жоғары екендігі көрінеді, яғни тыныштық потенциалының пайда болуында...

a) калий мен натрий иондарының концентрациялары басты роль атқаратындығы келіп шығады.

b) натрий мен хлор иондарының концентрациялары басты роль атқаратындығы келіп шығады.

c) калий мен хлор иондарының концентрациялары басты роль атқаратындығы келіп шығады.

2. Жасушаны сыртқы тітіркендіргіштер (механикалық, жылулық, электрлік) арқылы қозған күйге көшірсек, мембрананың...

A. натрий иондарын өткізуі 500 есе кемиді, бірақ калий иондарын өткізу дәрежесі артады.

B. натрий иондарын өткізуі 500 есе артады, бірақ калий иондарын өткізу дәрежесі өзгеріссіз қалады. Осы құбылыстың әсерінен...

C. калий иондарын өткізуі 500 есе артады, бірақ натрий иондарын өткізу дәрежесі өзгеріссіз қалады.

1. натрий ионының мембрана ішіне қарай өтуі кемиді, бұл ондағы потенциалдар айырын төмендеуіне, соңынан оның ішкі қабатының оң зарядталуына алып келеді. Жасушадағы бұл құбылысты...

2. натрий ионының мембрана ішіне қарай өтуі күшейеді, бұл ондағы потенциалдар айырын төмендеуіне, соңынан оның ішкі

кабатының оң зарядталуына алып келеді. Жасушадағы бұл құбылысты...

3. калии ионының мембрана ішіне сыртына қарай өтуі күшейеді, ондағы потенциалдар айрымын төмендеуіне, сонынан оның ішкі кабатының оң зарядталуына алып келеді. Жасушадағы бұл құбылысты...

I. поляризация деп атайды.

II. реполяризация деп атайды.

III. деполяризация деп атайды.

б) есеп

1. Мембрананың ішіндегі калий концентрациясы 125 ммоль/л, сыртқы ортадағы концентрациясы 2,5 ммоль/л, қалыңдығы 8 нм болатын мембрана ішіндегі электр өрісінің кернеулігін анықта.

2. Қозған мембрана ішіндегі калий және натрий концентрациялары сәйкес 125 ммоль/л және 1,5 ммоль/л, ал сыртқы ортадағы 2,5 ммоль/л және 125 ммоль болатын мембранадағы әрекет потенциалын анықта.

Қорытынды сұрақтар:

1. Потенциал қанадай физикалық шаманы сипаттайды ?
2. Потенциалдың пайда болуын түсіндір.
3. Тыныштық потенциалының пайда болуы механизмі
4. Әрекет потенциалының пайда болуы механизмі
5. Миелінді және миеленсіз нерв талшығында қозудың таралуы еркешеліктері.
6. Ранвье үзіндісі.
7. Әрекет потенциалының таралуын түсіндір.

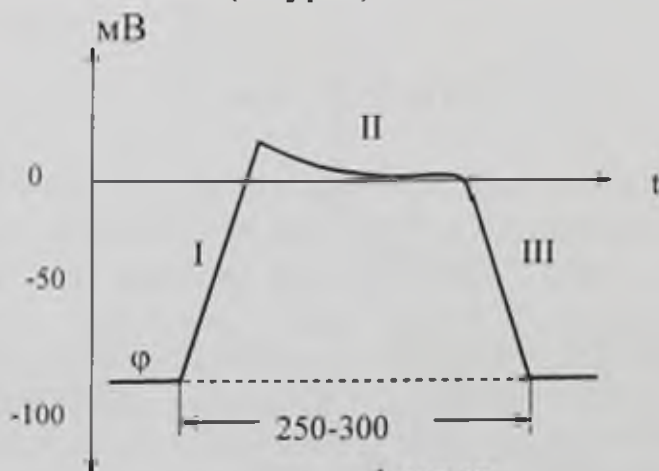
4 сабақ. КАРДИОМИОЦИТЕГІ ӘРЕКЕТ ПОТЕНЦИАЛЫ. ЭКГ

Сабақ жоспары:

1. Кардиомиоциттегі әрекет потенциалы.
2. Кардиомиоцит фазалары.
3. Қозудың жүрек миокардында таралуы.
4. Кардиомиоциттің өткізгіштігін зерттеу әдістері.
5. Эйтховен теориясы.
6. Жүрек потенциалын өлшеу әдістері. ЭКГ.
7. Холтер мониторингі.
8. ЭКГ құралымен жұмыс істеу және ЭКГ есептеу.
9. Тақырып бойынша тест тапсырмалары.

Сабақ мақсаты: Жүрек миокардында биопотенциалдың пайда болуы механизмін, деполяризация ұзақтығының ерекшеліктерін талдау. Жүрек бұлшық етінде биопотенциалдың таралуын қарастыру. Эйтховен теориясының негізгі және ЭКГ түсірудің принциптерімен танысу.

Жүрек бұлшық ет жасушаларындағы әрекет потенциалының түрі мен пайда болуы механизмі және оның деполяризация ұзақтығы жүйке талшықтары мен қаңқа сүйек бұлшық ет жасушаларындағы әрекет потенциалының ұзақтығынан өзгеше. Мысалы, кальмар аксонындағы әрекет потенциалының ұзақтығы 0,5-1 мс болса қаңқа сүйек бұлшық еттегі 2-3 мс болады, ал жүрек қарыншасының миокардындағы әрекет потенциалының ұзақтығы 250-300 мс созылады (1 сурет).

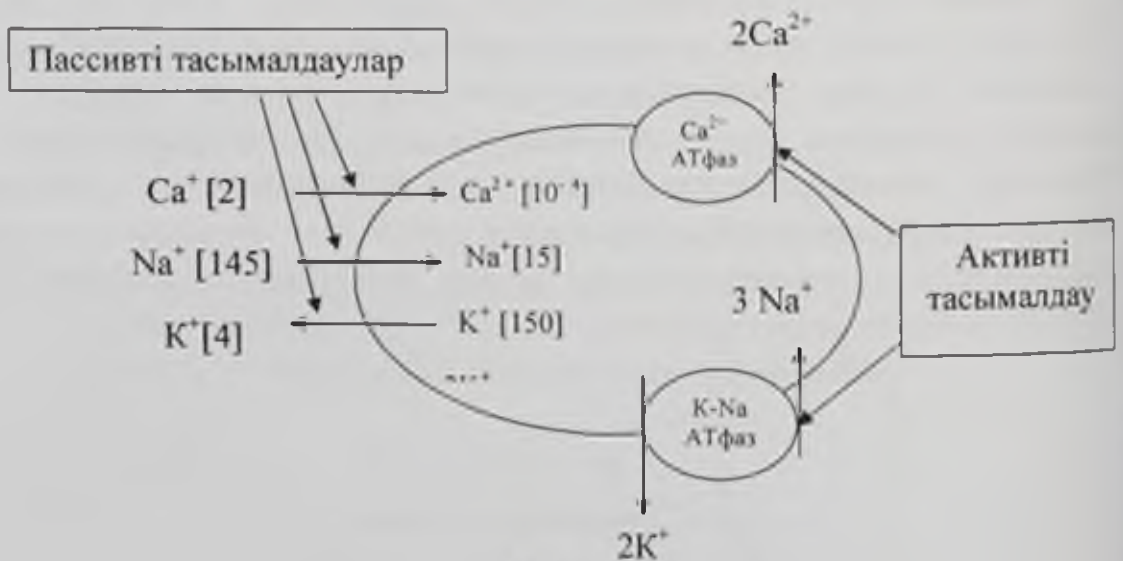


1 сурет

Мұндай ұзақ уақыт жүрек бұлшық ет құрылымының қозуы мен жиырылуының синхронды болуын қамтамасыз етеді, ол өз кезегінде қан айдауға мүмкіндік береді.

Кардиомиоциттағы әрекет потенциалының өзгеше болуы жасушаның ішкі және сыртқы орталарындағы иондардың таралуына тікелей байланысты. Кардиомиоцит пен қаңқа сүйегі бұлшық еттерінде калий және натрий иондарының концентрациясы жақын. Бірақ, кардиомиоцитте әрекет потенциалының пайда болуы мен жүректің жиырылуында кальций иондарының үлкен үлесі бар екендігі анықталды. Кальций ионы жасушаның сыртында 2 ммоль/л болса, ішінде өте аз 10^{-4} ммоль/л шамасында. Ал жүректің жиырылуы кезінде, жасуша ішінде бос кальций иондарының концентрациясы 10^3 ммоль дейін артуы мүмкін, бірақ бұл артық иондар реполяризация кезінде жасушадан сыртқа шығарылады.

Кардиомиоциттегі иондар баланысын калий, натрий және кальций иондық насостары қамтамасыз етеді, олар жасушадан сыртқы ортаға активті тасымалдау арқылы натрий және кальций иондарын айдайды, ал пассивті тасымалдау арқылы ішке кальций, натрий, сыртқы ортаға калий иондарын айдайды (2 сурет).



2 сурет

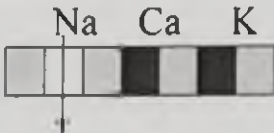
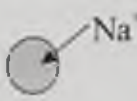
Бұл насостардың жұмысын саркомадағы миокардит жасушасындағы калий-натрий АТФаза мен кальций АТФаза ферменттері қамтамасыз етеді. Мембрананың 1 мкм^2 ауданындағы калий-натрий насосының тығыздығы 1000, яғни 1 см^2 ауданға 10^{11}

насосан келеді. Иондық насостар 1 секундта иондарды 20 рет айдаса, онда 1 см^2 аудандағы насостар 1 секундта иондарды $2 \cdot 10^{12}$ рет айдар еді. 1 иондық насос 1 ретте 3 натрии ионын айдайтыны белгілі, сонда 1 см^2 аудандағы барлық насостар 1 секундта $6 \cdot 10^{12}$ ионды айдайды. Бұл иондар санын Авогадро санына ($6,02 \cdot 10^{23}$ моль) болсек $10 \cdot 10^{-12}$ моль/ $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ саны келіп шығады, мұнан мембрананың 1 см^2 ауданы арқылы 1 секундта 10 моль натрии ионы тасымалданатын анықтаймыз.

Тыныштық қалыптағы мембранның натрии және кальции иондарын өткізуі өте төмен, мысалы $P_{\text{Na}}/P_{\text{K}} = 0,05$, сол секілді $P_{\text{Ca}}/P_{\text{K}}$ қатынасы да төмен. Сондықтан миокардтың тыныштық потенциалы жасушаның екі жағындағы калии иондарының концентрациясымен анықталынады.

Миокардтың әрекет потенциалы үш түрлі фазамен (кезеңмен) сипатталады: I фаза-деполяризация кезіндегі күй, II фаза- плато кезіндегі күй және III фаза- реполяризация кезіндегі күй.

I фаза – деполяризациялық кезең. Бұл кезең мембрананың натрии иондарын өткізуінің күрт өсуімен $P_{\text{K}} : P_{\text{Na}} = 1:20$ және мембранадағы φ_{M} тыныштық потенциалының кемуімен (потенциал таңбасының өзгеруімен) сипатталады. Мембранадағы потенциал шамасы -60 мВ жеткенді натрии каналдары 1-2 миллисекундтан 6 миллисекундқа дейін ашылады (3сурет).

Фаза	Каналдар сипатамасы	Ионды каналдардың күйі	Ток бағыты
I – Деполяризация	$T_{\text{Na}} = 1-2 \text{ мс}$ $\varphi_{\text{Na}} = -60 \text{ мВ}$		

3 сурет

II фаза-плато (жазықтық). Бұл кезеңде мембранадағы әрекет потенциал шамасы $+30 \text{ мВ}$ тан 0 дейін төмендейді және екі түрлі каналдар бір мезгілде жұмыс істейді, яғни кальции және калии каналдары иондарды баяу өткізе бастайды. Ашылған кальция каналы баяу түрде жасушаға кальции иондарын өткізе бастайды, нәтижесінде ішке қарай бағытталған ток пайда болады:

$$I_{\text{Ca}} = g_{\text{Ca}} (\varphi_{\text{M}} - \varphi_{\text{Ca}}^{\text{II}}),$$

мұндағы g_{Ca} – мембрананың Ca^{2+} ионы үшін өткізгіштігі. Бұл пассивті тасымалдау кальций ионы үшін электрохимиялық градинет есебінен жүреді. Мембрана кальций тогының өсуімен қатарласа калий ионын өткізуін де күшейтеді, бұл өз кезегінде мембрананың сыртына қарай бағытталған калий тогын және мембрананың сәйкес иондарды өткізгіштігін g_{Ca} кемуін, g_K жоғарылауын тудырады және мембрананы реполяризациялауға алып келеді (4 сурет). Осылайша пайда болған қарама қарсы бағытталған екі токтың шамасы бірте бірте теңеседі, бұл өз кезегінде мембранадағы потенциалды 0 дейін төмендетеді. Бұл кезеңде кальций мен калий токтарының қосындысы 0 ұмтылады

$$g_{Ca} (\varphi_M - \varphi_{Ca}^{II}) = g_K (\varphi_M - \varphi_K^{II})$$

Фаза	Каналдар сипатамасы	Ионды каналдардың күйі	Ток бағыты
II – Плато	$T_{Ca} = 200-250$ мс $\varphi_{Ca} = +30$ мВ		

4 сурет

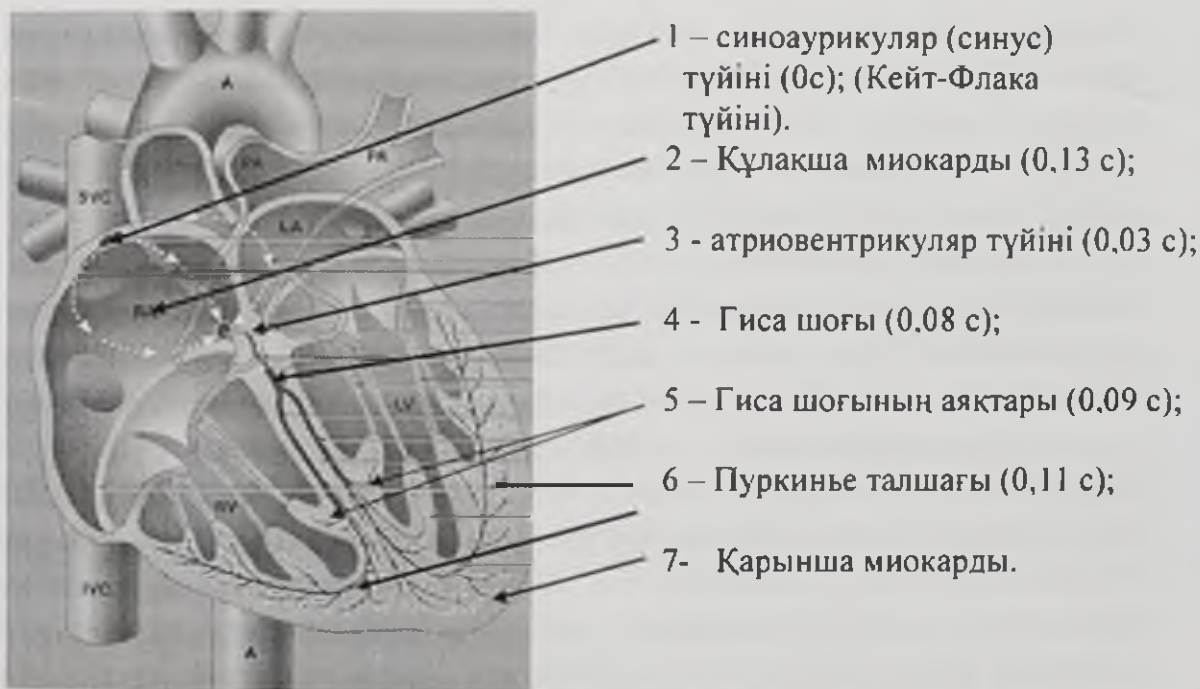
III фаза - реполяризация кезеңі. Бұл кезең кальций каналдарының жабылуымен, g_K жоғарылауымен, нәтижесінде мембранадан сыртқа қарай калий тогының күшейуімен сипатталады (5 сурет).

Фаза	Каналдар сипатамасы	Ионды каналдардың күйі	Ток бағыты
III- реполяризация	$T_K = -50$ мс		

5 сурет.

Енді жүрек бұлшық етінде қозудың (әрекет потенциалының электр импульсінің) таралу механизмін қарастырайық. Жүректің оң құлақшасында орналасқан, тұрақты түрде үздіксіз электр импульсін

өндіретін «синоаурикулярлы» түйін (Кейт-Флака түйіні)» деп аталатын ерекше нүкте бар(6-сурет). Ол өндірген электр импульсі жүрек бұлшық еттерінде таралып, жүрек қарыншасы мен жүрекшелерді кезек- кезегімен синхронды түрде жиырылуын қамтамасыз етеді және бұл құбылыс адамның бүкіл өмірі бойы тынымсыз жалғасады. Жүректің жиырылу жиілігі синоаурикулярлы (синус) түйінде (СТ) автоматты түрде өндірілген қозуға (электр импульсіне) тікелей байланысты, сондықтан СТ «пейсмекер» деп атайды.



6 сурет.

СТ өндірілген электр импульсі (әрекет потенциалы) алдымен жүрек құлақшасына 1 м/с жылдамдықпен жетеді. 40 миллисекундтан соң құлақшаның барлық аймағы қозған күйге, яғни деполяризация күйіне көшеді. Жүрек құлақшасында әр түрлі жолдармен тарағын электр импульстары, жүректің фиброзды ұлпасында орналасқан, электр импульстарын өткізбейтін (қозбайтын), қарыншаны жүрекшеден бөліп тұратын атриовентрикулярлы түйінге бір мезгілде жетеді. Тек осы түйін ғана қозуды, яғни электр импульстарын қарыншадан жүрекшеге жеткізетін бірден бір жол болып саналады. Бұл түйіннің электрлік кедергісі жоғары, сондықтан онда электр импульстарының таралуы

қарыншаға қарағанда 0,02-0,05 м/с баяу жылдамдықпен тарайды.

Аталған құбылыс атриовентрикулярлы тежеу деп аталады. Бұл тежеу диастола кезінде қарыншада жиналған барлық қан көлемін жүрекшенің жиырылуына дейін жүрекшеге жиналуына жететіндей уақыт береді. Атриовентрикулярлы түйіннен тараған электр импульсі жүректің өткізгіш келесі буыны- Гиса шоғына (түйініне) жетеді. Бұл аймақтағы талшықтар жуан болғандықтан оларда электр импульстары 2-3 м/с жылдамдықпен тарайды. Гиса шоғынан Пуркинье талшықтары тарайды, олардың диаметрлері миокард талшығына қарағанда үлкен, сондықтан бұл талшықтарда электр импульстарының таралу жылдамдағы 4-5 м/с жетеді. Ары қарай электр импульстарның таралуы баяулайды, бұл жүрекшенің барлық бұлшық еттерінің синхронды түрде жиырылуына мүмкіндік береді. Осылайша электр импульсі жүрекшенің қарынша аймағында жиырылмаған бөлігіне жетеді.

Жүректің электр импульсін тарату жүйесіндегі ақау аритмия немесе жүрек соғуының бұзылуы деп аталады. Мұндай ақау жүрек соғысының өте төмен (брадикардия) немесе өте жоғары (тахикардия) болуына алып келеді.

Кардиомиоциттегі козу құбылысын арнаулы әдістермен зерттейді. Соның бірі кальций иондарын блокатор арқылы тежеу әдісі. Миоциттегі кальций тогын (кальций иондарының ағынын) тежейтін D-600, верапамид, Li Mn^{2+} металдарының катионы т.б. препараттар анықталды. Олар кальций иондарын жасушаға енуін тежейді, соның нәтижесінде мембранадағы әсер потенциалының шамасы мен түрі өзгереді. Жүрізілген тәжірибелер кальций каналдарын тетродотоксинмен, натрий ионымен тежеуге болматындығын көрсетті, бұл жағдай кардиомиоцитте жеке кальций каналдарының болатындығын дәлелдейді.

Келесі люминесценттік талдау әдісі. Бұл әдіс жарқырауық медузадан алынған экворин ақуызы арқылы кальций иондарының тасымалдауын бақылауға болады. Оның басты ерекшелігі кальций ионын қосып алған экворин ақуызы өзінен жарық шығарып, люминесценцияланады. Экворин ақуызын жүрек бұлшық еті дәрілеріне қосып береді де, арнаулы оптикалық құралдармен оның шығарған жарығының интенсивтілігін өлшейді. Осылайша алынған мәліметтер арқылы жүрек бұлшық еттерінде кальций иондарын тасымалдау кезінде әсер потенциалы өзгерісін сипаттауға болады.

Қалыпты жағдайда және патология кезінде жүрек бұлшық еттерінде кальций иондарының таралуын радионуклидті диагностика әдісі арқылы анықтайды. Осы мақсатта кальцийдің Ca^{45} изотопы қолданылады. Изотаптан шығатын бета сәулесін сканер арқылы тіркейді.

Медициналық практикада жүрек потенциалын өлшеу әдісін электрокардиография(ЭКГ) деп атайды, ал өлшеу құралын электрограф деп, өлшеу нәтижесінде алынған қағаздағы жазба мәлімет электрограмма деп аталады. Оның негізіне Эйнтховеннің тармақтар теориясы алынған. Бұл теорияға сәйкес жүрек дипольдік моменті $P_{\text{ж}}$ болатын электр диполі ретінде қарастырылады, ол жүрек қызметінің циклына сәйкес уақыт өтуіне қарай өз осі бойымен кеңістікте бұрылады, орналасуын өзгертеді. Эйнтховен жүректі үштары «оң қол(ОК) - сол қол(СК)- сол аяқ(СА)» болатын тең қабырғалы үшбұрыштың ортасында орналасқан деп санауды ұсынған (7 сурет). Олай болса дипольдің дипольдік моментінің үшбұрыш қабырғаларына түсіретін проекциясы жоғарыда аталған нүктелер арасындағы потенциал айырымына тең, ол өз кезінде жүрек потенциалын сипаттайды.

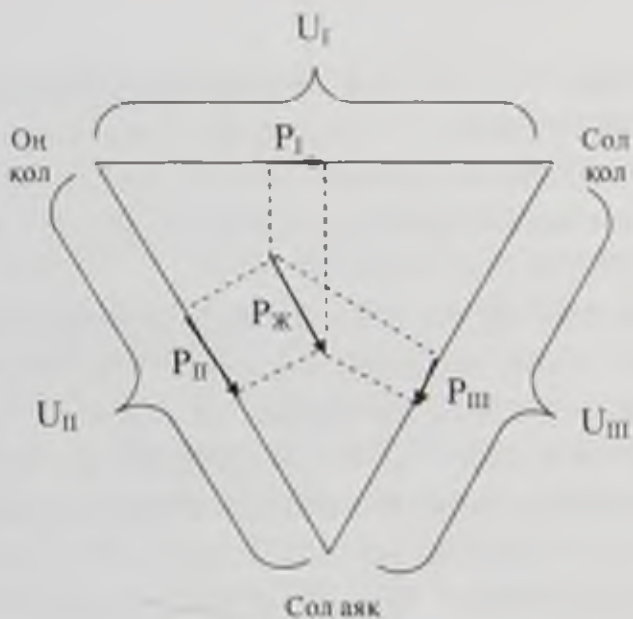
Биопотенциалдары өлшенетін екі нүкте жұбы «тармақтар» деп аталады. Осыған сәйкес 1912 ж. Эйнтховен «ОК- СК-СА» тармақтарын «стандартты тармақтар жүйесі» деп атауды ұсынды және ол үш тармақтан тұрады.

I тармақ «оң қол- сол қол», II тармақ «оң қол- сол аяқ», III тармақ «сол қол- сол аяқ». Әр тармаққа өз потенциалдар айырымы $U_I : U_{II} : U_{III}$ сәйкес келеді. Жүрек - дипольдің үшбұрыш қабырғаларына түсіретін дипольдік моментінің проекциясы P_i мен потенциалдар айырымы U_i арасында мынадай тәуелділік анықталған

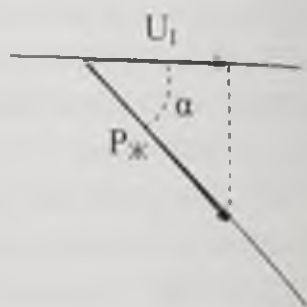
$$U_I : U_{II} : U_{III} = P_I : P_{II} : P_{III}.$$

«Диполь-жүрек» уақытқа байланысты өз осімен айналатындықтан оның тармақтардағы проекциясы потенциалдар айырымының уақытқа тәуелділігін көрсетеді, оны электрокардиограмма (ЭКГ) деп атайды (7 сурет).

ЭКГ-дағы R тісі өзінің максимал мәніне жеткен кездегі жүрек диполінің $P_{\text{ж}}$ моментінің бағыты, яғни жүректің электрлік осінің бағыты жүректің анатомиялық осіне сәйкес келеді. Осының негізінде, электрокардиограмманы қолдана отырып жүректің анатомиялық осін анықтайды.



7-сурет.



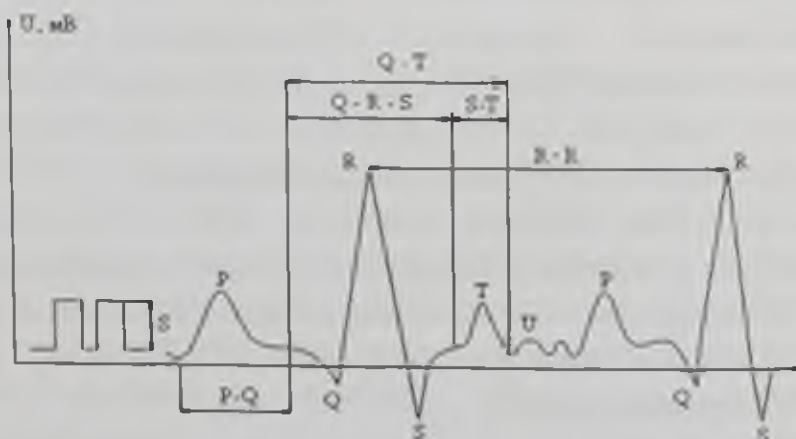
8-сурет.

Жүрек -диполінің P_J моменті мен оның I тармақтағы проекциясы U_I арасындағы α бұрыш жүректің электрлік осінің бағытын көрсетеді (8 сурет). Оның шамасы мына өрнекпен анықталады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{U_{II} + U_{III}}{U_{II} - U_{III}}$$

мұндағы U_{II}, U_{III} электрокардиограммадағы II және III сәйкес R тісінің сәйкес биіктігі.

ЭКГ тістерін латын әріптері P, QRS және T арқылы белгілейді. Электрокардиограммадағы P тісі жүрек құлақшасының жиырылуы кезінде, Q,R,S тістер кешені жүрек қарыншасының деполяризациясы, яғни жиырылғанда, ал T тісі оның соңғы кезеңінде, яғни жүрек қарыншаның бастапқы қалпына келгенде (босаңсығанда) пайда болады (9 сурет).



9 сурет

Электрокардиограммадағы кез келген тістің басы мен оның соңының арасын (ара қашықтығын) интервал деп (мысалы P-Q, Q-R-S), ал осы интервалдағы уақыт аралығын уақыт интервалы деп атайды. Ал осы уақыт аралығы жүректің әр бөлігіндегі қозудың таралау жылдамдығының көрсеткіші болып табылады. Оның азғана да болса өзгеруі, жүрек бұлшық еттерінде ақау бар екендігін көрсетеді. Мысалы, миокардта диаметрі 5-10 мкм болатын ақау көзі ондағы қозудың таралуын 0,1 мс кешіктіреді.

Стандарттық ЭКГ тармақтағы P тісінің амплитудасы 0,5 мВ артық болмайды және оның уақыт интервалы, яғни ұзақтығы 0,07-0,1 с аралығында жатады. Электрокардиограммадағы P-Q интервалы жүректің атриовентрикулярдағы қозудың таралу уақытын көрсетеді, оның шамасы 0,12-0,18 с тең және бұл көрсеткіштер жүрек соғысының 130 мин⁻¹ дан 70 мин⁻¹ сәйкес келеді. Ал QRS кешені жүрекшенің қозуы кезінде пайда болады және ол 0,06-0,09 с созылады. Q тінің амплитудасы 0,25 мВ аспайды және қалыпты ЭКГ бұл тістің болмауы да мүмкін. ЭКГ амплитудасы ең үлкені R тісі, оның шамасы 0,6-1,6 мВ жетеді. Жүрек ұрысы 65-70 мин⁻¹ кезінде S-T интервалының ұзақтығы 0,12 с, ал T тісінің ұзақтығы 0,12 ден 0,16 с дейін созылады, амплитудасы 0,25-0,6 мВ тең.

Медициналық практикада стандартты тармақтардан басқа кардиалды униполярлы (кеуде) ЭКГ тармақтары да кең түрде қолданылады. Мұнда бір электродты активті деп атап, оны кеуде қуысының сол жақ бетінің алты нүктесіне орналастырады. Бұл активті электрод Вильсон электродымен бірге 6 кеуде тармағын құрайды(10 сурет).

Кеуде тармағы «V» бас латын әрпіне активті электродтың орналасқан орнына сәйкес келетін санды тіркеп жазу арқылы белгілейді, мысалы V1, V2, V3, ... V6.

V1 тармағы – активті электрод оң жақ кеуде қуысындағы 4 қабырға аралық нүктеге орнатылады.

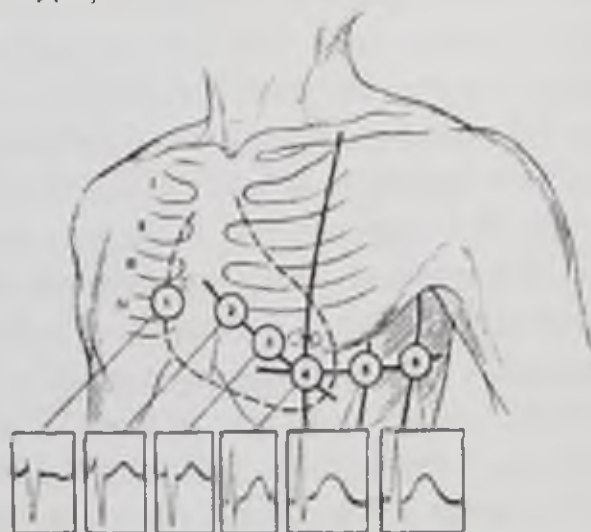
V2 тармағы - активті электрод сол жақ кеуде қуысындағы 4 қабырға аралық нүктеге орнатылады.

V3 тармақ - активті электрод екінші және төртінші позицияда, яғни сол жақ парастерналды сызық деңгейіндегі төртінші қабырға нүктесіне орнатылады;

V4 активті электрод сол кеуде қуысындағы 5 қабырға аралық сызық бойына орнатылады;

V5 активті электрод сол жақ қолтық асты сызығының бойына орналыады;

V6 активті элемент сол жақ қолтық асты горизонталь сызығы бойына орналыады;



10 - сурет

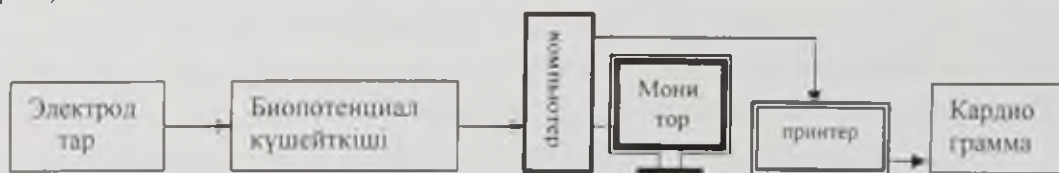
Диагностикалық мәліметі ретінде ЭКГ Р, QRS және Т тістерінің биіктігі, P-Q, Q-R-S, S-T, R-R интервалының ұзақтығы және ЭКГ пішіні алынады.

Төмендегі кесетеді ЭКГ II тармағында қалыпты жағдайдағы жүрек биопотенциалы мен уақыт интервалының мәндері берілген:

P		Q		R		S		T	
U, мВ	t, сек	U, мВ	t, сек	U, мВ	t, сек	U, мВ	t, сек	U, мВ	t, сек
0,05-0,25	0-0,1	0-0,2	max 0,03	0,03-1,6	max 0,03	0-0,03	max 0,03	0,25-0,6	max 0,25
Интервалдың ұзақтағы, сек									
PQ		QRS		QRST		ST		RR	
0,12-0,2		0,06-0,09		0,03-0,44		0-0,15		0,7-1,0	

Қазіргі кезеңде ЭКГ жазу компьютерлік технологиялар негізінде орындалады, яғни тармақтардағы электродтардан келген ЭКГ сигналдар күшейтіліп, компьютерге беріледі. Ол өз кезегінде арнаулы бағдарламаны пайдаланып, келген ЭКГ сигналдарды талдап, онан қажетті мәліметтерді есептеп, өңдеп принтер арқылы

дайындап береді немесе компьютер мониторында көрсетеді (11-сурет).



11- сурет

Жүрек биопотенциалының шамасы өте аз 0,1-1,5 мв, ұзақтығы 0,04 - 1,0 с, жиілігі 10-200 Гц аралығында болғандықтан, оны тіркеуде сезімталдығы өте жоғары күшейткіштер қолданылады. Сондықтан ЭКГ күшейткіштеріне өте үлкен талаптар қойылады, ол барлық сигналдарды бірдей, жиілігі мен формасын бұрмаламастан күшейтуі тиіс, бұл шарт орындалмаған жағдайда алынған ЭКГ сигнал арқылы дәл диагноз қою мүмкін болмайды.

Соңғы жылдары ЭКГ тәулік бойы өзгерісін тіркеу кең түрде қолданылуда. Мұндай зерттеуді «ЭКГ-нің тәуліктік мониторингі» немесе осы әдісті алғаш ұсынған американдық биофизик Норман Холтердің құрметіне «Холтер бойынша ЭКГ» деп атайды.

Шын мәнінде тәуліктік мониторинг деп ЭКГ-ны тәулік немесе одан көп уақыт бойы (48,72 сағат, кейде 7 күн бойы) үздіксіз тіркеуді атайды. Оны тіркеу пациенттің бөліне бекітілген шағын аппарат-рекордер арқылы іске асырылады. Тіркеу кезінде пациент күнделікті тіршілігін өзгертпей, қызметін орындай береді. Холтер бойынша ЭКГ-ны тіркеу аурухана немесе амбулаторлы жағдайда жүргізіле береді. Тіркеу нәтижесі компьютер арқылы оқылып, тиісті программа арқылы зерттелінеді. Мұндай құралдың сыртқы көрінісі төмендегі суретте берілген (12-сурет).



12- сурет

Электрографияның түрлері:

ЭЭГ- электроэнцефалография, ми биопотенциалын тіркеу.

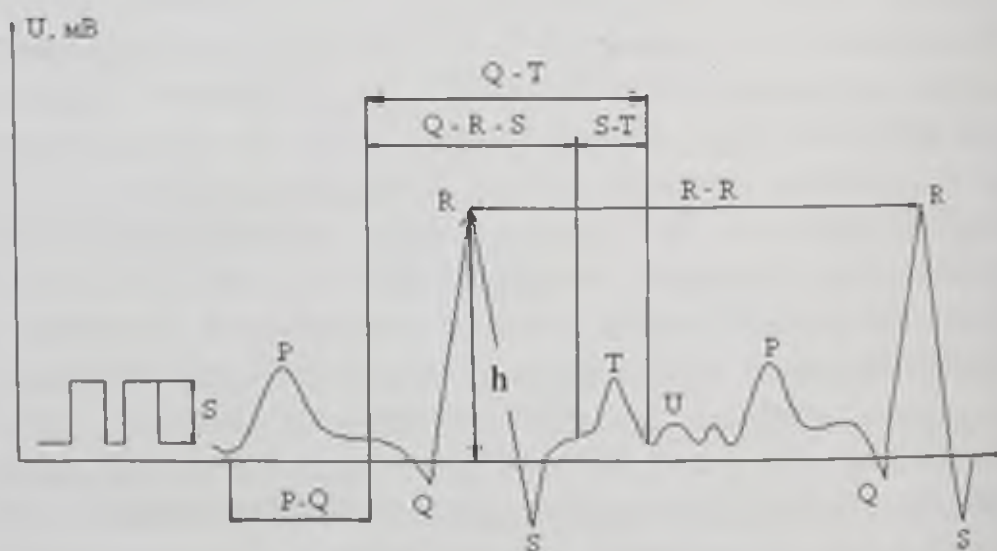
ЭМГ- электромиография, бұлшық ет биопотенциалын тіркеу.

ЭРГ- электроретинография көзге әсер ету кезіндегі көз торында пайда болатын биопотенциалды тіркеу.

Енді электрокардиографпен жұмыс істеу принципімен және оны есептеу және талдау тәсілдерімен танысайық.

Жұмысты орындау реті:

13- суретте ЭКГ II тармақ үшін тістерінің биіктігін және интервал ұзақтығын өлшеу көрсетілген.



13-сурет. ЭКГ-ның көрінісі.

1. ЭКГ-нің әр тісіне сәйкес келетін потенциалдар айырымын $U = h/S$ формуласы арқылы анықтау керек. Мұндағы: h - ЭКГ тісінің биіктігі, S - калибровтік импульстің биіктігі.

2. Өлшеу және есептеу нәтижелерін 1-кестеге енгіз.

3. ЭКГ-нің уақыттық (t) интервалдарының ұзақтығын өлшеу үшін ЭКГ-нің тістерінің ара қашықтығын L өлшеп, (2-сурет), оны таспаның жазу жылдамдығы v бөлу керек, яғни $t = L/v$.

• Пациент жүрек соғуының жиілігін $v = 60/t_{(R-R)}$ анықтау керек.

4. Өлшеу және есептеу нәтижелерін 2-кестеге енгізу керек.

5. Есептеу нәтижелері бойынша мәліметтерге сүйен отырып қортынды жаз.

1-кесте.

ЭКГ тістерінің шартты белгісі	Калибров тік потенциал S, мм/мВ	h, мм	U, мВ
R			
P			
S			
T			

2-кесте.

ЭКГ интервал дары	v мм/с	L_n мм	t, сек	v_n мин ⁻¹
R-R				
P-Q				
Q-R-S				
S-T				
Q-T				

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Электрокардиография...

А. жүрек бұлшық еттерінің қозуы кезінде пайда болатын электрлік үдерістерді тексеруге арналған, зерттеу әдістерінің бірі. Оның негізі В.Эйтховен теориясына негізделген....

В. жүрек бұлшық еттерінің қозуын тексеруге арналған, зерттеу әдістерінің бірі. Оның негізі В.Эйтховен теориясына негізделген....

С. жүрек бұлшық еттерінің қозуы кезінде пайда болатын үдерістерді тексеруге арналған, зерттеу әдістерінің бірі. Оның негізі В.Эйтховен теориясына негізделген....

1. Бұл теория бойынша жүрек....

2. Бұл теория бойынша адам ағзасы...

3. Бұл теория бойынша

I. электрлік диполь деп қарастырылған. Оның уақыт бойынша өзгерісі электрокардиограмманы болып табылады.

II. диполь деп қарастырылған. Оның уақыт бойынша өзгерісі электрокардиограмманы болып табылады.

III. электрлік диполь деп қарастырылған. Оның моментінің бағыты және модулінің уақыт бойынша өзгерісі электрокардиограмманы болып табылады.

2. Уақытқа тәуелді потенциалдар айырымының өзгерісі тіркелетін екі нүкте...

А. ЭКГ деп аталады. Орналасуына байланысты оларды...

В. жиыны тармақ деп атайды. Орналасуына байланысты оларды...

С. жиыны толқын деп атайды. Орналасуына байланысты оларды...

1. көкірек деген түрге бөледі.

2. көкірек, шеткі тармақ деген түрге бөледі.

3. шеткі тармақ деген түрге бөледі.

3. ЭКГ-нің әрбір тісіне сәйкес келетін потенциал айырымы...тез болады.

a) $U=h-S$; b) $U=S/h$; c) $U=h+S/2$; d) $U=hS$; e) $U=h/S$;

4. ЭКГ-нің уақыт аралығының ұзақтығы...тең болады.

a) $t=L/v^2$, b) $t=L \cdot v$, c) $t=v/L$, d) $t=L/v$, e) $t = v+L$

5. ЭКГ-нің QRS комплексі...

a) жүрек құлақшасының жиырылар алдында байқалады.

b) жүрек қарыншасының жиырылу кезінде байқалады.

c) жүрек клапындарында байқалады.

d) жүрек қарыншасының жиырылуы соңында байқалады.

e) жүрек құлақшасының жиырылуы соңында байқалады.

6. ЭКГ иіндері...

A. тербелістер деп аталынады...

B. толқындар деп аталынады,...

1. толқындар P, Q, R, S, T, әріптерімен белгілейді,...

2. тербелістер P, Q, R, S, T, әріптерімен белгіленеді,...

I. P-жүрек құлақшасының жиырылуы алдында, Q-R-S қарыншаның жиырылуы кезінде, T-қарыншаның жиырылуының соңында пайда болады.

II. T-жүрек құлақшасының жиырылуы алдында, Q-R-S қарыншаның жиырылуы кезінде, P-қарыншаның жиырылуының соңында пайда болады.

III. Q-R-S-жүрек құлақшасының жиырылуы алдында, P-қарыншаның жиырылуы кезінде, T-қарыншаның жиырылуының соңында пайда болады.

6. Электрокардиограммадағы I, II және III тармақтарды...

A. кеуделік деп атайды,...

B. стандартты деп атайды,...

1. оның тістері P, Q, R, S, T, әріптерімен белгіленеді,...

2. оның тербелістері P, Q, R, S, T, әріптерімен белгіленеді,...

I. электрокардиограмма пішінімен, тістердің биіктігімен интервалдар ұзақтығымен сипатталынады.

II. электрокардиограмма тістердің биіктігімен, тіктігімен интервалдар жиілігімен сипатталынады.

7. ЭКГ-де тармақтар деп...

А. потенциалдары бірдей болатын қос нүктені атайды,...

В. потенциалдар айырымы өлшенетін дене бетіндегі қос нүктені атайды,...

1. солардың ішіндегі аяқ-қол тармағын...

2. солардың ішінде кеуде тармағын...

І. стандартты деп атайды.

ІІ. экг деп атайды.

8. Жүректің электрлік диполь моментінің модулі мен бағытының уақытқа байланысты өзгерісін...

А. электрореограмма деп атайды, оны алу үшін...

В. электрокардиограмма деп атайды, оны алу үшін...

С. кардиобаллистограмма деп атайды, оны алу үшін...

1. электродтарды қолға, аяққа және кеудеге жалғау қажет.

2. датчиктерді қолға, аяққа және кеудеге жалғау қажет.

3. электродтарды қолға, аяққа жалғау қажет.

4. датчиктерді денеге жалғау керек.

9. ЭКГ-нің негізгі сипаттамалары

А. пішіні мен тістердің биіктігі, интервалдар ұзақтығы,...

В. тістерінің биіктігі мен тіктігі, интервалдар ұзақтығы,...

С. ЭКГ-ның пішіні...

1. Бұл мәліметтерді диагностикалық тест ретінде қолданады,...

2. Бұл мәліметтерді жүрек қан тамырының күйін анықтауда қолданады,...

І. мысалы, R-тісі-жүрек қарыншасының потенциалын сипаттайды,...

ІІ. мысалы, R-тісі-жүрек құлақшасының потенциалын сипаттайды,...

01. R-тісінің амплитудасы қарынша массасына тәуелді,...

02. R-тісінің амплитудасы құлақша массасына тәуелді,...

10. ЭКГ-ның тістері... ретімен орналасады.

a) U-P-R-S-T-Q.

b) P-Q-R-S-T-U.

c) U-Q-P-R-S-T.

d) P-Q-S-R-T-U.

е)P-Q-R-S-U-T.

11. Жүрек потенциалын тіркеу әдісін ..

А. эхокардиография деп атайды, осы әдіс арқылы анықталған мәліметтерді..

В. электрокардиография деп атайды, осы әдіс арқылы анықталған мәліметтерді..

С. электромиография деп атайды, осы әдіс арқылы анықталған мәліметтерді..

1. жүректің жұмыс қабілетін сипаттау үшін қолданады.

2. жүректің жұмыс қан айдау қабілетін сипаттау үшін қолданады.

3. жүрек бұлшық етінің күйін сипаттау үшін қолданады.

Қорытынды сұрақтар:

1. Жүректегі деполяризация кезеңінің ұзақтығы.

2. Кардиомиоцит фазаларын ата.

3. Кардиомиоците биопотенциалдың таралу ерекшелігі.

4. Эйтховен теориясы.

5. ЭКГ тармақтары

6. Жүрек потенциалын өлшеу әдістері.

7. Холтер бойынша ЭКГ тіркеу.

5 сабақ. ҚАН АҒЫСЫ. ГЕМОДИНАМИКА

Сабақ жоспары:

1. Сұйық ағысының физикалық заңдылықтары: тұтқырлық, ламинарлы және турбулентті ағыс.
2. Қан тұтқырлығының кейбір медициналық іс шараларға әсері.
3. Сұйық ағысының сызықтық және көлемдік жылдамдығы, сұйық ағысының үздіксіздік шарты.
4. Пуазейль формуласы.
5. Қанның реологиялық қасиеттері.
6. Қанның тамырлар жүйесі арқылы ағуы. «Тиын бағаналары»
7. Пульстік толқын.
8. Қан қысымын өлшеу әдістері: Коротков әдісі, тәуліктік мониторинг.
9. Сұйық тұтқырлығын өлшеу әдістері. Вискозиметрия.
10. Есеп шығару үлгілері.

Сабақ мақсаты: сұйық ағысының негізгі заңдылықтарымен танысу және оны қан ағысына қолдану. Қанның тамырлар бойымен ағу ерекшеліктерін талдау. Қан қысымын өлшеу әдістерін қарастыру.

Жүрек- қан тамырлар жүйесі адам ағзасында қанның тұйық жүйе бойымен үнемі ағуын қамтамасыз етеді. Осы арқылы жасушалардың қалыпты жұмыс істеуін, яғни оларға қажетті заттарды жеткізуге және сыртқы ортаға қажетсіз заттарды шығаруға мүмкіндік береді. Жүрек қан тамырлар жүйесіндегі қан айналысын сипаттау үшін қан қысымы мен оның жылдамдығы арасындағы, бұл шамалардың қан тамырларының түрлері мен қан құрамына, жүйенің жүрек жұмысына тәуелділігін білу қажет.

Сұйықтың қозғалысы мен онда байқалатын құбылыстарды гидродинамика зерттейді, ал гидродинамиканың заңдылықтарын жүрек- қан тамырлар жүйесіндегі қан айналысына зерттеуге қолданатын биофизиканың бөлімін гемодинамика деп атайды. Шын мәнінде қан ағасы гидродинамика қарастыратын сұйықтан өзгеше.

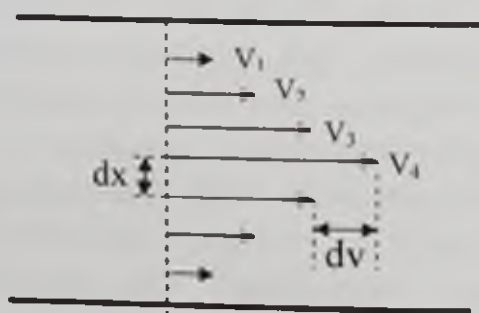
Қан ағатын түтіктердің қабырғалары серпімді және олар көптеген тармақтарға бөлініп кетеді, ал гидродинамикада болса кабарғалары серпімсіз, темір түтіктермен ағатын жағдайларды қарастырады, оның үстіне жүректің жұмысын қарапайым насоспен

салыстыруға тіптен болмайды. Осы жағдайлар жүрек қан тамырлар жүйесін физика-математикалық жолдармен толық сипаттау болмайтындығын көретеді, сондықтан биофизикаға айналысының тек қарапайым түрлерін қарастырады.

Енді сұйық ағысының кейбір заңдылықтары мен түсініктерін қарастырайық.

Сұйықтың тұтқырлығы немесе ішкі үйкеліс сұйықтың ағуы кезінде байқалатын басты құбылыстың бірі. Түтікпен аққан сұйықтың молекулалары түтік қабырғасымен әсерлеседі (молекулалары бір біріне тартылады, кедергі күші пайда болады) соның нәтижесінде сұйықтың түтік қабырғасына жанасқан қабатының ағу жылдамдығы төмендейді, бұл қабат өз кезегінде келесі қабаттың ағу қозғалысын тежейді, ол келесі қабатқа әсер етеді, осылайша жалғаса береді. Түтіктің осіне жақындаған сайын бұл құбылыстың әсері төмендеп, түтік осі бойындағы сұйық ағыс жылдамдығын сақтайды. Осындай құбылыстың әсерінен сұйықтардың қабаттары арасында ішкі үйкеліс күші пайда болады, оны **тұтқырлық** деп атайды.

Осы күштің әсерінен түтіктің көлденең қимысындағы сұйықтардың ағу жылдамдықтары әр түрлі болады, түтіктің осі бойымен ағатын сұйық жылдамдығы ең жоғары мәнге ие болса, түтік қабырғасына жақындаған сайын оның жылдамдығы төмендей береді, ал түтік қабырғасына жанаса ағатын сұйық жылдамдығы төмен мәнге ие болады $v_1 < v_2 < v_3 < v_4$. Осының әсерінен қозғалу бағытына перпендикуляр бағытта жылдамдық градиенті dv/dx пайда болады (1 сурет).



1 сурет

Ішкі үйкеліс күшінің шамасы Ньютон өрнегімен сипатталады:

$$F_{\text{вн}} = \eta \cdot \frac{dv}{dx} S,$$

мұндағы $\frac{dv}{dx}$ - жылдамдық градиенті, ол жылдамдықтың белгілі бағыттағы бірлік ұзындығына сәйкес келетін шамасына тең; S – әсерлесуші қабат ауданы. η - тұтқырлық коэффициенті немесе динамикалық тұтқырлық. Динамикалық тұтқырлық СИ жүйесінде Паскаль·секунд (Па·с) өлшенеді.

Тұтқырлықты өлшеуде динамикалық тұтқырлықпен қатар кинематикалық тұтқырлық деген шама да қолданылады, ол $\nu = \eta/\rho$ тең, мұндағы ρ - сұйықтың тығыздығы.

Ньютон заңына бағынатын сұйықтарды ньютондық сұйықтар деп атайды. Мұндай сұйықтардың тұтқырлық коэффициенттері сұйықтың құрылымына, оның температурасы мен қысымына тәуелді, ал жылдамдық градиентіне тәуелсіз болады. Көптеген сұйықтар, мысалы су, түрлі ертінділер, төменгі молекулалы органикалық сұйықтар, барлық газдар ньютондық сұйықтарға жатады. 36°C температурадағы қанның тұтқырлық коэффициенті $4 \cdot 10^{-3}$ Па·с тең, ауыр жұмыстар кезінде тұтқырлық коэффициенті жоғарылайды, сондай-ақ тұтқырлықтың шамасына кей ауру түрлері де әсер етеді, мысалы, қан диабеті кезінде қан тұтқырлығы $23 \cdot 10^{-3}$ Па·с дейін жоғарылайды, ал туберкулез кезінде керісінше $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с дейін төмендейді.

Сұйықты ағыс түріне байланысты **ламинарлы** және **турбулентті** деген түрлерге бөлінеді. Ламинарлы деп аққан сұйық қабаттары бір бірімен араласпайтын, бір қабат екінші қабат бетімен сырғи ағатын ағысты атайды. Мұндай ағыстың жылдамдығы барлық қабаттарда бірдей мәнге ие болады.

Егер сұйықтың ағу жылдамдығы белгілі бір шамадан асса, онда сұйық қабаттары бір бірімен араласып, сұйық бөлшектерінің ағу траекториялары күрделеніп, ағыс құйын тәрізді болады, мұндай ағыс турбулентті деп аталынады. Егер аққан сұйық қабаттарының жылдамдықтарының айырмашылығы белгілі бір шамадан асса, онда қабаттардағы қысым өзгереді, нәтижесінде сұйық бөлшектері қысым шамасы үлкен сыртқы қабаттан, қысымы төмен ішкі қабатқа қаарй ауысады, мұндай орын ауыстырулар ағыстың турбулентті болуына және ағыстың дыбыс шығаруына алып келеді. (*турбулентті ағыстың мед маңызы: өкпе шуы, жүрек клапаны, Коротков әдісі*).

Сұйық ағысының ламинарлыдан ағыстан турбулентті ағысқа ауысуына сәйкес келетін жылдамдық шамасын кризистік $v_{кр}$

жылдамдық деп атайды және оның сан мәнін Рейнольдс саны арқылы анықталады, бұл шама ағыстың түрін сипаттайды және өлшем бірліксіз болып келеді. Рейнольдс саны деп $Re = Dv\rho/\eta$ өрнегімен анықталынатын шаманы атайды, мұндағы v - сұйық ағысының жылдамдығы, ρ және η - сұйықтың тығыздығы мен тұтқырлығы, D - ағыстың берілген жағдайдағы кедергісі сипаттайтын шама (мысалы, осы жағдайда түтік диаметрі). Шығу мәнінде ағыстың ламинарлыдан турбулентке өтетүін сипаттайтын Рейнольдс санын эксперимент арқылы анықтайды. Мысалы, ішкі жылтыр, цилиндр түтік ішінде аққан су үшін бұл шама $Re=2300$ тең.

Кейбір медициналық іс әрекеттерге сұйық тұтқырлығының әсері.

а) Наркоз.

Кейбір медициналық емдеу іс шараларында наркоз қолданылатыны белгілі. Пациенттің наркоз аппаратына эндотрахеальды және т.б. түтіктер арқылы берілетін ауа қоспасы ешқандай қиындықсыз, көп күш жұмсамай демалуын қамтамасыз ету өте маңызды (1-сурет).



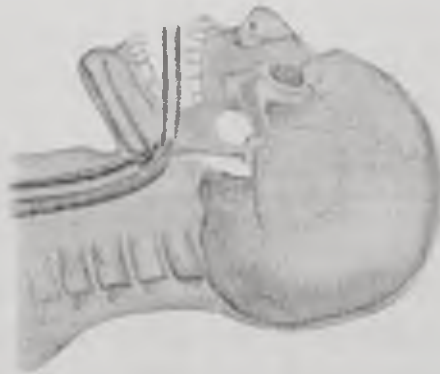
1- сурет. Пациенттің эндотрахеальды түтік арқылы дем алуы

Ол үшін пациенттің дем алатын газ қоспасының түтік арқылы қозғалысы бір қалыпты болып қамтамасыз ету қажет. Осы мақсатта қолданылатын түтік қабырғаларының бір тегіс болмауы, күрделі иіліп қалуы немесе ішкі диаметрлерінің әр түрлі өзгеруі газ ағысының ламинарлыдан турбулентті болуына алып келеді (2-сурет).



2- сурет. Көлденең қимасының әр түрлі болуы салдарынан түтік ішіндегі ауа қозғалысының турбулентті болуы.

Төменгі суретте пациент басының рентгенограммасы берілген. Онда кеңірдектегі эндотрахеальды түтіктің иіліп немесе қысылып қалғаны көрінеді, бұл пациенттің дем алуын қиындатады және ауа ағысы турбулентті болады.



3-сурет. Эндотрахеальды түтіктің қысылып қалғаны көрінген рентгенограмма.

в) Шприц және тамшылатқыш арқылы сұйықты енгізу.

Көптеген дәрілік сұйықтарды денеге өте қарапайым құрал - шприц арқылы ендіреді немесе егеді. Бірақ осы құралдың жұмысын сипаттағанда оның цилиндр тәрізді іші мен ине ішіндегі қысымдарының әр түрлі болуынан, қысымдар айырмасының ΔP пайда болатындығын ескермейді. Егер шприц поршынына түсетін күшті F деп, ал оның ауданын S алсақ, онда цилиндр ішіндегі қысым $P=F/S$ тең болар еді.

Көп жағдайларда поршеннің қозғалысы өте баяу болғандықтан цилиндрдегі динамикалық қысымды ескермеуге болады деп санайды, яғни бұл жағдай шприц пен ине ішіндегі қысымдарды бір біріне тең деуге мүмкіндік береді, бұл қате пікір. Өйткені, сұйықтың инеге енетін тұстағы ағыны тығыздалып, соның салдарынан оның жылдамдығы күрт артады, яғни ағыс турбулентті

сипат алады, бұл өз кезегінде қысымның өзгеруіне алып келеді.

Енді осы құбылысты тереңірек қарастырайық. Дәл жүргізілген есептеулер ине ішіндегі қысымның өзгерісі ΔP мына түрдегі квадрат теңдеуді шеру арқылы анықталынатындығы көрсетті:

$$\frac{\rho D^4}{1024(\eta L)^2} \Delta P^2 + \Delta P - \frac{F}{S} = 0, \quad (1)$$

мұндағы ρ - сұйық тығыздығы, η - оның тұтқырлық коэффициенті, D және L ине диаметрі мен оның ұзындығы, F - шприц поршеніне түскен күш шамасы, S - поршень ауданы. Осы теңдеуді шешу арқылы поршеннің u жылдамдығын, сұйықтың Q көлемдік жылдамдығын, оның инеден ағып шыққандағы v жылдамдығын анықтауға болады:

$$u = \frac{\pi \Delta P D^4}{128 \eta L S}, \quad Q = uS, \quad v = \frac{4Q}{\pi D^2}. \quad (2)$$

Төмендегі кестеде тығыздығы $\rho = 1 \text{ г/см}^3$, тұтқырлығы $\eta = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$, поршенге түскен күш $F=5\text{Н}$, оның ауданы $S=1\text{см}^2$ тең және ине ұзындықтары бірдей 4 см, бірақ диаметрлері бір бірінен 1,5 есе өзгеше болатын шприцтегі сұйықтың қысымын P , оның жылдамдығын u , қысымдардың өзгерісін ΔP , сұйықтың Q көлемдік және v сызықтық жылдамдықтарының сан мәндері берілген.

L, см	D, мм	F/S, Па	ΔP , Па	u , м/с	Q , см ³ /с	v , м/с	Re
4	0,3	50 000	41 490	0,00206	0,206	2,92	875
4	0,45	50 000	28 980	0,00729	0,729	4,58	2063

Кестеде берілген мәліметтерді салыстыру мына жағдайды көрсетеді: шприц пен ине ішіндегі қысымдар әр түрлі шамаға тең яғни олардың шамасы F/S тең емес, ине диаметрінің 1,5 есе ұлғаюы көлемдік жылдамдықты 3,5 есеге артырады, ал формула бойынша ол шама 5 есеге артауы тиіс болатын, яғни Паузейль заңына сәйкес ол шама $1,5^4 = 5,06$. Бірақ бұл өзгерістер сұйық ағысының түрін өзгерпейді, яғни шприц пен ине ішіндегі ағыс ламинарлы күйін сақтайды.

Дәрілік заттарды вена тамыры арқылы ендіретін тағы бір құрал – тамшылатқыштың жұмысын қарастырайық

Жоғары h биіктікке көтерілген дәрілік сұйықтың төмен қарай ағуы, осы биіктік әсерінен пайда болатын қысым айырмашылығы себебінен туындайды деп саналады. Бұл кездегі сұйыққа әсер етуші қысым F/S орнына сұйықтың гидростатикалық қысымын ρgh алсақ жеткілікті, сонда (1) және (2) теңдеулерді қолданып, сұйықтың тиісті жылдамдықтарын, қысым айырмашылығын анықтауға болады.

Төмендегі кестеде $h=60$ см биіктік үшін анықталған мәліметтер берілген, мұндағы тығыздықты $\rho = 1$ г/см³, тұтқырлықты $\eta = 0,001$ Па·с, поршенге түскен күшті $\rho gh = 6000$ Па·с, ауданды $S=1$ см² тең алсақ төмендегідей мәліметтерді аламыз:

L, см	D, мм	ΔP , Па	u , м/с	Q , см ³ /с	v , м/с	Re
4	0,8	3292	0,002756	0,827	1,65	1317

Теориялық тұрғыдан қарағанда анықталған мәліметтер дұрыс, яғни жоғарыдағы теңдеулерге тиісті мәліметтері қойып, есептесек, осындай шамалар шығады, ал дәл жүргізілген есептеулер (500 мл сұйық 30 минут ішінде ағады деп алсақ) көлемдік жылдамдықтың $Q = 0,278$ см³/с тең екендігін көрсетті. Мұндай өзгешелік, сұйық ағатын түтікті қысатын қысқыш әсерінен пайда болатын гидравликалық кедергіні ескермеуден келіп шығатындығын көрсетті.

2) Риноманометрия

Толық қанды дем алу адам ағзасының бір қалыпты болуының физиологиялық басты шартының бірі, ол өз кезегінде мұрын қуысы арқылы ауаның дұрыс өтуіне тікелей байланысты. Мұрын қуысы арқылы дұрыс дем алу кейбір патологиялық өзгерістерге де байланысты болады, мысалы туа біткен жоғары ерін және таңдайдың жырығы мұрын арқылы дұрыс дем алуға мүмкіндік бермейді. Мұндай патологияны тек хирургиялық әдіспен, мысалы, ринохейлопластик деп аталатын хирургиялық реконструктивті жолмен ғана емдейді. Жасалған хирургиялық отаның нәтижесін анықтау үшін риноманометрия – мұрын арқылы өткен ауа көлемі мен оның кедергісін анықтау әдісін қолданады. Мұрын қуысындағы ауа қозғалысының жылдамдығы Пуазейль формуласына тәуелді болғанымен, оның қозғалысының сипаты мұрын қуысының көлеміне, оның ұзындығы мен диаметріне,

ондағы қысымның өзгерісіне байланысты болады. Осы параметрлерді тіркеу-риноманометр деп аталатын құралды көмегімен орындалады, ол мұрынның бір қуысындағы қысымды өлшейді, ол кезде пациент мұрынның екінші қуысы арқылы дем алады. Аталған іс әрекет мұрынға бекітілген катетер арқылы жүргізіледі.

Риноманометр құралының компьютерлік бағдарламасы әр мұрын қуысының дем алу мен дем шығару кезіндегі ауа көлемі оның кедергісін автоматты түрде анықтайды, тіркейді және талдайды. Осы арқылы опадан кейінгі мұрын арқылы дем алудың қаншалықты дұрысталғандығын анықтауға мүмкіндік аламыз.

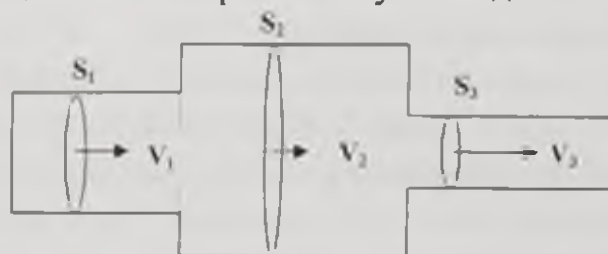
д) Фотогемотерапия

Кейбір аурулар қан тұтқырлығының артуына алып келеді, оны кеміту үшін фотогемотерапия деген әдіс қолданылады. Бұл әдіс бойынша пациенттің қан тамырынан алынған 100-200 мл қанды ультракүлгін(УК) сәулемен өңдеп, қайта тамырға жібереді. 5 минуттан соң бүкіл тамырдағы қан тұтқырлығының кемігіндігі байқалады. Жүргізілген зерттеулер, гемотерапия кезінде жаңа ағатын қан тұтқырлығының кемуі күшті байқалатындығын көрсетті, ал жылдам ағатын қанның тұтқырлығы тіптен өзгермейді екен. Қанды УК сәулемен әсер ету эритроциттердің бірігу қабілеті күрт төмендетеді, олардың деформациялануын күшейтеді, тромбтардың пайда болуын кемітеді. Осы құбылыстар қанның макро және микроциркуляциясын жақсатуға алып келеді.

Сұйықтың ағу жылдамдығы көлемдік және сызықтық деген шамалармен сипатталады. **Көлемдік жылдамдық Q** деп, бірлік уақыт ішінде түтік арқылы ағып өткен сұйықтың V көлемін атайды $Q = V/t$, бұл шама мл/с, л/мин және т.б. өлшенеді. **Сызықтық жылдамдық v** деп, сұйықтың бірлік уақыт ішінде ағып өткен жолының ұзындығын атайды: $v = L/t$. Көлемдік және сызықтық жылдамдықтар мына түрде өз ара тәуелді: $Q = v \cdot S$, мұндағы S аққан сұйықтың көлденең қимасы.

Түтік арқылы ағып жатқан біртұтас сұйық үшін мына ереже орындалады: түтіктің кез келген көлденең қимасы арқылы бірлік уақыт ішінде бірдей көлемде сұйық ағып өтеді: $Q = v \cdot S = \text{const}$, бұл өрнекті сұйық ағысының үздіксіздік теңдеуі деп атайды. Мұнан $v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2$ немесе $S_1/S_2 = v_2/v_1$ тең: аққан сұйықтың көлденең қимасы үлкен болған сайын, оның жылдамдығы төмен болады. $S_2 > S_1 > S_3$ мұнан $v_3 > v_1 > v_2$ (4 сурет).

Жалпы қанның тамыр бойымен ағуының басты себебі жүрек жұмысының әсерінен қан тамырында пайда болатын қысымның атмосфералық қысымнан артық болуынан деп саналады.



4 сурет

Олай болса радиусы R , ұзындығы L болатын түтіктің басы мен соңындағы қысым p_1 және p_2 болса, онда осы түтік арқылы 1 секунда ағып өтетін сұйық көлемі мына өрнекпен анықталады:

$$Q = (p_1 - p_2) \pi R^4 / 8 \eta L.$$

Бұл өрнек Пуазейль формуласы деп аталады. Өрнектегі $X = 8 \cdot \eta \cdot l / \pi \cdot R^4$ шама гидравликалық кедергі деп аталады, сонда Пуазейль формуласы мына түрге келеді:

$$Q = (p_1 - p_2) \pi R^4 / 8 \eta L = \pi R^4 \Delta p / 8 \eta L = \Delta p / X.$$

Гидравликалық кедергі электр тізбегі үшін Ом заңына ұқсас, тізбектей және параллель қосылған электр тізбегінің толық кедергісі мен осылайша қосылған түтіктер жүйесінің гидравликалық кедергісі бірдей өрнектермен есептеледі: тізбектей қосылған жүйе үшін: $x = \sum_{i=1}^n x_i$ болса, параллель қосылған жүйе үшін $\frac{1}{x} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}$.

Пуазейль формуласындағы $(p_1 - p_2) / L$ шаманы, қысым градиенті dp/dl алмастырсақ онда, Пуазейль формуласы мына түрге келеді және оны көлденең қимасы өзгермелі түтікке қолдануға болады:

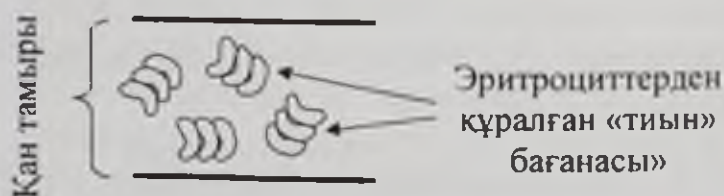
$$Q = \frac{\pi R^4}{8 \eta} \frac{dp}{dl}$$

Бұл өрнектен, түтіктің көлденең қимасынан ағып өтетін сұйық көлемі оның радиусының төртінші дәрежесіне тәуелді екендігі көренеді. Егер атеросклероз әсерінен қан тамырының радиусы 2 есе кішірейсе, онда осы қан тамыры арқылы ағатын қан көлемін бұрыңғы қалпында ұстап тұру үшін оның қысымын 16 есе арттыру қажет екен, ал бұл мүмкін емес, өйткені жүрек мұндай қысым

тудыра алмайды. Мұндай жағдайда қан тамыры радиусы бұрынғы қалпына келтіру қажет. Сондықтан гипертонды дәрілердің бір әсері қан тамырын кеңейтуге бағытталған. Осы арқылы олар қан қысымын реттейді.

Ньютондық емес деп, тұтқырлығы жылдамдық градиентіне dv/dx тәуелді болатын сұйықтарды атайды, оларға қан жатады. Жалпы түрде қанды эритроцит, лейкоцит және тромбоциттерді плазмадағы ертіндісі немесе суспензиясы деп қарастырған дұрыс. Бірақ қан құрамындағы лейкоцит пен тромбоциттердің көлемі 2% аспайды, сондықтан бұл бөлшектердің қанның механикалық қасиетіне тигізетін әсері өте төмен, қанның негізгі механикалық физиологиялық қасиеті эритроцитке байланысты.

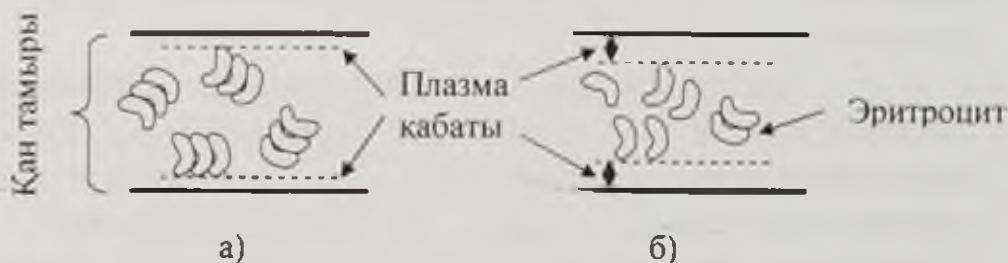
Қанның кең, тар тамырлары және капиллярлар арқылы ағуында үлкен айырмашылықтар бар. Ірі қан тамырларда эритроциттер бір-біріне жабысып «тиын түріндегі бағана» тәрізді агрегаттық құрықұрайды (5 сурет). Егер әр эритроциттің диаметрі 8 мкм жуық болса, онда эритроциттен құралған агрегаттың өлшемі 80 мкм болады. Ірі қан тамырлардағы қанның жылдамдық градиенті төмен тұтқырлығы 5 мПа·с болады. Кей патологиялық құбылыстар әсерінен қан эритроциттерінің агрегаттық күйге көшуі деңгей жоғарылауы мүмкін, соның әсерінен қанның тамыр бойымен ағуына қосымша энергия қажет етіледі.



5 сурет.

Қан тамырларының тарылуы (кішірейуі) қанның жылдамдық градиентін жоғарылатады, соның әсерінен агрегаттық күйдегі эритроциттер жеке-жеке жасушаларға бөлшектенеді, яғни «тиын түріндегі бағана» тәрізді агрегаттық күй бұзылады. бұл кезегінде қанның тұтқырлығын азайтады. Тар қан тамырларда қан тұтқырлығының төмендеу құбылысын «сигма» феномені немесе «Фареус-Линдквист» эффектiсi деп атайды. Бұл құбылыс диаметр 500 мкм аз болатын қан тамырларында байқалады, ал мұндай құбылыс капиллярларда күшті байқалады, соның әсерінен ондағы қан тұтқырлығы ірі қан тамырларға салыстырғанда екі есе кемі.

плазма тұтқырлығына дейін төмендейді. Қан тұтқырлығының төмендеуін былайша түсіндіруге болады, капиллярлар қабырғаларына өте жақын қабатпен қан плазмасы ағады, сонда қан тамырындағы аққан эритроциттер «плазма қабатымен» қапталған тәрізді болып келеді (6а-сурет). Бұл аймақтағы эритроциттер концентрациясы нөлге жақын, бірақ тамыр ортасына жақындаған сайын эритроцит концентрациясы артады.



6 сурет. Капиллярдағы эритроциттің төменгі(а) және жоғары(б) жылдамдық кезіндегі көрінісі.

Тар қан тамырларында ағыс жылдамдығының артуы эритроциттің деформациялануын туғызады, бұл эритроцит пен тамыр қабырғасы арасындағы саңлаудың одан ары ұлғаюына алып келеді, нәтижесінде қанның тұтқырлығы одан ары төмендейді (6б- сурет).

Эритроцит өте созылмалы, майысқақ болып келеді, соның салдарынан оның қос ойыс дискі түріндегі формасы деформацияланып, диаметрі 3 мкм болатын капилляр ішіне оңай кіріп кетеді, бұл эритроцит мембранасының капилляр қабырғасымен жанасатын ауданын ұлғайтып, ондағы зат алмасуды жақсартады және капиллярдағы аққан қанның тұтқырлығын кемітеді (7-сурет).



7 сурет.

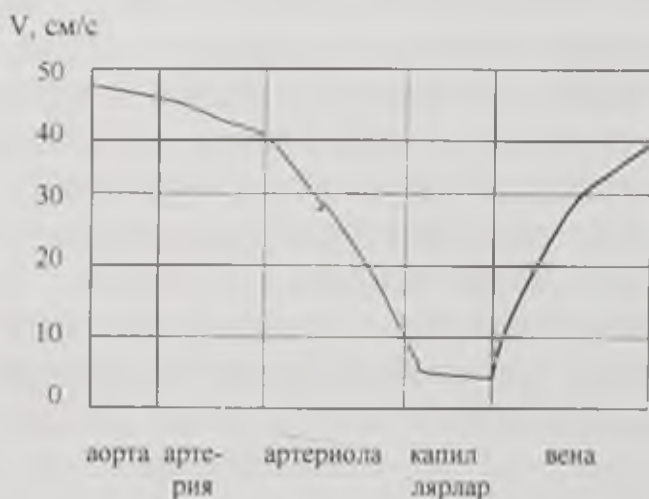
Капилляр жүйесіндегі осындай құбылыстар жүрекке түсетін күшті азайтады. Кей патология әсерінен эритроцит кабырғасының майысқақтығы (эластикалықтығы) төмендейді, нәтижесінде қан айналысы нашарлайды. Эритроцит концентрациясының ұлғаюы немесе кемуі қан тұтқырлығын өзгертеді. Мысалы, қалыпты жағдайда қан тұтқырлығы 4-6 мПа болса, анемия (эритроциттің кемуі) кезінде 2-3 мПа-с дейін төмендейді, ал полицитемияда бұл көрсеткіші 15-20 мПа-с дейін жоғарылайды екен.

Енді қанның гемодинамикалық сипаттамалары - қысымы мен ағу жылдамдығын қарастырайық. Қан тамырлар аорта артерияға, ол артериолаға, ол өз кезегінде капиллярларға тармақталып кетеді, бұл әр жеке тармақтың (тамырдың) диаметрінің кішірейуіне, бірақ осы тамырлар жүйесіне енетін барлық тармақтардың ауданының қосындысының ұлғаюына алып келеді. Ағыстың үздіксіздік теориясына сәйкес сұйықтың сызықтық жылдамдығы v түтіктің көлденең қимасының ауданына кері пропорционал болатын, осы принципке сәйкес ең жылдам қан ағысы аортада байқалады, өйткені оның көлденең қимасының ауданы тамырлар жүйесінде ең кішісі болып саналады және қан жылдамдығы аортадан капиллярға қарай біртіндеп азая береді. Барлық капиллярдың ауданы аорта ауданынан 500-600 есе көп болғандықтан капиллярдағы қан ағысының жылдамдығы 500-600 есе аз, оның шамасы 1 мм/с төңірегінде. Қалыпты жағдайда аортадан қан жылдамдығы 0,5 м/с ден 1 м/с дейін болса, үлкен физикалық жүктеме кезінде ол 20 м/с дейін жоғарылайды.

Капиллярдағы қан ағысының төмен болуы қан мен ұлпа арасындағы зат алмасуды қамтамасыз етеді, бұл мысал ағзадағы зат алмасу процесінің негізгі бөлігі капиллярларда өтетіндігін көрсетеді. Капиллярлар біріге келе вена тамырына айналады, вена тамырының саңлауы барлық капиллярларға салыстырғанда екендігі белгілі, соның салдарынан венадағы қан ағысының сызықтық жылдамдығы артады. 8- суретте тамырлар жүйесінің түрлі аймағындағы қан жылдамдығының өзгеруі көрсетілген.

Енді үлкен қан айналысы шеңберінде орын алатын құбылысты талдайық. Жалпы жүректі белгілі бір ырғаты түрде жұмыс істейтін насос деп қарастыруға болады. Оның жұмыстың фазасы, яғни жүректің жиырлуы (оны систола деп атайды) бо

жүрістік фазамен, яғни жүректің босаңсуымен (оны диастола деп атайды) кезектесіп отырды.



8- сурет

Жүректің жиырылуы, яғни жұмыстық фазасы систола кезінде сол жақ қарыншадан 60-70 мл көлеміндегі қан аортаға және одан тарайтын артерияларға қарай ағылады. Тамырлардың қабырғалары серпімді болғандықтан, систола кезінде пайда болатын қан қысымы әсерінен тамыр қабырғалары созылады. Нәтижесінде, ірі қан тамыры үлкен көлемдегі қанды қабылдайды. Мұнан соң жүрек босаңсып, диастола кезеңі келеді, тамыр қабырғалары жиырылып толып тұрған қанды одан ары қарай айдайды. Жүректің жиырылуы мен босаңсуы периодты түрде қайталанып, пайда болған қысым әсерінен тамыр қабырғалары тербеліп, 6-12 м/с жылдамдықпен тамырды бойлап тарайды. Бұл тербелісті **пульстік толқын** немесе **пульс** деп атайды.

Пульстік толқынның жиілігі жүректің жиырылу жиілігіне тең, ал таралуы жылдамдығы тамыр параметрлеріне тәуелді, бұл тәуелділік **Мознс-Кортевега** формуласымен сипатталады:

$$v = \sqrt{\frac{E \cdot h}{\rho \cdot d}},$$

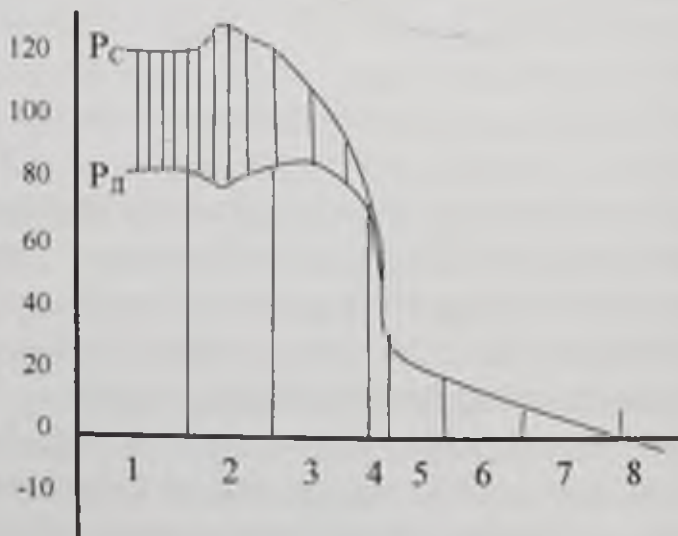
мұндағы E – тамыр қабырғасының серпімділік модулі, h – тамыр қалыңдығы, d – тамыр диаметрі, ρ – тамыр затының тығыздығы.

Пульстік толқынның тамыр бойымен таралу жылдамдығы 6-12 м/с тең болады, ол қанның тамыр бойымен ағу жылдамдығы 0,3-0,5 м/с әлде қайда көп, сондықтан аяқ, қол, т.б. жерлерге пульстік толқын аортадағы қан қысымының төмендеуінен тез

жетеді. Жүргізілген зерттеулер h/d қатынасының адамдар ма артерия түріне байланыссыз екендігін көрсетті. Олай болса пульстік толқынның таралу жылдамдығы тек артерия қан тамыр қабырғасының серпімділігіне, яғни Юнг модулінің өзгеруіне ғана байланысты. Осыған байланысты адам жасының ұлғайуына байланысты және кей аурулардың әсерінен (гипертония, атеросклероз) артерия қабырғасының Юнг модулі артады, сондықтан әсерінен пульстік толқынның таралу жылдамдығы қалыпты жағдайдан 2-4 есе артуы мүмкін.

Систол мен диастол кезінде ірі және орта қан тамырларындағы қан қысымдары бірдей емес (9-сурет).

ҚД, мм.сып.



9 –сурет. 1-аорта, 2- ірі артериялар, 3-кіші артериялар, 4- артериолалар, 5- капиллярлар, 6- венулалар, 7- вена, 8 – жартылай веналар.

Систол (максимал) кезіндегі қан қысымы 110-130 мм.сып. бағанасына тең, ал диастол (минимум) кезіндегі қан қысымы 60-80 мм.сып. бағанасы болады. Үлкен қан айналыс шеңберіндегі капиллярлардағы қан қысымы әр 0,75 мм сайын 3 мм.сып.бағанасынан 15 мм.сып.бағ. дейін төмендейді, ал кіші қан айналыс шеңберіндегі капиллярлардағы қан қысымы 7 мм.сып. бағанасына тең. Үлкен қан айналыс шеңберіндегі венуладағы қан қысымы 15-20 мм.сып.бағанасы болса, кеуде қуысынан тыс аймақтағы ірі веналарда 5-6 мм.сып. бағанасына тең. Жүрек құлақшандағы қан қысымы атмосфералық қысымнан 2-3 мм.сып.

бағанасына кем. Төмендегі 9- суретте үлкен қан айналысы шеңберіндегі түрлі тамырлардағы қан қысымының шамасы көрсетілген.

Қан қысымын манжет арқылы өлшеуді алғаш рет итальяндық дәрігер Рива Роччи 1896 жылы ұсынған болатын. Бұл әдісті 1905 жылы орыс дәрігері Н.С.Коротков одан ары дамытты. Бұл әдіс пульстік толқын шығаратын дыбысты тыңдауға (аскультация) негізделген. Адамның қан қысымын өлшеу үшін білекті орай резинкадан жасалынған манжетті кигізеді. Оған тамырдағы қан ағысы тоқтап, пульс жоғалғанға дейін ауа айдайды (көбіне 220-250 мм.сын.бағ.дейін). Онан соң манжетте орнатылған вентильді жайлап ашып, ауаны шығара бастаймыз, сәлден соң артериядағы қан тамыр бойымен аға бастайды, ағыс турбуленті болғандықтан фонендоскопта шу естіледі, оны Коротков тоны деп атайды, осы мезеттегі манометрдің көрсетуі қанның систолды қысым деп саналады. Манжеттегі ауа қысымын одан ары төмендетіп, артериядағы қан ағысын калыпты жағдайға алып келеміз, бұл кезде қан ағысы турбулентіден ламинарлы ағысқа айналады, нәтижесінде фонендоскопта Коротко тоны(шуы) жоғалады, бұл кездегі манометр көрсетуі қанның диастолды қысымы деп саналады.

Қазіргі кезеңде қан қысымын жоғары дәлдікпен өлшеуде Доплер эффектісін негізделген әдіс қолданылады. Тамырға кигізілген манжет астына удьтрадыбыс (УД) толқынын шығаратын және оны қабылдайтын қондырғы орнатылады. УД толқыны артерияға бағытталады. Манжеттегі қан қысымы систолды қысымға жеткенде, артерия арқылы қан аға бастайды және тамыр қабырғасы тербеледі, осындай қан тамырынан шағылған УД толқынының жиілігі өзгереді, осы өзгерістер арқылы қан қысымын анықтауға болады.

Қазіргі кезеңде қан қысымын автоматты түрде тәулік бойы тіркейтін (мониторинг) қондырғылар бар. Олар артериялық қысымның шамасын, жүрек ұрысын(пульсті), өлшеу кезінде орын алған кателіктерді тәулік бойы уақытқа сәйкес тіркеп, мониторинг жасауға мүмкіндік береді. Құралда тіркелген мәліметтерді компьютер жадына көшіруге немесе қағазға басып шығауға болады. Артериялық қысымның тәулік мониторингі (АКТМ-СМАД) бір рет өлшенген қан қысымына салыстырғанда

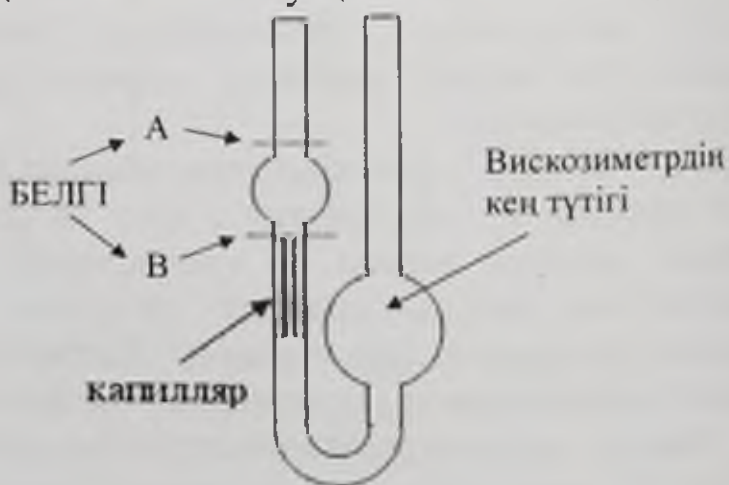
беретін диагностикалық мәліметі көп, сондықтан оны артериялық қан қысымы жоғары ауруларды емдеуде кең түрде қолдануда.

СҰЙЫҚ ТҰТҚЫРЛЫҒЫН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ

Сұйық тұтқырлығын анықтау әдістерін вискозиметрия деп, а оны өлшейтін құралдарды вискозиметр деп атайды. Сұйық тұтқырлығын өлшеу әдістеріне сәйкес төмендегідей вискозиметрлер қолданылады.

1. Капиллярлы Оствальд вискозиметрі. Бұл әдіс Пуазейл формуласын қолдануға негізделген. Массасы немесе көлемі бірдей ауырлық күші әсерінен капилляр түтік арқылы сұйықтың ағып өту уақытын өлшеу арқылы сұйық тұтқырлығы анықталынады.

Өлшеу мына түрде жүргізіледі. Вискозиметрдің кең түтік жағына көлемі белгілі сұйықты А белгісінен асқанша сорғып толтырамыз. Онан соң, сұйықтың төмен қарай ағуын бақылап, оның деңгейі А белгісіне келгенде секундометрді қосамыз, А белгісінен өткен тоқтатамыз. Осылайша сұйықтың А және В белгілері арасында ағып өткен t уақытын анықтамыз (10- сурет).



10- сурет.

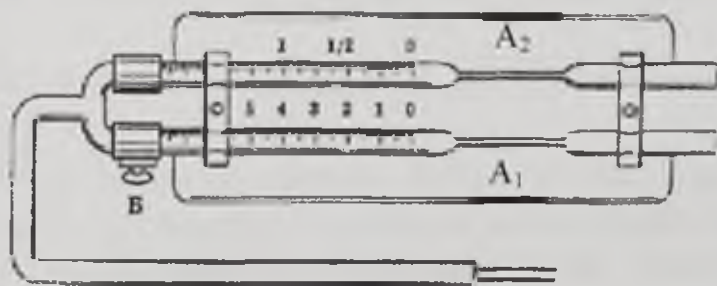
Осы тәжірибені зерттелінетін сұйық үшін де қайталаймыз. Бірдей көлемдегі сұйықтардың капилляр түтік арқылы ағып өту уақыты олардың тұтқырлығына тәуелді, осы қағиданы басшылыққа алып, сұйық тұтқырлығын мына өрнек арқылы анықтаймыз:

$$\eta = \eta_0 \cdot t/t_0,$$

мұндағы η - зерттелінетін сұйық тұтқырлығы, η_0 – судың тұтқырлығы, t – зерттелінетін сұйық ағып өткен уақыт, t_0 - судың ағып өткен уақыты.

2. Гессстың медициналық вискозиметрі. Гесс вискозиметрі параллель орналасқан A_1 және A_2 екі капиллярлы түтіктен тұрады, оның бірімен су, екіншісі арқылы қан ағады және бір сұйықтың тұтқырлығы алдын ала белгілі болуы тиіс, көбіне дистилляцияланған су алынады(11-сурет). Өлшеу былайша орындалады: A_1 түтігіне дистилляцияланған суды сорып толтырамыз, онан соң В кранын жабамыз, бұл A_2 түтігін зеттелінетін сұйықпен толтыруға мүмкіндік береді және оның түтіктегі деңгейі дистилляцияланған су деңгейімен бірдей болуы тиіс. Енді В кранды ашып екі сұйықтың да төмен қарай ағуына мүмкіндік береміз. Белгілі бір t уақыт өткен соң A_1 және A_2 түтіктегі сұйық деңгейлері сәйкес l_1 және l_2 қашықтыққа дейін жылжыйды. Сұйықтың жылу қашықтығы олардың тұтқырлығына тәуелді, яғни

$$\eta/\eta_0 = l_0/l \quad \text{мұнан} \quad \eta = \eta_0 \cdot l_0/l \quad \text{анықталынады.}$$



11 – сурет

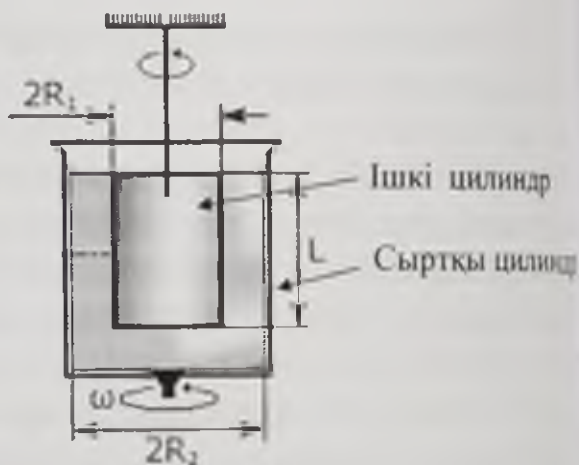
3. Стокс әдісіне негізделген вискозиметр. Радиусы R болатын шарикті цилиндр ыдыстағы сұйыққа вертикаль түрде тастаймыз (12- сурет).

Егер шарик жылдамдығы v аз болса, онда шарикке әсер ететін кедергі күші F , сұйық тұтқырлығына пропорционал болады. Осындай жағдай үшін Стокс формуласын қолданып $F = 6\pi\eta Rv$, онан зерттелінетін сұйық тұтқырлығын мына түрде анықтаймыз $\eta = F/6\pi Rv$.

4. Роторлы вискозиметр. Құрал бір біріне кигізілген, екі коаксиалды цилиндрден тұрады(13-сурет). Ішкі цилиндр радиусы R_1 , сыртқы цилиндрдың радиусы R_2 болсын және $R_1 < R_2$ шарты орындалсын.



12- сурет



13 – сурет

Цилиндрлер арасын биітігі h болатындай етіп зерттелінетін сұйықпен толдырады. Онан соң, ішкі цилиндрді моменті M болатын күшпен айналдырамыз және айналу жиілігін өлшейміз. Осы мәліметтерді қолданып сұйық тұтқырлығын мына өрнекпен анықтаймыз:

$\eta = KM/hv$, мұндағы $K = \Delta R / (4\pi^2 R^3)$ - құрама тұрақтысы.

Роторлы вискозиметр сұйық тұтқырлығының түрлі бұрышты жылдамдыққа тәуелділігін анықтауға мүмкіндік береді және бұл әдіс ньютондық емес сұйық тұтқырлығының жылдамдық градиентіне тәуелділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда қарастырылған әдістердің бірін қолданып, сұйық тұтқырлығын өлшейік. Ол үшін капиллярлы Оствальд вискозиметрін қолданайық. Бұл тәсілдегі есептеу формуласы:

Пуазейль формуласынан $V = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot t \cdot dP}{8 \cdot \eta \cdot L}$ шығарып алуға болады

Мұндағы V – радиусы R капилляр түтік арқылы өтетін сұйықтың көлемі, $dP = P_1 - P_2$ – түтіктің шеткі ұштарындағы қысымдардың айырымы, L – түтіктің ұзындығы, t – сұйықтың ағып өту уақыты. Капилляр түтік арқылы ағып өтетін тазартылған судың көлемі

$V_0 = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot t_{0p} \cdot dP_0}{8 \cdot \eta_0 \cdot L}$, ал зерттелетін сұйықтың ағып өткен көлемі

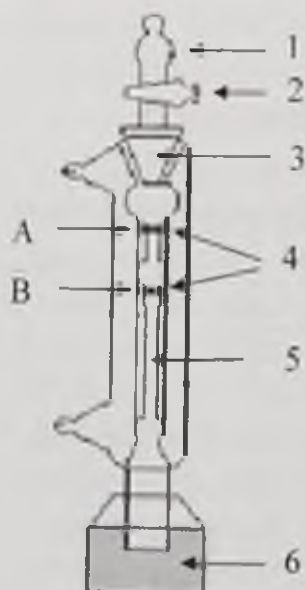
$V = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot t_{xx} \cdot dP}{8 \cdot \eta \cdot L}$ болсын. А және В белгілеріндегі қысымдардың өзгерісі $dP_0 = \rho_0 \cdot g \cdot h_0$, $dP = \rho \cdot g \cdot h$ болады. Екі белгі арасында $V_0 = V \cdot \frac{t_{xx} \cdot \eta_0 \cdot \rho_0 \cdot h_0}{t_{0p} \cdot \eta \cdot \rho \cdot h}$ орындалады деп алсақ, онда

$$\frac{\pi \cdot R^4 \cdot \rho_0 \cdot g \cdot h_0 \cdot t_{\text{сұр}}}{8 \cdot \eta_0 \cdot L} = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot t_{\text{сұр}}}{8 \cdot \eta \cdot L} \quad \text{бұдан (1) түрдегі} \quad \eta = \frac{\eta_0 \cdot \rho \cdot t_{\text{сұр}}}{\rho_0 \cdot t_{\text{сұр}}},$$

есептеу формуласы алынады.

Жұмыстың орындалу реті:

1. Алдымен вискозиметрдің құрылысын, тәжірибенің физикалық негізін жете меңгер.



14 суретте: 1 – насадка,
2 – шыны шүмек,
3 – насадканы
вискозиметрмен қосатын
конус,
4 – А және В белгі,
5- капилляр түтік,
6 – су немесе
зерттерінетін сұйық
құйылған шыны ыдыс

14 сурет. ВПЖ-3 вискозиметрі

2. Тазартылған судың температурасын өлшеп, сол температурадығы судың ρ_0 тығыздығы мен η_0 тұтқырлық коэффициентін арнайы кестеден анықта. Ал зерттелетін сұйықтардың ρ тығыздықтары осы сұйықтар құйылған ыдыстардың сыртында көрсетілген.
3. Шыны шүмекті (2) ашып, резиналы сорғыштың көмегімен (немесе басқа бір жолмен) насадка (1) арқылы оның ортасына жететіндей етіп су тартып, содан кейін шыны шүмекті жап.
4. Вискозиметрден насадканы ажыратқан кезде судың төмен қарай ағуы басталады.
5. Судың ағысы басталмас бұрын секундомерді дайындау керек.
6. Судың жоғарғы деңгейі A_1 белгіден өте берген кезде секундомерді қосып, су деңгейі A_2 белгісінен өткен кезде тоқтатып, судың екі белгі аралығын ағып өту уақыты – t_0 анықта. Тәжірибені 5-7 рет қайтала.
7. Судың орнына зерттелетін сұйық (ерітінді) алып, 2, 3, 4, 5 және 6 нұсқауларды қайталап шығу керек.

8. Зерттелінетін сұйықтың әрбіреуі үшін тәжірибені 5-7 рет қайтала.

9. Зерттелетін сұйықтың η тұтқырлық коэффициентін мына өрнек арқылы есептеп шығар:

$$\eta = \frac{\rho \cdot (t - t_0)}{\rho_0 \cdot t_0},$$

мұндағы ρ – зерттелінетін сұйықтың (ерітіндінің) тығыздығы, ρ_0 – тазартылған судың тығыздығы, t_0 – тазартылған судың екі белгі арасын ағып өту уақытының мәні, t – зерттелінетін сұйықтың екі белгі арасын ағып өту уақытының мәні.

10. Тәжірибелердің нәтижелерін төмендегі кестеге енгіз.

№	Тазартылған су			Зерттелінетін сұйық		
	ρ_0 , кг/м ³	t_0 , с	η_0 , Па·с	ρ , кг/м ³	t , с	η , Па·с
1						
2						
3						
4						
5						
Орташа						

Есептер шығару үлгісі

1. Радиусы $r=1$ мм, ұзындығы $L=10$ см болатын капилляр арқылы $t=5$ с, көлемі $V=1$ см³ су және глицерин ағып өтуі үшін капиллярдың ұштарындағы қысым айырым Δp қаншаға тең болуы керек. Су үшін тұтқырлық коэффициенті $\eta = 10^{-3}$ Па·с, глицерин үшін $\eta = 0,85$ Па·с тең деп ал.

Шешуі: Түтік арқылы t уақыт ішінде ағып өтетін сұйықтың көлемі мына өрнекпен анықталынады: $V = Q \cdot t = (p_1 - p_2) \pi R^4 / 8 \eta L \cdot t$. Мұнан $\Delta p = V 8 \eta L / \pi R^4 t$. Есепте берілген шамаларды СИ өлшем бірлігіне айналдырып, сонан соң берілген өрнекке қойсақ:

$$\Delta p_1 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 / 3,14 \cdot (10^{-3})^4 \cdot 5 = 51 \text{ Па.}$$

$$\Delta p_2 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 0,1 / 3,14 \cdot (10^{-3})^4 \cdot 5 = 43350 \text{ Па.}$$

Жауабы: $\Delta p_1 = 51$ Па, $\Delta p_2 = 43350$ Па.

2. Радиусы $r=1$ см аортадағы қан жылдамдығы $v=30$ см/с. Осы ағыстың түрін анықта, егер қан тығыздығы $\rho=1,05 \cdot 10^3$ кг/м³, оның тұтқырлығы $\eta=4 \cdot 10^{-3}$ Па·с, Рейнольдс саны $Re=2300$ тең болса.

Шешуі: Рейнольдс саны мына өрнекпен сипатталады: $Re = D v \rho / \eta$, мұндағы D – аорта диаметрі, ол $D = 2 \cdot r = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$.

Жылдамдық СИ жүйесінде $v = 30 \cdot 10^{-2}$ м/с тең. Сонда $Re = 1050 \cdot 30 \cdot 10^{-2} \cdot 0.02 / 4 \cdot 10^{-3} = 1575 < Re_{кр}$, мұнан ағынның ламинарлы екендігін анықтаймыз, өйткені анықталған Рейнольдс саны критикалық мәнінен кіші.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) Тест тапсырмалары

1. Қан ағысының көлемдік (Q) жылдамдығы тәуелді.

- A) тамырдың кедергісіне
- B) тамырдағы қысым айырмашылығына
- C) тамырдағы қысым айырмашылығы мен кедергіге
- D) қанның құрамына
- E) қанның сызықтық жылдамдығына

2. Барлық капиллярлардың ауданы аорта ауданынан

- A. 200-400 есе көп, сондықтан ондағы қан жылдамдығы
- B. 400-600 есе көп, сондықтан ондағы қан жылдамдығы
- C. 600-800 есе көп, сондықтан ондағы қан жылдамдығы
- 1. 200-400 есе көп, өйткені...
- 2. 20 м/с, өйткені...
- 3. 1 мм/с тең, өйткені...

I. аудан жылдамдыққа тура пропорционал.

II. аудан жылдамдыққа тәуелсіз.

III. аудан жылдамдыққа кері пропорционал.

3. Қан қысымы - бұл ...

- A. қан тарапынан тамырдың қабырғасына әсер етуші үдеу. Бұл шама...
- B. қанның жылдамдығын анықтайтын шама. Бұл шама...
- C. қан тарапынан тамырдың бірлік ауданына әсер етуші күш. Бұл шама...
- D. қанның құрамын бағалайтын шама. Бұл шама...
- E. қан тарапынан тамырға әсер етуші жылдамдық. Бұл шама...
- 1. кг/м^2 өлшенеді.
- 2. Па. өлшенеді.
- 3. н/м өлшенеді.
- 4. Па/м^2 өлшенеді.

4. Сызықты жылдамдық ... өрнегімен анықталады.

A. $v = L \cdot t$, оның өлшем бірлігі...

B. $v = L/t$, оның өлшем бірлігі...

C. $v = L+t$, оның өлшем бірлігі...

D. $v = L/t$, оның өлшем бірлігі...

E. $v = t/L$, оның өлшем бірлігі...

1. л/с

2. мл/см

3. м/с

4. км/сағ

5. Көлемдік жылдамдық Q ... өрнегімен (мұндағы V - сұйықтың көлемі) анықталады.

A. $Q=V \cdot t$, оның өлшем бірлігі...

B. $Q=V/t$, оның өлшем бірлігі...

C. $Q=V \cdot t$, оның өлшем бірлігі...

D. $Q= t /V$, оның өлшем бірлігі...

E. $Q=V \cdot t$, оның өлшем бірлігі...

1. км/сағ

2. м/с

3. л/с

4. л·с

6. Тамыр жүйесінің әр- түрлі бөлігіндегі гемодинамикалық көрсеткіштердің біреуі W - гидравликалық кедергі, ол ...

A. $W = 8\eta // \pi R^2$ тең және ол...

B. $W = 8 R^4 // \pi \eta$ тең және ол...

C. $W = 8\eta // \pi R^4$ тең және ол...

1. тамыр қабырғасының серпімділігіне тәуелді.

2. тамыр радиусына тәуелді.

3. қанның тұтқырлығына тәуелді.

7. Қанның кең, тар тамырлары арқылы ағуында үлкен айырмашылықтар бар. Ірі қан тамырларда эритроциттер....

A. бір біріне жабысып «тиын түріндегі бағана» тәрізді агрегаттық күй құрайды, ал тамыр тарылғанда...

B. бір бірінен алшақтап «тиын түріндегі бағана» тәрізді агрегаттық күй құрайды, ал тамыр тарылғанда...

С. бір біріне жабысып «бағана» тәрізді агрегаттық күй құрайды, ал тамыр тарылғанда...

1. қанның жылдамдық градиенті төмендейді, соның әсерінен агрегаттық күйдегі эритроциттер бірігеді.
2. қанның жылдамдық градиенті жоғарылайды, соның әсерінен агрегаттық күйдегі эритроциттер бөлшектенеді.
3. қанның жылдамдық градиенті өзгермейді, соның әсерінен агрегаттық күйдегі эритроциттер бөлшектенбейді.

б) Есептер

1. Адамның қалыпты систолды қысымы 120 мм. сынап бағанасына тең. Осы шаманы атмосфера және Паскаль өлшем бірлігіне айналдыр.
2. Жүрек әр жиырылғанда қысымы 105 мм. сынап бағанасына тең, көлемі 70 см^3 қанды айдады. Егер осы жүрек минутына 70 рет соғатын болса, оның қуаты неге тең ?
3. Су вискозиметр арқылы 10 с ағып өтсе, көлемі осындай қан қанша уақытта ағып өтеді. Су мен қанның тығыздығы: $\rho_C = 1 \text{ г/см}^3$, $\rho_K = 1.06 \text{ г/см}^3$. Қанның суға салыстырғандағы тұтқырлығы 5 тең, яғни $\eta_K / \eta_C = 5$.
4. Диаметрі 2 см аорт арақылы 1 с ағып өтетін қанның массасын анықты. Қан ағысын ламинарлы деп ал, оның тұтқырлығы $\eta_K = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Қорытынды сұрақтар:

1. Гидродинамика қандай құбылыстарды зерттейді.
2. Сұйық ағысының заңдылықтарын ата
3. Ламинарлы және турбуленті ағыстардың өз ара айырмашылығы, оның медицинадағы маңызы.
4. Сызықтық және көлемдік жылдамдықтар. Пуазейль формуласы.
5. Гемодинамика нені зерттейді.
6. Қан түйіршігі эритроциттің ағу ерекшеліктері.
7. Қан қысымының тамыр бойымен таралуы.
8. Қан қысымын өлшеу әдістері.

6 сабақ. ЕСТУ БИОФИЗИКАСЫ

Сабақ жоспары:

1. Дыбыс туралы түсінік және оны сипаттайтын физикалық шамалар.
2. Дыбыстың интенсивтілігі, қаттылығы және жиілікке тәуелділігі. Дыбыстың түрлері.
3. Құлақтың құрылысы.
4. Сыртқы құлақтың есту ерекшелігі, дыбыс бағытын анықтау.
5. Ортаңғы құлақтың есту ерекшелігі, есту сүйектері және олардың міндеттері.
6. Ішкі құлақтың есту ерекшеліктері, биопотенциалдың пайда болуы.
7. Диагностикалық құралдар: тимпанометрия және аудиометрия.
8. Тақырып бойынша тест тапсырмалары.

Сабақ мақсаты: студенттерді дыбыс және оны сипаттайтын физикалық шамалармен, оның өлшем бірліктерімен таныстыру; құлақтың құрылысымен және ондағы есту құбылысын талдау. Есту диагностикалау әдістерін қарастыру.

Адам өзін қоршаған ортамен әр уақытта тығыз қарым-қатынаста, ол сыртқы ортада болып жатқан құбылыстардан келген мәліметтерді (сигналды) көз арқылы көреді, құлақ арқылы естиді, оған ағза тиісті жауап береді. Осындай сыртқы әсердің бірі: дыбыс толқындары жатады. Адам өмірінде дыбыстың алатын орны ерекше, біз дыбыс арқылы айналамыздағы құбылыстарды танып білеміз, яғни дыбыс - адам ағзасы мен оны қоршаған орта арасындағы байланыстырушы биофизикалық фактор болып табылады.

Дыбыс деп, серпімді ортада тарайтын, жиілігі 16 Гц-тен 20000 Гц аралығындығы жататын механикалық тербелістерді айтады. Мұндай тербелістер адамның сезім мүшесі құлаққа әсер етіп, есту түйсігін тудырады.

Дыбыс туралы ғылым - *акустикада* қолданылатын кейбір физикалық түсініктерді қарастырайық. Алдымен дыбыстың энергетикалық көрсеткіші болып табылатын *дыбыс интенсивтілігі* (күші) деген шамамен танысайық. Дыбыстың интенсивтілігі деген дыбыс толқыны тарайтын бағытқа перпендикуляр орналасқан

бірлік аудан арқылы өткен толқынның энергия шамасын (көлемін) атаймыз, ол мына түрде беріледі:

$$I = \frac{E}{S \cdot t},$$

мұндағы I - дыбыс толқынының интенсивтілігі, E - энергиясы. S - аудан, t - уақыт.

Күнделікті жағдайларда, дыбыспен жүргізілетін тәжірибелік жұмыстарда дыбыс энергиясынан көрі, Паскальмен берілген дыбыс қысымын p қолдану көп ыңғайлы екен. Дыбыс тербелісінің амплитудасы (интенсивтілігі) дыбыс энергиясына сызықты түрде тәуелді, ал ол өз кезегінде дыбыс қысымының квадратына тура пропорционал, осы тұжырым негізінде екі түрлі интенсивтілік үшін мына өрнекті жазуға болады:

$$I_1/I_2 = E_1/E_2 = p_1^2/p_2^2$$

Бұл өрнек дыбыс толқынының интенсивтілігі мен оның қысым арасындағы тәуелділікті сипаттайды.

Қалыпты жағдайда адам құлағы әр түрлі жиілікке сәйкес келетін интенсивтілігі әр түрлі дыбыстардың кең аймағын естиді. Адам құлағының дыбысты естуі қабілетін сипаттау үшін жиілігі 1 кГц сәйкес келетін дыбыс толқынын қолданады. Жүргізілген зерттеулер 1 кГц жиілікке сәйкес келетін, адам құлағы ести алатын ең төменгі стандарттық (эталондық) дыбыс интенсивтілігінің (күші) мәні $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² тең болатындығын анықтады. Бұл шама дыбыс қысымы бойынша $2 \cdot 10^{-5}$ Па тең және оны **естудің төменгі табалдырығы** деп атайды, яғни мұнан төмен дыбыс интенсивтілігін құлақ естімейді.

Акустикада дыбыс интенсивтілігінің сан мәні (деңгейі) $L = k \cdot \lg I/I_0$ өрнегімен сипатталады, мұндағы I - өлшенетін дыбыс интенсивтілігі, I_0 - дыбыс интенсивтілігінің ең төменгі мәні, яғни естудің төменгі табалдырығы ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²).

Егер $k=1$ тең деп алсақ, онда дыбыс интенсивтілік деңгейінің өлшем бірлігі **бел(Б)** деп аталады, егер $k=10$ деп алсақ, онда **децибелмен(дБ)** өлшенеді. Мысалы, дыбыс интенсивтілігі $I=10^{-8}$ Вт/м² тең болсын делік, сонда оның децибелмен анықталған дыбыс деңгейінің өлшемі $L = k \cdot \lg I/I_0 = 10 \cdot \lg 10^{-8}/10^{-12} = 40$ дБ тең болады, ал интенсивтілігі $I=10^{-14}$ Вт/м² тең болатын дыбыс деңгейінің

өлшемі $L = k \cdot \lg I / I_0 = 10 \cdot \lg 10^{-14} / 10^{-12} = -20$ дБ болар еді. Соңғы мысалға сәйкес келетін пациенттің құлағының есту қабілеті нормадағыдан 100 есе жоғары дегенді білдіреді.

Жалпы, интенсивтілік деңгейі $L = 130$ дБ немесе интенсивтілік $I = 10$ Вт/м² болатын дыбыстар адам құлағында ауырсыну тудырады яғни өте қатты естіледі және оны *естудің жоғарғы табалдырығы* деп атайды. Жай сыбырлаған сөзге сәйкес келетін дыбыс интенсивтілігінің деңгейі 20-30 дБ, қатты айқай 80 дБ, стетоскоптағы жүрек тоны 10 дБ, дискотекадағы музыка дыбысы 120 дБ тең болады.

Енді дыбыстың *қаттылығы* E деген шаманы талдайық. Дыбыстың интенсивтілігіне (дыбыс энергиясына) байланысты оның адам құлағына әсерін *дыбыс қаттылығы* (дыбыстың күші деген шамамен сипаттайды. Бұл дыбыстың физиологиялық субъективті сипаттамасы, өйткені интенсивтілігі бірдей екі түрлі дыбыс әр адам құлағында әр түрлі қаттылықпен естілуі мүмкін. Демек сезімталдылық құлақтың физиологиялық қасиетіне байланысты болады, ол өз кезегінде дыбыстың физикалық сипаттамалары болып табылатын тербелістің жиілігіне, дыбыс толқынының интенсивтілігіне (дыбыс күші) байланысты өзгереді.

Акустикада тітіркену мен оның әсерінен туындайтын түйсік (сезу) арасындағы байланыс Вебер-Фехнердың психофизикалық заңымен сипатталады. Бұл заңға сәйкес дыбыс интенсивтілігі I мен оның естілу қаттылығы E арасындағы өз ара тәуелділік логарифметикалық заңмен өзгереді, яғни тітіркену геометриялық прогрессия түрінде өссе, оны сезіну арифметикалық прогрессия түрінде өседі екен. Осы тұжырымға сәйкес дыбыс қаттылығы оның интенсивтілік қатынасының логарифміне тәуелді:

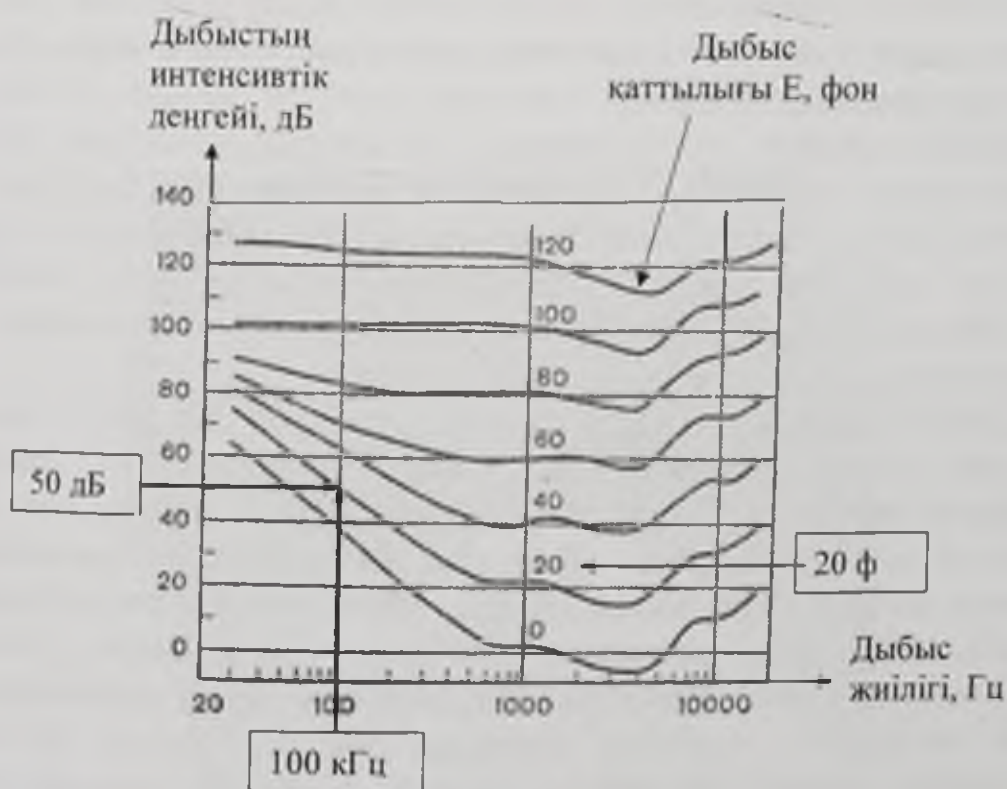
$$E = k \cdot \lg(I/I_0)$$

мұндағы I - өлшенетін дыбыс интенсивтілігі, I_0 - дыбыс интенсивтілігінің ең төменгі мәні, яғни естудің төменгі табалдырығы, k - дыбыс жиілігіне және интенсивтілігіне тәуелді пропорционалдық коэффициент. Дыбыс қаттылығы *фон* деген шамамен өлшенеді.

Дыбыстың құлақта ауырсыну тудырантын ең күшті интенсивтілігі $I_{\max} = 10$ Вт/м² мен естудің ең төменгі шегі $I_0 = 10^{-14}$ Вт/м² арасындағы сандық айырмашылық: $E = k \cdot \lg(I/I_0) = 1 \cdot \lg 10^{13} = 13$

тең болады. Демек дыбыстың қаттылық шкаласын 13 бөліктен (бірліктен) тұратын деп қарастыруға болады.

Акустикада 1 кГц сәйкес келетін дыбыстың қаттылығы мен оның интенсивтілігі тең деп саналады, яғни $k=1$ деп болғанда 1 фон = 1 дБ тең. Басқа жиіліктердегі дыбыстың қаттылығын анықтау үшін өлшенетін дыбыс қаттылығын 1 кГц сәйкес келетін дыбыс қаттылығына салыстырады. 1-суретте көрсетілген сызықтар есіту қабілеті қалыпты адамдарды зерттеу нәтижелерінің орташа мәндері бойынша салынған әр-түрлі жиіліктегі дыбыстың қаттылығы мен интенсивтілігінің арасындағы байланыстың графигі.



1 сурет.

Графиктегі ең төменгі $E=0$ фонға сәйкес келетін интенсивтілік қисығы есіту табалдырығына сәйкес келетін дыбыс қаттылығын көрсетеді. Бұл қисық барлық жиіліктер үшін $E_{\phi}=0$, ал 1 кГц үшін $I_0=10^{-12}$ Вт/м² немесе $L=0$ мәндеріне дәл келеді. Ең жоғарғы қисық естудің жоғарығы табалдырығына сәйкес келеді, бұл кездегі дыбыс қаттылығы 120 дБ. Кез-келген аралық қисықтар дыбыс қаттылығы бірдей әр-түлі жиілікке сәйкес келетін дыбыс интенсивтілігінің деңгейін көрсетеді.

Графиктегі қисық арқылы сәйкес жиіліктегі дыбыс қаттылығы мен соған сәйкес келетін дыбыс интенсивтілігінің деңгейі анықтауға болады. Мысалы: дыбыс жиілігі 100 Гц сәйкес келетін дыбыс интенсивтілігі 50 дБ болса, осыған сәйкес келетін дыбыс қаттылығы қандай болады? Графиктен 100 Гц пен 50 дБ-ның қиылысқан нүктесі дыбыс қаттылық деңгейі 20 фонға тең екендігін көреміз.

Дыбыстың құлақта естілуіне сәйкес **дыбыстың жоғарлығы тембрі** деген шамалармен сипатталады. Тербеліс жиілігіне сәйкес дыбыстың құлақта естілу ерекшелігін **дыбыстың жоғарлығы (кейде биіктігі деп аталады)** арқылы бағалайды. Дыбыс тербелісінің жиілігі өскен сайын оның құлақта естілу биіктігі жоғарылайды, яғни біз еститін дыбыс жіңішкере береді (дыбыс қаттылығымен шатастырма).

Дыбыс **тембр** деп аталатын дыбысты сезінудің сапалық сипаттамасы болатын шамамен де бағаланады, бұл шаманы дыбыстың бояуы деп санауға болады, өйткені бір жиілікке сәйкес келетін дыбысты (бірдей нотаны) әр адам әр түрлі тембрмен шығарады. Ол дыбыс толқынының гармоникалық құраушыларының жиыны.

Дыбыс **үнге** және **шуга** бөлінеді. **Үн** деп тербелісі тұрақты немесе уақыт ішінде жиілігі белгілі заңдылықпен өзгертін дыбысты айтады. Тербеліс пішінінің өзгеруіне қарай үн **жай** және **күрделі** болып бөлінеді. **Жай** үн деп тербелісі гармоникалық заңмен өзгертін дыбысты айтады. Оның негізгі сипаттамасы – жиілік. **Жай** үнді камертон шығарады. Егер үннің тербелісі гармоникалық емес заңмен өзгерсе, онда ол күрделі үн деп аталады. Оны музыкалы аспаптар, адамның дыбыс шығару аппараты шығарады. **Күрделі** үн жай үнге жіктеледі. Жиілігі төменді негізгі үн, ал қалғандарын қосалқы үн деп атайды. **Күрделі** үннің акустикалық спектрі деп интенсивтілігі белгілі әр-түрлі жиіліктердің жиынын айтады. Оның спектрі – сызықты спектр. **Сызықты спектр** деп – жеке жеке жиіліктерден құралатын спектрлер жиынтығын атайды (2-сурет). **Шу** деп уақыт ішінде ретсіз өзгертін күрделі дыбысты айтады. **Шуды** бейберекет өзгертін күрделі үннің жиыны деп қарастыруға болады. Мұндай тербелістер тұтас спектр құрайды (3-сурет).

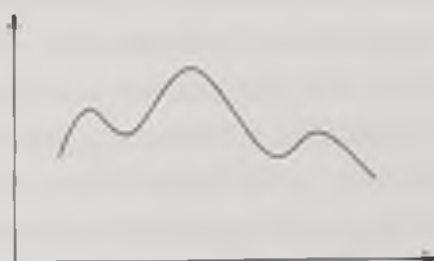
Дыбыс интенсивтілігі, I, дБ



Дыбыс жиілігі,
f, Гц

2- сурет.

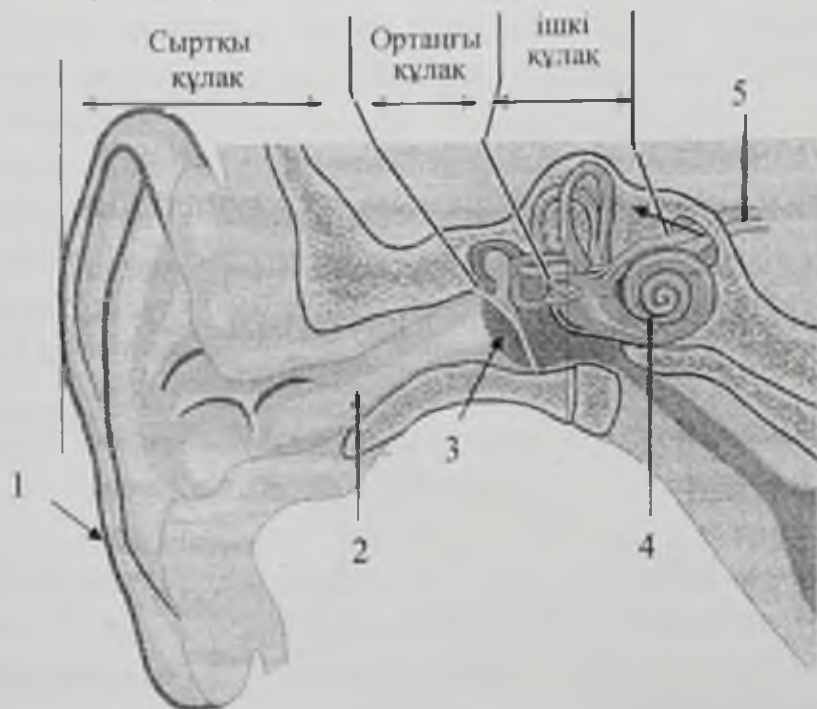
Дыбыс интенсивтілігі, I, дБ



Дыбыс жиілігі,
f, Гц

3- сурет.

Енді құлақтың құрлысын, оның дыбысты есту механизмін қарастырайық. Адамның есту құралы болып табылатын құлақ үш бөліктен: сыртқы, ортаңғы және ішкі құлақтан тұрады (4- сурет).

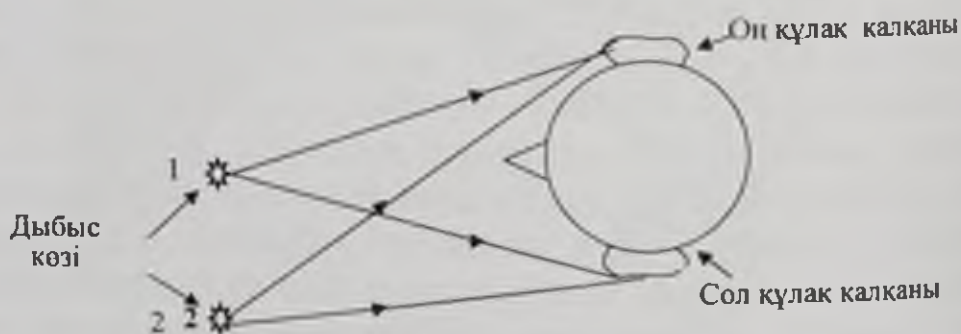


4-сурет. 1-құлақ қалқаны, 2-есту жолы, 3-дабыл жарғағы, 4- иірімді түтік (ұлу денесі), 5- нерв талшығы.

Сыртқы құлақ. Құлақтың сыртқы бөлігі құлақ қалқанынан(1), есту жолынан(2) тұрады. Сыртқы құлақтағы есту жолы дабыл жарғағымен(3) аяқталады, кейде оны құлақ пердесі деп атайды. Құлақ қалқаны қабылданған дыбыс толқынын есту саңлауына бағыттайды және есту жолындағы қабылданған дыбыс толқынының дабыл жарғанына түсіретін қысымын 3 есе артырады.

Ол сонымен қатар, дыбыстың қай бағыттан келгендігін анықтауға мүмкіндік береді. Құлақ қалқанының екеу болуында үлкен маңызы бар, осы арқылы біз кеңістіктегі дыбыс көзінің орналасқан орнын дәл анықтаймыз. Құлақтың мұндай қабілетін дыбыс көзі горизонталь жазықта орналасқан жағдайда бинауральдық құбылыс негізінде түсіндіруге болады. Мысалы, дыбыс көзі 1 нүктеде, адам бетіне қарсы нүктеде орналасқан делік (5- сурет). Сонда дыбыс көзінен тараған, екі құлақ қалқанына жеткен дыбыс толқындары бірдей қашықтықты (жолды) жүріп өтеді, яғни олар үшін жол айырмашылығы $\delta=0$ және фаза айырмашылығы $\Delta\varphi=0$ нөлге тең болғандықтан екі құлақ қалқанына жеткен дыбыс толқындарының фазалары мен интенсивтіліктері бірдей болады.

Егер дыбыс көзі 2 нүктеде орналасқан болса, онда, дыбыс көзінен тараған толқын екі түрлі қашықтықты жүріп өткендіктен олар және сол құлақ қалқанына екі түрлі мезгілде жетеді, соның нәтижесінде құлаққа жеткен дыбыс толқындарының фазалары екі түрлі болады, мұндай өзгешелікті құлақ сезеді. Екіншіден, он және сол құлақ интенсивтіліктері бір бірінен 1 дБ өзгеше болатын дыбысты ажырата алады. Олай болса, оң және сол құлаққа жеткен дыбыс толқындары екі түрлі қашықтықты жүріп өткендіктен олардың интенсивтілігінде аз да болса өзгешелік болады, осы жағдай кеңістіктегі дыбыс көзін дәл анықтауға мүмкіндік береді.



5- сурет.

Есту қабілеті қалыпты жағдайдағы адам құлағы фазалық айырмашылығы $\Delta\varphi=6^\circ$ тен болатын екі толқын көзін бір бірінен ажырата алады, яғни бұл құлақ кеңістікте бір бірінен 1 дБ айырмашылықтағы жақтан екі толқын көзін дәл анықтай алады деген сөз.

Сыртқы құлақтың тағы бір маңызды қызметі ол дабыл жарғағының механикалық зақымдалудан сақтайды, сонымен қатар оның

температурасын, ылғалдылығын, серпімділігін т.б. механикалық қасиеттерін тұрақты күйде болын қамтамасыз етеді.

Сыртқы құлақтағы есту жолы түтік тәрізді болып келеді, оның биіктігі $h=9$ мм, ені $l = 6.5$ мм, ал ұзындығы $L= 2,5-3,5$ см тең. Оны бір жағы ашық, келесі жағы дабыл жарғағымен жабылған түтік тәрізді жүйе деп қарастыруға болады(6- сурет).

Есту түтігі арқылы тараған дыбыс толқыны дабыл жарғағынан аздап шағылады. Шағылған және есту түтігі арқылы тараған дыбыс толқындары бір бірімен әрекеттеседі, яғни есту түтік ішінде интерференция құбылысы орын алады, нәтижесінде тұрғын толқын пайда болып, акустикалық резонанс байқалады.



1-балғаша, 2-төстікше, 3- үзенгі, 4- дабыл жарғасы

6-сурет. Сыртқы, ортаңғы және ішкі құлақтың шартты түрдегі сызбасы.

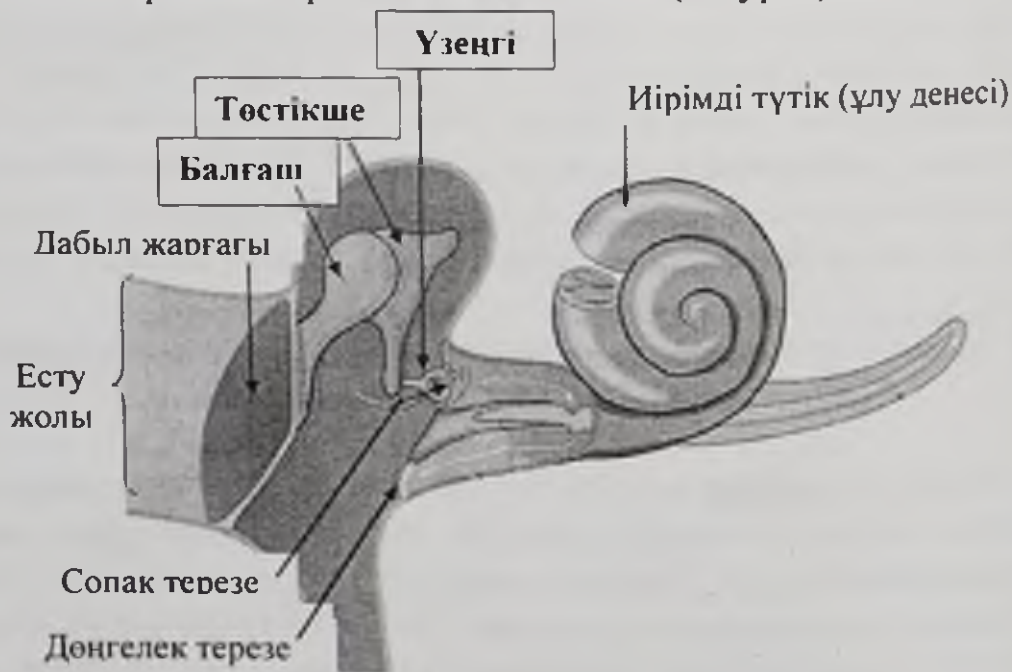
Оның резонанстық жиілігі $f = v/4 \cdot L$ өрнегімен анықталынады, мұндағы f - дыбыс жиілігі, $v = 330$ м/с дыбыстың ауада таралу жылдамдығы, $L= 2,5$ см есту жолының (түтік) ұзындығы. Сонда есту жолы үшін резонанстық жиілік $f = v/4 \cdot L = (330 \text{ м/с})/4 \cdot 10 \text{ см} = 3430$ Гц тең болады. Бұл адам құлағының ең жоғары есту сезімталдығына сәйке келетін жиілік, яғни есту жолы осындай жиіліктегі дыбыстардың амплитудасын азайтпай, ортаңғы құлаққа жеткізеді. Жалпы резонанстық жиілік ер адам үшін 4 кГц аймағында жатыр, ал әйел үшін 6 кГц.

Дыбыс толқыны сыртқы құлақта есту жолындағы ауа арқылы тараса, ортаңғы құлақта дыбыс толқыны балғаша, төстікше және үзенгі деп аталатан дыбыстық сүйектер жүйесі арқылы тарайды, ал

ішкі құлақ жеткен дыбыс толқыны оны толтырып тұрған сұйықтық арқылы тарайды.

Ортаңғы құлақ. Ортаңғы құлақ қаншалықты қажет, неге дыбыс толқыны бірден ішкі құлақтағы ұлу денесіне берілмейді деген сұрақ туындауы мүмкін. Енді осы сұраққа жауап іздеп көрейік.

Алдымен ортаңғы құлақтың құрлысымен танысайық. Ортаңғы құлақта бір бірімен байланысқан «балғаша», «төстікше» және «үзеңгі» деп аталатын естуді қамтамасыз ететін сүйектер жүйесінен тұрады. Балғашаның сабы дабыл жарғағына бекітілген, ал басы төстікшімен байланысқан, ал төстікше болса сопақ терезеге еніп орналасқан үзеңгіге иінді байланыспен бекітілген. Үзеңгі сопақ терезе арқылы ішкі құлаққа дыбыс толқындарын жеткізеді. Олай болса, «дабыл жарғағы мен есту сүйектері» бірігіп сыртқы орта мен сұйықтықпен толтырылған ішкі құлақ арасына байланыстыратын жүйе болып табылады (7-сурет).



7 - сурет. Ортаңғы құлақтың құрылысы.

Дабыл жарғағы есту жолына көлбеу 55° бұрышпен орналасқан. оның қалыңдығы 0,074 мм, биіктігі 9-10 мм, ал ені 8-9 мм.

Балғашаның өлшемдері: сабының ұзындығы 8-9 мм, массасы 25 мг. Төстіктің ұзындығы 7 мм, массасы 30 мг, сыртқы пішіні екі

түбірі бар тіске ұқсас. Үзеңгінің ұзындығы 3,5 мм, массасы 3-4 мг, бетінің ауданы $3,2 \text{ мм}^2$.

Ортаңғы құлақ жұтқыншақ қуысындағы Евстахи түтігі арқылы сыртқы атмосферамен байланысқан, бұл дабыл жарғағының екі жағындағы қысымның бірдей болуын қамтамасыз етеді, осы арқылы дабыл жарғағының еркін тербелуіне мүмкіндік береді және дабыл жарғағының екі түрлі қысымнан орынсыз созылудан сақтайды.

Егер дыбыс толқыны ауадан бірден сұйық ортаға өтсе, онда екі ортаның акустикалық импендасының әр түрлі болуы себепті, ортаны бөліп тұрған шекарадан дыбыс толқыны шағылысады, нәтижесінде сұйық ортаға өткен дыбыс интенсивтілігі күрт төмендейді.

1949 жылы Георг фон Бекеші ішкі құлақтың акустикалық импедансын алғаш өлшеді. Осы ғылыми жаңалығы үшін оған физиология және медицина саласы бойынша Нобель сыйлығы берілді.

Ортаңғы құлақтың сопақ терезесі аймағындағы бірлік ауданға сәйкес келетін импенданс шамасы $Z_{\text{ак}} = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{см}^3$ тең болды, ал ауа үшін бұл көрсеткіш $Z_{\text{ак}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{см}^3$ тең, айырмашылық 500 есе. Егер дыбыс толқыны бірден сопақ терезеге, яғни ішкі құлаққа жетсе, онда дыбыс толқыны одан толығымен шағылысар еді, нәтижесінде біз ешқандай дыбысты естімейміз.

Шындығында адам құлағының дыбысты естуі кезінде мұндай жағдайлар кездеспейді, ортаңғы құлақтағы біз атаған «балғаша, төстікше және үзеңгі» жүйесі екі ортаның акустикалық импендансын бір-біріне жақындатып, үйлестіреді. Жалпы, ортаңғы құлақтың естуді қамтамасыз етуін бірнеше физикалық заңдылықтар негізінде түсіндіруге болады. Соның бірі ретінде ортаңғы құлақтың ауданы үлкен дабыл жарғағынан тараған дыбыс толқынының қысымын, ауданы одан көп кіші сопақ терезеге жоғарылатып (күшейтіп) жеткізуін атауға болады.

Енді осы құбылысты терең талдайық. Алдымен дабыл жарғағына әсер еткен дыбыс толқыны тударатын қысым мен ішкі құлаққа жеткен сол толқынның қысымын салыстырайық. Дабыл жарғағының жалпы ауданы $S_{\text{д}} = 85 \text{ мм}^2$, оның тек $2/3$ немесе $S_{\text{д}} = 55 \text{ мм}^2$ бөлігі ғана тербеліске түседі. Ал сопақ тереземен беттесетін үзеңгінің ауданы $S_{\text{у}} = 3,2 \text{ мм}^2$, яғни ол дабыл жарғағынан 25 есе кіші.

Дабыл жарғанына әсер ететін күш шамасы $F_D = P_D \cdot S_D$ болсын делік, мұндағы P_D - дабыл жарғанына түскен қысым. Егер осы күш үзеңгіге берілсе, онда мына түрдегі теңдеуді жазуға болады:

$$F_D = F_Y \text{ немесе } P_D \cdot S_D = P_Y \cdot S_Y,$$

мұндағы P_Y - үзеңгіге түскен қысым, S_Y - үзеңгі ауданы. Сонымен бірге өрнектен үзеңгіге түскен қысым шамасын анықтайық:

$$P_Y = (S_D / S_Y) \cdot P_D = (55 \text{ мм}^2 / 3,2 \text{ мм}^2) \cdot P_D = 17 \cdot P_D.$$

Мұнан, ішкі құлаққа жеткен дыбыс толқынының қысымы бастапқыдан 17 есе жоғары болатындығы байқалады. Бұл жерде мына жағдайды ескергені жөн, үзеңгінің ауданы сопақ терезе ауданына тең деп саналады.

Ортаңғы құлақтағы «балғаша, төстікше және үзеңгі» жүйесінің тағы бір ерекшелігін қарастырайық. Бұл жүйені үш бөлікте тұратын иін деп санасақ, онда ішкі құлаққа, яғни сопақ терезеге әсер ететін фактор ретінде осы иіндерді айналдырушы моменті қарастыруға болады. Сонымен, бірінші иін ретінде ұзындығы $l_1 = 9$ мм болатын балғашаны, екінші иін ретінде ұзындығын $l_2 = 7$ мм болатын төстікті алсақ, сонда осы жүйені айналдырушы күш моменті мынаған тең болады:

$$F_D \cdot l_1 = F_Y \cdot l_2 \text{ немесе } P_D \cdot S_D \cdot l_1 = P_Y \cdot S_Y \cdot l_2$$

Мұнан, $P_Y = (S_D \cdot l_1 / S_Y \cdot l_2) \cdot P_D = (55 \text{ мм}^2 \cdot 9 \text{ мм}) / (3,2 \text{ мм}^2 \cdot 7 \text{ мм}) \cdot P_D = 22 \cdot P_D$ тең болады.

Осы қарастырылған екі механизм нәтижесінде ортаңғы құлақ дыбыс естуді көп жақсартады, яғни дыбыс интенсивтілігі мынадай шамаға артады:

$$E = 20 \cdot \lg(P_Y / P_D) = 20 \cdot \lg 22 = 31 \text{ дБ}.$$

Бұл анықталған 31 дБ шама, дыбыс толқынының акустикалық импедансы әсеріннен байқалатын шағылу құбылысы нәтижесінде дыбыс интенсивтілігінің кемуі көрсеткішіне өте жақын, өйткені дыбыс тікелей ауадан ішкі құлаққа бірден берілсе оның интенсивтілігі 30 дБ азаяды.

Сонымен, ортаңғы құлақтағы осы екі түрлі биофизикалық құбылыстың нәтижесінде, яғни бірінде ішкі құлаққа әсер ететін дыбыс қысымы артты, екіншіде оған әсер еткен күштен ұтылды.

Бірақ мұндай әсерлер негізінен 1 кГц дыбыс толқындарына тән екен. Жиілігі одан жоғары және төмен дыбыс толқындары нашар күшейтіледі, өйткені мұндай толқындарда екі ортаның (мысалы, сыртқы және ортаңғы құлақ) акустикалық импедансын үйлестіру қиын, соның нәтижесінде дыбыс толқынының біраз бөлігі орта шекерасынан шағылысады.

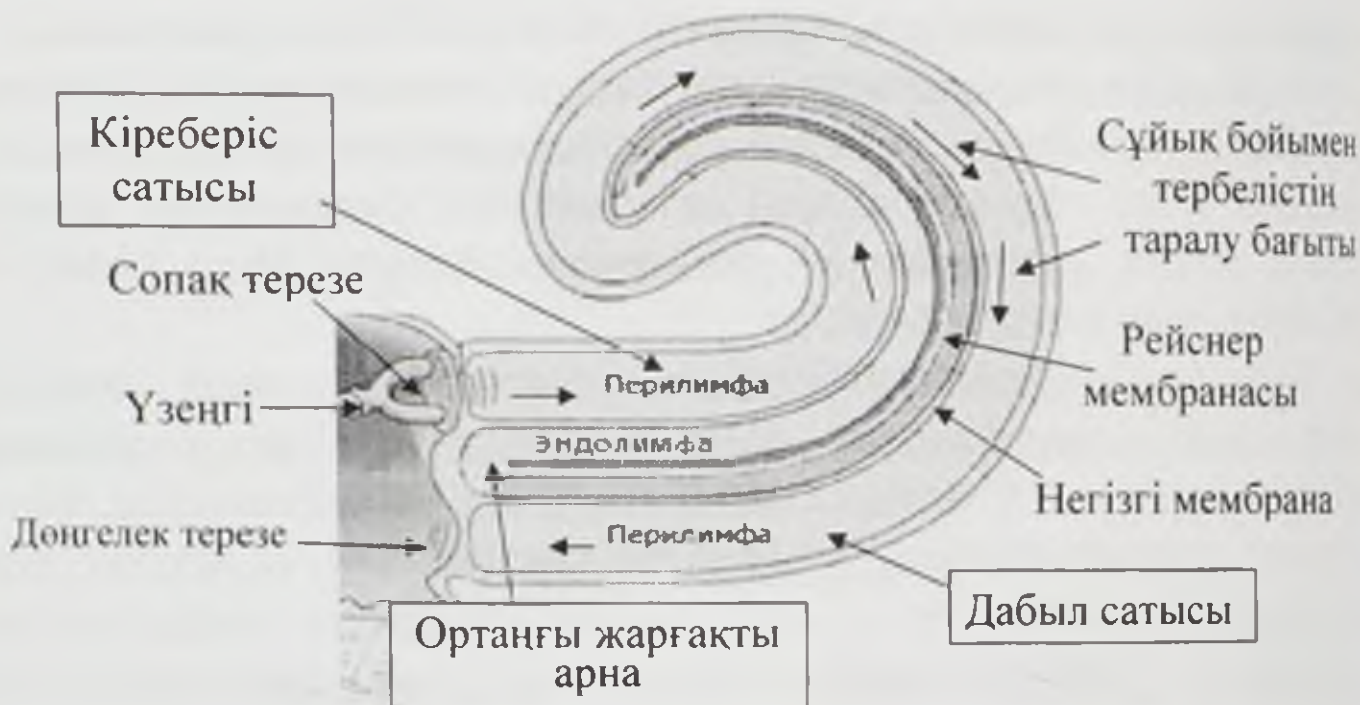
Есту сүйектерінің (балғаша, төстікше, үзеңгі) тағы бір мынандай қасиеті бар. Егер 1 кГц дыбыс толқынының интенсивтілігі өте жоғары болса, онда ол күшейтілмейді, өйткені мұндай дыбыс құлақта ауырсыну тудырады. Өте қатты дыбыс әсерінен ортаңғы құлақтағы дыбыс толқыны интенсивтілігінің төмендеуі балғаша мен үзеңгіге бекітілген жіңішке бұлшық еттердің рефлексі түрде сығылып, есту сүйектерінің қозғалғаштығын азайтауында екен.

Сонымен, ортаңғы құлақтың дыбысты жеткізу жүйесін дыбыс қысымын дабыл жарғанынан ішкі құлаққа жеткізетін, күшейту коэффициенті айнымалы (реттелінетін) механикалық түрлендіргіш (күшейткіш) деп атауға болады. Есту сүйектері зақымдалған жағдайда дыбысты есту $10^3 - 10^4$ есе күрт төмендейді.

Ішкі құлақ. Адамның ішкі құлағы конус тәріздес, ұлудың сыртқы пішініне ұқсас, 2,5 орамнан тұратын спираль түрінде, бұралған иірімді түтік түрінде, сондықтан кей оқулықтарда құлақтың бұл бөлігін ұлу денесі деп атайды.

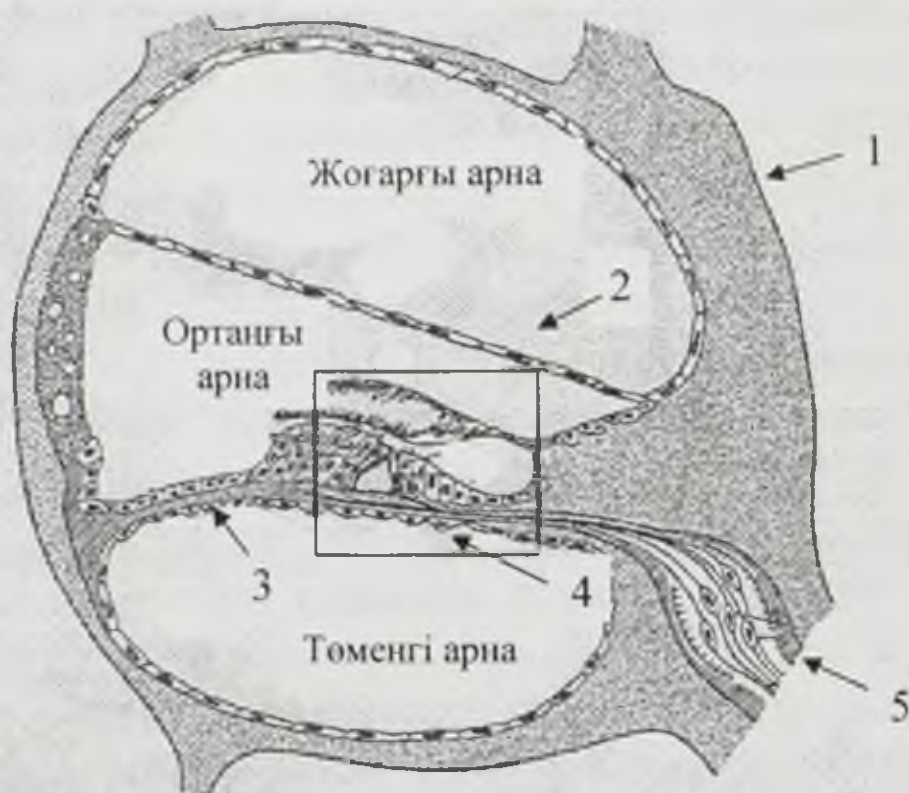
Иірімді түтіктің(ұлу денесі) сопақ терезеден басталатын жоғарғы бөлігі *кіріберіс сатысы*(scala vestibule), төменгі бөлігі – *дабыл сатысы*(scala tympani) деп аталады және иірімді түтіктің төбесіне жеткенде олар геликотрема тесігі арқылы бір бірімен қосылады, төменгі суретте бұл тестік көрсетілмеген(8- сурет).

Бұл екі арна құрамы жағынан жұлын-ми сарысуына ұқсас перилимфа деп аталатын сұйықпен толтырылған. Жоғарғы және төменгі арналар бір бірінен *ортаңғы жарғақты арна*(scala media) арқылы бөлінген, оның іші эндолимфа сұйығымен толтырылған және бұл арна жоғары және төменгі арнамен қатыспайды. Ортаңғы жарғақты арна жоғары арнадан өте жұқа *Рейснер мембранасы* арқылы, ал төменгі арнадан тығыз, әрі серпімді *негізгі мембрана* арқылы бөлінген.



8 – сурет. Ішкі құлақтағы арналардың шартты сызбасы.

Ортаңғы арнадағы негізгі мембрана қабатында дыбыс толқынын қабылдап, оны электр сигналына айналдыратын *Корти мүшесі* орналасқан (9- сурет).



9-сурет. Ұлу денесінің көлденең қимасы. 1-ұлу денесінің сүйегі, 2- Рейснер мембранасы, 3- негізгі мембрана, 4- Корти мүшесі, 5- есту нервтері.

Дыбыс тербелістерін электр сигналына айналдыру Корти мүшесі құрамына енетін, есту рецепторлары болып табылатын

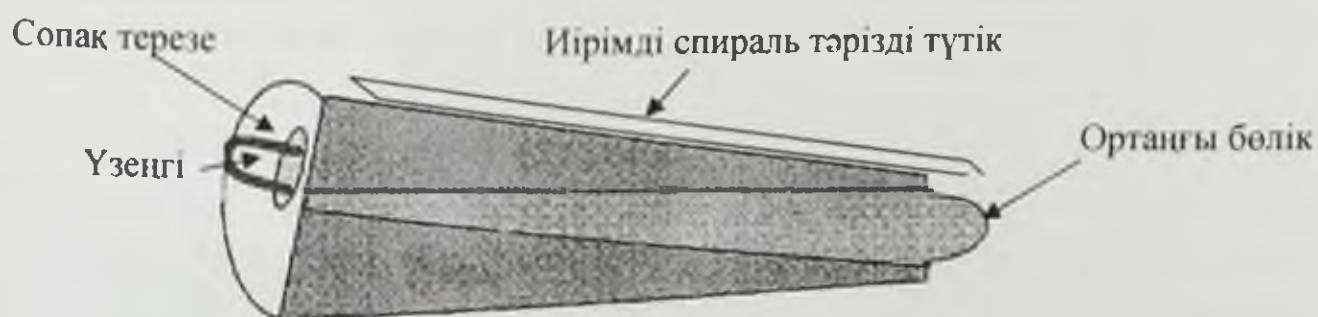
түкті жасушаларда іске асады. Орналасқан аймағына байланысты түкті жасушаларды ішкі және сыртқы деп бөледі.

Енді дыбыстың ішкі құлақта пайда болу механизімін толық қарастырайық. Дыбыс толқыны әсерінен ортаңғы құлақтағы үзеңгі сопақ терезені, яғни созылмалы пердені тербетеді, бұл тербеліс жоғарғы арнадағы перилимфа сұйығына беріледі, ол да тербеліске түседі, онымен геликотрема тесігі арқылы ара байланысқан төменгі арнадағы перилимфа сұйығы да тербеледі. Сопақ терезе мембранасының тербелісі перилимфа сұйығында механикалық толқын түрінде тарайды, ол толқын сұйық ортамен тарап дөңгелек терезеге жетеді, осылайша сұйық ортада дыбыс жиілігіне сәйкес үздіксіз тербеліс пайда болады және ол қума толқынға жатады.

Егер жоғары және төменгі арналардағы сопақ және дөңгелек терезе беттері серпімсіз мембранамен қапталған болса, ондай ортада тербеліс пайда болмас еді, осы себепті екі терезенің де беті серпімді мембранамен жабылған.

Механикалық толқын тарайтын ұлу денесі бір текті емес, онда перилимфа мен эндолимфа тәрізді сұйық орта, негізгі, Рейснер және тектория тәрізді мембраналар орналасқан, ал биомеханикалық жүйеге жататын Корти мүшесі орналасқан негізгі мембрана одан да күрделі болып келеді.

Егер ұлу денесінен негізгі мембрана қабатын бөліп алып ұзына бойы созсақ, онда ұзындығы 30-35 мм, ортаңғы бөлігі бірте бірте жуандаған, яғни сопақ терезе тұсындағы ені 0,04 мм, арна соңында, яғни геликотрема аймағында ені 0,5 мм тең болатын трапеция пішінді құрылымды алар едік (10-сурет).



10- сурет. Созылған негізгі мембрана қимасының шарты сызбасы.

Негізгі мембрананың трапеция пішінде болуы оның сопақ терезе тұсының серпімділігінің өте жоғары болуына, ал соңына қарай

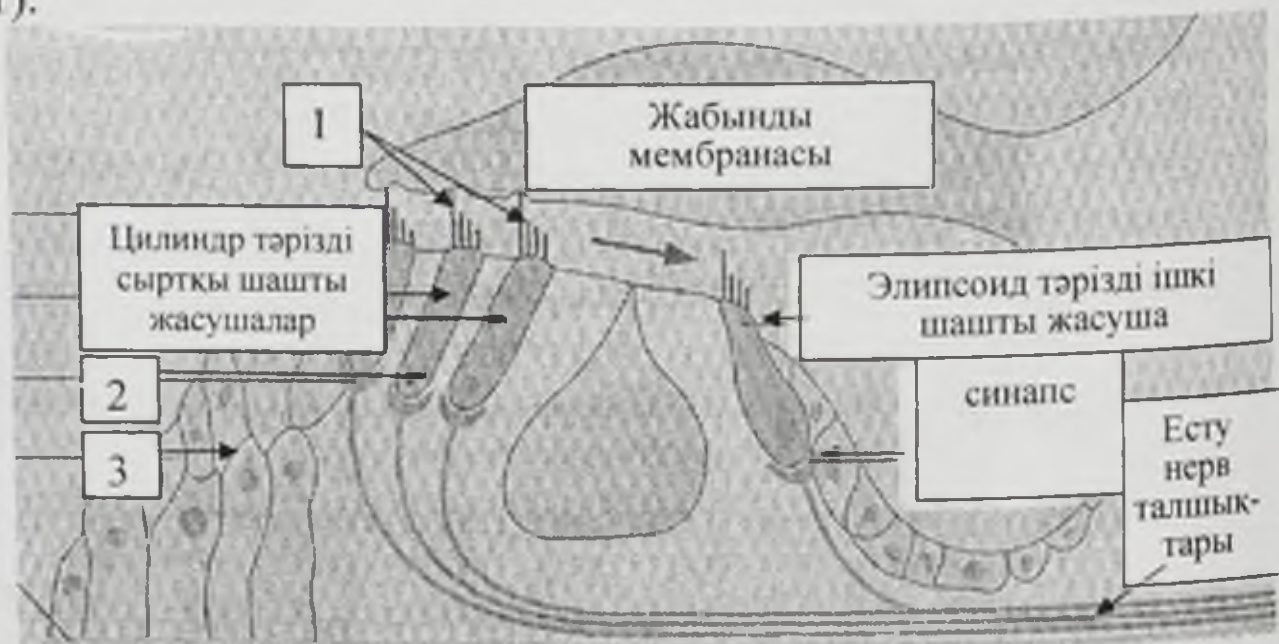
ол қасиеттің екі есе төмендеуіне себеп болады. Негізгі мембрананың мұндай қасиетке ие болуында үлкен мән жатыр. Осындай пішіннің арқасында дыбыс толқындары жиіліктері бойынша бір-бірінен ажыратылады.

Ұлу денесінің негізгі мембрана қабатындағы Корти мүшесінде сыртқы пішіні эллипсоид тәрізді 3500 ішкі түкті жасуша және пішіні цилиндр тәрізді 12000-20000 сыртқы түкті жасушалар орналасқан.

Түкті жасушалар ұлу денесіне келген дыбыс толқынын қабылдап, электр сигналына айналдырып, оны миға жібереді, ал сыртқы түкті жасушалардың өте жай дыбыс толқынын сезетін және дыбыстарды жиіліктері бойынша жіктейтін де қабілеті бар. Мембрана қабатындағы түкті жасушадан сыртқы ортаға қарай *кірпікшелер* өсіп шыққан, олардың ұштары эндолимфа сұйығына батып орналасқан.

Түкті жасушадан өсіп шыққан кірпікшелердің бойы бірте-бірте ұзара берген, оның ұзынын киноцилий, ал қысқасын стереоцилий деп атайды (11-сурет)

Кірпікшелердің ұштары жоғары жағындағы *жабынды (тектория)* мембранасына тиіп тұрады. Жабынды мембранасының бір жағы ұлу денесінің сүйектеріне жабысқан, ал екінші бос жағы жасушаның кірпікшелерінің үстінде салбырап орналасқан (11-сурет).



11 – сурет. Корти мүшесіндегі ішкі және сыртқы кірпікшелер. 1- шашты жасушаның кірпікшесі, 2- синапс, 3- негізгі мембрана қабатындағы жасушалар.

Енді дыбыс толқыны әсерінен Корти мүшесінде болатын құбылысты талдайық. Жалпы, ұлу денесінде интенсивтілігі е...

төменгі дыбыс толқыны негізгі мембрана қабатында, Корти мүшесінде амплитудасы 10^{-9} м болатындай тербеліс тудырады, ал интенсивтілігі одан жоғары дыбыстар негізгі мембрана қабатында амплитудасы 10^{-8} - 10^{-7} м аралықтағы толқындарды тудырады. Бұл есту рецепторларының өте әлсіз механикалық ығысуларды сезетін, өте сезімтал екендігін байқатады.

Дыбыс толқыны әсерінен тербелген негізгі мембрана қабаты жабынды мембрана қабатын тербейді, оған тиіп тұрған стереоцилии кірпікшесі иіледі, осының әсерінен кірпікше еніп тұрған жасуша аймағындағы плазмолемма молекулаларында конформациялық өзгерістер орын алады. Мембрана молекулаларындағы мұндай конформациялық өзгерістер плазмолемманың иондарды өткізуін өзгертеді, яғни түкті жасуша мембранасы арқылы иондық ток өтеді, бұл мембранадағы потенциалдың өзгеруіне алып келеді.

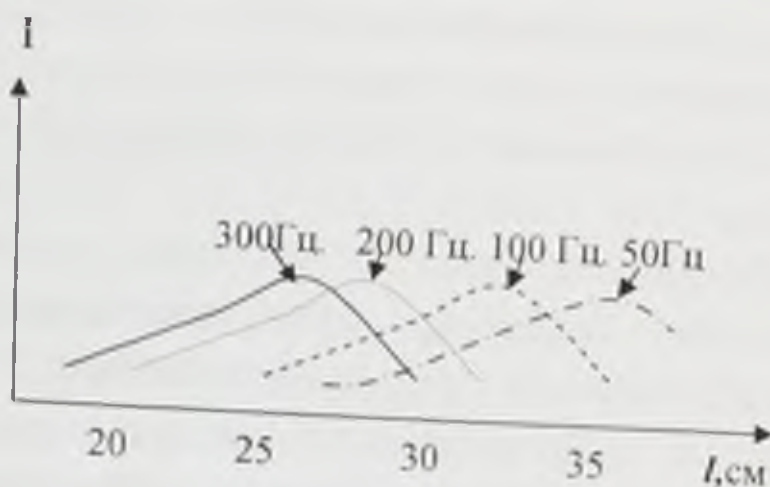
Стереоцилии кірпікшесі киноцилииіге қарай иілгенде рецепторлы жасуша деполяризацияланады, ал керісінше иілгенде ол гиперполяризацияланады. Түкті жасушаның деполяризациясы кезінде ғана есту жүйкесінде (нерв талшығында) потенциалды күшейту орын алады, сондықтан деполяризация кезіндегі мембранадағы потенциалдың өзгеруін түкті жасушадағы **рецептор потенциалы** деп атайды. Рецептор потенциалы түкті жасуша плазмолеммасы арқылы тарап, нерв талшығы арқылы миға жеткізіледі.

Жасуша аралық ортаға және перилимфаға салыстырғанда түкті жасушадағы тыныштық потенциалының шамасы -55-75 мВ аралығында болады. Потенциал дыбыс интенсивтілігіне тікелей тәуелді, дыбыс жоғарылағанда оның шамасы 10 мВ дейін өзгеруі мүмкін.

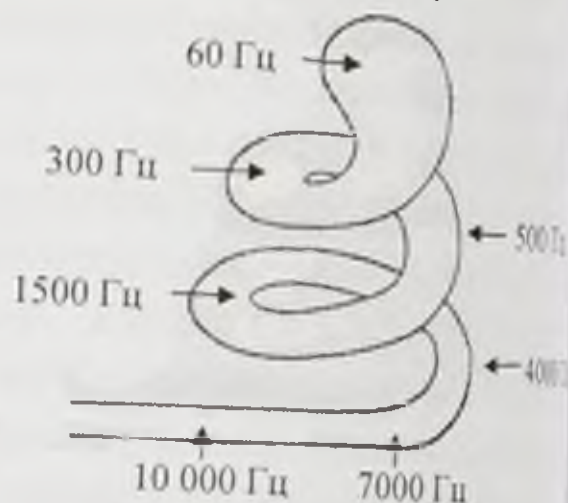
1968 ж. Г.Бекеші жүргізген зерттеулерінде белгілі бір жиіліктегі дыбыс толқыны Корти мүшесіндегі түкті жасушалардың тек бір бөлігін ғана максималды тербелте алатындығын анықтаған. Осы тәрізді басқа жиіліктегі дыбыс толқыны Корти мүшесінің басқа бөлігіндегі жасушаларды тербеліске түсіреді, яғни әр түрлі дыбыс жиілігіне сәйкес келетін дыбыс толықандары негізгі мембрананың әр түрлі бөлігін тербелтеді екен.

Жоғары жиіліктегі дыбыс толқындары әсерінен пайда болатын кума толқын негізгі мембрананың сопақ терезе аймағын максимал тербелтсе, төменгі жиіліктегі дыбыстар оның геликотрема аймағын

максимал тербелтеді, ал жиілігі 1,6 кГц дыбыстар негізгі мембрананың орта тұсын максимал түрде тербеліске түсіреді.



12- сурет.



13- сурет.

12-суретте, дыбыс жиілігіне сәйкес негізгі мембрананың максимал тербеліске түсетін аймақтарының графигі берілген, ал 13-суретте бүкіл ұлу денесі бойындағы максимал тербелістер байқалатын аймақтар көрсетілген.

Сонымен, негізгі мембрана дыбыстарды жиілігіне сәйкес таңдап жіктейтін, сүзгі тәрізді қызмет атқаратын жүйе деген қорытынды жасауға болады.

Есту құралдары. Түрлі себептерге байланысты адам құлағының дыбысты қабылдауының бұзылуын ғылым мен техниканың дамуы нәтижесінде жасалынған есту құралдары - электрондық қондырғылар - күшейткіштер арқылы қалпына келтіруге болады. Мысалы, микроэлектроника саласындағы жетістіктер аудиология мен электроакустикалық құралдардың дамуына үлкен ықпал етті. Соның нәтижесінде кең жиілікте жұмыс істейтін, көлемі өте шағын, есту құралдары жасалынды. Құлақтың өте нашар естуі немесе тас кереңдік (саңыраулық) орын алған жағдайда есту құралдарының көмегі тимейді. Мысалы, тас кереңдік(саңыраулық) ішкі құлақтың иірімді түтігінде (ұлу денесінде) орналасқан рецепторлының зақымдалуынан болса, онда сыртқы дыбыс әсерінен иірімді түтігінде (ұлу денесінде) электрондық сигналдар пайда болмайды. Қазіргі кезеңде мұндай аурулары бар адамдардың құлағындағы иірімді түтігіне (ұлу денесіне) электродтарды жалғау арқылы дыбысты естуін қалпына келтіретін әдістер бар.

Тимпанометрия. Құлақтың дыбыс толқынын өткізетін (қабылдайтын) жүйесінің қызметін есту жолындағы ауа қысымын өзгерту арқылы өлшеу әдісін *тимпанометрия* деп атайды. Бұл әдіс құлақтың дабыл жарғағының, есту сүйектерінің қозғалғыштығын, ортаңғы құлақтағы қысымды және есту жолының қызметін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу мына түрде жүргізіледі. Алдымен құлақ қалқаны арқылы есту жолына құралдың зондын тығыз етіп орналастырып, ол арқылы есту жолындағы ауа қысымын жоғарылатады немесе төмендетеді, онан соң интенсивтілігі белгілі деңгейдегі дыбыс толқыны жіберіледі.

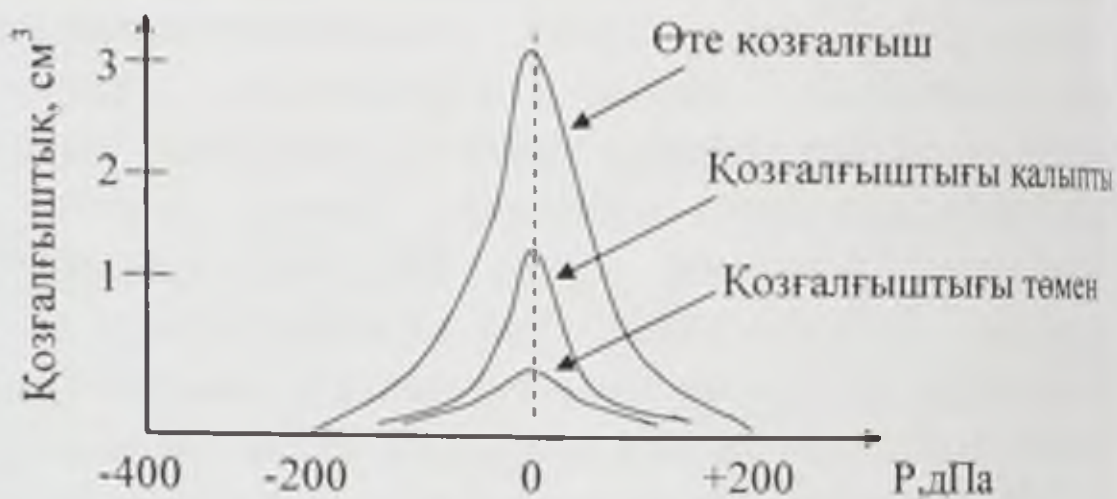
Дабыл жарғағына жеткен толқынның біраз бөлігі шағылысып, кері қайтады. Қайта келген толқынның интенсивтілігін өлшеу арқылы ортаңғы құлақтың дыбысты өткізгіштік қабілетін анықтаймыз, яғни қайта келген дыбыс интенсивтілігі көп болған сайын дыбыс өткізгіш жүйенің (ортаңғы құлақтың) қозғалғыштығы төмен болғаны, бұл дыбыс жарғағының серпімділігінің төмендегендігін білдіреді, яғни ол қатыңқырап қалған. Ортаңғы құлақтың мұндай механикалық көрсеткіші ретінде *қозғалғыштық параметрі* деген шаманы қолданады.



14-сурет. Тимпанометриялық құралды есту жолына орналастыру. 1- зондтан тараған дыбыс толқыны, 2- дабыл жарғағынан шағылған дыбыс толқыны.

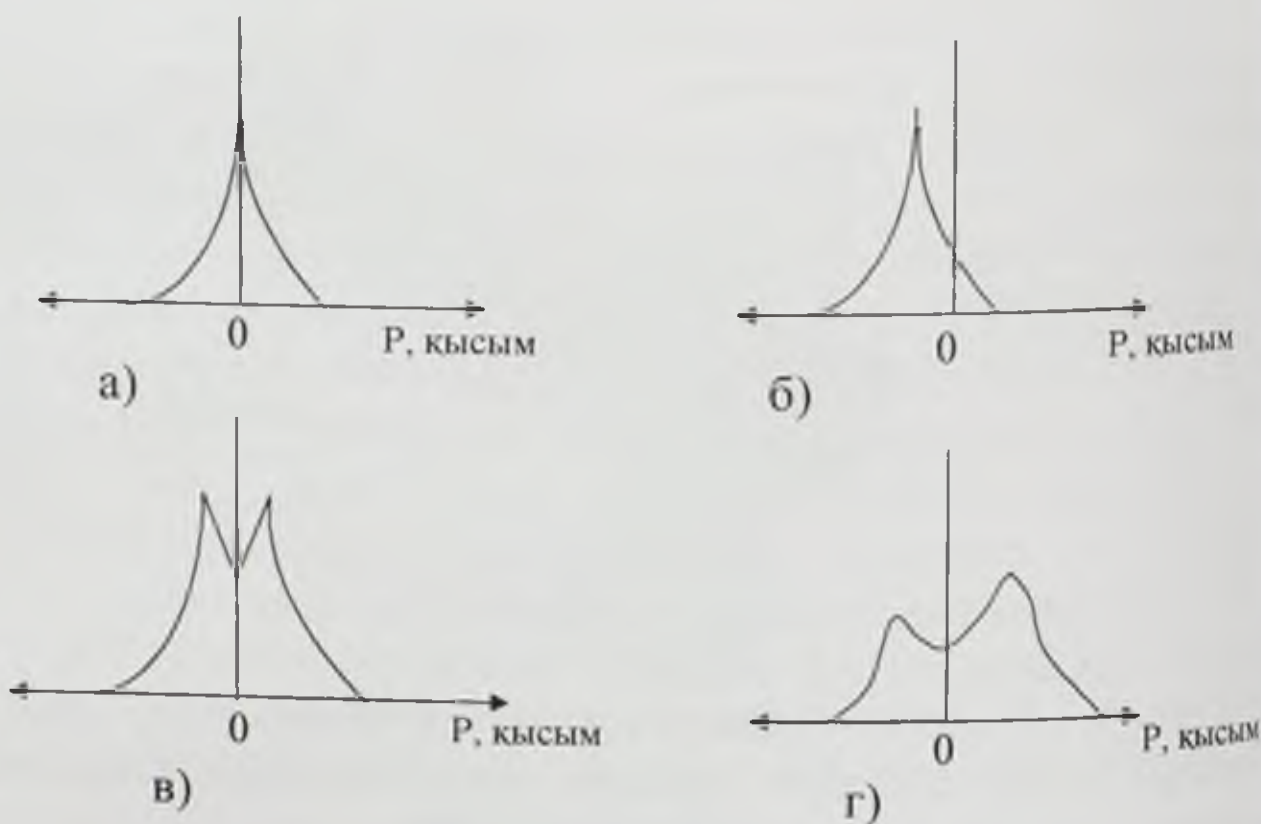
Зерттеу кезінде ортаңғы құлақтағы қысымды +200 дПа дан -200 дПа дейін аралықта өзгертеді. Осы аралықтағы әр қысымға

сәйкес қозғалғыштық параметрін анықтап, соған сәйкес графигі түзеді, оны *тимпанограмма* деп атайды (15 - сурет).



15 –сурет. Тимпанограмма.

Егер ортаңғы құлақта ешқандай патология болмаса, оның қозғалғыштығының максимум мәні қосымша қысым жоқ кезінде, яғни құлақ ішіндегі қысым атмосфералық қысымға тең болғанда байқалады. Қозғалғыштық көрсеткіштігінің жоғарылауы дабыл жарғағының серпімділігінің төмендегендігін (қатайғандығының) немесе есту сүйектерінің өз ара байланысының нашарлағандығын білдіреді. Ортаңғы құлақтағы түрлі патология кезінде тимпанограмма түрлі өзгеріске ұшырайды (16 –сурет)



16-сурет.

16 суретте құлақтағы патология кезіндегі тимпанограмма түрлері көрсетілген: а) патология жоқ, қалыпты жағдай; б) есту

жолында ақау бар; в) дабыл жарғағының атрофизикалық өзгеруі; г) есту сүйектерінің өз ара ажырауы.

Аудиометрия. Адам құлағының есту қабілетін зерттеудің тағы бір әдісі - аудиометрия деп аталады. Аудиометрия деп оң және сол құлақтың түрлі жиіліктегі дыбыстарды естуін зерттеу арқылы, құлақ сезгіштігін анықтауды атайды. Мұндай зерттеу арнаулы электрондық құралы - аудиометр арқылы жүргізіледі. Аудиометриялық зерттеу бірнеше түрге бөлінеді, олар дыбыстық, тоналдық және компьютерлік деп аталады. Төменде 17 суретте аудиометр (а) және тимпанометр (б) құралдарының сыртқы көрінісі берілген.



а) Аудиометр МАІСО МІ 24

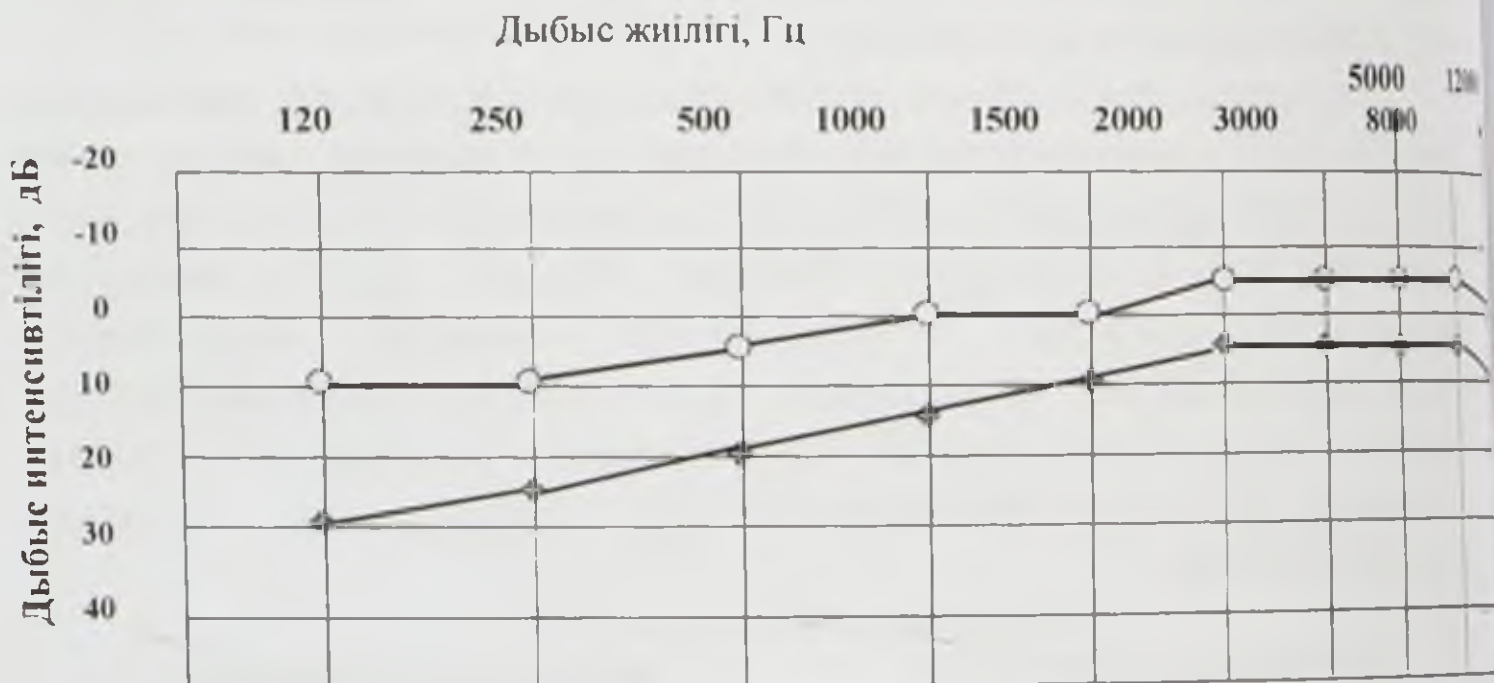
б) Тимпанометр АИ-02

17 сурет

Аудиометриялық зерттеу нәтижесінде график түзеледі, оны аудиограмма деп атайды. Мұндай графиктің горизонталь осіне дыбыстың жиілігі салынады, ал вертикаль осіне әр жиілікке сәйкес құлақтың дыбысты сезгіштігі көрсетіледі. Көбіне зерттеуге 120 Гц тен 8000 Гц аралығында дыбыс толқындары алынады.

Аудиограммалық зерттеу былайша жүргізіледі, алдымен пациенттің оң құлағына 120-8000 Гц аралығындағы дыбыстар біртіндеп беріледі және оның қаттылығын біртіндеп, пациенттің құлағы естіменге дейін төмендетеді, құлақтағы дыбыстың жоғалған мезгілін пациент хабарлайды, соған сәйкес сурдолог-дәрігер графикке тиісті белгі салады. Тура осындай іс-әрекет сол құлақпен де жүргізіледі.

Әр құлақ үшін аудиограмма жеке жеке сызылады және олардың түсі әр түрлі. Оң құлақ диаграммасы AD деп белгілейді, ал сол құлақ үшін AS деп белгіленеді (18-сурет). Егер құлақтың есту қабілеті қалыпты күйде болса, онда графиктегі қисық сызықтар жазық түрде және 20 дБ деңгейінде болады (18 сурет)



18 сурет. Қалыпты күйдегі оң және сол құлақ аудиограммасы.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Адам құлағы еститін дыбыс жиілігі...

А. 16 кГц – 20 000 кГц. аралығында жатады, ал қалыпты жағдайда адам құлағының ести алатын ең төменгі стандарттық (эталондық) дыбыс интенсивтілігінің (күші) мәні...

В. 16 Гц – 20 000 кГц. аралығында жатады, ал қалыпты жағдайда адам құлағының ести алатын ең төменгі стандарттық (эталондық) дыбыс интенсивтілігінің (күші) мәні...

С. 16 Гц – 20 000 Гц. аралығында жатады, ал қалыпты жағдайда адам құлағының ести алатын ең төменгі стандарттық (эталондық) дыбыс интенсивтілігінің (күші) мәні...

1. $I_0=10^{12}$ Вт/м² тең. Бұл шама....

2. $I_0=10^{-12}$ Вт/м² тең. Бұл шама....

3. $I_0=10^{+12}$ Вт/м² тең. Бұл шама....

I. есту табалдырығы деп аталады. Ал интенсивтілік деңгейі...

II. естудің жоғарғы табалдырығы деп аталады. Ал интенсивтілік деңгейі...

III. естудің төменгі табалдырығы деп аталады. Ал интенсивтілік деңгейі...

e. $I=10$ Вт/м² естудің жоғарғы табалдырығы деп аталады.

d. $I=10$ Вт/м² естудің төменгі табалдырығы деп аталады.

n. $I=10$ Вт/м² естудің табалдырығы деп аталады.

2. Тербеліс жиілігіне сәйкес дыбыстың құлақта естілу ерекшелігін...

А. дыбыстың жоғарылығы арқылы бағалайды. Дыбыс тербелісінің жиілігі өскен сайын оның....

В. дыбыстың төмендігі арқылы бағалайды. Дыбыс тербелісінің жиілігі кеміген сайын оның....

С. дыбыстың жылдамдығы арқылы бағалайды. Дыбыс тербелісінің жиілігі кеміген сайын оның....

1. құлақта естілу биіктігі төмендейді, яғни біз еститін дыбыс жіңішкере береді. Ал дыбыс тембр деп...

2. құлақта естілуі жоғарылайды, яғни біз еститін дыбыс жуандай береді. Ал дыбыс тембр деп...

3. құлақта естілу биіктігі жоғарылайды, яғни біз еститін дыбыс жіңішкере береді. Ал дыбыс тембрі деп...

I. сезінудің сапалық сипаттамасын атайды, оны дыбыстың бояуы деп санауға болады, өйткені бір жиілікке сәйкес келетін дыбысты (бірдей нотаны) әр адам әр түрлі тембрмен шығарады.

II. естудің сипаттамасын атайды, өйткені бір жиілікке сәйкес келетін дыбысты (бірдей нотаны) әр адам әр түрлі тембрмен шығарады.

III. сезінудің сапалық сипаттамасын атайды, оны дыбыстың бояуы деп санауға болады, өйткені бір жиілікке сәйкес келетін дыбысты (бірдей нотаны) әр адам әр түрлі интенсивтілікпен шығарады.

3. Адам құлағы...

А. сыртқы және ішкі құлақтан тұрады, сыртқы құлақ...

В. ортаңғы және ішкі құлақтан тұрады, ортаңғы құлақ...

С. сыртқы, ортаңғы және ішкі құлақтан тұрады, сыртқы құлақ...

1. құлақ қалқанынан, есту жолынан тұрады. Дыбыс толқыны сыртқы құлақта есту жолындағы ауа арқылы тараса, ортаңғы құлақта дыбыс толқыны...

2. балғаша және үзеңгі деп аталатын дыбыстық сүйектерден, есту жолынан тұрады. Дыбыс толқыны сыртқы құлақта есту жолындағы сұйықтық арқылы тараса, ортаңғы құлақта дыбыс толқыны...

3. төстікше және үзеңгі деп аталатын дыбыстық сүйектерден, есту жолынан тұрады. Дыбыс толқыны ортаңғы құлақта есту жолындағы ауа арқылы тараса, ортаңғы құлақта дыбыс толқыны...

I. төстікше және үзеңгі деп аталатан дыбыстық сүйектер жүйесі арқылы тарайды, ал ішкі құлаққа жеткен дыбыс толқыны оны толтырып тұрған сұйықтық арқылы тарайды.

II. балғаша және үзеңгі деп аталатан дыбыстық сүйектер жүйесі арқылы тарайды, ал ішкі құлаққа жеткен дыбыс толқыны оны толтырып тұрған сұйықтық арқылы тарайды.

III. балғаша, төстікше және үзеңгі деп аталатан дыбыстық сүйектер жүйесі арқылы тарайды, ал ішкі құлаққа жеткен дыбыс толқыны оны толтырып тұрған сұйықтық арқылы тарайды.

4. Адамның ішкі құлағы...

A. конус тәріздес, ұлудың сыртқы пішініне ұқсас, 2,5 орамнан тұратын спираль түрінде, бұралған иірімді түтік түрінде болып келген. Иірімді түтіктің сопақ терезеден басталатын жоғарғы бөлігі....

B. 2,5 орамнан тұратын спираль түрінде, бұралған иірімді түтік түрінде болып келген. Иірімді түтіктің сопақ терезеден басталатын жоғарғы бөлігі....

C. түтік тәріздес, ұлудың сыртқы пішініне ұқсас, 3,0 орамнан тұратын иірімді түтік түрінде болып келген. Иірімді түтіктің сопақ терезеден басталатын жоғарғы бөлігі....

1. кіріберіс сатысы деп аталады, ал төменгі бөлігі...

2. кіріберіс дәліз деп аталады, ал төменгі бөлігі...

3. шығыс сатысы деп аталады, ал төменгі бөлігі...

I. дабыл сатысы деп аталады және иірімді түтіктің төбесіне жеткенде олар геликотрема тесігі арқылы бір бірімен қосылады.

II. дабыл жарғағы деп аталады және геликотрема тесігі арқылы бір бірімен қосылады.

III. дабыл сатысы деп аталады және геликотрема тесігі арқылы бір бірімен қосылады.

5. Ортаңғы құлақ бір бірімен байланысқан...

A. «балғаша», «төстікше» және «үзеңгі» деп аталатын естуді қамтамасыз ететін сүйектер жүйесінен тұрады. Балғашаның сабы...

B. «төстікше» және «үзеңгі» деп аталатын естуді қамтамасыз ететін сүйектер жүйесінен тұрады. Төстікшенің сабы...

C. «балғаша» және «үзеңгі» деп аталатын естуді қамтамасыз ететін сүйектер жүйесінен тұрады. Үзеңгінің сабы...

1. есту жолында орналасқан, ал басы...

2. дабыл жарғағына бекітілген, ал басы...

3. сопақ терезеге тиіп тұрады, ал басы...

I. төстікшімен байланысқан, ал төстікше болса сопақ терезеге еніп орналасқан, үзеңгіге иінді байланыспен бекітілген.

II. үзеңгімен байланысқан, ал төстікше болса сопақ терезеге еніп орналасқан, үзеңгіге иінді байланыспен бекітілген.

III. төстікшімен байланысқан, ол өз кезегінде дөңгелек терезеге еніп орналасқан, үзеңгіге иінді байланыспен бекітілген.

6. Ортаңғы құлақ жұтқыншақ қуысындағы...

A. Евстахи түтігі арқылы сыртқы атмосферамен байланысқан, бұл дабыл жарғағының қысымын...

B. түтік арқылы сыртқы атмосферамен байланысқан, бұл дабыл жарғағының қысымын...

C. Евстахи түтігі арқылы сыртқы атмосферамен байланысқан, бұл дабыл жарғағының екі жағындағы қысымның...

1. тұрақты болуын қамтамасыз етеді, осы арқылы дабыл жарғағының...

2. бірдей болуын қамтамасыз етеді, осы арқылы дабыл жарғағының...

3. өзгеріп тұруын қамтамасыз етеді, осы арқылы дабыл жарғағының...

I. еркін тербелуіне мүмкіндік береді және екі түрлі қысымнан дабыл жарғағын орынсыз созылудан сақтайды.

II. еркін тербелуіне мүмкіндік береді.

III. екі түрлі қысымнан дабыл жарғағын орынсыз созылудан сақтайды.

7. Құлақтағы «балғаша», «төстікше» және «үзеңгі» сүйектері...

A. сыртқы орта мен құлақ арасын байланыстыратын жүйе болып табылады және ол...

B. сыртқы орта мен сұйықтықпен толтырылған ішкі құлақ арасын байланыстыратын жүйе болып табылады және ол...

C. сыртқы орта мен сұйықтықпен толтырылған ортаңғы құлақ арасын байланыстыратын жүйе болып табылады және ол...

1. екі ортаның акустикалық импендансын бір-біріне жақындатып, үйлестіреді. Мұны бірнеше физикалық заңдылықтар негізінде түсіндіруге болады. Соның бірі...

2. ішкі құлақтың акустикалық импендансын тұрақты етеді. Мұны бірнеше физикалық заңдылықтар негізінде түсіндіруге болады. Соның бірі...

3. ортаңғы құлақтың акустикалық импендансын төмендетеді. Мұны бірнеше физикалық заңдылықтар негізінде түсіндіруге болады. Соның бірі...

I. Ортаңғы құлақтан тараған дыбыс қысымын 17 есе артырады, сонымен қатар дыбыс интенсивтілігін

II. Ортаңғы құлақтан тараған дыбыс жылдамдығын 17 есе кемітеді, сонымен қатар дыбыс интенсивтілігін

III. Ішкі құлақтан тараған дыбыс қысымын 17 есе артырады, сонымен қатар дыбыс интенсивтілігін

n. 31 дБ артырады. Егер толқынының интенсивтілігі өте жоғары болса, онда ол ...

m. 31 фон артырады. Егер толқынының интенсивтілігі өте жоғары болса, онда ол...

k. 31 Гц артырады. Егер толқынының интенсивтілігі өте жоғары болса, онда ол...

01) күшейтілмейді, балғашаға бекітілген жіңішке бұлшық еттер рефлексті түрде сығылып, есту сүйектерінің қозғалғаштығы азаяды, нәтижесінде дыбыс толқынының интенсивтілігі төмендейді.

02) күшейтілмейді, балғаша мен үзеңгіге бекітілген жіңішке бұлшық еттер рефлексті түрде ұзарып, есту сүйектерінің қозғалғаштығы азаяды, нәтижесінде дыбыс толқынының интенсивтілігі төмендейді.

03) күшейтілмейді, балғаша мен үзеңгіге бекітілген жіңішке бұлшық еттер рефлексті түрде сығылып, есту сүйектерінің қозғалғаштығы азаяды, нәтижесінде дыбыс толқынының интенсивтілігі төмендейді.

8. Адамның ішкі құлағы конус тәріздес, ұлудың сыртқы пішініне ұқсас...

A. 2,5 орамнан тұратын спираль түрінде, бұралған иірімді түтік тәрізді. Иірімді түтіктің сопақ терезеден басталатын төменгі бөлігі...

B. 2,5 орамнан тұратын спираль түрінде, бұралған иірімді түтік тәрізді. Иірімді түтіктің сопақ терезеден басталатын жоғарғы бөлігі...

С. 2,5 орамнан тұратын спираль түрінде, бұралған иірімді түтік тәрізді. Иірімді түтіктің сопақ терезеден басталатын ортаңғы бөлігі...

1. дабыл сатысы деп аталады, ал төменгі бөлігі

2. кіріберіс сатысы деп аталады, ал төменгі бөлігі...

3. шығаберіс сатысы деп аталады, ал төменгі бөлігі

I. дабыл сатысы деп аталады және иірімді түтіктің төбесіне жеткенде олар...

II. кіреберіс сатысы деп аталады және иірімді түтіктің төбесіне жеткенде олар...

III. шығаберіс сатысы деп аталады және иірімді түтіктің төбесіне жеткенде олар...

n. бір бірімен қосылады.

f. корти тесігі арқылы бір бірімен қосылады.

k. геликотрема тесігі арқылы бір бірімен қосылады.

9. Ортаңғы арнадағы негізгі мембрана кабатында орналасқан Корти мүшесі...

A. дыбыс толқынын қабылдап, оны электр сигналына айналдырады және бұл мына түрде іске асады...

B. дыбыс толқынын күшейтіп, сонан соң оны электр сигналына айналдырады және бұл мына түрде іске асады...

C. электр толқынын қабалдап, оны күшейтеді және бұл мына түрде іске асады...

1. Корти мүшесі түкті жасушалар арқылы дыбысты электр сигналына айналдырады. Орналасқан аймағына байланысты түкті жасушаларды...

2. Корти мүшесі келген электр сигналын түкті жасауша арқылы күшейтеді. Түкті жасушаларды...

3. дыбыс толқынын электр сигналына айналдыру жасушаларда іске асады. Жасушалар...

I. ішкі және сыртқы деп бөледі. Ішкі түкті жасушаның пішіні эллипсоид тәрізді және саны 3500 жуық болады, ал сыртқы түкті жасушаның түрі....

II. ішкі және ортаңғы деп бөледі. Ішкі түкті жасушаның пішіні эллипсоид тәрізді және саны 3500 жуық болады, ал ортаңғы түкті жасушаның түрі....

III. ортаңғы және сыртқы деп бөледі. Ортаңғы түкті жасушаның пішіні эллипсоид тәрізді және саны 3500 жуық болады, ал сыртқы түкті жасушаның түрі....

n. цилиндр тәрізді және саны 12 000 – 20 000 болады.

m. конус тәрізді және саны 12 000 – 20 000 болады.

f. шар тәрізді және саны 12 000 – 20 000 болады.

10. Тимпанометрия деп...

A. құлақтың дыбыс толқынын өткізетін жүйесінің қызметін есту жолындағы...

B. құлақтың дыбыс толқының жылдамдығын сезуін...

C. құлақтың дыбыс жиілігін естуін...

1. ауа қысымын өзгерту арқылы өлшеу әдісін атайды. Бұл әдіс құлақтың....

2. ауа көлемін өзгерту арқылы өлшеу әдісін атайды. Бұл әдіс құлақтың....

3. ауа жылдамдығын өзгерту арқылы өлшеу әдісін атайды. Бұл әдіс құлақтың....

I. дабыл жарғағының, есту сүйектерінің қозғалғыштығын, ортаңғы құлақтағы қысымды және есту жолының қызметін анықтауға мүмкіндік береді. Ал аудиометрия арқылы...

II. дабыл жарғағының, ортаңғы құлақтағы қысымды және есту жолының қызметін анықтауға мүмкіндік береді. Ал аудиометрия арқылы...

III. есту сүйектерінің қозғалғыштығын және ортаңғы құлақтың қызметін анықтауға мүмкіндік береді. Ал аудиометрия арқылы...

n. оң және сол құлақтың түрлі жиіліктегі дыбыстарды есту зерттеу арқылы, құлақ сезгіштігін анықтауды атайды.

m. оң және сол құлақтың түрлі жылдамдықтағы дыбыстарды есту зерттеу арқылы, құлақ сезгіштігін анықтауды атайды.

f. оң және сол құлақтың түрлі интенсивтегі дыбыстарды есту зерттеу арқылы, құлақ сезгіштігін анықтауды атайды.

7 сабақ. УЛЬТРАДЫБЫС ЖӘНЕ ОНЫ МЕДИЦИНДА ҚОЛДАНУ.

Сабақ жоспары

1. Ультрадыбыстың физикалық сипаттамалары.
2. Ультрадыбысты алу жолдары.
3. Ультрадыбысты медицинада қолдану.
4. Ультрадыбыстық зерттеу(УДЗ) аппараты.
5. Ультрадыбыстық зерттеу аппаратының датчиктері.
6. Тақырып бойынша тест тапсырмалары.

Сабақтың мақсаты: Ультрадыбыстың физикалық қасиетін және оны диагностикалық және терапиялық мақсатта қолданылуын қарастыру. Студенттерді ультрадыбысты пайдалануға негізделген «Алока SSD-630» диагностикалық аппаратпен таныстыру.

Ультрадыбыс деп есту әсерін тудырмайтын, жиілігі 20 кГц-тен жоғары серпімді тербелістер мен толқындарды айтамыз. Көбіне мұндай тербелістерді электр тербеліс генераторы арқылы өндіріледі, ол магнитострикция немесе кері пьезоэлектрлік әсер құбылысына негізделген.

Магнитострикция құбылысы – айнымалы магнит өрісінің әсерінен ферромагнитті өзекшенің созылу мен сығылуы, соның нәтижесінде оның айналысындағы ортада тербеліс пайда болады, бұл ультрадыбыс толқындары(1-сурет).



1 сурет

Ал кері пьезоэлектрлік әсер деп, айнымалы электр өрісінің әсерінен пьезоэлектр өзекшенің (пластиналарының) тербелуін

айтамыз. Бұл кезде де оның айналасындағы ортада ультрадыбыс толқындары тарайды (2-сурет).



2 - сурет

Екі жағдайда да металл өзекшеден немесе пьезо өзекшеден қоршаған ортаға көлденең ультрадыбысты толқындар тарайды, әсіресе ол резонансты жиіліктерде күшті (қатты) байқалады.

Ультрадыбыстың таралу жылдамдығы дыбыс толқындарындай, бірақ толқын ұзындығы біршама кіші, сондықтан ультрадыбыс толқындары оңай фокусталады. Ультрадыбыс толқынының интенсивтілігінің 1 сантиметр квадрат ауданға келетін қуаты ондаған ватт, ал фокусталғанда бірнеше жүздеген немесе мыңдаған ваттқа дейін жетеді.

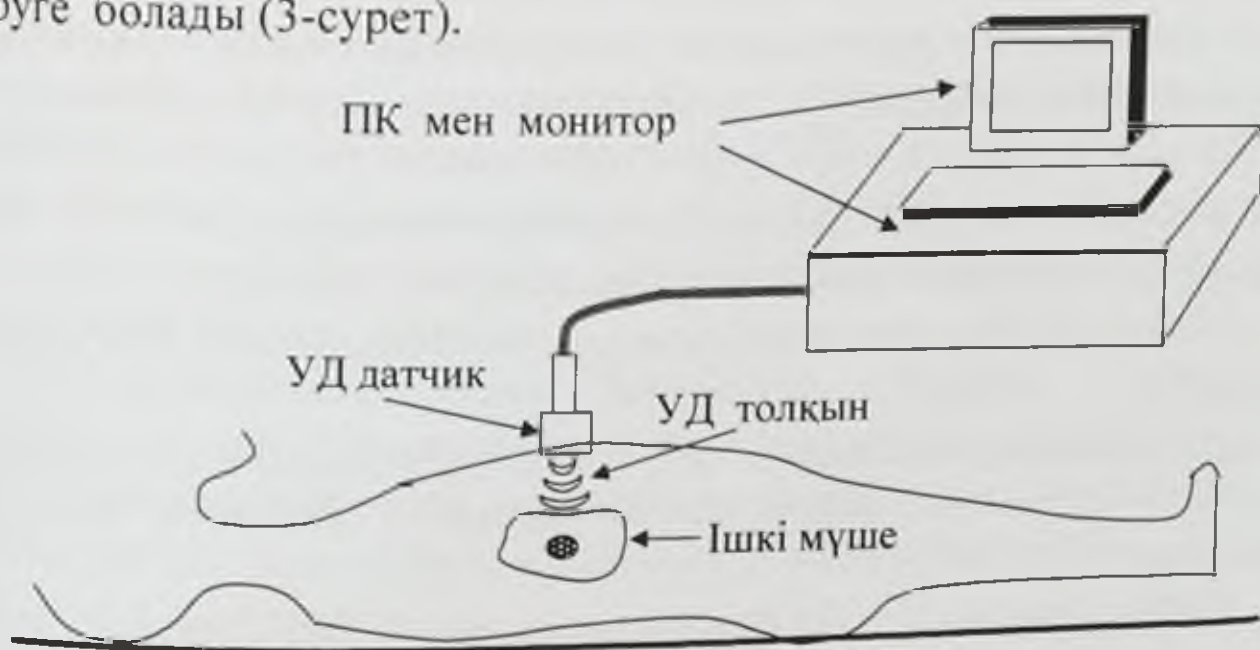
Ультрадыбысты медицинада терапиялық мақсатта пайдалану оның заттарға механикалық, физико-химиялық, биологиялық және жылулық әсер етуіне негізделген. УД-толқындарының механикалық әсері заттардың микроқұрылымының деформациясымен байланысты, яғни толқын әсерінен дененің құрамындағы молекулалар тербеліске түседі. УД-толқындардың интенсивтілігі артқанда заттардың құрылымының бұзылуы байқалады. Бүйректегі тастарды майдалайтын УД-емдеу аппаратының жұмысы толқындардың осы қасиетіне негізделген. Ақ сұйықтарда бұл кавитация тудырады, яғни сұйық ортада газ немесе сұйық буымен толтырылған микроқуыстар пайда болуы. Олар бір-біріне жақындасып, біріккенде жарылыс тәрізді құбылыс орындалады. Бұл процесс ортаның иондануына, молекулалардың дисоциациялануына, сондай-ақ жылудың пайда болуына алып келеді. УД-толқындарының әсерімен вирустар, бактерияларды өлтіруге болады. Сондықтан оны стерилизациялауда пайдаланады.

Ал УД-ның азға әсерінен жасуша мембранасының өтімділігі артады да, ұлпадағы зат алмасу процесі күшейеді.

Медицинада 2–10 МГц аралығындағы УД-толқындары диагностикалық мақсаттарда қолданылады. УД толқындар өлшемі 1-3 мм болатын денелерді көруге мүмкіндік береді. Кез келген тығыз орта (оған түрлі ұлпалар мен ағзалар да кіреді) УД таралуына кедергі келтіреді, ортаның осындай қасиетін оның акустикалық кедергісі деп атайды. Ортаның акустикалық кедергісі ортаның тығыздығына және сол ортада тараған УД жылдамдығына тәуелді және бұл шамалар артқан сайын оның акустикалық кедергісі де артады. Ортаның акустикалық кедергісін «импеданс» деген терминмен сипаттайды. Ультрадыбыстық зерттеу (УДЗ) ультрадыбыстың тығыздықтағы түрлі ұлпалармен бөлініп тұрған шекарадан шағылу құбылысына негізделген.

Акустикалық кедергісі екі түрлі ұлпа шекарасынан УД толқынның бір бөлігі кері шағылады, қалған бөлігі екінші ортада одан ары тарайды. УД толқынының ұлпа шекарасынан шағылу дәрежесі немесе шағылу коэффициенті, екі ортаның акустикалық кедергілерінің айырмашылығына тікелей тәуелді, айырмашылық көп болған сайын, шағылу дәрежесі де ұлғаяды, яғни дене мониторда жарық болып көрінеді, өйткені шағылған УД толқынының амплитудасы жоғары. Осы себепті УД толқыны ұлпа мен ауа шекарасынан толық шағылады.

Екі орта шекарасынан шағылған УД толқынның денеден шағылу уақытын өлшеу арқылы биообъектінің орналасу тереңдігін анықтауға, ал датчикті қозғалта отырып олардың пішінін көруге болады (3-сурет).



3- сурет

УД қабылдаған датчиктен келген сигнал микропроцессорда өңделіп кескін түріне айналып, ПК мониторында көрінеді. Осы арқылы дәрігер ішкі мүше кескінін не бір бөлігін, мүшелердің пішінін (формасын) сондай-ақ ондағы жаңа пайда болған нәрселерді (ісік, тастар т.б.) көре алады.

УД-толқындары сондай-ақ қан ағыны жылдамдығын өлшеуде қолданылады. Бұл әдіс Доплер эффектісіне негізделген. Доплер эффектісі деп – бір-біріне қатысты қозғалыс кезіндегі негізгі УД толқын мен оның шағылысқан толқыны арасындағы жиіліктің өзгеруін айтады. Жиілік айырмашылығы арқылы зерттелген дене қозғалысының жылдамдығын анықтауға болады. Мысалы, доплерография әдісінде датчиктен шыққан негізгі УД жиілігі қозғалыстағы эритроциттен шағылған ультрадыбыс жиілігіне өзгеше болады.

Негізгі толқынмен салыстырғанда, шағылған ультрадыбыстың жиілігінің артуы немесе кемуі қан ағыны бағытына байланысты (датчикке-қарай немесе оған қарсы). Қан ағыны жылдамдығын қаншалықты үлкен болса, шағылған ультрадыбыс жиілігі соншалықты өзгереді. Осы мәліметтерді салыстыра отырып, УД құралының микропроцессоры қан ағыны жылдамдығын есептейді. Осындай әдіспен анықталған дене жылдамдығының мына өрнекпен есептеуге болады:

$$v = \pm \Delta f \cdot v_{\text{уд}} / 2f_0,$$

мұндағы v – өлшенетін дене жылдамдығы, Δf – түскен және шағылған УД жиіліктерінің айырымы, $v_{\text{уд}}$ – денеге бағытталған УД жылдамдығы, f_0 – УД бастапқы жиілігі.

Енді осы өрнекті қолданып мына мысалды қарастырайық: қандай да тамырындағы эритроциттің жылдамдығын Доплер әдісімен өлшеу кезінде қолданылған УД бастапқы жиілігі $f_0 = 100\,000$ Гц, жылдамдығы $v = 1500$ м/с, жиіліктер айырымы $\Delta f = 40$ Гц тең болса, онда эритроциттің жылдамдығы не тең болғаны?
 $v = \Delta f \cdot v_{\text{уд}} / 2f_0$ өрнегіне тиісті мәндерді қойсақ: $v = 40 \cdot 1500 / 2 \cdot 100\,000 = 0,3$ м/с.

Мына жайты ұмытпаңыз, УДЗ аппараты мұндай есептеулерді өз жүргізеді, яғни дәрігерге соңғы дайын мәліметті мониторда көрсетеді.

Қазіргі замаңғы УДЗ аппараты мынадай бөліктерден тұрады:

- CPU, процессор- ол барлық есептеу жұмыстарын

орындайды, яғни шағылып келген УД толқынды(сигналды) кескінге айналдырады, дененің түрлі өлшемдерін (уақытын, ұзындығын, ауданын, енін) анықтайды, т.б. функцияларды атқарады;

- УД датчик- ол ультра дыбысты шығарады және шағылысып келген УД қабылдайды, оны электр сигналына айналдырады;

- Дисплей(монитор)-УД зерттеу нәтижесінде анықталған дене кескін бақылауға арналған қондырғы;

- Датчикті басқару бөлігі- ол УД датчиктерге берілетін электрлік импульстардың сипатын өзгертеді;

- Қатты(hard) диск- зерттеу нәтижелерін сақтайтын орын.

- Курсор мен клавиатура- қажетті мәліметтерді енгізетін бөлік;

- Принтер- кескінді қағазға басып шығаратын қондырғы.

Жалпы УДЗ құралы бірнеше күйде (режимде) жұмыс істейді, олар: «А, В, D, M, CFI, CWD, PW, TD» деп аталады. Енді осыларды талдайық.

«А»(Amplitude)- денеден шағылысып келген УД, амплитудасына сәйкес дисплейде кескін береді және барлық УДЗ аппараттар осы күйде жұмыс істейді. «А» күй офтальмологияда кең қолданылады.

«В» (Brightness,2D) –шағылысып келген УД толқыны, амплитудасына сәйкес кескін 2D екі өлшемде және 256 реңкіде көрінеді. Бұл күй жүрек камераларын, клапындарын және қарыншаларды зерттеуде қолданылады.

«D» - УДЗ аппараты Доплер эффектісін қосады, яғни қозғалыс жылдамдығын өлшейді.

«CFI»(Color flow Doppler Imaging) –УДЗ аппаратында Доплер эффектісіне сәйкес пайда болатын кескін түрлі түсті болып келеді. Қан ағысының бағыттары әр түрлі түспен көрінеді, егер қан ағысы датчикке қарай бағытталса оның түсі мониторда - қызыл, кері бағытта ақса- көк түске боялады. Осы бағыттарға көлденең ақан қан ағысы -қара түсті болады. Ал қан ағысы турбулентті болса ол жасыл және ақ түсті болады.

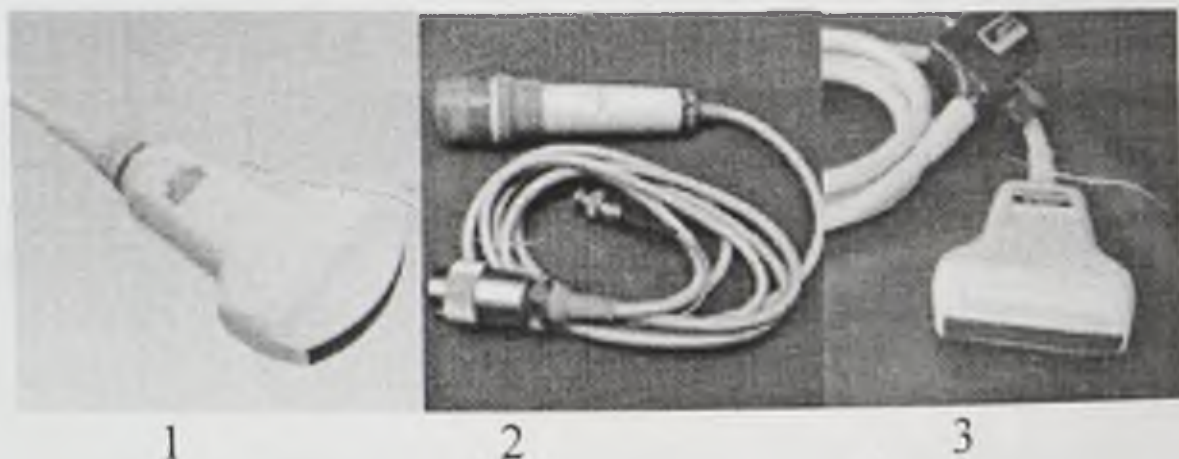
«CWD»(Continuous Wave Doppler) – тұрақты - толқындық доплер, датчик бір мезгілде УД толқынын шығарады және шағылғанды қабылдайды, осы арқылы жоғары жылдамдықтағы қан ағыстарын дәл анықтайды. Кемшілігі – шағылған толқынды толық қабылдай алмайды.

«PW» (Pulsed Wave Doppler) – импульсты - толқынды доплер, турбулентті және ламинарлы қан ағысын көруге мүмкіндік беретін

күй(режим). Түрлі түсті Допрелге салыстырғанда қан ағысының бағыты мен жылдамдығын дәл өлшейді. Кемшілігі- үлкен жылдамдықтарды өлшеу мүмкіндігі төмен.

«TD (Tissue Doppler) – ұлпа доплері, ұлпаның қозғалғыштық жылдамдығы мен миокардтың жиырылу қабілетін өлшейді.

УДЗ аппаратында зерттелетін мүшенің орналасу тереңдігіне және өлшемдеріне байланысты мынадай датчиктер қолданылады: конвексті, секторлық және сызықтық (4-сурет).



4- сурет. Датчик түрлері: 1- конвексті, 2- секторлы, 3- сызықты датчиктер

УД диагностикада негізінен жиілігі 2,5; 3,0; 3,5; 5,0; 7,5 МГц датчиктер қолданылады.

Жиілігі 2,5 МГц УД-толқыны 24 сантиметрге дейін денеге енеді, 3-3,5 МГц – 16-18 сантиметрге дейін, 5 МГц – 9-12 см, 7,5 МГц – 4,5 сантиметрге дейін енеді. Датчиктің жиілігі аз болған сайын, сәуленің денеге ену тереңдігі жоғары болады. Бірақ бұл жағдайдағы ультрадыбыстың денені анық көру мүмкіндігі азаяды.

УД-толқынының жиілігі жоғары болған сайын оның өткізгіштік қабілеті кішкентай нәрселерді анық байқау мүмкіндігі артады, бірақ денеге енуі тереңдігі төмендейді.

Секторлық датчиктің корпусында бір пьезокерамикалық элемент орналасқан және ол 1,5 - 5 МГц жиіліктегі УД толқынды шығарады және қабылдайды (5- сурет).

Секторлы датчиктің артықшылығы:

- бүкіл мүшені қамтиды, тереңдегі мен бақылау аймағының үлкендігі. Мысалы: бүйректі немесе шарананы толығымен көру;
- ультрадыбысқа арналған кішкене “мөлдір терезелер” арқылы көру. Мысалы, қабырға арасы арқылы жүректі түсіру, әйелдер мүшелерін зерттеу.

Секторлы датчиктердің кемшіліктері:

- дене бетінен 3-4 см “көрінбейтін аймақтың” болуы (бұл аймақты секторлы датчикпен зерттеу мүмкін емес).
- датчиктің бір фокусты болуы.

Фокустаудың мүмкіндік шекары үлкен болғандықтан секторлы датчиктер: ұзын фокусты (ішкі мүшелерді зерттеуде), орта фокусті (кардиологияда) және қысқа фокусті (балаларды зерттеуде, беткі мүшелерді зерттеуде) болып бөлінеді.



5- сурет. Секторлы датчик

Сызықты датчиктердің бақылау аймағының ені 5-8 см болады және ол 5- 15 МГц жиіліктегі УД толқынды шығарады және қабылдайды. Сызықты датчиктің элементтері УДЗ аппаратының электронды блогы арқылы басқарылады.

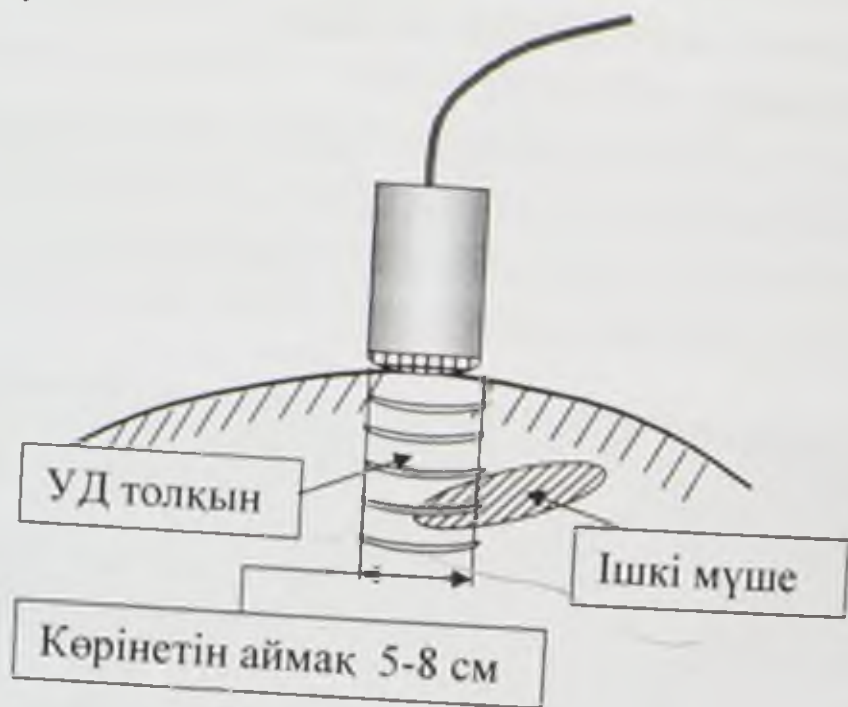
Сызықты датчиктің артықшылығы:

- “көрінбейтін аймақтың” аз болуы, беткі мүшелерді зерттеу мүмкіндігі;
- “динамикалық фокусировка” толқынның таралу бағыты бойынша бірнеше фокустың болуы, сол арқылы терең қабатты түсіруде жоғары айқындылықты қамтамасыз етеді.

Сызықты датчиктің кемшіліктері:

- секторлы датчиктерге карағанда терең қабаттарды бақылау аймағының тарлығы, яғни бүкіл мүшені толығымен бірден көрудің мүмкін болмауы;
- жүректі түсіру мүмкін еместігі және әйелдердің жыныс мүшелерін түсіру қиындығы.

Сондықтан сызықты датчиктер абдоминальды мүшелерді (бауыр, бүйрек т.б.), акушерлікте шарананы зерттеуде ғана қолданылады.



6- сурет. Сызықты датчик

Конвексті датчик 2-7,5 МГц УД толқынды шығарады және қабылдайды. УД денеге 25 см дейін ене алады. Сызықты датчиктер сияқты көптеген пьезокерамикалық элементтерден тұрады. Олар қисық (конвексті) бетімен орналасқан және сканердің электронды схемасымен қосылған. Конвексті датчиктердің де секторлы және сызықты датчиктер секілді артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Конвексті датчиктердің артықшылығы сызықтыға қарағанда дене бетіндегі зерттеу аймағы аз, ал терең қабатында көп. Сондықтан конвексті датчиктерді, сызықты датчиктермен көру мүмкін болмайтын аймақты зерттеуде қолдануға болады, мысалы: әйелдер жыныс мүшелерін.

«Алока» фирмасы көлемдері шағын конвексті датчиктерді жасап шығарды. Олар қабырға аралық саңлау арқылы жүректі көруге мүмкіндік береді. Беткі мүшелерді зерттеуде сызықты датчиктерді қолданған дұрыс. Себебі конвекстіге қарағанда аз тереңдікте бақылау аймағы кең, «көрінбейтін аймақ» аз.

Конвексті датчиктің тағы бір артықшылығы секторлы (механикалық) салыстырғанда таза электронды, онда қозғалатын механикалық бөлік жоқ, динамикалық фокустауға ие, көрініс тереңдігінде бірнеше рет фокусталады, соған сәйкес жоғары сапалы ультрадыбыстық кескін алынады, яғни көру тереңдігінің мүмкіндік шекарасы артады. Конвексті датчиктердің дене бетіндегі бақылау

аймағы секторлыға карағанда кеңірек. Конвексті датчиктер әйелдер мүшелерін, абдоминальды мүшелерді зерттеуде, шарананы зерттеуде қолданылады.



7- сурет. Конвексты датчик

«Алока» УДЗ аппараты құралы келесі мүшелерді ультрадыбыс арқылы көруге мүмкіндік береді:

1. Жүректі.
2. Ішкі мүшелерді (бауыр, бүйрек).
3. Жыныс мүшелерін.
4. Шарананы.
5. Нәресте миын.
6. Ерлер жыныс мүшелерін.
7. Ұйқы және сүт бездерін.
8. Ұйқы артериясын.
9. Нәресте және үлкен адамдардың миын.
10. Қан ағысының жылдамдығын.

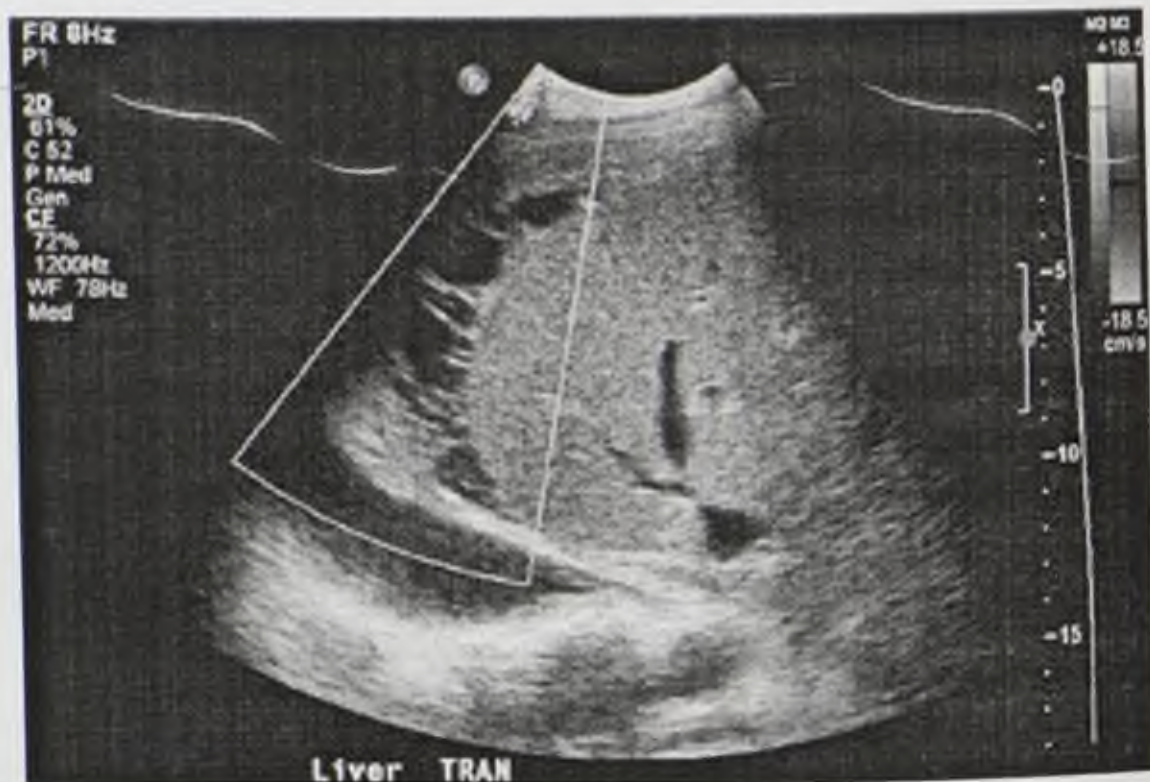
Дәрігер УДЗ нәтижесінде зертелінетін мүшенің біртектілігіне, олардың өлшемдеріне, тамырлардың күйіне және т.б. көрсеркіштерге басты назар аударады. Мысалы, қалыпты жағдайдағы адам бауырының УДЗ нәтижесі бойынша көрсеткіштері мынадай болуы тиіс:

- Бауырдың оң жақ бөлігінің алдыңғы – артқы өлшемі: 12,5 см дейін.

- Бауырдың сол жақ бөлігінің алдыңғы – артқы өлшемі: 7 см дейін.
- Қақпа венасының диаметрі: 3 мм дейін.
- Жалпы өт жолының өлшемі: 6-8 см дейін.
- Бауыр құрылымы: біртекті.
- Бауыр шеттері: тегіс.

Ал жас балардың УЗД көрсеткіштері олардың жасына байланысты болады.

Төмендегі суретте бауыр эхограммасы берілген.

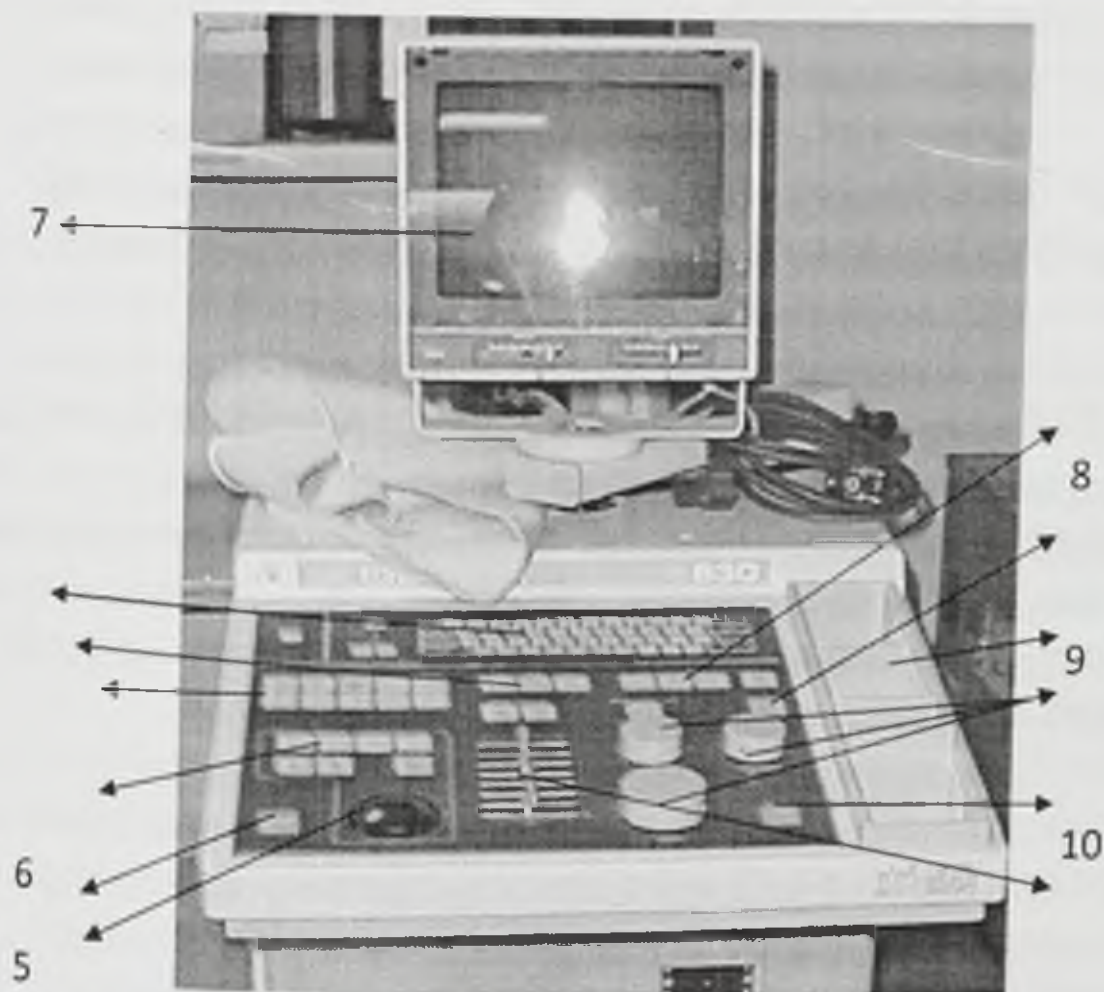


8- сурет. Бауыр эхограммасы

«Алока SSD-630» құралының негізгі басқару бөліктері: монитор, датчиктер, датчиктерді қосатын ұя. Ол құралдың оң жақ бүйірінде (бөлігінде) орналасқан. Сондай-ақ монитордағы кескінді принтер арқылы шығаратын бөлік және құралдың сол жақ бүйірінде (бөлігінде) оны жұмысқа қосатын «сеть» тумблері орналасқан. Негізгі басқару панелінде мыналар орналасқан (сурет):

Суреттегі 1- курсорды жылжытып объектінің ауданын сызықтық өлшемдерін анықтауға арналған шар(мышка-тышқан); 2- көрністі суретке түсіру тетігі; 3- көрінген кескіннің геометриялық өлшемдерін анықтауды таңдау(ауданын, ұзындығын, көлемін т.б.)тетігі. 4-алдын-ала программаланған тапсырмаларды

орындауға арналған көп функционалды қосқыштар(акушерлік, кардио); 5-датчиктерді таңдау қосқыштары; 6-әріптік сандық мәтін жазуға арналған пернетақта (клавиатура); 7- монитор; 8- датчиктерді «М», «В» немесе «МВ» режимінде жұмысқа қосу қосқыштары; 9- режимді таңдау тетігі; 10- датчиктер тұтатын ұя; 11-монитордағы көрністің жарықтығын, анықтығын реттейтін тетіктер; 11- «+» және «Х» курсор белгілерін таңдау тетігі; 12-монитордағы кескінді тоқтату түймесі (стоп-кадр). 13- кескінді қалыңдығы (тереңдігі) бойынша анық көрсетуді реттегіш тетік;



7 сурет. Алока SSD-630» құралын басқару панель

Енді мына тапсырмалады орындайық:

1 – тапсырма.

1. Аппараттың техникалық мүмкіндігімен танысып, қажетті мәліметтерді 1 кестеге ендіріңіз.

1 кесте

УД зерттеу құралының аты, жөні, маркасы, жылы	УД қолданылатын датчик түрлері, жиіліктері (МГц)	Датчиктің көру аймағы (сызықтық немесе бұрыштық өлшемдері)
-----------------------------------------------	--------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

	секторлы		
	конвексті		
	сызықты		

2. Аппараттың сыртқы көрінісін сызып, оның негізгі басқару тетіктерін белгіле.

2 – тапсырма.

1. Аппаратты жұмысқа дайындау.

а) аппараттың сол жағында орналасқан «сеть» тумблерін қосыңыз.

б) зерттеуге қажет датчикте таңдаңыз және оны тиісті ұясына қосыңыз.

в) зерттеуді бастаңыз (оқытушы немесе дәрігер көмегімен).

г) принтер арқылы зерттелген кескінді қағазға шығарыңыз

д) нәтижесін оқытушыға көрсетіңіз.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАСЫ

а) тест

1. Ультрадыбысты электр генераторлары арқылы мынадай құбылыс негізінде өндіреді:

A. Магнитострикция, бұл құбылыс...

B. Тура пьезоэлектрлік әсер, бұл құбылыс...

C. Екеуі де қолданылады, бұл құбылыстар...

1. Айнамалы магнит өрісі әсерінен....

2. Тұрақты магнит өрісі әсерінен...

3. Айымалы электр өрісі әсерінен...

I. ферромагнит өзекшенің тербелуінен пайда болады

II. пьезоэлектрлік пластинкалардың тербелуінен пайда болады

III. екеуі де қолданылады

2. Ультрадыбысты электр генераторлары арқылы мынадай құбылыс негізінде өндіреді:

A. Кері пьезоэлектрлік әсер, бұл құбылыс...

B. Тура пьезоэлектрлік әсер, бұл құбылыс...

C. Екеуі де қолданылады, бұл құбылыстар...

1. Айнамалы магнит өрісі әсерінен....

2. Айнымалы электр өрісі әсерінен...

3. Тұрақты магнит өрісі әсерінен...

I. ферромагнит өзекшенің тербелуінен пайда болады

- II. пьезоэлектрлік пластинкалардың тербелуінен пайда болады
III. екеуі де қолданылады

3. Ультрадыбысты...

A. Кері пьезоэлектрлік әсері немесе

B. Тура пьезоэлектрлік әсері немесе...

C. Электромагнитизм құбылысы немесе...

1. Магнитострикция арқылы өндіреді, бұл құбылыс негізіне....

2. Фотозффект арқылы өндіреді, бұл құбылыс негізіне....

3. Доплер эффектісі арқылы өндіреді, бұл құбылыс негізіне....

I. Айнамалы магнит өрісі әсерінен....

II. Тұрақты магнит өрісі әсерінен...

III. Айнымалы электр өріс әсерінен...

01. ферромагнит өзекшенің тербелуінен пайда болады, ал кері пьезоэлектрлік әсер...

02. пьезоэлектрлік пластинкалардың тербелуінен пайда болады, ал кері пьезоэлектрлік әсер...

a) ферромагнит өзекшенің майысуынан пайда болады

b) пьезоэлектрлік пластинкалардың тербелуінен пайда болады

c) ферромагнит өзекшенің тербелуінен пайда болады

d) ферромагнит өзекшенің майысуынан пайда болады

4. Ультра дыбысыты медицинада қолдану оның...

A. механикалық әсеріне негізделген.

B. физико-химиялық әсеріне негізделген.

C. биологиялық әсеріне негізделген.

D. жылулық әсеріне негізделген.

E. осы аталғандардың барлығына негізделген.

5. УД денеге енуі оның жиілігіне тәуелді, мысалы жиілігі (сәйкестігін мына түрде жаз А-3, В-1, ...).

A. 2,5 мГц УД толқыны денеге...

B. 3-3,5 мГцм УД толқыны денеге...

C. 5 мГц УД толқыны денеге...

D. 7,5 мГц УД толқыны денеге...

1. 24 см енеді

2. 16-18 см енеді

3. 9-12 см енеді

4. 4,5 см енеді

6. УД толқынының таралу жылдамдығы...

A. дыбыс толқынындай, бірақ жиілігі...

B. дыбыс толқынынан жоғары, бірақ жиілігі...

C. дыбыс толқынынан төмен, бірақ жиілігі...

1. жоғары, ал толқын ұзындығы...

2. төмен, ал толқын ұзындығы...

3. бірдей, ал толқын ұзындығы...

I. қысқа, сондықтан...

II. ұзын, сондықтан...

III. тең, сондықтан...

01. нашар фокусталады.

02. оңай фокусталады.

03. фокусталмайды.

7. УДЗ құралында мынадай жиіліктегі датчиктер қолданылады:

A. 1,5 мГц тен 10 МГц дейін. Датчиктің жиілігі жоғары болған сайын, оның денеге ену тереңдігі...

B. 1,5 мГц тен 10 МГц дейін. Датчиктің толқын ұзындығы жоғары болған сайын, оның денеге ену тереңдігі...

C. 1,5 мГц тен 10 МГц дейін. Датчиктің амплитудасы жоғары болған сайын, оның денеге ену тереңдігі...

1. артады, бірақ денені анық көруі қабілеті...

2. кемиді, бірақ денені анық көруі қабілеті...

3. өзгермейді, бірақ оның денені анық көруі қабілеті...

I. артады.

II. кемиді.

III. өзгермейді.

Қорытынды сұрақтар

1. Ультрадыбыстың физикалық сипатамалары

2. Ультрадыбысты өндіру жолдары

3. Ультрадыбыстың денелерде таралу ерекшеліктері

4. Ультрадыбысты медицинада қолдану

5. Ультрадыбыстық зерттеу құралы

6. Ультрадыбысты датчиктердің түрлері.

8 сабақ. БҰЛШЫҚ ЕТ БИОФИЗИКАСЫ

Сабақ жоспары

1. Бұлшық ет түрлері.
2. Бұлшықет талшықтарының құрылысы.
3. Бұлшық еттің жиырылуы және оның түрлері.
4. Бұлшық еттің жиырылу жылдамдығы мен қуат күші.
5. Хилл теңдеуі. Теңдеуге енген шамалар, олардың мағынасы.
6. Адам биомеханикасы.
7. Эргометрия туралы түсінік.
8. Такырып бойынша тест тапсырмалары

Сабақ мақсаты: Бұлшық еттердің молекулярлық құрылымы мен жиырылуы, талшықтарының қызметтік негізінде жататын физикалық және механикалық заңдылықтар туралы түсіндіру.

Бұлшық еттер тірек қимыл аппараттарының негізгі бөлігі. Бұлшық еттің жұмысы оның жиырылғыштық қасиетінде. Бұлшық ет жұмысы жүйке жүйесімен реттеледі. Егер бұлшық еттер жиырылған кезде дене, бірорыннан екінші орынға ауысса динамикалық, ал егер бұлшық ет жиырылғанда, дене қозғалыссыз калса-статикалық жұмыс деп атайды. Бұлшық еттер пішініне қарай әр түрлі қызмет атқарады. Оларың күші көлденең қимасына яғни ет талшықтарының санына олардың қалыңдығына байланысты өтеді.

Адам денесіндегі бұлшық еттер: *біріңғай салалы, қаңқа және жүрек бұлшық еттерінен* тұрады. *Біріңғай салалы еттер* ішкі мүшелердің тамырлардың және терінің құрамында, ішектердің, зәр шығару жүйелерінде кездеседі. Бұл ұлпа жалпы еріксіз жиырылып, биологиялық сұйықтықтардың ішкі мүшелердің толқынды қимылын, қан тамырларының кеңейіп таралуын қамтамасыз етеді. Еріксіз жиырылатын еттерге жүрек бұлшық еті де жатады. Бірыңғай салалы бұлшық еттің функциональды өлшемі-миоцит тобы, бірыңғай салалы ет ұлпаның құрылыстық бірлігі болып миоцит клеткалары, ал қызметтік бірлігі болып миоцит тобы саналады. Миоцит дәнекер ұлпадан қоршалған олар жүйке талшықтарынан нервтеліп, ол жерде жүйкелер қозуы бір жасушадан екінші жасушаға жасушааралық тиіспемен беріледі. Миоциттер жіңішке актин, жуан миозин және аралық филаменттерден тұрады.

Қаңқа бұлшық еттері жұп және тақ болып сүйектерге жабысып тұрады. Олар ұзын цилиндрлік жасушалардан тұрады, олар сызылған сызықтарға ұқсайды, көптеген ядроларға ие және сана бақылауында болады. Қаңқа бұлшық еттері бірнеше қабат болып жатады. Әрбір бұлшық еттің ортасын-денесі, ал екі шетін сінгіредейді. Бұлшық ет құрамының 75% су және 25% тығыз заттар (белок, май, көмірсу, тұздардан) тұрады. Бұлшық ет майда миофибриялардан (ет талшықтары) түзілген. Олар ядродан және сыртын қаптап жатқан саркоlemma деген қапшықшасы болады.

Миофибриялар бірігіп, жеке жиырыла алатын бұлшық ет бөліктерін құрайды. Олардың әрқайсысы дәнекер тканінен тұратын кілегей қабықшасымен қапталған. Ересек адамдардың қаңқасындағы бұлшық еттердің орта есеппен алған мөлшері жалпы дене салмағының 43%-на тура келеді де, қаңқа бұлшық еттері 30 кг құрайды. Бұлшық еттің негізгі қызметінің бірі — тетіктік (механикалық) жұмыс. Тыныштық күйде бұл бұлшық еттер энергияның 18% ғана пайдаланады, ал ағзадағы энергияның 25% ғана жұмысқа жұмсалады. Яғни, бұл процесті пайдалы әсер коэффициенті деп атайды. Қалған энергия (75%) денеге жылу ретінде таралады. Мұндай қаңқалық бұлшықеттердің төмен тиімділігі кемшіліктер деп атауға болмайды - бұл бұлшық еттер дене үшін жылудың сенімді және тұрақты көзі болып табылады.

Егер бұлшық ет жиырылған кезде дене бір орыннан екінші орынға ауысатын болса, онда қозғалыс немесе динамикалық, ал бұлшық ет жиырылған кезде дене қимылсыз қалса, онда қозғалтпайтын немесе статикалық жұмыс деп аталады. Денедегі әртүрлі бұлшық еттер әрқилы жұмыс істеуге бейімделген. Бұлшық еттің күші оны құрайтын талшықтардың санына, яғни оның көлденең қимасының ауданына пропорционал.

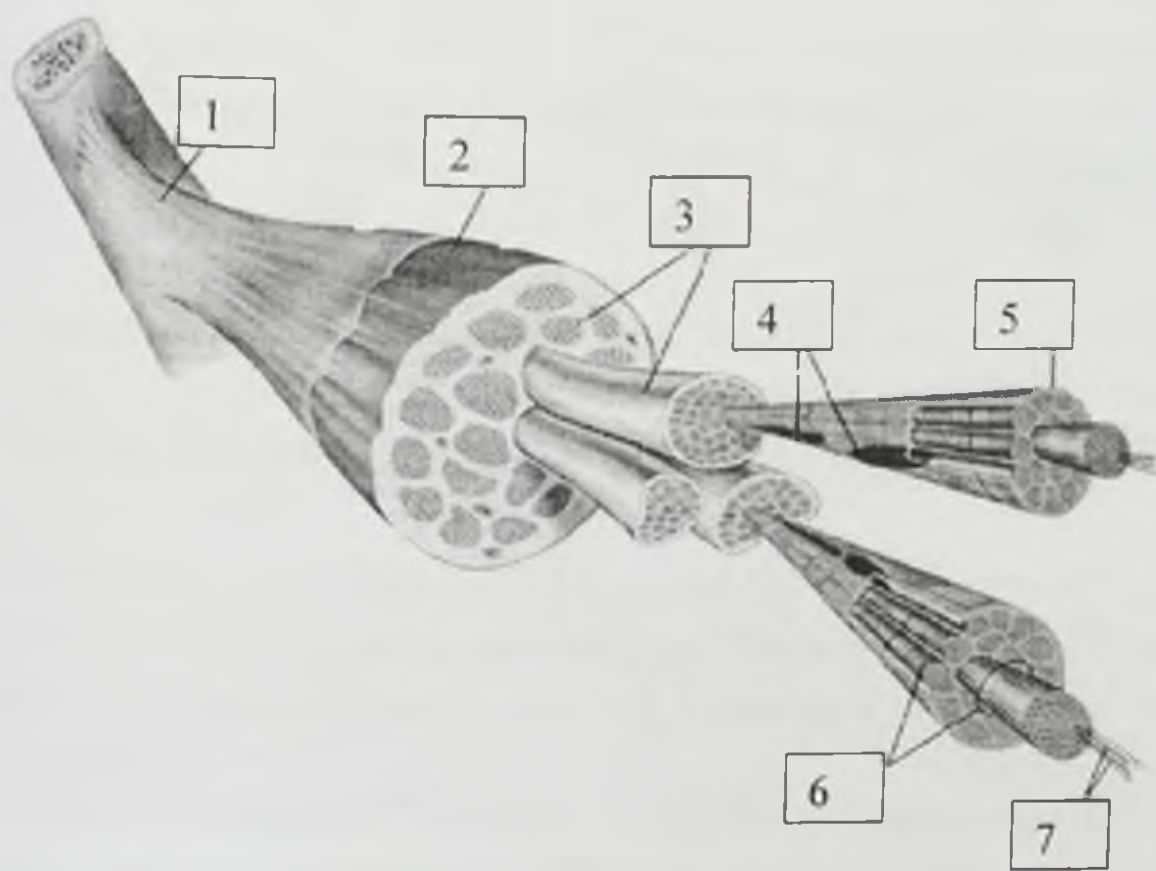
Жүрек бұлшықеті - жүректің жүрекшелері мен қарыншаларының бұлшықет қабығы (миокард). Жүрекшелерінің бұлшықет қабығы беткей және терең ет қабаттарынан тұрады. Беткей ет қабатының кардиомиоциттері көлденеңінен орналасады. Ол оң және сол жүрекшелерді сыртынан қаптап, оларға ортақ қабат болып келеді. Терең ет қабаты әрбір жүрекшеде жеке-жеке орналасады. Бұл қабаттың кардиомиоциттері ұзынынан орналасады. Жүрек қарыншаларының бұлшықет қабығында айқын байқалатын бес ет қабаты болады. Олардың сыртқы беткей және ішкі бұлшықет қабаттарын қиғаш жатқан кардиомиоциттер, ал

ортаңғы үш ет қабаттарын сегіздік тәрізді иіле орналасқан жүрек ет жасушалары түзеді.

Бұл лекцияда біз тек қанқа бұлшықеттерін қарастырамыз, өйткені физиология барысында басқа бұлшықеттер құрылымы толығырақ қарастырылады.

Бұлшық ет талшықтарының құрылысы

Барлық бұлшықеттерде көп қабатты талшықты құрылымға ие болып келеді. 1-ші суретте көрсеткендей, қанқалық бұлшықеттің микроскопиялық компоненттеріндегі, бұлшық сіңірлері көптеген параллель орналасқан түйіндерден тұрады. Әрбір түйін құрамы бойынша бұлшықет талшықтарынан (*формасы созылған ұяшықты*) немесе бұлшықет жасушаларынан тұрады. Ал, әрбір бұлшықет талшығы параллель миофибрилден тұрады. Ол өз кезегінде, миофиламенттерден тұрады, олар 2-3 микроннан тұратын тізбекше құрап, оны саркомерлер деп атайды.



1-сурет. Бұлшық ет құрылысы. 1- сіңір, 2- қанқалы бұлшықет. 3- бұлшықет талшығы. 4- ядролар. 5-плазматикалық мембрана. 6- клеткалар. 7-миофибриллдер (микроталшықтар).

Саркомер құрылысы. Саркомер - көлденең кимада гексагаальді түрде реттелген қалың және жіңішке жіптердің реттелген жүйесі. Қалың жіптің қалыңдығы 12-15 нм және ұзындығы 1,5 мкм және миозин ақуызынан тұрады. Жіңішке талшық диаметрі 7-8 нм,

ұзындығы 1 мкм және Z-дискінің бір жағында бекітілген актин белоктарынан, тропомиозиннен және тропонинден тұрады.

Үлкен ересек адамның аяқтарында бұлшықет талшықтары диаметрі 50 мкм болады. Ауыр атлетика мен айналысатын спортшыларда бұл көрсеткіш екі есе үлкен болуы мүмкін. Бұлшықеттің түріне байланысты бұлшықет талшығы 10^4 –тен 10^7 – дейін жетуі мүмкін, ал олардың құрамындағы саркомерлер 10^3 –тен $1,7 \cdot 10^5$ – ке дейін мөлшерде бола алады.

Бұлшықетті жасушаларының мембранасы, жүйке жасушалары сияқты, электрөткізгіш қасиетіне ие және әрекет потенциалын өткізуге қабілетті. Бұлшықет талшығының қозуына жауап беру үшін – жасушалардың жиырлғыш аппараты – миофибриллар болып табылады.

Бұл процесстер, жүйке жасушаларындағыдай жүреді. Бұлшықет талшығының тыныштық потенциалы $U_0 = -90$ мВ тең болып келеді, ал жүйке талшықтар $U = -70$ мВ тең, бұл жүйке талшықтарына қарағанда төмендеу. Әрекет потенциал барысында туындайтын аумалы (критическая) деполяризация U_K көрсеткіші тең болып келеді.

$$\Delta U_M > \Delta U_N$$

бұл, $\Delta U_M = U_M - U_0$, индекс «м» – бұлшықет жасушасының мәні, индекс «н» – жүйке жасушасының мәні.

Келесі кезекте, актин құрылысын қарастырамыз(2-сурет).

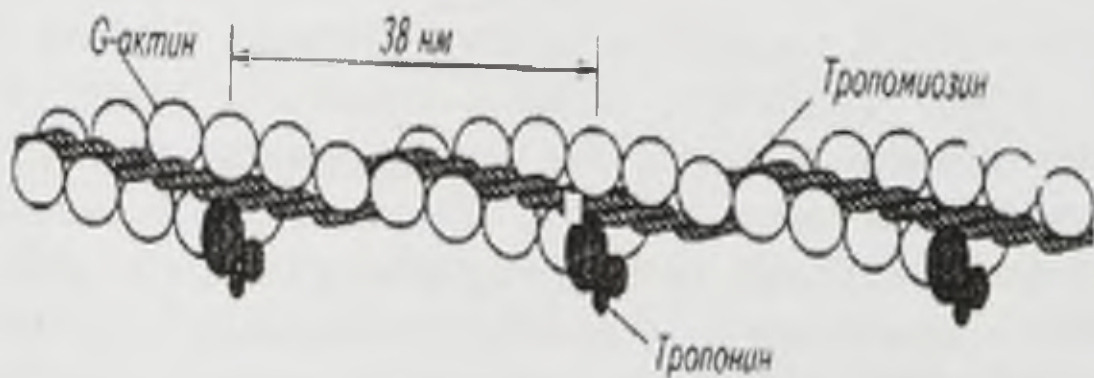


2- сурет.

Актин жіпшесі бір біріне ширатылып оралған ақуызды болып табылады, алайда, оны фибриллярлы ақуыздар түріне жатқызуға болмайды. Ол бүкіл құрылымы ұзартылған жіп тәрізді етіп біріктірілген жекелеген глобулярлы ақуыздардан тұрады. Глобулярлы актин молекулалары (G-актин) басқа ұқсас молекулалармен байланысып жанама және соңғы (терминалды) нүктелері бар. Нәтижесінде, олар бір-бірімен байланыстырылған.

моншакка ұқсас, екі жіпшені құрайды. G-актин молекуласынан құрылған таспа - спиральге айналады. Мұндай құрылым фибриллді актин немесе F-актин деп аталады. Спиральдың қабат ұзындығы 38 нм, ал спиральдың әр қабатында 7 жұп G-актин болады. F-актиннің пайда болуы АТФ энергиясына байланысты және керісінше F-актин жойылған кезде, энергия бөліп шығарады.

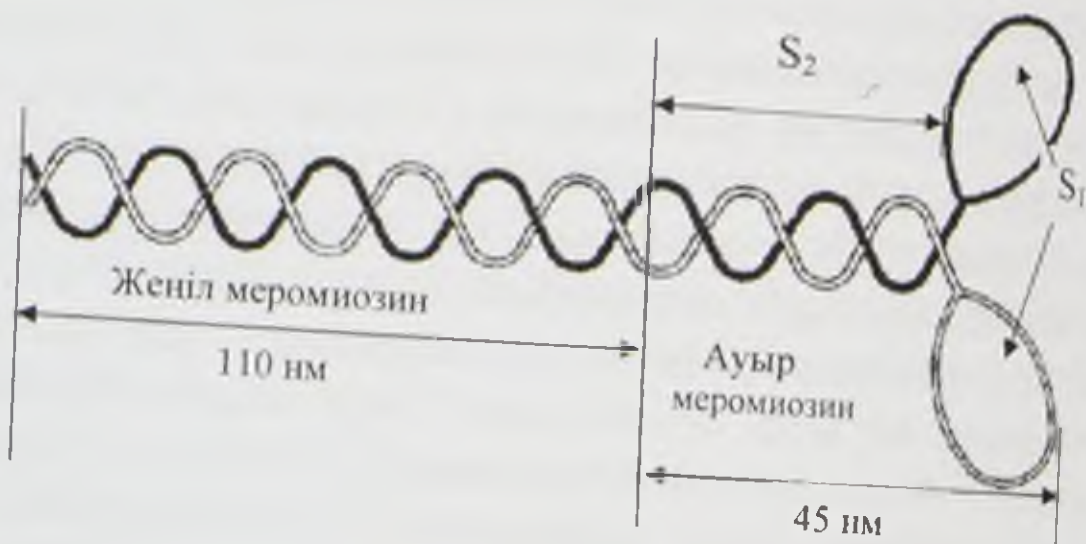
Актин филламенттерінің жіпшесінде ұзындығы 41 нм тропомиозин ақуызы орналасқан. Осы жіпше бір-біріне ұқсас, ұзындығы 7 нм екі α -тізбектен тұрады. F-Актин спираль түрінде бұралып есілген екі жіпшеден құралады. Оның бойында тропомиозин молекуласы орналасқан. Тропомиозин F-актиннің үстіңгі жағындағы созылыңқы болып келеді. Оның молекуласы бірдей емес екі полипептидтік тізбектен құралады. Ол екеуі өзара оралып есіледі(3-сурет).



3- сурет. F- актин құрылысы.

F-актин спиралінің әрбір сатысында екі тропонин молекуласы бар. Бұл глобулярлық ақуыз күрделі құрылымға ие. Ол үш бөліктен тұрады, олардың әрқайсысы өз жұмысын қысқарту процесінде орындайды.

Жуан талшықты миозин көлденең көпірлерінің көмегімен өзінің алғашқы қозғалысын жүзеге асыру үшін, миозиннің соңы актин жіпшесінде орналасқан белсенді орталықпен әрекеттесуі қажет. Миозиннің әр молекуласының ұзындығы 155 нм және диаметрі 2 нм құрайды және алты полипептидті жәпшелерден тұрады: екі ұзын және төрт қысқа жіпшелерден. Ұзын жіпшелер спиралды орамаға айналып, миозин молекуласының фибриллярлы бөлігін құрайды (ұзындығы 7,5 нм). Ал, екі әр аяғы екі-екі қысқа жіпшелермен комплексті байланысты құрайды(4-сурет).



4 - сурет.

Бұл миозин молекуласының глобулярлы бөлігі. Миозинде екі бөлікті окшаулап қарастырады: жеңіл меромиозин (ЖММ) және ауыр меромиозин (АММ), олардың арасында топса (шарнир) бөлігі орналасқан. ЖММ екі субфрагменттен тұрады: S_1 және S_2 . ЖММ және S_2 АММ фрагменті талшық жинағына кіреді, ал S_1 субфрагменті беткейінде шығынқы болып орналасқан. Бұл шығынқы ұшы актин талшығының белсенді орталығына байланысып, миозин талшықтарының түйінді, бейімді бұрышын өзгертуге қабілетті.

ЖММ арасындағы электростатикалық әрекеттесуінің нәтижесінде, жеке орналасқан миозин молекулалары бірігіп, түйін туындайды.

Анизотропты дисктер екілік сәуле сынумен қабілетті карапайым жарықта караңғы болады, ал поляризацияланған жарықта-көлдененінен мөлдір (ашық түсті), ұзынынан мөлдір емес (5 сурет). Изотропты дисктерге екілік сәуле сынуы тән. Дискінің орталық бөлікте караңғы көршілес саркомерлермен арасындағы байланысқа тән. Бұл караңғы жолақ Z-сызығы деп аталады. Ол миофибриллдер арасындағы көрші саркомер арасындағы шекара қызметін атқарады. Электронды микроскопта көрініп тұрғандай, әрбір саркомер жіңішке (актинді) және (миозинді) филаменттерден тұрады (6-сурет). А дисктерінде оларды миозин жіпшелері жабады. А дискінің ортасында ашық бөлік (H жолақ) басталады, онда тек миозинді жіптер байқалады. Демек, анизотропия құбылысы актинді және миозинді филаменттердің бірдей кездесуімен сипатталады. Көлденең қиынды бойында саркомерде жіпшелер қашанда гексагональді жүйе құрайды, мұнда әрбір миозинді протофибрилла алты актинді, ал әрбір актинді үш

Секторлы датчиктердің кемшіліктері:

- дене бетінен 3-4 см “көрінбейтін аймақтың” болуы (бұл аймақты секторлы датчикпен зерттеу мүмкін емес).

- датчиктің бір фокусты болуы.

Фокустаудың мүмкіндік шекары үлкен болғандықтан секторлы датчиктер: ұзын фокусты (ішкі мүшелерді зерттеуде), орта фокусті (кардиологияда) және қысқа фокусті (балаларды зерттеуде, беткі мүшелерді зерттеуде) болып бөлінеді.



5- сурет. Секторлы датчик

Сызықты датчиктердің бақылау аймағының ені 5-8 см болады және ол 5- 15 МГц жиіліктегі УД толқынды шығарады және қабылдайды. Сызықты датчиктің элементтері УДЗ аппаратының электронды блогы арқылы басқарылады.

Сызықты датчиктің артықшылығы:

- “көрінбейтін аймақтың” аз болуы, беткі мүшелерді зерттеу мүмкіндігі;

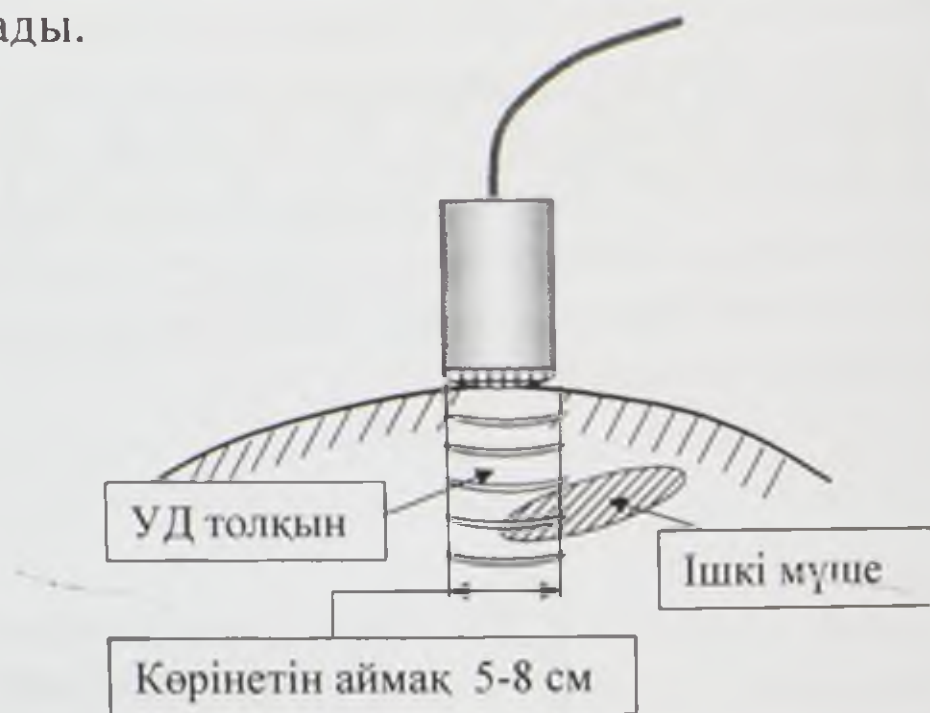
- “динамикалық фокусировка” толқынның таралу бағыты бойынша бірнеше фокустың болуы, сол арқылы терең қабатты түсіруде жоғары айқындылықты қамтамасыз етеді.

Сызықты датчиктің кемшіліктері:

- секторлы датчиктерге карағанда терең қабаттарды бақылау аймағының тарлығы, яғни бүкіл мүшені толығымен бірден көрудің мүмкін болмауы;

- жүректі түсіру мүмкін еместігі және әйелдердің жыныс мүшелерін түсіру қиындығы.

Сондықтан сызықты датчиктер абдоминальды мүшелерді (бауыр, бүйрек т.б.), акушерлікте шарананы зерттеуде ғана қолданылады.



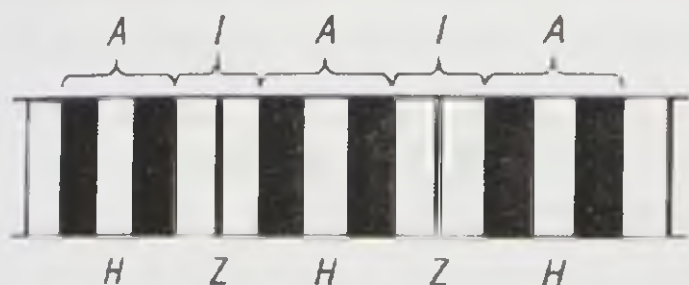
6- сурет. Сызықты датчик

Конвексті датчик 2-7,5 МГц УД толқынды шығарады және қабылдайды. УД денеге 25 см дейін ене алады. Сызықты датчиктер сияқты көптеген пьезокерамикалық элементтерден тұрады. Олар қисық (конвексті) бетімен орналасқан және сканердің электронды схемасымен қосылған. Конвексті датчиктердің де секторлы және сызықты датчиктер секілді артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Конвексті датчиктердің артықшылығы сызықтыға қарағанда дене бетіндегі зерттеу аймағы аз, ал терең қабатында көп. Сондықтан конвексті датчиктерді, сызықты датчиктермен көру мүмкін болмайтын аймақты зерттеуде қолдануға болады, мысалы: әйелдер жыныс мүшелерін.

«Алока» фирмасы көлемдері шағын конвексті датчиктерді жасап шығарды. Олар қабырға аралық саңлау арқылы жүректі көруге мүмкіндік береді. Беткі мүшелерді зерттеуде сызықты датчиктерді қолданған дұрыс. Себебі конвекстіге қарағанда аз тереңдікте бақылау аймағы кең, «көрінбейтін аймақ» аз.

Конвексті датчиктің тағы бір артықшылығы секторлыға (механикалық) салыстырғанда таза электронды, онда қозғалатын механикалық бөлік жоқ, динамикалық фокустауға ие, көрініс тереңдігінде бірнеше рет фокусталады, соған сәйкес жоғары сапалы ультрадыбыстық кескін алынады, яғни көру тереңдігінің мүмкіндік шекарасы артады. Конвексті датчиктердің дене бетіндегі бақылау

миозинді протофибриллалармен әрекеттеседі. Жіңішке және жуан филаменттер әсерлері көлденең көпірлер арқылы



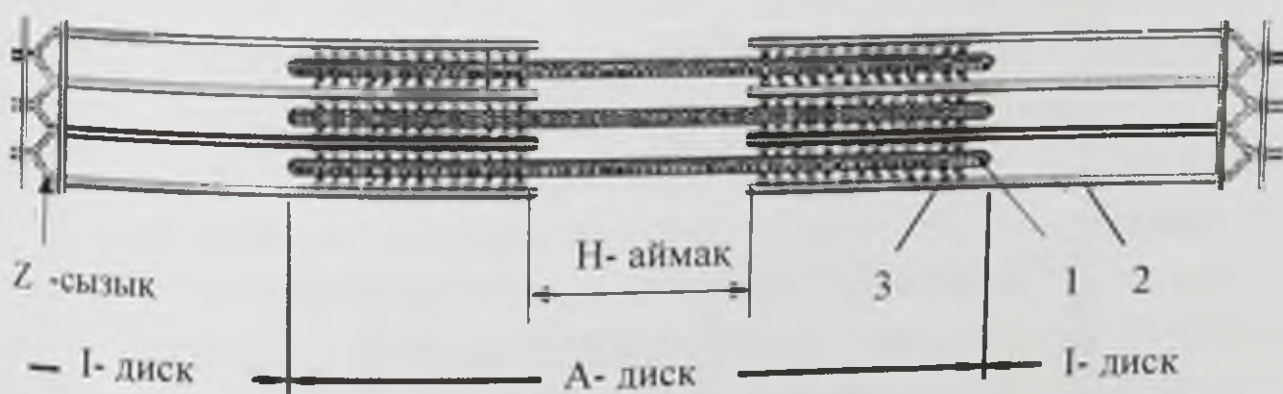
5- сурет. Саркомер құрылысының схемасы



6- сурет.
Миофибриллдің көлденең кесіндісінің схемалық көрінісі

Бұлшық еттің жиырылуы және оның түрлері

Бұлшықеттер жиырылуы кезде актин мен миозин талшықтарының ұзындығы өзгермейді, тек олардың бір – біріне қатынасы ғана өзгеріске ұшырайды: жіңішке талшықтар қалың қабаттардың кеңістіктерінің арасына жылжиды. Бұл жағдайда А дискісінің ұзындығы өзгеріссіз қалады, I дискі қысқарады, ал H жолақ тобы дерлік жоғала түседі. Бұл сырғу қалың және жіңішке жіптер арасында көлденең көпірлердің пайда болуына байланысты болады. Жиырылу барысында, саркомердің ұзындығы шамамен 2,5-1,7 мкм дейін өзгеруі мүмкін. Жоғарыда айтылғандай, миозин жіпшенің көп ұштары бар, оларда актингге байланыса алады. Өз кезегінде, актин жіпшенің басында миозиндер бар (7-сурет).

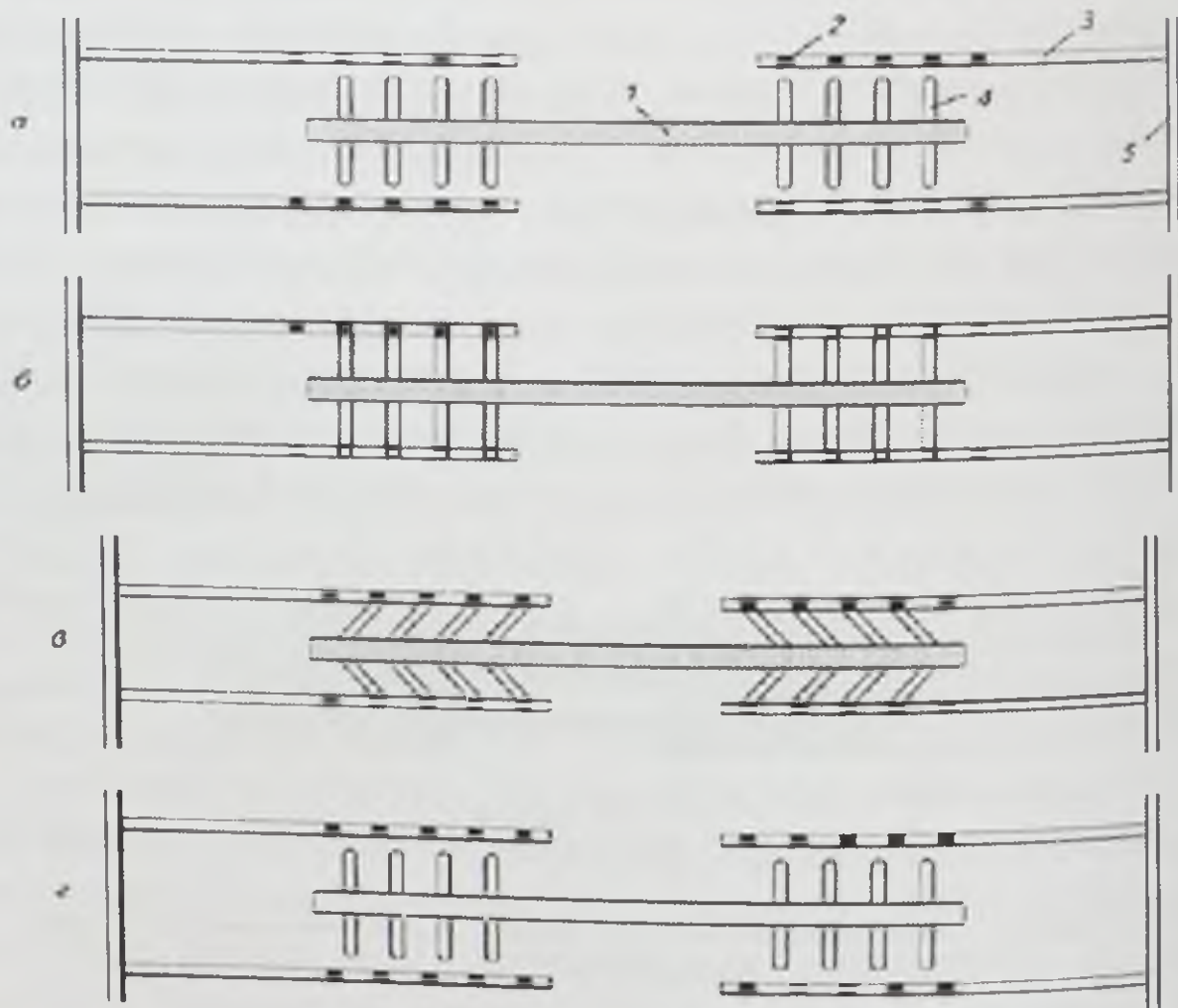


7 -сурет.

Тыныштық күйде бұлшықет жасушаларының орталықтары тропомиозин молекулалармен бекітілген және осы молекулалар жіңішке-қалын жіпшелердің байланысуына кедергі тудырады. Бұлшық еттің қозғалыс белсенділігі миоплазма құрамында Ca^{2+} және АТФ болғанда ғана жүзеге асырылады. Ал, тыныштық күйінде, олар саркоплазмалық ретикулумда болады.

Актин жіпшесінде миозин көпірлерінің кезектескен жиырылу және босаңсу процесстері өтеді. Ол белсенді актинді филамент пен тропомиозинді жіпшемен байланысқан. Тропонинді комплекс құратын суббірлік Ca^{2+} ионымен байланыса алады. Осындай байланыс пайда болғанда тропонин тропомиозинге әсер етеді, тропомиозин актинді филаментте миозин үшін белсенді орталықты босатады. Мұндай процесте бұлшық ет қысқара бастайды.

Кальций иондары белсенді актинді орталықтарынан блокаданы бұзғаннан соң миозинді бастар олармен әрекеттеседі – олар саркомер орталығына қарай жылжиды. Миозин актинді жіпшеге бекітіліп, өз талшығының бойына иіледі, актинді жіпше бойында миозинді жіпше бір қадамға ығысады, яғни, шамамен 10нм-ге (8-сурет).



8 -сурет.

Актин өз кезегінде АТФаза ретінде миозиннің АТФ гидролиздеу қызметін белсендіреді. Демек, миозин молекуласының бастары жуан жіпшелер мен жіңішке жіпшелерді байланыстырып қоймай, АТФ гидролизіне қатысады. Актин жіпшесінің бойындағы миозин бастарының соңында миозин молекуласына жаңа АТФ молекуласы қосылады. Келесі АТФ гидролизінде миозин молекуласының алғашқы конформациясына қайтуы байқалады, бұл оның актин жіпшесіне қайта қосылуына мүмкіндік береді, бірақ алғашқы әрекеттесуге қарағанда саркомер орталыққа жақын орналасады.

Егер миоплазмада АТФ жеткіліксіздігі болса, онда бұлшық еттің некрозы байқалады. Оған мысал ретінде мәйіт бұлшығының ыдыратылуы болады себебі, АТФ жоғалған кезде өлімнің алғашқы белгісі бұлшықтардың босаңсуынан байқалады, нәтижесінде көлденең көпірлер ажырайды. Бұлшық ет жиырылуы үшін АТФ гидролизі қажет, бұлшық еттің жиырылу қызметінің ПӘК-і шамамен 20%, сондықтан жұмыс жасаушы бұлшық еттің бесінші бөлігі химиялық энергиядан механикалыққа айналады, ал 80% жылу түрінде бөлінеді. Бұлшық еттердегі энергиялық процесстер ұзақ әрі, біртекті жұмыс кезінде бірдей болмайды. Қысқа уақытты бұлшық ет қысқаруы талшықтағы АТФ қорының есебінен өтеді, өз кезегінде ұзақ уақытты бұлшық ет жиырылуы үнемі АТФ толықтырылуын талап етеді, ол үшін жұмыстың атқарылуы кезінде тотығу тотықсызданудың фосфорлену процесстері өтуі тиіс.

Бұлшық ет жиырылуының: *изотониялық, изометриялық және анизотоникалық (ауксотониялық)* деген үш түрі болады (9-сурет). Изотониялық (грек тілінде isos — бірдей, tenos — ширығу, деген мағына береді) жиырылу (ширықпай жиырылу) кезінде ет талшықтарының ширығу деңгейі өзгермей, тек оның ұзындығы қысқарады. Тәжірибе жағдайында изотониялық жиырылу оқшауланған бұлшық етке аз ғана жүк іліп, электр тоғымен тітіркендірген кезде байқалады.

Изометриялық жиырылу (грек тілінде isos — бірдей, metron — өлшем) жағдайында бұлшық еттің ұзындығы өзгермей, тек ширығу деңгейі артады (қысқармай жиырылу). Тәжірибе жағдайында жиырылудың бұл түрі оқшауланған бұлшық етке тым ауыр жүк іліп, тітіркендіргенде байқалады. Табиғи жағдайда *таза изотониялық* немесе *таза изометриялық* жиырылулар кездеспейді. Изотоникалық жиырылуда бұлшық ет

тұрақты сыртқы қысым күшінен қысқарады. Жылдам бұлшық ет қысқаруы босаңсуымен ауысады. Денедің бұлшық еттің екі ұшы сүйек рычагына бекіген, сондықтан ол жиырылған кезде өзі әсер ететін мүшенің салмагына тең кедергіні немесе кереғар еттердің қарсылығын жеңу керек. Демек, әрекет үстінде ет талшығы әрі ширығады әрі қысқарады.

Бұлшық еттің ширығу деңгейі мен ұзындығын өзгерте жиырылуын *ауксотониялық жиырылу* деп атайды. Қимыл әрекет үстінде еттер ауксотониялық жиырылу жағдайында болады, бірақ онда, не изотониялық, не изометриялық жиырылу басымырақ келеді. Бұлшық еттің жиырылу ырғағы тітіркендіргіш күшіне және тітіркендіру жиілігіне байланысты. Мысалы, жиілігі 6-8 Гц-тен аспайтын тікелей (еттің өзін) немесе жанама (жүйкені тітіркендіруге баяу әрекетті талшықтардан құралған бұлшық ет дара жиырылумен жауап береді. Өйткені тітіркендіру аралығында босанып шыққан кальций иондары қайтадан саркоплазмалық торға еніп үлгереді. Мұндай дара жиырылулар тітіркендірген соң бірден басталмай, жасырын (латенттік) кезең деп аталатын біршама уақыттан кейін бастал ады. Бақаның балтыр етінде бұл мерзім 0,01 с. Осыдан кейін еттің 0,04 с созылатын жиырылу сатысы және 0,05 с созылатын босаңсу сатысы байқалады. Демек, дара жиырылуды бейнелейтін қисық сызықта үш кезең: жасырын, жиырылу және босаңсу кезендері бейнеленеді. Босаңсудан кейін қисық сызықта майда толқындар байқалады. Бұл ет талшықтарының оралымдығына байланысты құбылыс.

Бұлшықеттің изометриялық және изотоникалық түрлерінің жиырылуы тек лабораториялық жағдайда ғана зерттеледі, ал табиғи жағдайда олардың тек бір түрін ғана кездестіруге болады. Миокардтың қарыншаларының систоласының белгілі бір фазасында (клапандардың жабылу кезі) изометриялық жиырылу жүреді. Жақтардың түйіскен күйінде, шайнағыш бұлшықеттерде өте күшті қысым пайда болады, себебі, изометриялық жиырылу процесі жүруде. Ал, изотониялық режимде, керісінше адамның иығының бицепсі жиырылуы жүреді. Алайда, дененің кеңістіктегі іс-қимылдары мен бөліктерін қамтамасыз ететін динамикалық көрсеткіштері, анизотониялық (ауксотониялық) жиырылу түріне байланысты жүреді.

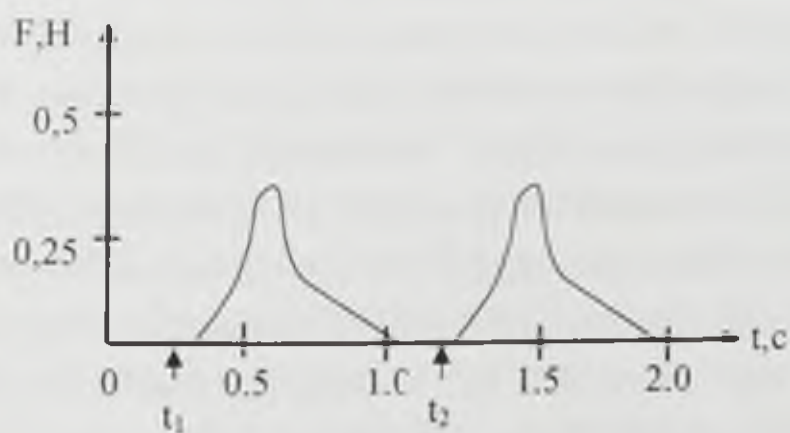
Жоғарыда айтылғандай, бұлшықеттердің электрлік ынталандыруы (немесе сыртқы тітіркенуі), бұлшықеттердің

жиырылуына әкеледі. Жиырылу барысында, бұлшықеттердің күші арта түсуі мүмкін. Бұлшықеттің жиырылу күші, келесі теңдеу арқылы сипатталады:

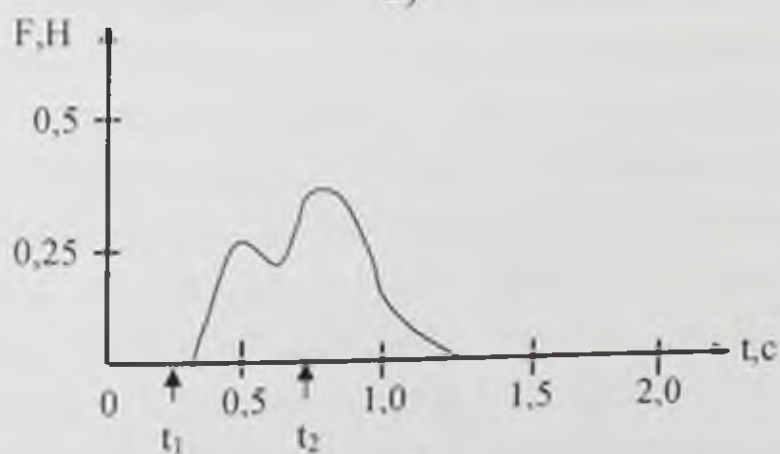
$$F = F_0 \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

F - бұл бұлшықеттің арту күші, T - бұлшықеттің жиырылу уақыты.

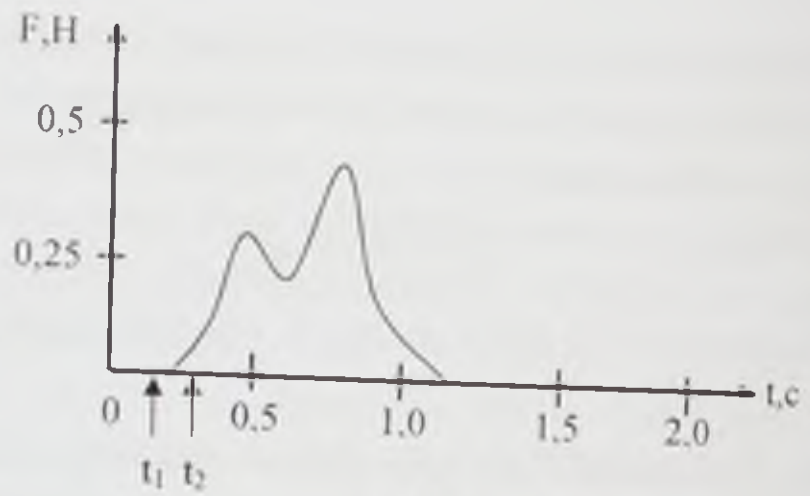
Қаңқа бұлшықеттерінің екі жиырылу түрін ажыратамыз: бір ретті және тетаникалық. Алғашқысы, бір ретті тітіркендіргішке жауап кезінде пайда болады. Осы түрде, айқын 2 кезеңді анықтап қарастырады: 1) кернеу (қысқару) және 2) босансу (ұзару). Бір ретті тітіркену электрлік импульспен салыстырғанда шамамен 15 мсек баяу (кешігіп) жүреді, ал, максимальды көрсеткішіне шамамен 40 мсек жетеді. Кейін шамамен 50 мсек нөлге дейін төмендейді (9а-сурет). Сигналдардың жиілігін (бұлшықет жиырылуын) арттыруы арқылы, олардың күшінің күшейтілуі арта түсуі мүмкін (9б,в-сурет).



а)



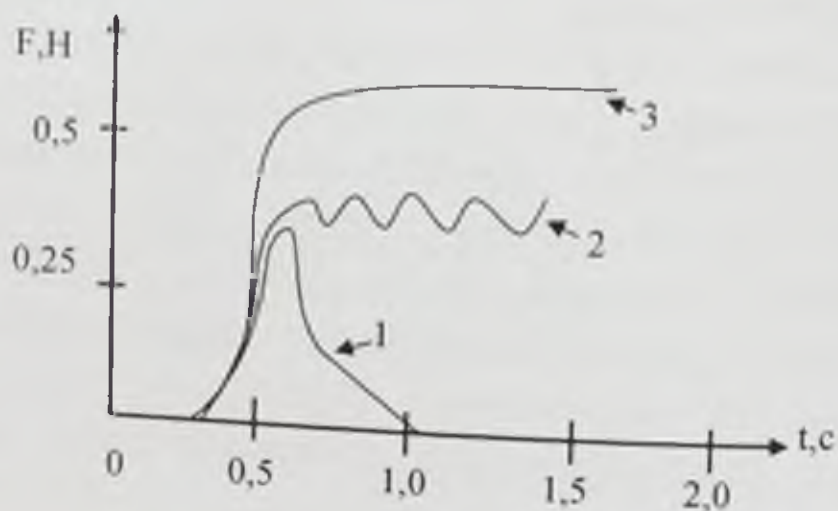
б)



в)

9а,б,в - сурет. t_1 және t_2 уақыт аралығында тітіркендіру арқылы туындаған екі жиырылудың графигі.

Бұлшық ет талшығының жедел және баяу түрі, жылдамдыққа байланысты: жылдам және баяу бұлшық еттер болып бөлінеді. Бұлшық еттердің ішінде жылдам – көз алмасының қимылдатқыш бұлшықтары болып саналады (300 Гц), себебі олардың бір текті жиырылудың кернеу кезеңі 7-10 мс құрайды. Ең баяу қозғалатын бұлшық ет камбала тәрізді (30 Гц) бұлшық еттердің қысқаруы 50-100 мс созылады. Баяу жиырылуда 10 Гц-тен төмен, ал жылдам жиілік 50 Гц-ке жетеді. Бір ретті жиырылу режимінде бұлшықеттер ұзақ уақыт бойы жұмыс істей алады, бірақ олардың амплитудалық көрсеткіші максималды сыйымдылығынан әрқашан аз болады. Тетаникалық жиырылу кезінде, белгілі ырғақтық тітіркенуде анықталған жиілікте, жауап қайтаруда болатын жиырылуды айтады. Бұлшықет бір ретті жиырылумен салыстырғанда 2-4 есе күштірек жиырылады.



10 -сурет. Бір ретті жиырылудың графигі – 1, тісшелі тетанус - 2, жазық (тегіс) тетанус – 3

Жеткілікті жоғары жиілікте жеке тітіркендіргіштер бір-бірімен біріктіріліп, тұрақты күш қалыптастырады. Осы жиырылу режимі тісшелі тетанус деп аталады (10-сурет, 2 график). Ал, бұлшық еттің үлкен жиілікпен тітіркенуі, уақыт бойынша тұрақты күшті дамытады. Бұлшықеттің бұл режимі жазық (тегіс) тетанус деп аталады. (10 сурет, 3-график). Яғни, тітіркендіргіш жиілігінің жоғарылауына қарай алдымен тісшелі тетанус дамиды, тітіркендіргіш арасындағы қашықтық бұлшық еттің қысқару кезеңінен төмен болса, жазық тетанус дамиды.

Бұлшықет талшығының үш түрі бар, олар қысқару жылдамдығымен және шаршауға төзімділікпен ерекшеленеді. Баяу қысқару - бұл «I типті» бұлшықет, мұны, қызыл талшықтар деп атайды. Олар шамамен 110 мс жиырылады, бірақ шаршаулыққа өте төзімді болып келеді. Себебі, олар аэробты болады және АТФ қалыптастыру үшін оттегін пайдаланады. Бұл талшықтар қызыл түсті, өйткені олар оттегіні қанмен қамтамасыз ету жүйесі жақсы дамығын.

II типті талшықтардың жиырылуы жылдам, олар «I типті» талшықтарға қарағанда көп күш пен қуатты шығара алады. Осы бұлшықеттерде максималды кернеуі шамамен 50 мс жетеді. Аралық типтегі «IIA» қызыл талшықтары салыстырмалы түрде қысқа уақытта жиырылумен, қажудың (шаршағандықтың) орташа жылдамдығымен дамуы және АТФ қалыптасуының аэробтық жолымен ерекшеленіп сипатталады. «IIB» типіндегі ақ талшықтар қысқа мерзімде жиырылуымен және тез шаршаумен сипатталады, себебі олар АТФ қалыптастыру үшін анаэробты (аноксидтік) процесті пайдаланады. Бұл бұлшықеттердің жылдам әрекет етуінің себептерінің бірі олардың үлкен мотонейрондардың қалың аксондары арқылы иннервациясы болып табылады. Бұл арқылы бұлшықеттерді белсенді ететін жүйке импульстері жылдам өтеді.

Орташа алғанда, бұлшық еттің 50%-ы «бірінші типті» талшықтардан және 25%-дан «екінші типті» қызыл және ақ талшықтардан тұрады. Бұлшық еттің жиырылу жылдамдығы талшықтардың жылдам және баяу сандық қатынасына байланысты.

Көз бұлшықеттері көбінесе жылдам талшықтардан тұрады, олардың жауап қайтару уақыты - 1/40 сек. құрайды. Балтыр бұлшықетінде жылдам талшықтардың саны аз болады, сондықтан оның әрекет ету уақыты шамамен 1/15 сек. тең келеді. Ал камбала

тәрізді бұлшықет ішінде талшықтардың көбісі баяу, сәйкесінше оны уақыты - 1/5 сек.тең болып келеді.

Бұлшық еттердегі тез және баяу талшықтардың түрлі көрінісі бұлшықеттердің қызметін оңтайландыруға және ағзаның энергия шығынын азайтуға ыңғайландырады. Осылайша, көз бұлшықеттері көз рефлекстерін жүзеге асырудың жоғары жылдамдығына сай болуы керек. Камбала тәрізді бұлшықеттері негізінен нығайтылған байламды (позицияны) орнықтырумен қамтамасыз. Бұл үдерісте ең маңызды қасиет тез жауап беру емес, ал төзімділік пен шаршауға қарсы тұру. Балтыр бұлшықеттері секіруге, жүгіруге жұмсалады, сол себепті, көбінесе төзімділікті төмендетуге жұмсалатын шығындарға байланысты жылдам әрекет етуі қажет.

2-кестеде баяу және жылдам бұлшық ет талшықтарының жаттығу жүргізілген спортшылардың тізе аймағындағы қатынасы келтірілген.

Спорт түрі	Жынысы (ер/ә/е/л)	Бұлшықет түрі	Баяу бұлшықет талшықтарының мөлшері, %	Жылдам бұлшықет талшықтарының мөлшері, %
Желаяк спринтерлер (қысқа қашықтыққа жүгіруші)	ер	балтыр бұлшықет	24	76
	ә		27	73
Ұзақ қашықтыққа жүгіруші (желаяқтар)	ер	балтыр бұлшықет	79	21
	ә		69	31
Велошабан доздар	ер	төрт және үшбасты бұлшықет жалпақ латеральды	57	43
	ә		51	49
Жүзішулер	ер	Балтырдың дельта тәрізді	67	33

		бұлшық ет		
Ауыр атлеттер	ер	балтыр бұлшық ет	44	56
	ер	Балтыр дың дельта тәрізді бұлшық ет	53	47
Триатлонис тер	ер	балтыр дың дельта тәрізді бұлшық ет	60	40
	ер	төрт және үшбасты бұлшық ет жалпак	63	37
	ер	балтыр бұлшық ет	59	41

Арнайы шыдамдылықты талап ететін спорт түрлерінің спортшылары, мысалы марафон - жүгірушілер, жүгіруге қолданылатын бұлшықеттердегі баяу талшықтардың үлкен үлесіне ие болады. Керісінше, осындай спорт түрлерінің спортшылары, мысалы күштер мен жылдамдық талап ететін спортшылар, мысалы, спринтерлер мен ауыр атлеттер, бұл бұлшықеттердегі жоғары жылдамдықтағы талшықтармен қамтылған

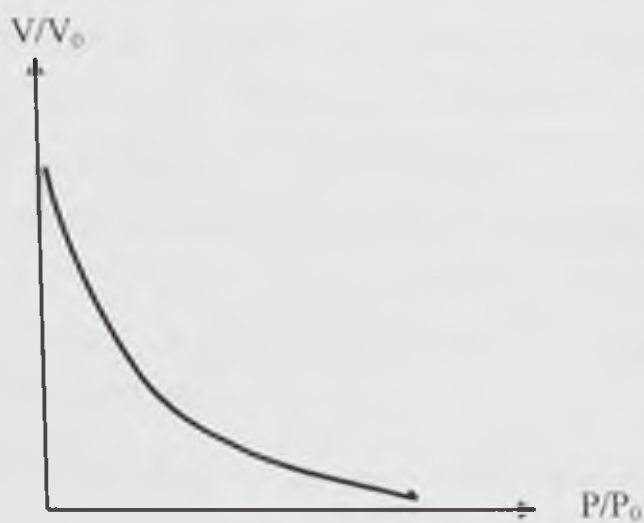
Бұлшық еттің жиырылу қуаты мен жылдамдығы.

Хилл теңдеуі

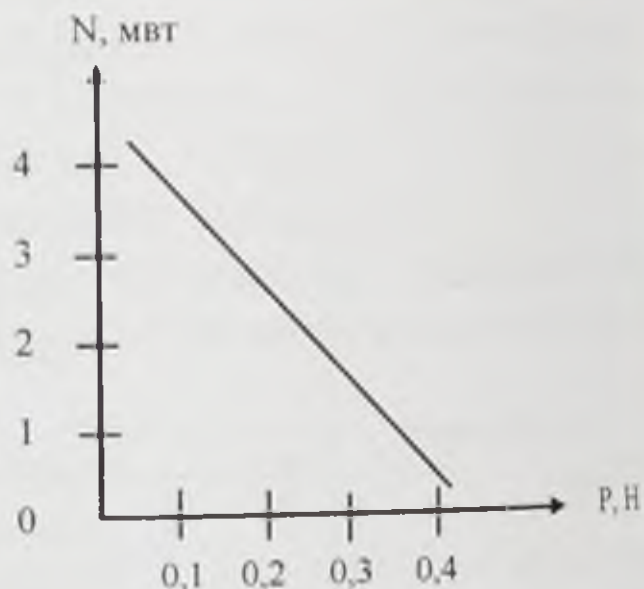
Бұлшықеттердің маңызды сипаттамалары - күші мен жиырылу жылдамдығы болып есептеледі. Бұл сипаттамаларды білдіретін теңдеулер эмпирикалық жолмен А.Хиллмен алынды және кейіннен Дещеревскийиен бұлшықеттің кинетикалық теориясында расталып зерттелген. Бұлшық еттің жиырылу жылдамдығы V және P күштерін анықтайтын Хилл теңдеуі келесі формаға ие:

$$(P+a) \cdot (v+b) = (P_0+a) \cdot b = a \cdot (v_{max} + b) \quad (1)$$

Мұнда a , b – тұрақты шамалар; v – бұлшықеттің жиырылу жылдамдығы; P – бұлшықет күші; v_{max} – бұлшықеттің максималды жиырылу жылдамдығы ($v = v_{max}$ при $P=0$); P_0 – изотоникалық тәртіптегі бұлшықет күші ($P=P_0$ при $v=0$); Келтірілген теңдеу гиперболаның формасына ие (11-сурет).



11 -сурет.



12-сурет.

Уақыт қатынасы қарай, бұлшықет жиырылу кезінде: А: $A = P \cdot t$ жұмысын орындайды. Хилл теңдеуінен v белгілей отырып, біз:

$$A = bP \frac{P_0 - P}{P + a} t \quad (2) \text{ аламыз}$$

Бұлшықеттердің жиырылуына байланысты жылудың Q белгілі бір мөлшері шығарылады, бұл жылу өнімі деп аталады. Хилл көрсеткендей, жылу өнімі бұлшықеттің ұзындығының x өзгеруіне ғана байланысты және жүктемеге P байланысты емес:

$$Q = ax. \quad (3)$$

Бұлшықеттің шығаратын жалпы қуаты $N_{общ}$, бұлшықеттердің жұмысын жылдамдату және жылуды босату жылдамдығымен анықталады:

$$N_{общ} = \frac{dA}{dt} + \frac{dQ}{dt} = Pv + \frac{dQ}{dt} \quad (4)$$

Келесі өрнектерді қойсақ (3) в (4) келесі теңдеуді аламыз:

$$N_{общ} = Pv + a \frac{dx}{dt} = (P+a)v \quad (5)$$

немесе Хилл теңдеуіне сәйкес қойсақ:

$$N_{\text{ОБЩ}} = (P + a)v = b(P_0 - P)$$

яғни, жалпы қуат $N_{\text{ОБЩ}}$ жүктемеге P тәуелділігі сызықты болып келеді (12- сурет).

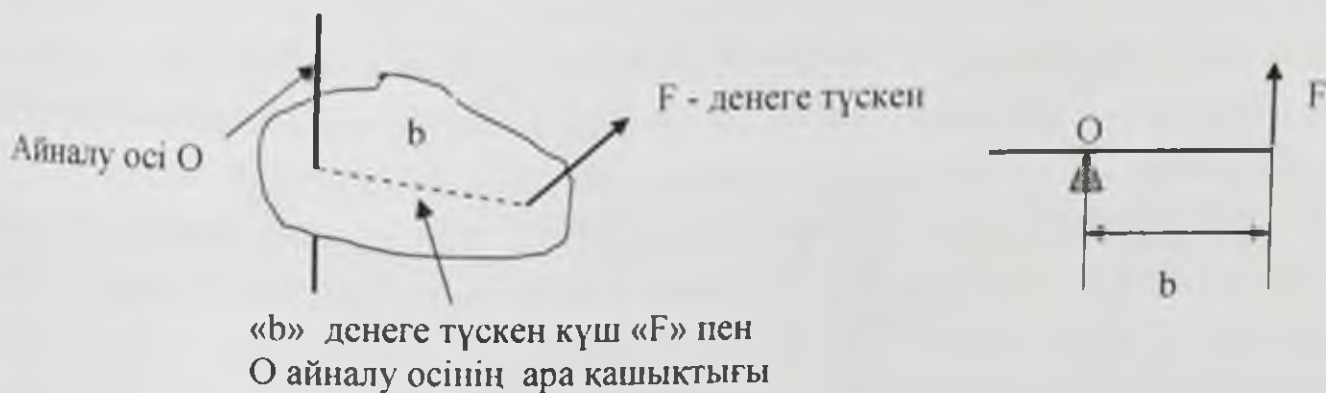
Бұлшық еттің пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) келесідей жазылады:

$$\eta = \frac{A}{A+Q} = \frac{Pv}{N_{\text{ОБЩ}}}$$

Мұнда, $Pv = N_{\text{ПОЛ}}$ пайдалы қуаты. Бұлшықеттің ПӘК η $0,2P_0 - 0,8P_0$ күштік мәндер ауқымында тұрақты болып қалады (шамамен 40%). a , b – тұрақты шамалар. Тұрақты a күштің өлшемі және b жылдамдығы. Тұрақты b негізінен температураға тәуелді, мысалы 10°C температурасына дейін қызған кезде, тұрақты b шамасы екі еселенеді. Тұрақты a $0,25P_0$ -ден $0,4P_0$ дейін мәндер ауқымында болады. Осы деректермен бұлшықетке арналған ең жоғары жылдамдықты есептеуге болады. Осылайша, Хилл теңдеуі мынандай көрініске ие болады $v_{\text{max}} = b \frac{P_0}{a}$, демек, v_{max} тұрақты b 2,5-4 есе асады.

Адам биомеханикасы

Биофизика тұрғысынан канқа сүйектерінің белгілі бір нүктелеріне бекітілген бұлшық еттер мен буындар адамның тірек-қимыл жүйесін құрайды. Бұлшық еттердің жиырылуынан пайда болатын тартылыс күштері сүйектерді қозғалысқа түсіреді, ал пайда болған күштің шамасы иін(рычаг) заңына сәйкес, бұлшық еттің буынға жалғанған жеріне байланысты болғандықтан, буынды иін(рычаг) ретінде санауға болады. Иін тірегі деп - денеге түскен күш F пен айналу осі O ара қашық b атайды (13 сурет)



13 - сурет

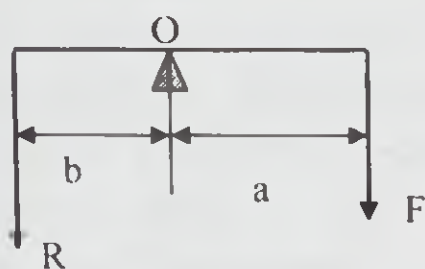
Иін күш моменті M деген физикалық шамамен сипатталады, ол күштің F иінге b көбейтіндісімен сипатталады:

$$M = F \cdot b.$$

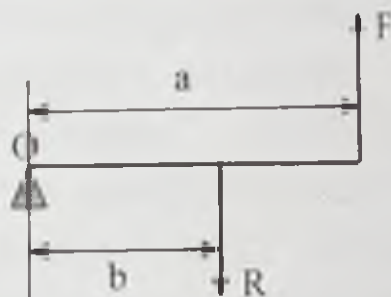
Рычагтардың екі түрі болады. Егер иінге түскен күштер тірек нүктесінің (айналу осының) екі жағына, яғни карама карсы жақта орналасса, оны иінің бірінші түрі деп атайды. Мұндай иін үшін тепе-теңдік шарты мына түрде болады (сурет 14а):

$$R \cdot b = F \cdot a,$$

мұндағы R - кедергі күштер, мысалы бас сүйегінің салмағы, немесе адам денесінің салмағы және т.б., ал F - бұлшық еттің жиырылуы кезінде пайда болған күш.



а)



б)

14 сурет

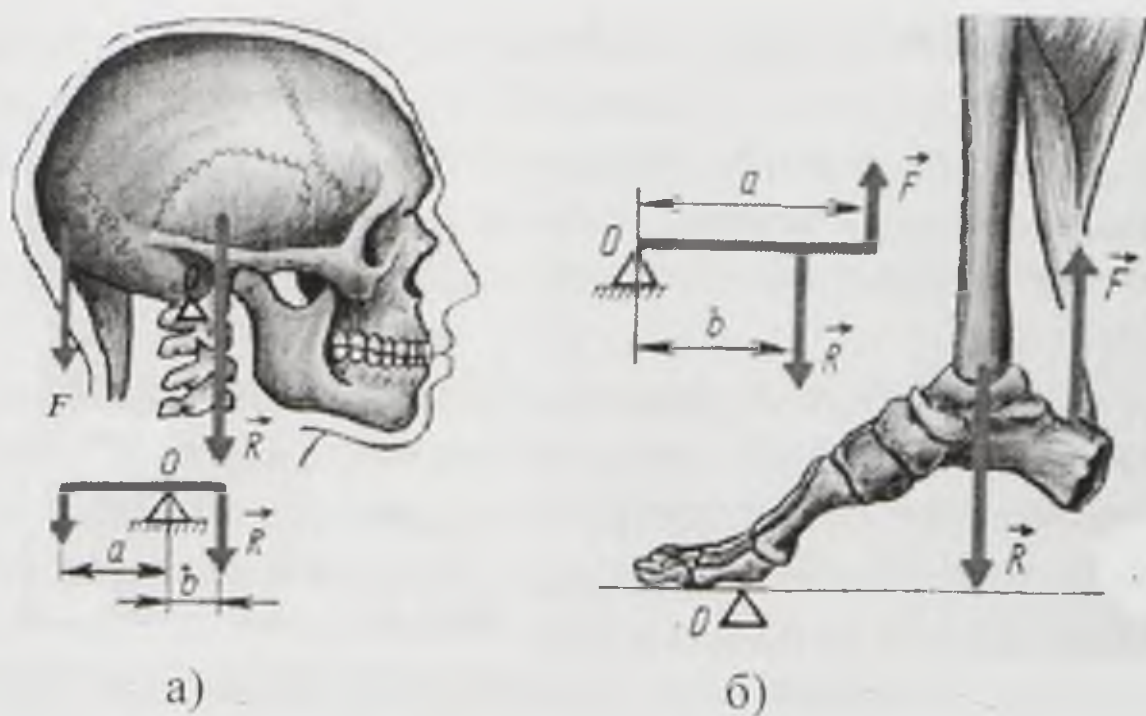
Егер, денеге әсер ететін күштер F , R иінің бір жағында және карама-карсы бағытта бағытталған болса, ал айналу осі күштер түскен нүктелердің екінші жағында болса оны иінің екінші түрі деп атайды. Мұндай рычагтың тепе-теңдік шарты (14б-сурет):

$$R \cdot b = F \cdot a$$

Енді иінің үш түрін қарастырайық:

1) Бұлшық еттің жиырылуынан пайда болған F күш пен кедергі күштері тірек нүктесінің екі жағында жатсын делік. мұндай жағдайда иінің тепе-теңдік шарты $F \cdot a = R \cdot b$ болады. Мысал: Сагиттал жазықтығында жатқан бас сүйекті қарастырайық (15а - сурет).

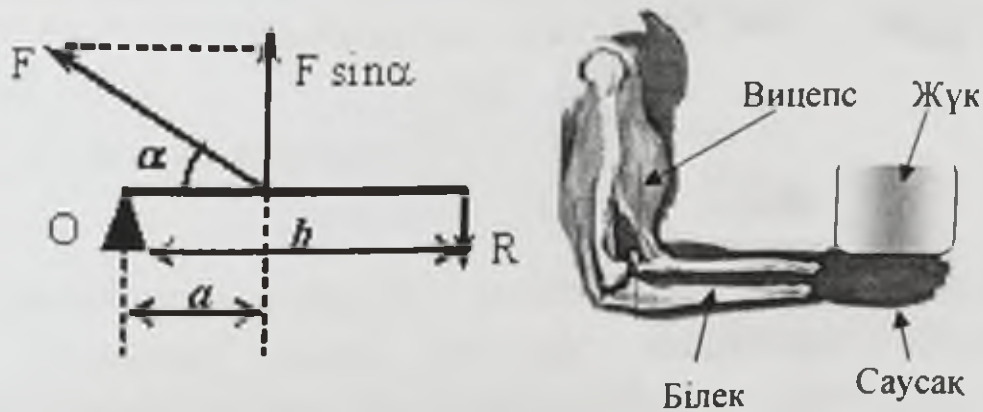
Бас сүйектің тірек нүктесі O бас сүйектің бірінші омырткамен түйіскен жерінде жатады. Бастың салмағы әсерінен пайда болатын ауырлық күшті R деп белгілейік және ол бас сүйектің центрі арқылы өтетін нүктеде жатыр деп санайық, сонда желке сүйегіне бекітілген бұлшық еттер мен байламдардың аз ғана тартылуы, яғни аз ғана F күшпен, салмағы үлкен бас сүйегін жеңіл қозғалтуға болады, өйткені күш моменті теңдеуінен: $a > b$ болса онда $F < R$ (15а -сурет).



15 - сурет

2) Бұлшық еттің жиырылуынан пайда болған F күш пен R кедергі күштері тірек нүктесінің бір жағында жатсын делік және R күші тірек нүктесіне жақын, ал F күш одан ары иіннің соңында жатсын. Иін тіректің тепе-теңдік шарты $F \cdot a = R \cdot b$, егер $a > b$ болса, онда $R > F$, яғни мұндай иін күштен ұтыс, бірақ қозғалыстан ұтылыс береді, сол себепті мұндай иінді күш иіні деп атайды. Мысалы: аяқ саусақтарында тірек нүктесі орналассын, R бүкіл дененің ауырлық күші болсын, ал F - денені көтеретін бұлшық ет күші Ахиллес сіңірінде пайда болады делік (15б- сурет). Егер адам салмағы 75 кг, $b=12$ см, $a=16$ см тең болса, онда осы адам өкшесін көтеу үшін қанша күш жұмсайды, соны есептейік. Ол үшін $F \cdot a = R \cdot b$ теңдеуін қолданайық, яғни $F \cdot 16 \text{ см} = 75 \text{ кг} \cdot 12 \text{ см}$, мұнан $F = R \cdot b / a = 75 \text{ кг} \cdot 12 \text{ см} / 16 \text{ см} = 56,3 \text{ кг}$. Адам бар болғаны 56,3 кг күш жұмсады, яғни аз күш жұмсап, үлкен салмақты көтердік.

3) F күші R күшіне қарағанда тірек нүктесіне жақын орналасын делік (16 сурет).



16 – сурет

Бұл түрдегі иіннің тепе теңдік шарты мына түрде берілген болса:

$$F \cdot \sin \alpha \cdot a = R \cdot b,$$

мұнан $F = R \cdot b / \sin \alpha \cdot a$ тең болады. Егер $a < b$ болса, онда $F > R$, яғни мұндай иін күштен ұтылады, бірақ қозғалыстан (жүктің кеңістікте қозғалуы) ұтыс береді. Сол себепті мұндай иінді жылдамдық иіні деп атайды.

Мысалы: білек сүйектері. О тірек нүктесі шынтақ буынында орналасқан. F - білектің иілу кезінде пайда бұлшық еттерінің күші. R - әдетте қолға түсірілетін жүктің ауырлығы мен білектің өз салмағы. Яғни, берілген R ауырлық күшін жеңу үшін бұлшық ет күші F неғұрлым көп болуы тиіс. Сондықтан, мысалы, білек иілген кезде адам салыстырмалы түрде үлкен салмақты, ал бүгілмеген кезде әлдеқайда аз салмақты ұстайды.

Эргометрия

Адам бұлшық ет арқылы механикалық жұмысты атқарады, яғни бұл бұлшықет күші мен күштің дамуымен туындаған. Арнайы физикалық еңбекпен айналыспайтын адам, орташа қуатты өте аз жұмсайды, мысалы тегіс жерде серуендеуіне байланысты қарасақ жылдамдығы 100-200Вт-қа тең. Ешқандай қозғалыс жұмысы жасамасада, яғни, жұмыс нөлге тең болсада, бұлшықеттерде шаршаулық туындайды. Мұны, бұлшықеттің жұмыс жасама жатқанын көрсетеді. Мұндай жұмыс процесін, статикалық бұлшықет жұмысы деп аталады. Бұлшықеттердің жұмыс қабілетін зерттеуді – эргометрия деп атаймыз, ал тиісті құралды – эргометр деп атайды. Мысалы: тежегіш велосипед (велозэргометр). F - динамометрмен өлшенетін белдік пен доңғалақтың шет арасындағы үйкеліс күші. Барлық жұмыстар сынақ үйкеліс күштерін еңсеруге жұмсалады. Онда $A = F_{mp} \cdot l = F_{mp} \cdot 2\pi r$ – бір айналымы үшін, $A = n \cdot F_{mp} \cdot 2\pi r$ - за n айналымы

$$N = \frac{n \cdot F_{mp} \cdot 2\pi r}{t} - \text{орташа қуаты}$$

Бұлшық ет жиырылған кезде, метаболизм үрдісінде жинақталған химиялық энергия босап шығады, ол ішінара механикалық жұмысқа айналады, бірақ жылу түрінде жоғалады.

Велосипед эргометрінде қолданылған жұмыс кезінде тиімділік коэффициентін есептеуге болады, химиялық энергияны механикалыққа айналдыру арқылы. Тиімділігі педальдардың айналу жылдамдығына байланысты өзгереді және максималды мәнге 22% жетеді – педальді аяқпен әрбір 0,9с басқан соң(яғни педальдің бір айналымына -1,8). Велоэргометр көмегімен тек тиімділікті ғана емес, аяқ бұлшықетін сонымен қатар дамитын максималды қуатты – бұл қуат бұлшық ет тінінің 1кг үшін 40 Вт-қа жетеді. Бұл деңгейде ол қысқа уақыт ішінде қалуы мүмкін, себебі бұлшықеттер қажетті жылдамдықта оттегін ала алмайды.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАСЫ

а) тест

1. Бұл кезде бұлшықет тұрақты жүкті көтеріп тұрады, ал зерттеу барысында еттің уақыт бойынша ұзындығының өзгеруі көмегімен алдын ала бұлшық еттің ұзындығын анықтап алатын режим
А. деформация
В. изохоралық
С. изометриялық
D. изотоникалық
E. Элластин
2. Бұлшық еттің ұзындығы $L = \text{const}$ тұрақты, ал зерттеу барысында дамытатын күшті тіркейтін режим?
А. деформация
В. изохоралық
С. изометриялық
D. изотоникалық
E. Элластин
3. Бұлшықеттің сипаттамаларын зерттеуде неше жасанды режим қолданылды?
А. 1
В. 2
С. 4
D. 3
E. 5
4. Бұлшық ет бір мезгілде қандай орта болып табылады?

- A. Серпімді тұтқыр
- B. Серпімді
- C. Деформация
- D. Механикалық
- E. Тұтқырлық

5. Сырғитын жіпшелшер моделінің негізгі қағидасы қанша?

- A. 5
- B. 3
- C. 6
- D. 8
- E. 7

6. Бұлшық еттің жиырылу процесі ортада Ca^{2+} шамасымен неше мольге тең болуы керек?

- A. $10^{-6} - 10^{-5}$ мольге
- B. $10^{-8} - 10^{-7}$ мольге
- C. $10^{-3} - 10^{-2}$ мольге
- D. $10^{-2} - 10^{-1}$ мольге
- E. 0

7. Бұлшық еттің ширығу деңгейі мен ұзындығын өзгерту жиырылуы қалай аталады?

- A. Ауксотониялық жиырылу
- B. Изотониялық жиырылу
- C. Псевдотониялық жиырылу
- D. Изометриялық жиырылу
- E. Изомеразалы жиырылу

8. Бұлшықеттің жиырылу күші, келесі теңдеу арқылы сипатталады:

A. $F = A/B$

B. $Q = ax$

C. $F = F_0 \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}}$

D. $Fa = Rb$

E. $F = \frac{R \cdot b}{\sin \alpha}$

9. Миозиннің әр молекуласының...

A. ұзындығы 160 нм және диаметрі 3 нм құрайды және алты полипептидті жәпшелерден тұрады

B. ұзындығы 195 нм және диаметрі 2 нм құрайды және алты полипептидті жәпшелерден тұрады

C. ұзындығы 185 нм және диаметрі 6 нм құрайды және алты полипептидті жәпшелерден тұрады

D. ұзындығы 150 нм және диаметрі 4 нм құрайды және төрт полипептидті жәпшелерден тұрады

E. ұзындығы 155 нм және диаметрі 2 нм құрайды және алты полипептидті жәпшелерден тұрады

10. Бұлшық еттің пайдалы әсер коэффициентінің (ПӘК) теңдеуі:

A. $N_{\text{обш}} = (P + a)v = b(P_0 - P)$

B. $A = bP \frac{P_0 - P}{P + a} l$

C. $\eta = \frac{A}{A + Q} = \frac{Pv}{N_{\text{обш}}} +$

D. $F = \frac{R \frac{b}{a}}{\sin \alpha}$

E. $\square = F_0 \cdot \frac{l}{T} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

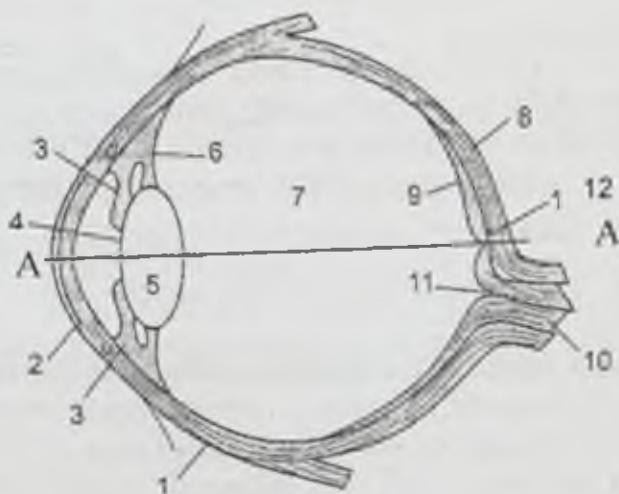
9 сабақ. КӨРУ БИОФИЗИКАСЫ

Сабақ жоспары

1. Көздің құрылысы.
2. Көз- оптикалық жүйе және оны сипаттайтын шамалар.
3. Көз торының құрылысы.
4. Көру биофизикасы: таяқшада тыныштық және әрекет биопотенциалының пайда болу механизмі.
5. Түрлі түсті көру.
6. Линзаның түрлері, линза параметрлері: фокус қашықтығы, оптикалық күші. Линзалар жүйесі, кемшіліктері, бинокулярлы көру.
7. Көз кемшіліктері және оны линза арқылы жою. Кератотомия түрлері.
8. Диагностикалық құралдар: рефрактометр, офтальмоскоп.
9. Есеп шығару үлгілері.

Сабақ мақсаты: Көрудің биофизикалық механизмін талдау және көз кемшіліктерін линза және басқа да жолдар арқылы жоюдың түрлерін қарастыру.

Алдымен көз құрылысын қарастырайық (1- сурет). Көз алмасының сырты склера (1) қабатымен қоршалған, ол көздің ішкі құрылымын қорғап тұрады және оның қаттылығын сақтайды.



1 сурет Көздің құрылысы.

Склераның алдыңғы қабаты жұқарып, өте жұқа мөлдір мүйізді қабатқа (2) айналған. Жұқа мүйізді қабат арқылы көзге сыртқы ортадан жарық енеді. Мүйізді қабаттан кейін түсті қабық (3) жатыр, оның орта бөлігін 2 -8 мм дейін өзгертін саңлау түрінде

көз қарашығы (4) алып жатыр. Түсті кабық пигментпен боялған дөңгелек тәрізді бұлшық еттен тұрады. Дөңгелек бұлшық етін жиырылуы немесе босаңсуы көз қарашығының өлшемінің өзгеруіне алып келеді, осылайша көзге түсетін жарық ағыны реттеледі. Түсті кабықтың арғы жағында қос дөңес линза пішінді, созымалы көз бұршағы (5) орналасқан. Оны қоршай жалғанған цилиарлы бұлшық еттің (6) тартылу немесе созылуы көз бұршағы бетінің қисықтығын өзгертеді, нәтижесінде оның оптикалық күші өзгереді, сонымен қатар бұлшық ет көзді бұрып оның осін қарап тұрған нәрсеге бағыттайды.

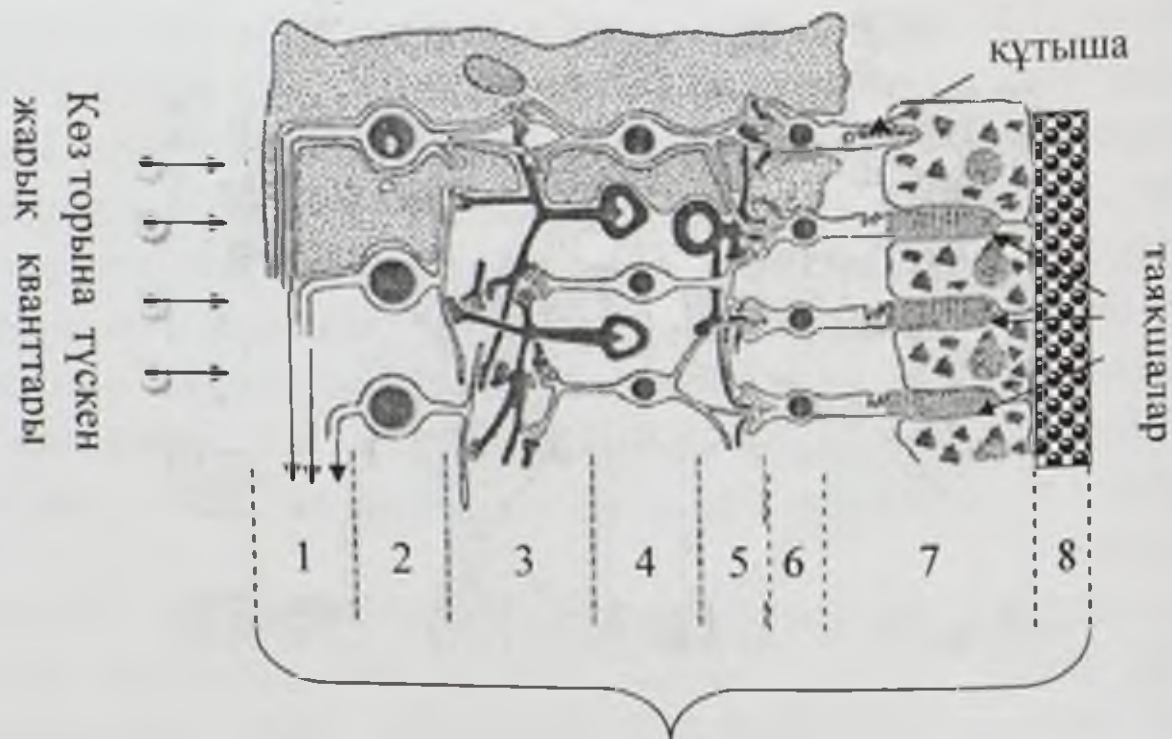
Мүйізді кабат пен көз бұршағы арасындағы кеңістік су тәрізді сұйықпен толтырылған. Көз бұршағының арғы жағындағы кеңістікті қоймалжың сұйық шыны тәрізді дене (7) алып жатыр. «Мүйізді кабат - су тәрізді сұйық – көз бұршағы - шыны тәрізді дене» бірігіп оптикалық күші 58,8 диоптрии болатын ($F=17,2$ мм) линза тәрізді оптикалық жүйені құрайды. Бұл оптикалық жүйенің оптикалық ортасы(центрі) мүйізді кабаттан, ішке қарай 5 мм жерде, бұл оптикалық ось суретте AA түзуі түрінде көрсетілген.

Көз алмасының ішкі бетін, жартылай сфера түрінде тор кабат алып жатыр(9), онда сыртқы пішіні құтыша және таяқша түрінде болатын жарықты сезгіш фоторецепторлар орналасқан. Бұл жарықты сезгіш жасушалар тор кабаттың сыртқы бетінде қан тамырлары орналасқан аймақта (8) жатыр. Тор кабаттағы нерв талшықтары бірігіп, көру нервіне (10) айналған. Бұл аймақта таяқшалар мен құтышылар жоқ, сондықтан көру нерві алып жатқан жерді жарықты сезбейтін «соқыр дақ» (11) деп атайды. Тор кабаттың орта бөлігінде, оптикалық остің бойында (AA түзуі) ең көргіш аймақ(12) орналасқан, бұл жерде жарықты өте сезгіш құтышалар орналасқан, бұл құтышалар арқылы көз жарықтың түсін анықтайды. Тор кабаттың басқа аймақтырын негізінен таяқшалар алып жатыр.

Енді көрудің биофизикалық негізін талдайық. Жоғарыда айтқандай, көзге түскен жарық ағыны көз бұршағы арқылы жарықты сезгіш жасушаларға-таяқшалар мен құтышаларға фокусталады. Таяқшалар тор кабаттың сфера бетін жартылай алып жатыр және ол кескінді «ақ – қара» түрінде көруге мүмкіндік береді. Құтышалардың саны аз, олар негізінен тор кабаттың орта бөлігін алып жатыр және ол кескінді «түрлі-түсті» түрінде көруге мүмкіндік береді. Алдымен көздің тор қабатының құрылысын

талдайық, өйткені көру процесі негізіннен осы аймақта өтеді. Көз торы бірнеше қабаттардан тұрады. Жарық түсетін бірінші қабат-нерв талшықтарынан (жасушаларынан) тұрады, олар таяқша мен құтышыларда пайда болған электр сигналдарын миға жеткізеді. Онан соң бірнеше қабаттар орналасқан, олардың негізгі қызметтерін адам физиологиясы курсына талдайтындықтан қазір қарастырмаймыз. Бұл қабаттардан кейін жарықты сезгіш рецепторлар - таяқша мен құтыша жасушаларынан тұратын қабат орналасқан. Олардан соң қара түсті пигменті меланин қабаты бар.

Бір қарағанда таяқша мен құтыша жасушалары, көзге түсетін жарық ағыны бірден түсетін алдыңғы қатарда орналасуы қажет секілді, ал шындығында олар көз торының түбінде, ең соңғы қабатында жатыр. Фоторецепторлардың мұндай орналасуы кездейсоқ емес, тор қабаттан өткен, көздің ішкі құрылымына шағылған немесе шашыраған сәулелердің фоторецепторларға түсуіне жол бермейді, ондай сәулелерді қара түсті меланин қабаты жұтады, осы арқылы көз таяқшалары мен құтышаларының сезгіштік қабілетін үнемі жоғары деңгейде болуына мүмкіндік береді және өте сезімтал болатын таяқша мен құтышаларды кездейсоқ сыртқы әсерлерден (сәулелерден) сақтайды (2-сурет).



Көз торының қабаттары

2-сурет. Көз торының құрылысы. 1-фоторецепторларда (таяқша мен құтышаларда) пайда болған электр сигналын миға жеткізетін нерв талшықтары. 2-ганглиоз жасушаларының қабаты. 3-ішкі синап қабаты. 4- ішкі ядролық қабат. 5-сыртқы синап

кабаты. 6- сыртқы ядролық қабат. 7- құтышалар мен таяқшалар кабаты. 8- эпителии (кара түсті пигмент кабаты).

Жарық ағыны сезгіш рецептораларға жеткенше мүйізді қабаттан, көз бұршағынан, шыны тәрізді дене және тағы да бірнеше қабаттардан өтуіне тура келеді және кей қабаттардан жарық шағылысады, кей қабатарда жұтылады, осылайша өзінің бастапқы энергиясын көп бөлігін жоғалтады. Көзге түскен жарық ағынының 4 % мүйізді қабатан шағылысады, ал 50% көз ішіндегі орталарда (көз бұршағында, шыны тәрізді ортада және т.б. қабаттарда) жұтылады, жарық энергиясының 40% көз торы қабаттары арқылы өтіп, ең соңғы кара түсті пигменті эпителии кабатында жұтылады. Осылайша жарық энергиясы бірте-бірте азайып, көз фоторецепторларына тек бірнеше пайызы ғана жетеді.

Соңғы кезде жүрізілген зерттеулер, жарықты сезгіш фоторецепторлардың күшейту коэффициенті 10^5-10^6 болатын трансформатор тәрізді энергиясы өте әлсіз жарықты көру сезімін тудыратын деңгейге жететіндей күшейтіп, онан соң электр сигналына айналдыратындығын көрсетті. Қараңғы жағдайға бейімделген көздің 491 нм толқынға сәйкес келетін 2-3 фотонын сезетіндігі анықталды, олай болса көзді сезімталдығы өте жоғары оптикалық құралдар қатарына жатқызуға болады.

Қараңғыға бейімделген көздің ең төменгі жарықтылықты сезінуін абсолютік көру табалдырығы деп атайды, ол шамамен $2,1-5,7 \cdot 10^{-17}$ Дж, бұл көк-жасыл түстерге сәйкес келетін 58-148 кванттың энергиясына тең.

Жарық ағыныңың интенсивтілігі мен оны көздің сезу арасындағы байланыс Вебер-Фехнер заңымен сипаталады және ол мына түрде беріледі:

$$\Psi = k \cdot \ln \frac{I}{I_0},$$

мұндағы I - жарық интенсивтілігі, I_0 - көздің жарықты абсолютті сезу шегі, k - тұрақты шама. Бұл заңдылықтан мынадай қорытынды жасауға болады: егер жарық интенсивтілігі логарифимді түрде өссе оны көздің сезуі сызықты түрде өзгереді.

Енді таяқша мен құтышаның құрылысымен танысайық. Көзде жалпы саны 125 млн таяқша мен 6,5 млн құтыша бар. Адам көзіндегі таяқшаларының ұзындығы 50-60 мкм, диаметрі 2 мкм

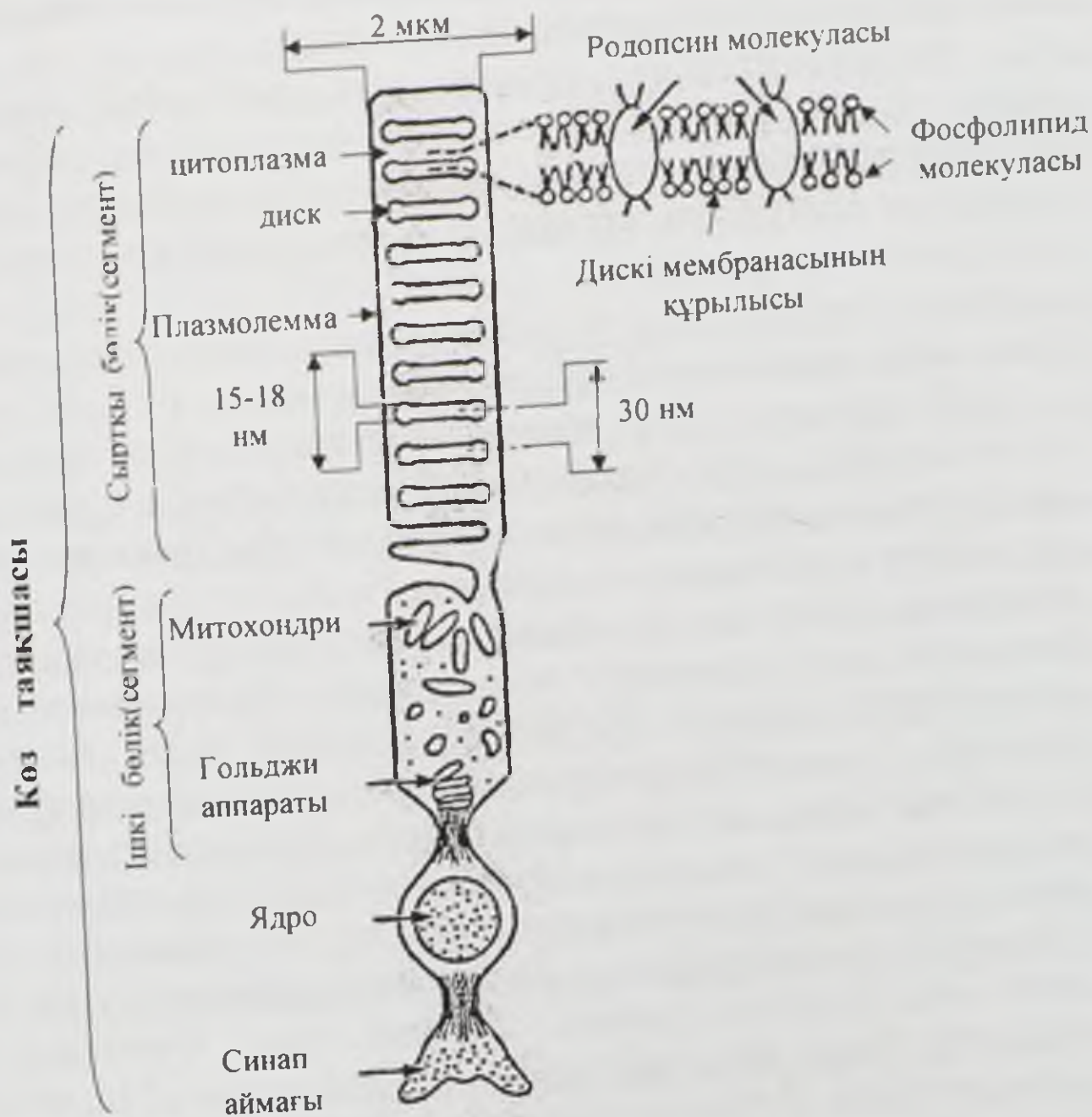
болса, құтышалардың ұзындығы 30 мкм, диаметрі 6 мкм тең (3-сурет).

Көз торындағы таяқша мен құтышаларға нерв талшықтары жалғанған, миллиондаған тармақтардан тұратын осындай талшықтар жинала келе көлденең қимасы 4 мкм^2 болатын көру нервіне айналады.

Көз таяқшалары өз ара байланысқан сыртқы және ішкі екі бөліктен (сегменттен) тұрады. Сыртқы бөліктің (сегмент) ұзындығы 20-30 мкм, яғни таяқша ұзындығының жартысына тең. Сыртқы бөліктегі (сегмент) цитоплазма бір-бірінен ара қашықтығы 30 нм болатын, жалпы саны 700 ден 1000 дейін жететін (сиырда-200, бақада-1500), сыртқы пішіні орта бөлігінен қысылған ауа шарына ұқсас, жарықты сезгіш дискілермен толтырылған. Дискі санының мұндай көп болуы фоторецепторлар алып жатқан беттің үлкен болуына алып келеді, бұл көздің сезгіштігін артырады. Әр дискінің диаметрі 2 мкм, қалыңдығы 15-18 нм тең. Дискі қабырғасының құрылысы биологиялық мембранадай, фосфолипид молекулаларынан құралған. Фосфолипид қабатында родопсин молекулалары бауының кейбірі қабатқа жабысып, кейбірі оны тесіп орналасқан. Көздің көруі, таяқша дискілеріне түскен жарық әсерінен жүретін бірінші реттік фотоқұбылыстарға байланысты болғандықтан, дискідегі мембраналарды фоторецепторлы мембраналар деп атайды.

Барлық биомембраналарға тән фоторецептордың мембранасында фосфолипид және ақуыздан құралған, бірақ олардың бірнеше ерекшеліктері бар. Дискі мембранасындағы ақуыздың 90% көру пигменті - хромогликопротеид родопсин молекуласына тиісті.

Мембранадағы фосфолипид молекуласы құйрығының жоғары деңгейлі қанықпаған майқышқылынан тұруы (құралуы) биомембрананың гидрофобты құрылымының қозғалғыштық қасиетін жоғарылатып, оның тұтқырлығын 30 мПа·с дейін төмендетеді. Биомембранадағы липид молекулаларының астамының құрамына қанықпаған майқышқылы кіреді, бірақ холестерин және гликолипид молекулалары өте аз мөлшерде. Сондықтан дискі мембранасындағы бір родопсин молекуласына 90 фосфолипид және 6 холестерин молекуласы сәйкес келеді. Фоторецепторлы мембрана бетінің 75% үлесін липидтер, 25% үлесін родопсин алып жатыр. Дискі мембрана массасын 40-50% үлесі липидтерге, қалғаны родопсинге сәйкес келеді.



3- сурет. Көз таяқшасының құрылысы.

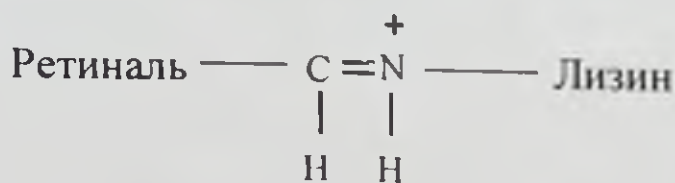
Фоторецепторлар үнемі жаңарып, ескі дискінің орнына жана дискі пайда болып отырады. Дискінің жаңаруы деп жұтылған жарық әсерінен родопсин молекуласының түссізденуін, яғни жарық квантарын сезбеуін және мембранадағы фосфолипидтардың жұтылған жарық әсерінен тотығуын (фотототығу феномені) атаймыз. Бұл құбылыс тәуліктікке және уақыт мерзіміне тәуелді. Мысалы, сыртқы бөліктегі таяқша ұштарындағы дискілер таңертен және күндіз жаңарса, сыртқы бөліктегі құтышалардағы дискілер кешкі және түнгі уақыт мезгілінде жаңарады. Ескі дискілер бөліктің ішімен қозғалып, эпителии пигментінің жасушаларында жұтылады. Мысалы, бір тәулік ішінде маймыл көзінің бір таяқшадасындағы 80-90 дискісі жаңараса, онда сыртқы бөлік ішіндегі барлық

дискілер 9 -12 тәулік ішінде толығымен жаңарады және бұл құбылыс өмір бойы үздіксіз жүріп жатады.

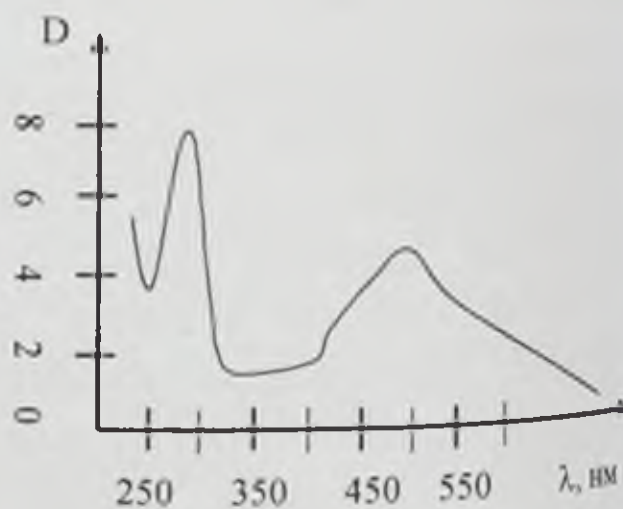
Фоторецепторлардың тағы бір ерекшелігін қарастырайық. Олар өз ось бойымен, мембрана жазықтығына перпендикуляр бағытта жылдам айналады, сонымен қатар олардағы латериалдық диффузия деңгейі өте жоғары. Мысалы, родопсин үшін латериалдық диффузия коэффициенті $(3,5 \pm 1,5) \cdot 10^{-9} \text{ см}^2/\text{с}$ тең, сондықтан мембрана қабатындағы әр родопсин молекуласы бір секунд ішінде басқа молекулармен $10^5 - 10^6$ рет соқтығысады.

Енді жарықты сезгіш пигменттерді талдайық, өйткені олар көру құбылысының негізін қалайды. Көру дискілерінде 4 түрлі жарықты сезгіш пигменттің бар екендігі анықталды. Таяқшаларда мұндай пигменттер - родопсин (адамдар мен теңіз жануарларында) және порфиросин (тұщы су жәндіктерінде) деп аталса, құтышаларда йодопсин мен цианопсин деп аталады. Шын мәнінде родопсин молекулалық массасы 40 000 тең, қызыл түсті, түскен жарық әсерінен ыдырайтын (түссізденетін), ақуыз молекуласы. Ал йодопсин болса, күлгін түсті, бірақ бұл молекуланың жарық әсерінен ыдырау жылдамдығы родопсинге салыстырғанда төмен, сондықтан оның жарықты сезу деңгейі де төмен болады.

Родопсин опсин(ақуыздық бөлігі) және ретинал(ақуызсыз бөлігі) деген екі бөліктен тұрады. Ретинал түрлі изомерлер түрінде кездеседі, бірақ көру пигменттерінде оның тек 11- цис-ретинал деген түрі бар. Ретинал опсинмен байланысы ковалентті түрінде болады (4 сурет).



4 сурет



5- сурет

Родопсин молекуласы көрінетін жарық толқындарын жақсы жұтады, бұл толқындардың ішінен максимал түрде жұтылатыны $\lambda_{\max} = 498$ нм сәйкес келеді, сонымен қатар ол $\lambda_{\max} = 278$ нм сәйкес келетін ультракүлгін сәулесін де жұтады, бірақ оны жұтатын родопсин құрамындағы ретиналь емес, опсин құрамына енетін ароматты аминқышқылдарға жататын триптофан мен тирозин (5-сурет).

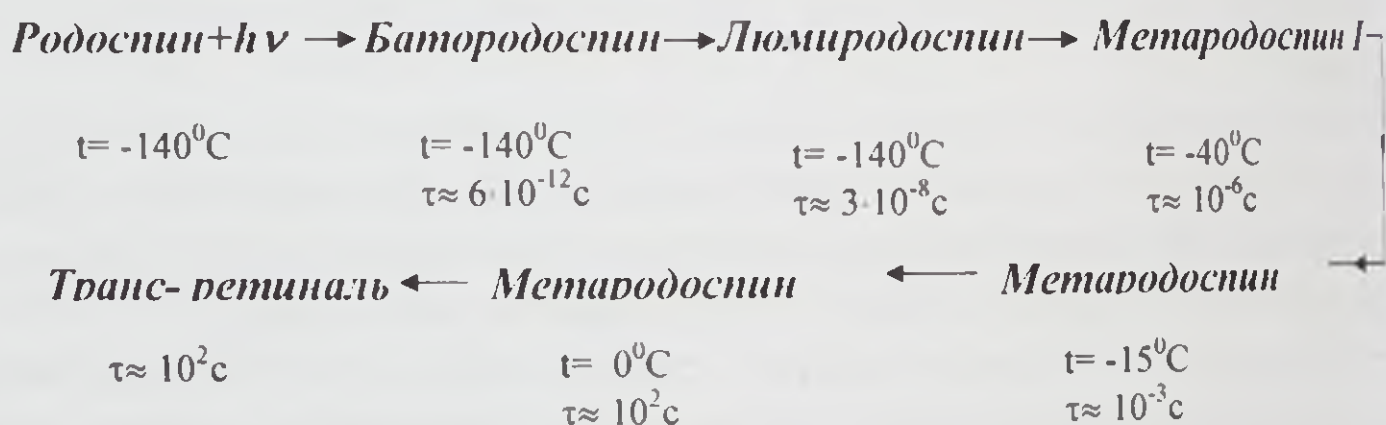
Ультракүлгін толқыны көздің түрлі қабаттарында толығымен жұтылу себепті родопсинды қоздыра алмайды, яғни көру сезімін тудырмайды. Егер ультракүлгін сәулесінің квантарының энергиясы жоғары болса, ондай сәуле көз құрылымын зақымдайды.

Родопсин жарықты сезгіш хромопротеидтерге жатады және ақуыздың бір түрі болып табылатын, өз ара байланысқан опсин мен ретиналдан құралған кешен. Шын мәнінде ретиналь альдегид тобына жататын, жарықты сезгіш-хромофор болып табылады. Ретиналь екі түрлі изомериялық пішінде болуы мүмкін, қарыңғы кезде, ол опсинмен бірігіп 11-цис-ретиналь деген түрде болса, родопсиннің жарық квантын жұтуы нәтижесінде ол опсинен ажырып, транс-ретиналь деген түрге ауысады, мұндай құбылыс фотоизомеризация деп аталады. Осының нәтижесінде (жұтылған жарық әсерінен) родопсин түссізденеді, мұны фотолиз құбылысы деп атайды.

Жұтылған жарық әсерінен ыдыраған родопсин қайта қалпына келеді және бұл құбылыс үздіксіз жүріп жатады. Арнаулы ретинальизомеразы ферменті арқылы транс-ретиналь қайтадан 11-цис-ретинальға айналады және ол опсинге қосылып жаңа родопсинді түзейді. Егер көз торындағы жарық ағыныны тұрақты болса, онда родопсиннің ыдырауы мен оның қайта түзелуі тұрақты сипатта болады.

1967 ж. родопсиннің түрленуін алғаш зерттеген Д.Уолдка Нобель сыйлығы берілді. Ол мұндай түрленудің бірнеше сатыдан тұратындығын анықтады, алдымен родопсин жарық квантын жұтып $\tau < 6 \cdot 10^{-12}$ с кейін батородопсинге айналады, ол $\tau \approx 3 \cdot 10^{-8}$ с кейін люмиродопсинге айналады, осылайша бірнеше түрленуден соң транс-ретиналь пайда болады. Бұл түрлену төмендегі схемада берілген және түрленудің тек бірінші этапы ғана жарық кезеңінде жүрсе, қалғандары қараңғы кезеңде жүреді. Д.Уолд өз зерттеуінде родопсинді қараңғы жағдайда бөліп алып, оны температурасы -140°C болатын сұйық азотта ұстаған, осы күйдегі родопсинге

жарық түсіргенде және оның температурасын жоғарылатқанда, родопсиннің жұтылу спектрі өзгеріп отырған, бұл родопсиннің тізбекті түрде, бір түрден екінші түрге ауысқандығын, яғни түрленгендігін көрсетеді(6-сурет).



6-сурет

Әр кезеңдегі конформер (батородопсин, люмиродопсин, метародопсин және т.б.) транс-ретинаяль күйдегі ретинаяль болғандықтан, оған жарық квантымен әсер етсек, ол бірде-родопсинге айналады (арнаулы ферментсіз).

Осындай фотоизомериялық өзгерістің нәтижесінде таяқшадағы тыныштық потенциалы өзгеріп, әсер потенциалы пайда болады. Көз таяқшасындағы осындай құбылыстар тізбегі көру сезімін тудырады.

Шындығында, фоторецепторлық жасушалардағы мембраналық потенциалдың өзгерісі таяқшаның сыртқы бөлігінің (сегмент) **плазмолеммасында** орын алады, ал родопсиннің фотоизомеризациясы таяқшаның сыртқы бөлігінің (сегмент) **диска мембранасында** байқалады. Мембрана қасиетінің өзгеруі, оның құрамындағы родопсиндегі өзгерістермен (ретинаяльдың, опсиннің өзгеруі) қабаттасып жүреді.

Енді осы құбылыстарды талдайық. Алдымен мына ерекшелікпен танысайық, фоторецепторлардағы тыныштық потенциалының пайда болуы механизмінде біраз өзгешеліктер бар. Таяқша жарық квантарын жұтпаған кезде, яғни қараңғылық кезеңінде, тыныштық потенциалы таяқшаның ішкі бөлігінде (сегмент) плазмолеммада K^+ иондарының әсерінен пайда болса, таяқшаның сыртқы бөлігіндегі (сегмент) потенциал Na^+ иондарының әсерінен туындайды, яғни таяқшадағы тыныштық потенциалы осы екі түрлі иондардың әсерінен пайда болады деп саналады(7-сурет).

Көз таяқшасының сыртқы бөлігіндегі(сегмент) тыныштық потенциалының таңбасы өзгеше, ішкі орта «оң», ал сырты «теріс», ал таяқшаның ішкі бөлігінде(сегмент) керісінше, ішкі орта «теріс», ал сырты «оң» зарядталған. Бұл құбылыс, таяқшаның сыртқы бөлігінің (сегмент) Na^+ иондарын өткізетін каналдарының циклды гуанозин монофосфатты(цГМФ) әсерінен ашық болуынан екендігі анықталды. Сондықтан тыныштық күйдегі мембрана қабатының натрий иондарын өткізу коэффициенті басқа иондарға карағанда басым болады, осының әсерінен және электрохимиялық градиент есебінен сыртқы ортадағы натрий иондары ішке қарай диффузияланады (пассивті тасымал).



7- сурет. Таяқшаға жарық әсер етпеген кездегі тыныштық потенциалының пайда болуы.

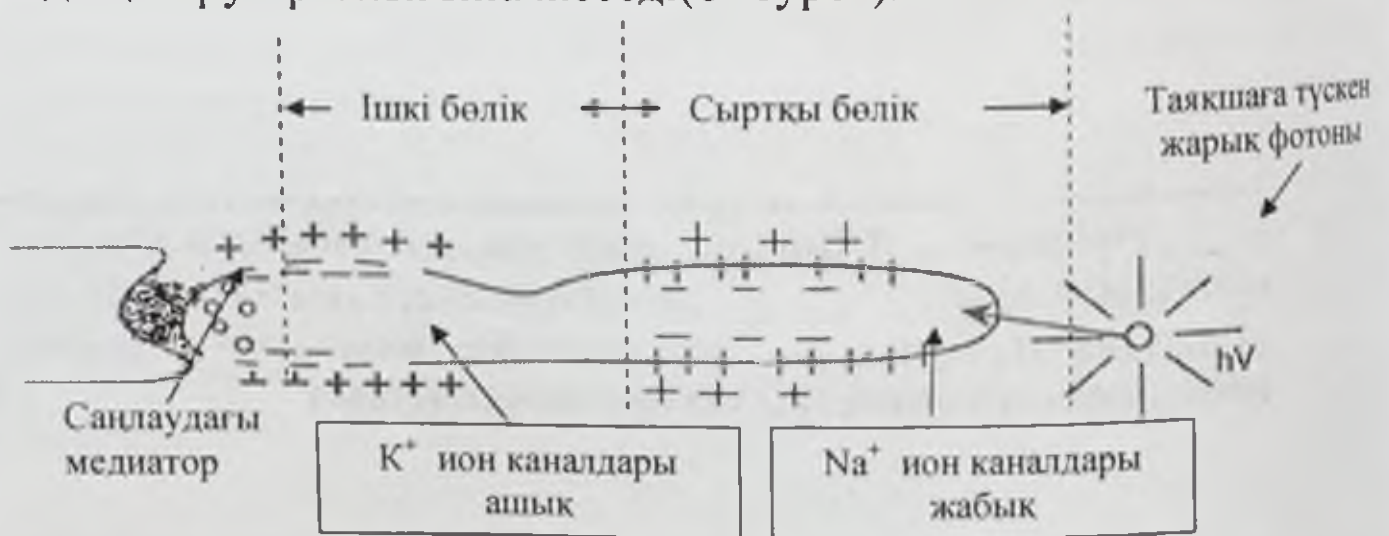
Осылайша, көз таяқшасының сыртқы бөлігінің(сегмент) цитоплазмасында жиналған натрий иондары, екі бөлімді қосатын орта арқылы ішкі бөлімге тасымалданады. Жиналған натрий иондары, митохондрия жеткізген АТФ энергиясының есебінен сыртқы ортаға шығарылады (активті тасымалдау). Осылайша, Na^+ ионының ішке, ал K^+ ионының сыртқа қарай қозғалысы нәтижесінде таяқшада тыныштық потенциалы орнайды.

Енді таяқшаға жарық әсер еткен кездегі жағдайды қарастырайық. Жұтылған жарық кванты әсерінен родопсиннің опсин мен ретинальға ыдырауы дискіде Ca^{2+} иондарының бөлінуіне алып келеді. Пайда болған Ca^{2+} иондары циклды гуанозин монофосфаттының натридың иондық каналдарына әсерін төмендетеді, нәтижесінде Na^+ иондық каналдары жабылып, натрий

ионының мембрана арқылы ішке енуі тоқтайды, ал K^+ иондарының тасымалы бірқалыпты, өзгеріссіз қалады.

Осылайша пайда болған потенциалды «ерте фоторецепторлық потенциал(ЕФП)» деп атайды, оның шамасы 5 мВ аспайды және 1 мс уақытқа созылады, ал 1 мс кейін «кеш фоторецепторлық потенциал(КФП)» пайда болады. ЕФП мен КФП пайда болу механизмдері әр түрлі. ЕФП жарық әсерінен родопсин молекуласының метародопсин-II дейінгі түрлену кезінде пайда болса, КФП метародопсин-II пайда болған соң, иондардың қозғалысы нәтижесінде пайда болады және амплитудасы жұтылған жарық кванттары санына тәуелді. Бұл құбылыс, родопсиннің метародопсин-II айналуы мезгілінде өзінің максимал мәніне жетеді.

Жұтылған бір жарық кванты 100-300 дейін натрий каналдарын жабады, әзірше бұл құбылыстың қалай жүретін, белгісіз. Осының нәтижесінде таяқшадағы потенциалдың полярлығы өзгереді, ендігі жерде оның табиғаты K^+ ионына байланысты болады. Осылайша пайда болған фоторецепторлық потенциал (оны әрекет потенциалы деп атауға болады), таяқша мембраналары арқылы синап аймағының алдыңғы бөлігіне жетіп, ондағы медиаторлардың синап саңлауына өтуін қамтамасыз етеді, ол өз кезегінде биполярлы нерв жасушасын қоздырады. Осылайша нерв жасушасында пайда болған әрекет потенциалы, нерв импульсі түрінде көру нерві арқылы мидың көру орталығына жетеді(8 -сурет).

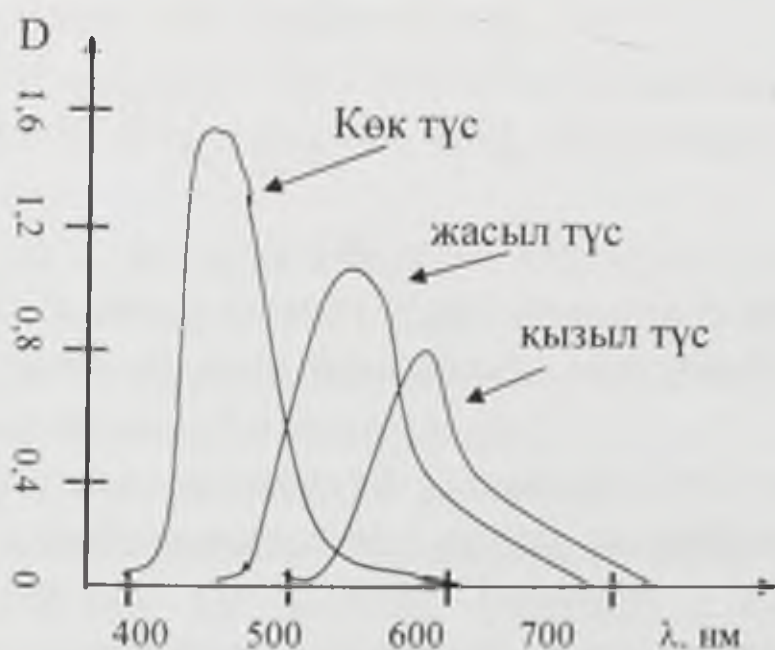


8- сурет. Таяқшаға жарық әсер еткен кездегі әрекет потенциалының пайда болуы.

Енді түрлі түсті көру механизмін талдайық. Біздің түрлі түсті көруімізді тор қабатында орналасқан құтышалар қамтамасыз етеді.

Жарық әсерінен таяқшаларда болатын құбылыстар құтышаларда өзгеріссіз орын алады, тек мұндағы көру пигменті родопсин емес, одан бөлек иодопсин ақуызы. Иодопсин ақуызы да жарықты сезгіш 11 цис-ретиналь түрдегі хромофорға жатады.

Көз торында, жарықты жұту спектрі мен фотобиологиялық әсерлері бойынша бір бірінен өзгеше, үш түрлі құтышалар бар. Олардың бір бірінен айырмашалығы тек ретиналды ақуызбен байланыстыратын энергияның әр түрлі болуында, соның әсерінен иодопсин молекуласы көрінетін жарықтың $\lambda = 440$ нм, $\lambda = 540$ нм және $\lambda = 590$ нм сәйкес келетін толқындарын жақсы жұтады, бұл толқындар көк, жасыл және қызыл түске сәйкес келеді(9- сурет).



9- сурет

Монохроматты жарық тек бір түрлі ғана құтышаны қоздыра алады, ал күрделі жарық болса, жарық толқыны ұзындығына байланысты үш түрлі құтышаны қоздырады. Осындай құбылыс нәтижесінде түрлі түсті көру мүмкін болады.

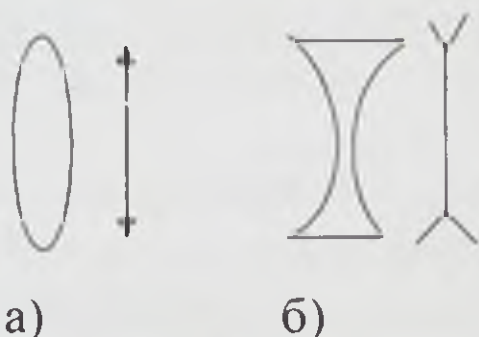
Көз торында үш түрлі құтышаның біреуінің болмауы немесе оның өз қызметін дұрыс орындамауы, көздің түрлі түсті дұрыс ажырата алмауына алып келеді, мұндай көздің кемшілігін дальтонизм деп атайды.

Жалпы, құтышаның жарықты сезу қабілеті таяқшаға салыстырғанда төмен болғандықтан, денелердің түрлі түсті болып көрінуі үшін олардың жарықтылығы жоғары болуы қажет, ал жарықтылығы төмен болғанда, құтышалар өз қызметін ойдағыдай атқара алмайды, мұндайда таяқшалар қызметке кіріседі, соның

әсерінен кеш құрымда, қараңғылау кезеңде дененің түсі сұр болып көрінеді.

Көзде кездесетін ақауларды, яғни көздің жақыннан, алыстан көргіштігін дұрыстау үшін линза қолданатындылығы белгілі. Енді линза және оның қасиеттерін сипатайтын шамалар туралы кейбір мәліметтерді қарастырайық.

Жалпы линза деп, екі беті сфералық қисықпен шектелген, мөлдір заттан жасалынған (шыныдан, пластмассадан, т.б.) денені атаймыз. Сфералық беттің түріне байланысты линза жинағыш (10а-сурет) және шашыратқыш (10б-сурет) деген түрлерге бөлінеді.



10 -суретте: а) жинағыш, б) шашыратқыш линзалар.
Жанындағы линзаның шарты белгіленуі

Линзаның екі беті сфералық бетпен шектелгендіктен, олар өз-ара арқылы өткен жарықты таралу бағытынан бұратын қасиетке ие болады.

Егер линза жинағыш қасиетке ие болса, онда линзадан өткен жарық ағындары линзаның осіне қарай бұрылып, бір нүкте арқылы өтеді (11а-сурет).

Жарық ағындары жиналған нүктені линза фокусы деп атайды және оны F әрпімен белгілейді, осы нүкте мен линза ара қашықтығы метрмен өлшенеді, ал фокустың кері шамасы $D = 1/F$ линзаның оптикалық күші деп аталып, ол диоптрия (дптр) деген шамамен сипатталады.

Егер линза шашыратқыш қасиетке ие болса, онда линзадан өткен жарық ағыны линзаның осінен сыртқа қарай бұрылып шашырап тарайды. Бұл жағдайдағы линзаның фокусын қалай анықтаймыз, жарық ағындары шашырап кетті, олар бір нүктеде жиналмады. Шашыратқыш линзаның фокусын анықтау үшін линзадан шашырап өткен жарық ағынын кері бағытта ойып сызамыз, сонда олар бір нүктеде жиналады, осы нүкте шашыратқыш линза фокусы ретінде аламыз (11б-сурет).



11- сурет

Осыландай әдіспен анықталған фокус «жалған» болғандықтан, фокус белгісінің алдына минус таңбасын қоямыз, яғни $-F$, соған сәйкес оның оптикалық күші де теріс таңбалы болып шығады, яғни $-D = 1/F$. Осындай таңба арқылы линзаның жинағыш немесе шашыратқыш екендігін анықтаймыз.

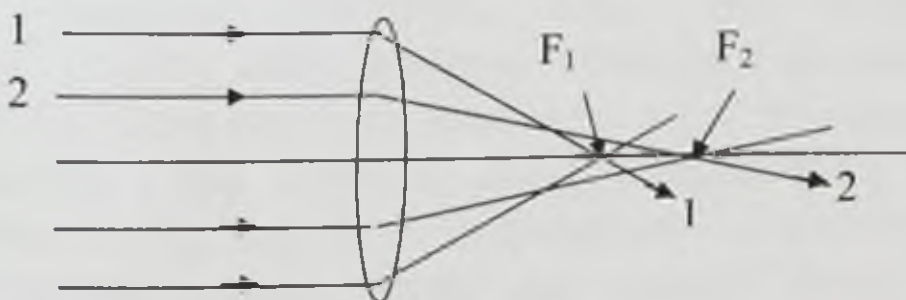
Линз көмегімен алынған кескіннің сызықтық өлшемінің h , сол дене өлшеміне H қатынасы $k = h/H$ линзаның сызықтық үлкейтуі деп аталады.

Егер, бірнеше линзаның остерін бір-біріне дәл келетіндей етіп жинасақ, яғни линза жүйесін құрастырсақ, пайда болған жүйенің оптикалық күші олардың әр қайсысының оптикалық күштерінің алгебралық қосындысына тең болады:

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$$

Линза арқылы алынған кескіндегі кемшіліктерді абберрация деп атайды. Абберрация латын сөзі (aberratio), ол ауытқу дегенді білдіреді. Егер абберрация күрделі жарық (монохроматы емес) кезінде байқалса, оны хроматты абберрация деп, басқа кездегілері монохроматты абберрация деп аталады, өйткені мұндай ауытқулардың пайда болуы жарықтың спектріне байланысты емес. Осындай ауытқулардың кейбір түрлерін қарастырайық.

1. Сфералық абберрация деп, өте жұқа болып келетін линзаның шеткі аймағы арқылы өткен жарық ағыны (1), оның орта бөлігі арқылы өткен жарықтан (2) көбірек сынады (ауытқиды), нәтижесінде линзаның шеті мен орта бөлігі арқылы өткен жарық ағыны экранда бір біріне сәйкес келмейтін екі түрлі кескін жасайды (12-сурет).

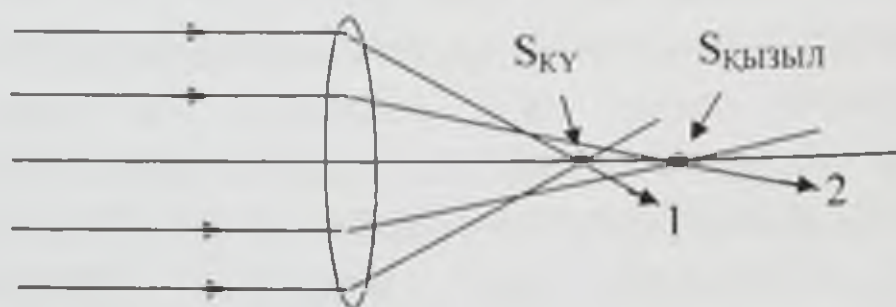


12-сурет

Мұндай ауытқуларды болдырмау үшін жинағыш және шашыратқыш линзалар жүйесін бірге қолданады.

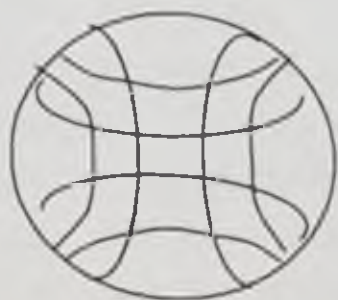
1. Астигматизм деп, жарық ағыны линза осіне үлкен бұрышпен қиғаштап түсу нәтижесінде пайда болатын ауытқуды атаймыз. Мысалы, сәуле линзаға белгі бір бұрышпен түскен кездегі нүктенің кескіні эллипс түріндегі дақ болса, басқа түсу бұрышында сол нүктенің кескіні түзу сызық болады. Көзде мұндай құбылыс көз бұршағы мен мүйізді қабат беттерінің қисықтығында асимметрия болса байқалады, оны болдырмау үшін, қисықтық радиусы түрлі бағытта әр түрлі болып келетін линза қолданылады.

2. Хроматтық абберация деп, линза арқылы алынған дене кескіні айналасының түрлі түсті болуын атаймыз. Мұндай құбылыс ақ жарық құрамындағы сәулелердің сыну көрсеткіштерінің олардың толқын ұзындығына байланысты болуынан. Мысалы, линзаның шеті призма тәрізді, сондықтан одан өткен ақ жарық құрамындағы күлгін түсті жарық (төмендегі суретте 1 жарық) қызыл түске (төмендегі суретте 2 жарық) қарағанда көп сынады, сондықтан әр түс өз кескінін жасайды, нәтижесінде экранда пайда болған кескінінің төңірегінде түрлі түс пайда болады (13-сурет).

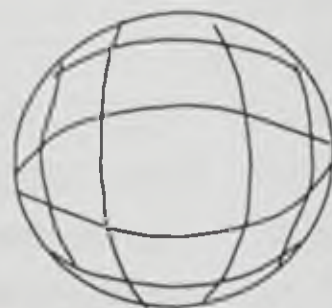


13-сурет

3. Дисторсия, деп линзаға түскен сәуле бағыты мен линзаның оптикалық осі арасындағы түсу бұрышы үлкен болғанда пайда болатын ауытқуды атайды. Бұл кезде, пайда болған дене кескіні оның шын мәнідегі түрінен өзгеше болады, мысалы, квадратты тордың кескіні «жастық»(а) немесе «бөшке»(б) тәрізді түрде көрінеді (14-сурет).



а)



б)

14 сурет

Мұндай ауытқуды болдырмау үшін бір-біріне кері дисторсиялық қасиеті бар линзалар жүйесін құрайды.

Көз кез келген қашықтықта жатқан нәрсені анық көреді. Енді осы құбылысты қарастырайық. Көз жүйесін линза тәрізді деп санасак, онда жұқа линзаның теңдеуі арқылы көздің анық көруін сипататуға болады. Жұқа линза теңдеуі мына түрде жазылады:

$$1/d + 1/f = 1/F,$$

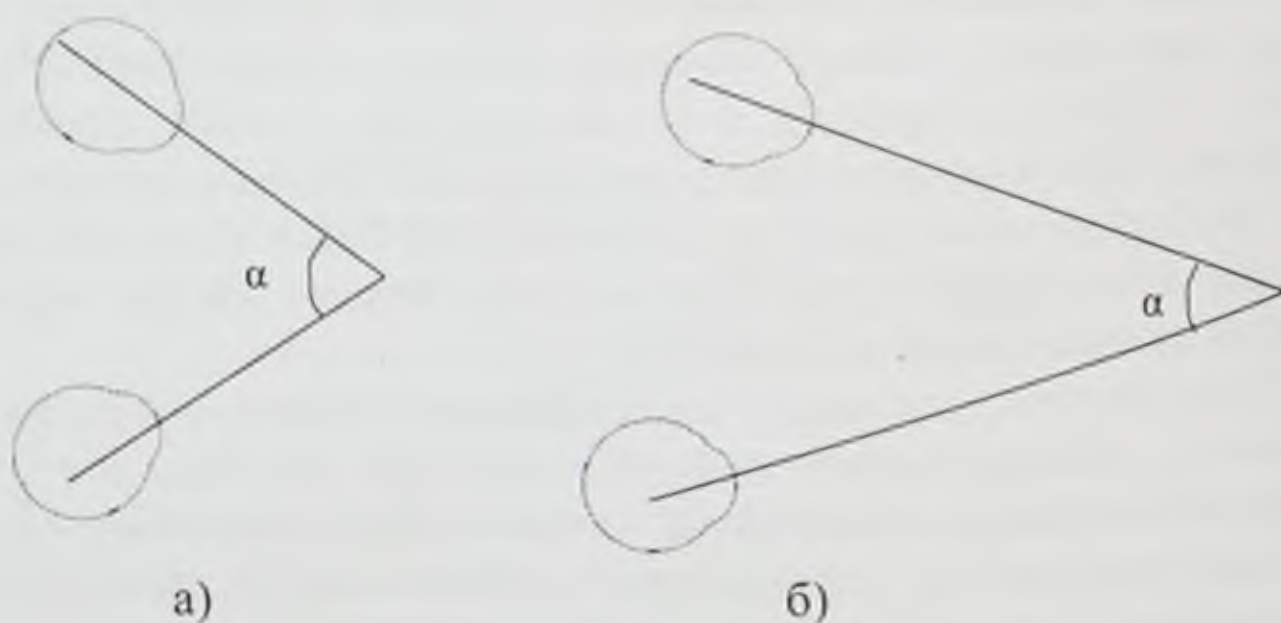
мұндағы d - нәрседен көз бұршағына (линзаға) дейінгі қашықтық, f - көз бұршағынан (линзадан) тор қабатқа (кескінге) дейінгі қашықтық, F - көз бұршағының (линзаның) фокустық қашықтығы. Бұл теңдеудегі f көз бұршағынан тор қабатқа дейінгі қашықтық, ол тұрақты шама, ал d үздіксіз өзгеріп отыратын шама. Егер нәрседен көзге дейінгі қашықтық үнемі өзгеріп отырса, онда жоғарыдағы теңдіктің орындалуы үшін теңдеудегі F үнемі өзгеріп отыру тиіс. Оған көз бұршағы бетінің қисықтығын өзгерту арқылы қол жеткіземіз. Бұл құбылыс былайша жүреді: көз бір нәрседен қашықтығы өзгеше екінші нәрсеге ауысқанда, екінші дененің кескіні анық көрінбейді, (өйткені d өзгерді, ал F сол қалпында) бұл туралы миға тиісті сигнал жетеді, мидан шыққан кері сигнал көздегі цилиарлы бұлшық еттің жиырылуын немесе созылуын тудырады, соның нәтижесінде көз бұршағы бетінің қисықтығы, яғни көз бұршағының фокусы F дене кескіні анық болғанға дейін өзгереді, әрине бұл үрдіс өте жылдам жүреді көздің мұндай қабілетін **аккомодация** деп атайды.

Жасы ұлғайған адамдарда аккомодацияның пайда болуы жасқа байланысты көз бұршағының өзгерісінен деп саналды, яғни көз бұрашығы затының тығыздалуы, оның созылмалығының кемуі, цилиарлы бұлшық еттің жиырылу қабілетінің төмендеу және т.б.

Енді көздің бинокулярлы көру деген қабілетін қарастырайық. Екі көз - бір бірінен белгіл бір қашықтықта орналасқан, кеңістіктегі заттың бейнесін жасауда бірге қызмет атқаратын адамның көру мүшесі болып табылады. Көру нәтижесінде пайда болған екі кескінді біріктіріп, одан бір кескін жасауды бинокулярлы көру деп атайды. Көздің осындай қабілеті нәтижесінде біз нәрсенің үш өлшемді, яғни дененің кеңістіктегі көлемді кескінін (3D) көреміз. Бинокулярлы көру арқылы біз дененің ұзындығын, биіктігін, тереңдігін, олардың жақын, не қашық екендігін сезінеміз. Егер көз жалғыз болса, онда көру мұндай қабілетке ие болмас еді.

Көздің цилиарлы бұлшық етінің босансуының ең төменгі деңгейіне сәйкес анық көрінетін қашықтықты-алыс нүкте деп атайды, қалыпты көзде ол қашықтық шексіздікке сәйкес келеді, бұлшық еттің максималды жиырылуына сәйкес келетін қашықтықты – жақын нүкте деп атайды, қалыпты көз үшін ол қашықтық 15-20 см, шын мәнінде қалыпты көзде ол қашықтық 25 см тең.

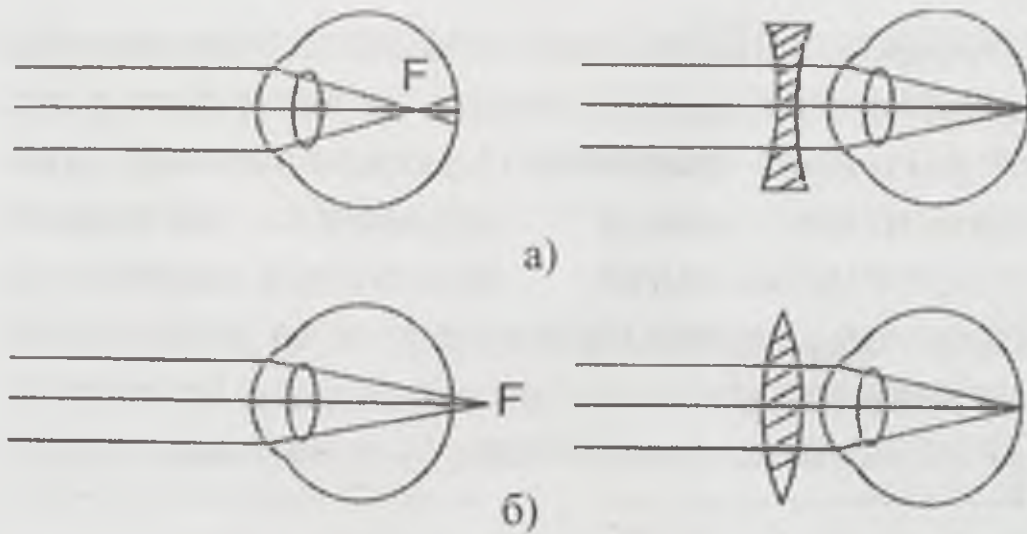
Көрінетін дененің, бізге жақын не алыс екендігін ажырату механизмі төмендегідей. Біз көрінетін денеге назарымызды аударғанда, көз алмасының көру осі сол денеге қарай бұрылады. егер дене жақын жатса, ол бұрыш үлкен болады, яғни ось көп бұрылады(15-а сурет), нәтижесінде көз бұлшық еті көп жиырылады, ал дене алыс орналасса, онда екі ось арасындағы бұрыш аз мәнге ие болады(15- б сурет), соған сәйкес көз бұлшық етінің жиырылуы да аз болады. Көз бұлшық етінің жиырылу нәтижесінде пайда болатын әсер арқылы ми көрінетін дененің жақын не алыс екендігін анықтайды.



15 сурет

Көзі қалыпты көретін адамның көзі дене кескінін көздің тор қабатына фокустайды. Кейбір адамдардың көздері кескінді тор қабаттың алдына, оған жеткізбей түсіреді (16а-сурет), көздің мұндай кемшілігін жақыннан көргіштік(миопия) деп атайды. Мұндай адамдар жақын жатқан нәрселерді анық көргенімен, алыс жатқан денелерді бұлыңғыр көреді, Мұндай көз ақауын түзету үшін шашыратқыш линзадан жасалған көзілдірік киеді.

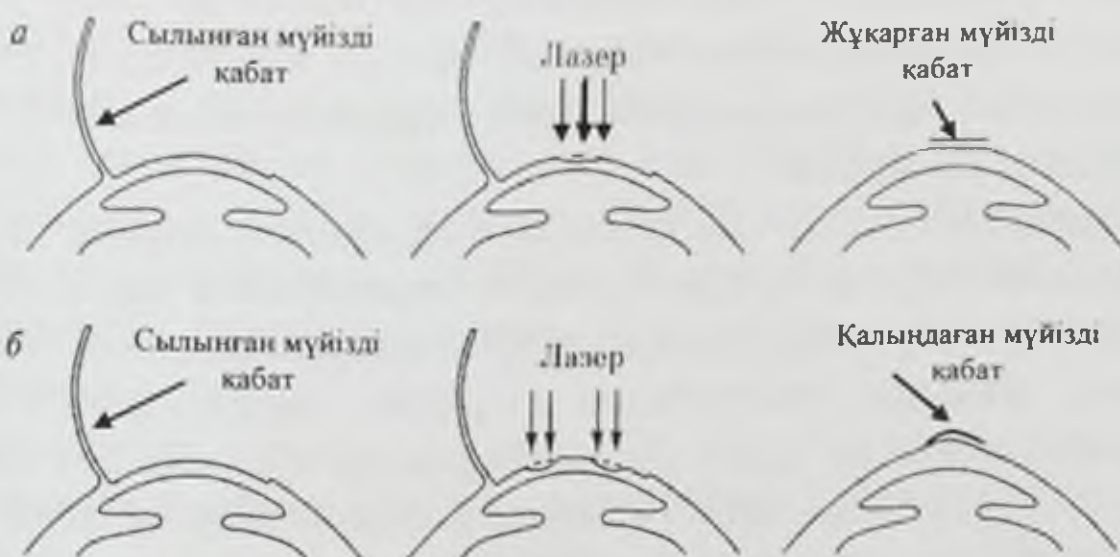
Кейде адам көзі дене кескінін тор кабаттың сыртына фокустайды (16б- сурет), көздің мұндай кемшілігін алыстан көргіштік(гиперметропия) деп атайды.



16 –сурет

Мұндай адамдар алыс жатқан денелерді анық көргенімен, жақын жатқан нәрселерді бұлыңғыр көреді, Мұндай көз ақауын түзету үшін жинағыш линзадан жасалған көзілдірік киеді.

Қазірге уақытта мұндай көздің кемшіліктерін мүйіз кабаттың алдыңғы бетінің қисықтығын өзгерту арқылы дұрыстайды. Оның бірнеше әдістермен іске асырады. Соның бірі **радиалды кератотомия** (РТ) деп аталды және ол мына түрде орындалады, мүйізді кабаттың орта бөлігін радиал бойымын төрт немесе сегіз сызық түрінде сызады(кеседі), осылайша мүйізді кабат қалыңдайды, нәтижесінде оның оптикалық күші кемиді, бұл өз кезегінде көз миопиясын өзгертуге алып келеді (17-сурет).



17- сурет

Келесі әдіс *фоторефракциялы кератотомия* (ФРК) немесе лазерлы *кератомилеза in situ (LASIK)* деп аталады, мұндай өте мүйізді қабаттың қисықтығын азайтады (миопия болса) немесе жоғарылатады (гиперопия болса). ФРК немесе LASIK әдістері лазер сәулесімен мүйізді қабатын орта бөлігін(стома) қыздыру арқылы оның булануына қол жеткіземіз, осы арқылы мүйізді қабаттың қисықтығын өзгертеміз.

Бұл былайша іске асырлады, ФРК кезінде мүйізді қабаттың сырты беті, эпителий қабаты лазер сәулесі арқылы жұқартылады, ал LASIK кезінде мүйізді қабаттың сыртқы бетіннен қалыңдығы 20% болатындай қабатты ашып (сылып), ашық қалған мүйізді қабаттың бетіне лазер сәулесімен әсер етіп, оны жұқартамыз. нәтижесінде оның қисықтығы өзгереді, онан соң осынының алдында ғана сылынған өте жұқа қабатпен мүйізді қабатты қайта жабамыз.

Енді көз кемшіліктерін диагностикалаудың кейбір түрлерін қарастырайық.

Рефрактомерия деп көздің оптикалық қабілетін автоматты рефрактометр құралы арқылы өлшеуді атайыз. Осы әдіс арқылы көздің миопия және гиперметропия немесе көз астигматизмі тәрізді көз ауруларын анықтайды.

Рефракция жарық сәулесінің бір ортадан екінші ортаға өткенде таралу бағытын өзгертуін, яғни сынуын сипаттайтын физикалық құбылыс. Көз күрделі оптикалық жүйеге жатады, ол сыну көрсеткіші мен сфералық беттерінің қисықтығы әр түрлі болатын мүйізді қабаттан, көз бұршағынан және т.б. тұрады. Жарық сәулесі осы қабаттардан өткенде өз бағытын өзгертеді, яғни сынады. Осындай құбылыстың нәтижесінде көз жүйесінің оптикалық осіне параллель тараған жарық сынған соң, көз торына фокусталады. Бұл рефрактометрия құралының жұмыс принципі негізі болып саналады.

Көргіштігі 100% болатын көзде, сынған жарық көз торына фокусталады, мұндай рефракцияны эмметропия деп атайды. Осы қалыптан ауытқуы бар көздің көруі нашарлайды, егер жарық көз торының алдына фокусталса, мұндай көзде миопия немесе жақыннан көргіштік орын алған, егер жарық ағыны көз торының артына фокусталса, онда гиперметропия болғаны, яғни алыстан көргіштік деген көз кемшілігі бар. Осы мәліметтер рефрактометр

құралы арқылы анықталынады. Енді рефрактометрмен көз кемшілігін анықтауда қарастырайық.

Пациент рефрактометрдің бір бетінде орнатылған арнаулы орынға иегін қойып, көз алдындағы экрандағы бірде анық, бірде бұлыңғыр болатын көріністі бақылайды, ал дәрігер-окулист оған қарсы бетке орналасады (18-сурет). Өлшеу әр көз үшін 3 рет қайталанады, өлшеулердің арифметикалық орташа мәні анықталынады. Рефрактометрия нәтижесінде төменгі суреттегі мәліметтер алынады (19 -сурет).



18- сурет

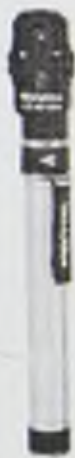
<RIGHT>				
[REF VD=12.0mm]				
	SPH	CYL	AXIS	
	+1.00	-1.50	101	0
*	+1.00	-1.50	101	0
	+0.75	-1.50	103	0
<	+1.00	-1.50	102	>
<LEFT>				
[REF VD=12.0mm]				
	SPH	CYL	AXIS	
	-0.50	-0.50	81	0
	-0.50	-0.50	90	0
*	-0.50	-0.50	94	0
<	-0.50	-0.50	88	>
PD=64mm				

19- сурет

Енді анықталған мәліметтерді талдайық. Мұндағы «SPH» рефракцияның сфералық құраушысы, яғни мөлдір қабат, көз бұршағының және т.б. көз жүйесіне енетін сфералық беттердің жарықты сындыру көрсеткіші, ол не оң таңбалы (алыстан көргіштік), не теріс таңбалы(жақыннан көргіштік) мәнге ие болады. Біздің жағдайымызда оң көз үшін оның мәні +1,5 дптр тең, яғни оң көз алыстан көргіштік, сол көз үшін -0,5 дптр, яғни жақыннан көргіштік қасиетке ие, мұндай көз кемшілігін анизометропия деп атайды. Келесі «CYL», көз кемшілігін жою үшін қандай линза қажет екендігін көрсетсе, «AXIS» бұл линзаны қандай бұрышпен қою керектігін білдіреді. Соңғы «PD» екі көз қарашығының ара қашықтығын білдіреді.

Көзді зерттеу құралының тағы бірі офтальмоскоп деп аталады, ол көздің терең қабатынан, яғни көз түбінен қайта шағылған жарық арқылы тор қабаттың, көру нервінің, тамырлар жүйесінің күйін анықтайды(20- сурет). Дәрігер пациенттің көз қарашығы арқылы

офтальмоскоп құралынан шыққан жарықты көздің терең қабатына бағыттайды (21-сурет). Құралдың белгілі бір жағдайында көз түбінен қайта шағылған жарық ағыны көздің терең қабатын, көру нервтерін, тор қабаттағы тамырларды және т.б. көруге мүмкіндік береді (22- сурет).



20- сурет



21- сурет



22- сурет

Есеп шығару үлгілері.

1. Екі линзадан тұратын оптикалық жүйе берілген. Оның біріншісі фокус қашықтығы 1 м болатын жинағыш линза, екіншісі фокус қашықтығы 2 м болатын шашыратқыш линза. Осы жүйенің оптикалық күші 2,5 дптр болуы үшін оған қандай линза қосу керек.

Шешуі: Линзалар жүйенің оптикалық күші жеке линзалардың оптикалық күштерінің қосындысына тең: $D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$. Мұнан үшінші линзаның оптикалық күші мынағани тең болады: $D_3 = D - (D_1 + D_2)$.

Фокус қашықтығы F мен оптикалық күш D арасындағы мына байланысты қолданып соңғы өрнекті мына түрде жазайық: $1/F_3 = D - (1/F_1 + 1/F_2)$. Есеп шартында берілген сан мәндерді қойсақ: $1/F_3 = 2,5 - (1 - 0,5) = 2,0$ дптр. Мұнан $F_3 = 1/D_3 = 1/2 = 0,5$ м. **Жауабы:** 0,5 м.

2. Линзаның оптикалық күші 3 дптр. Осы линзаның фокус қашықтығын анықта.

Шешуі: Линзаның оптикалық күші мына түрде беріледі: $D = 1/F$. мұнан $F = 1/D$. $F = 1/3 = 0,33$ м. **Жауабы:** 0,33 м.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Көздің кез келген қашықтықтағы денені анық көру қабілетін...

- A. астигматизм деп атайды. Көздің бұл қабілеті...
 - B. аккомодация деп атайды. Көздің бұл қабілеті...
 - C. сфералық аберация деп атайды. Көздің бұл қабілеті...
 - D. дисторция деп атайды. Көздің бұл қабілеті...
1. шашыратқыш линза қолдану арқылы іске асырылады.
 2. көз бұршағының қисықтығын өзгерту арқылы іске асырады.
 3. линзаның фокус аралығын өзгерту арқылы іске асырылады.

2. Линзаның формуласы мына түрде жазылады....

- A. $1/F - 1/f = 1/D$, мұндағы D
- B. $1/F + 1/d = 1/F = D$, мұндағы D
- C. $1/f + 1/d = 1/F = D$, мұндағы D

1. линзаның фокусы деп аталады және оның өлшем бірлігі....

2. линзаның оптикалық күші деп аталады және оның өлшем бірлігі....

3. линзаның қисықтық радиусы деп аталады және оның өлшем бірлігі....

a. метр², ал формуладағы F

b. диоптрии, ал формуладағы F

c. метр⁻², ал формуладағы F

I. линзаның фокусы деп аталады, оның өлшем бірлігі...

II. линзаның үлкейту коэффициенті деп аталады, оның өлшем бірлігі...

III. линзаның аберациясы деп аталады, оның өлшем бірлігі..

α) Град.

β) метр.

γ) Радиан.

4. Көз таяқшалары өз ара байланысқан...

A. сыртқы, ортаңғы және ішкі бөліктен(сегменттен) тұрады.

Сыртқы бөліктің цитоплазмасы...

B. сыртқы және ішкі бөліктен(сегменттен) тұрады. Сыртқы бөліктің цитоплазмасы...

C. ортаңғы және ішкі бөліктен(сегменттен) тұрады. Ортаңғы бөліктің цитоплазмасы...

1. жарықты сезгіш дискілермен толтырылған. Дискі саны...

2. жарықты нашар сезгіш дискілермен толтырылған. Дискі саны...

3. жарықты орташа сезетін дискілермен толтырылған. Дискі саны...

- I. көп болуы фоторецепторлар алып жатқан аз үлкен болуына алып келеді, бұл көздің сезгіштігін орташа болуына алып артырады.
- II. аз болуы фоторецепторлар алып жатқан беттің кіші болуына алып келеді, бұл көздің сезгіштігін артырады.
- III. көп болуы фоторецепторлар алып жатқан беттің үлкен болуына алып келеді, бұл көздің сезгіштігін артырады.

5. Көз торында, жарықты жұту спектрі мен фотобиологиялық әсерлері бойынша бір бірінен өзгеше...

A. үш түрлі құтышалар бар. Олардың бір бірінен айырмашалығы тек...

B. үш түрлі таяқшалар бар. Олардың бір бірінен айырмашалығы тек...

C. төрт түрлі құтышалар бар. Олардың бір бірінен айырмашалығы тек...

1. иодопсинды ақуызбен байланыстыратын энергияның әр түрлі болуында, соның әсерінен...

2. ретиналды ақуызбен байланыстыратын энергияның әр түрлі болуында, соның әсерінен...

3. родопсинды ақуызбен байланыстыратын энергияның әр түрлі болуында, соның әсерінен...

I. иодопсин молекуласы көрінетін жарықтың $\lambda = 440$ нм, $\lambda = 540$ нм және $\lambda = 590$ нм сәйкес келетін толқындарын...

II. ретинал молекуласы көрінетін жарықтың $\lambda = 440$ нм, $\lambda = 540$ нм және $\lambda = 590$ нм сәйкес келетін толқындарын...

III. родопсин молекуласы көрінетін жарықтың $\lambda = 440$ нм, $\lambda = 540$ нм және $\lambda = 590$ нм сәйкес келетін толқындарын...

01. жақсы жұтады, бұл толқындар...

02. нашар жұтады, бұл толқындар...

03. орташа жұтады, бұл толқындар...

а. көк, жасыл және ақ түске сәйкес келеді.

б. күлгін, жасыл және сары түске сәйкес келеді.

γ. көк, жасыл және қызыл түске сәйкес келеді.

6. Родопсин жарықты сезгіш хромопротеидтерге жатады және ақуыздың бір түрі болып табылатын...

- А. өз ара байланысқан опсин мен ретиналдан құралған кешен. Ретиналь екі түрлі изомериялық пішінде болуы мүмкін, қарыңғы кезде, ол...
- В. опсиннен құралған. Ол екі түрлі изомериялық пішінде болуы мүмкін, қарыңғы кезде, ол...
- С. ретиналдан құралған. Ол екі түрлі изомериялық пішінде болуы мүмкін, қарыңғы кезде, ол...
1. ол опсинмен бірігіп 11-цис-ретиналь деген түрде болса, родопсиннің жарық квантын жұтуы нәтижесінде ол...
 2. ол ретиналмен бірігіп 11-цис-ретиналь деген түрде болса, родопсиннің жарық квантын жұтуы нәтижесінде ол...
 3. 11-цис-ретиналь деген түрде болса, родопсиннің жарық квантын жұтуы нәтижесінде ол...
- I. опсинен ажырып, транс-ретиналь деген түрге ауысады, мұндай құбылыс фотоизомеризация деп аталады.
 - II. опсинге қосылып, транс-ретиналь деген түрге ауысады, мұндай құбылыс фотоизомеризация деп аталады.
 - III. опсинен ажырып, транс-ретиналь деген түрге ауысады, мұндай құбылыс фотоионизация деп аталады.
7. Жұтылған жарық әсерінен ыдыраған родопсин қайта қалпына келеді және бұл құбылыс мына түрде жүреді...
- А. арнаулы ретиналь және опсин ферменті арқылы транс-ретиналь қайтадан...
 - В. арнаулы ретинальизомеразы ферменті арқылы ретиналь қайтадан...
 - С. арнаулы ретинальизомеразы ферменті арқылы транс-ретиналь қайтадан...
1. 11 -цис- ретинальға айналады және ол...
 2. 12 -цис- ретинальға айналады және ол...
 3. 13 -цис- ретинальға айналады және ол...
- I. ретиналға қосылып жаңа родопсинді түзейді.
 - II. опсинге қосылып жаңа родопсинді түзейді.
 - III. ретиналға қосылып жаңа опсин түзейді.
8. 1967 ж. родопсиннің түрленуін алғаш зерттеген Д.Уолд түрленудің мына түрде жүретіндігін анықтады....
- А. алдымен родопсин жарық квантын жұтып $6 \cdot 10^{-12}$ с кейін люмиродопсинге айналады, $3 \cdot 10^{-8}$ с кейін....

В. алдымен родопсин жарық квантын жұтып $6 \cdot 10^{-12}$ с кейін батородопсинге айналады, $3 \cdot 10^{-8}$ с кейін....

С. алдымен родопсин жарық квантын жұтып $6 \cdot 10^{-12}$ с кейін опсинге айналады, $3 \cdot 10^{-8}$ с кейін....

1. батородопсинге айналады, осылайша бірнеше түрленуден соң...

2. люмиродопсинге айналады, осылайша бірнеше түрленуден соң...

3. люмиродопсинге айналады, онан соң бірден...

I. ретиналь пайда болады және бұл түрленудің тек бірінші этапы ғана жарық кезеңінде жүрсе, қалғандары қараңғы кезеңде жүреді.

II. транс-ретиналь пайда болады және бұл түрленудің тек бірінші этапы ғана жарық кезеңінде жүрсе, қалғандары қараңғы кезеңде жүреді.

III. транс-ретиналь пайда болады және бұл түрленудің тек бірінші этапы ғана қараңғы кезеңінде жүрсе, қалғандары жарық кезеңде жүреді.

9. Кейбір адамдардың көздері дене кескінін

А. тор қабаттың сыртына фокустайды, көздің мұндай кемшілігін.....

В. тор қабаттың, $2F$ қашықтыққа фокустайды, көздің мұндай кемшілігін.....

С. тор қабаттың алдына, $3F$ қашықтыққа фокустайды, көздің мұндай кемшілігін.....

1. жақыннан көргіштік деп атайды, оны жөндеу үшін...

2. алыстан көргіштік деп атайды, оны жөндеу үшін...

3. көз кемшілігі деп атайды, оны жөндеу үшін...

I. жинағыш линза қолданамыз.

II. шашыратқыш линза қолданамыз

III. лупа қолданамыз

10. Кейбір адамдардың көздері дене кескінін

А. тор қабатқа жеткізбей, оның алдына фокустайды, көздің мұндай кемшілігін.....

В. тор қабатқа жеткізбей, $2F$ қашықтыққа фокустайды, көздің мұндай кемшілігін.....

С. тор қабаттың сыртына, $3F$ қашықтыққа фокустайды, көздің мұндай кемшілігін.....

1. жақыннан көргіштік деп атайды, оны жөндеу үшін...

2. алыстан көргіштік деп атайды, оны жөндеу үшін...

3. көз кемшілігі деп атайды, оны жөндеу үшін...

- I. жинағыш линза қолданамыз.
- II. шашыратқыш линза қолданамыз
- III. лупа қолданамыз

б) Есептер

1. Екі линзадан тұратын оптикалық жүйе берілген, оның бірінші жинағыш линзасының оптикалық күші 2 дптр, ал екінші шашыратқыш линзаның фокус қашықтығы 0,5 м. Оптикалық жүйенің фокус қашықтығы 2 м болуы үшін осы линзалар жүйесіне оптикалық күші қандай үшінші линза қосу керек.
2. Бірінші линзаның оптикалық күші +5 дптр, ал екінші линзаның оптикалық күші -3 дптр тең болатын линзалар жүйесінің фокус қашықтығын анықта.

Қорытынды сұрақтар

1. Көз құрылысы.
2. Көз торы және оның құрылысы
3. Таяқшада тыныштық және әрекет биопотенциалының пайда болу механизмі.
4. Түрлі түсті көру. Бинокулярлы көру
5. Линзаның түрлері, линза параметрлері: фокус қашықтығы, оптикалық күші. Линзалар жүйесі, кемшіліктері.
6. Көз кемшіліктері және оны линза арқылы жою. Кератотомия түрлері.
7. Диагностикалық құралдар: рефрактометр, офтальмоскоп.

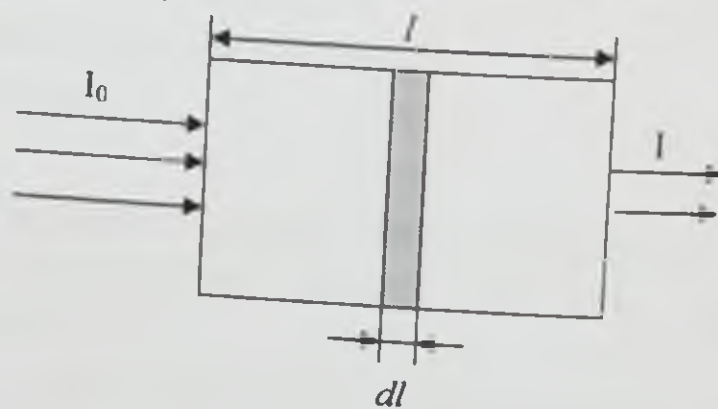
10 сабак. ЖАРЫҚТЫҢ ЗАТТАРМЕН ӘРЕКЕТЕСУІ. ЖАРЫҚТЫҢ ЖҰТЫЛУЫ.

Сабак жоспары

1. Жарықтың жұтылуы
2. Бугер-Бер –Ламберт заңы.
3. Өткізу коэффициенті. Ертіндінің оптикалық тығыздығы.
4. Жұтылу спектрі.
5. КФК-2 концентрациалық колорометрдің құрылысы.
6. Лаб. жұмыс: «КФК-2 құралымен сұйықтың концентарциясын анықтау»
7. Есеп шығару үлгісі.

Сабак мақсаты: жарықтың денеде жұтылу құбылысын зерттеу. КФК-2 құралының құрылысымен танысу, фотоколориметрлік әдісті меңгеру, студенттерді сұйықтың концентрациясын калибровтік график арқылы анықтауды үйрету.

Жарық ағыны зат арқылы өткенде, оның энергиясының бір бөлігі ортаның атомдары немесе молекулаларын қоздыруға жұмсалады, нәтижесінде жарық энергиясы азаяды. Бұл құбылысты жарықтың жұтылуы деп атайды, шын мәнінде жарықтың жұтылуы деп жарық сәулесінің бір ортамен тарау барысында жарық энергиясының энергияның басқа түріне ауысуы нәтижесінде жарық интенсивтілігінің төмендеуін атайды. Енді жарықтың интенсивтілігінің азаю (кему) заңдылығын қарастырайық (1 сурет).



1 сурет

Қалыңдығы dl болатын жұқа қабаттан монохроматты жарық өткенде оның бастапқы интенсивтілігін кемуі dl , жарық сәулесі өткен қабат қалыңдығына dl , түскен жарықтың бастапқы

интенсивтілігіне I пропорционал болын делік. Осы шамалар арасындағы байланысты мына түрдегі дифференциалдық теңдеу арқылы өрнектейік:

$$dI = -k_{\lambda} I dl,$$

мұндағы k_{λ} - ортаның жарықты жұту қабілетін сипаттайтын пропорционалдық коэффициент, оны жұтылудың натуралды көрсеткіші деп атайды, ол жарық толқынының ұзындығына λ тәуелді, бірақ интенсивтілігіне тәуелсіз. Теңдеудегі минус таңбасы жарық интенсивтілігінің азаятындығын (кемитіндігін) көрсетеді. Бұл теңдеудің шешімі мына түрде жазылады:

$$I = I_0 e^{-k_{\lambda} l}$$

мұндағы I_0 – түскен сәуле (бастапқы сәуле) интенсивтілігі, I - зат қалыңдығы l қабаттан өткен сәуле интенсивтілігі. Бұл жарықтың жұтылу немесе Бугер заңы деп аталады.

Егер Бугер өрнегін логарифмдесек $\ln(I_0/I) = -k_{\lambda} l$ өрнегі келіп шығады, мұндағы $l = 1/k_{\lambda}$ тең деп алсақ, онда соңғы өрнек мына түрге келеді $I = I_0/e$. Мұнан k_{λ} физикалық мәні келіп шығады: жұтылудың натураль көрсеткіші сан жағынан жарықтың жұтылуын «е» есе азайтатын қабат қалыңдығына кері шамаға тең.

Енді жарықтың ертіндіде жұтылуын қарастырайық. Жарық толқыны ертінді арқылы өткенде, оның фотондары еріткіштің де, еріген заттың да молекулаларымен әрекеттеседі, энергиясының бір бөлігін орта молекулаларының күйін өзгертуге жұмсайды, нәтижесінде жарық интенсивтілігі кемиді, жарық жұтылады. Жарықтың ертіндіде жұтылуын сипаттайтын жұтылудың натураль көрсеткіші χ_{λ} ертінді концентрациясына тура пропорционал екендігін ғалым Бер анықтады: $k_{\lambda} = \chi_{\lambda} C$. Мұндағы χ_{λ} - жұтылудың натуралды молярлы көрсеткіші, ол еріген зат түріне, жарықтың толқын ұзындығына тәуелді, бірақ ертінді концентрациясына тәуелсіз. Бұл тұжырымды Бер заңы деп атайды. Концентрациясы жоғары ертінділер үшін бұл заңы орындалмайды, өйткені жоғары концентрациялы ертіндіде молекулалар арасы жақындап, олардың өз ара әрекеттесуі орын алады да жарықтың жұтылуында өзгерістер байқалады. Енді Бугер өрнегіндегі коэффициент орнына Бер өрнегін қойсақ, өрнек мына түрге келеді:

$$I = I_0 e^{-\chi_{\lambda} \cdot l \cdot C}$$

Бұл өрнек жарық жұтылуының Бугер-Бер-Ламбер заңы деп аталады.

Лабораториялық зерттеулерде Бугер-Бер-Ламбер өрнегін бұл түрде қолданбайды, оның орнына негізі 10 болатын дәрежелі өрнек түрінде жазады:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon C l}$$

Бұл өрнекті логарифмдейік, сонда ол мына түрге келеді: $\lg(I_0/I) = \varepsilon C \cdot l$, мұндағы $\varepsilon = \chi/2,3$ жұтылудың молярлы көрсеткіші. Соңғы өрнектегі $\lg(I_0/I) = D$ деп белгіліп және ол шаманы ертіндінің оптикалық тығыздығы деп атайық, сонда Бугер-Бер-Ламберт заңы мына түрге келеді $D = \varepsilon \cdot C \cdot l$.

Жарықтың заттарда жұтылу құбылысы фотометрия мен спектрофотометрия деп аталатын әдістерде қолданылады.

Жұтылу спектрі деп заттың жарықты жұтыуының жарық жиілігіне $D = f(\nu)$ немесе оның толқын ұзындығына $D = f(\lambda)$ тәуелділігін атайды.

Бір атомды сиретілген газ бен металл буының жұтылу спектрі қарапайым болып келеді. Бұл күйдегі заттардың атомдары бір бірінен өте алшақ жатқандықтан, оларда өз ара әсерлесу байқалмайды. Заттан өткен жарық кванты жеке атомдармен әрекеттеседі, жұтылу спектріне сәйкес келетін толқындар $h\nu = E_k - E_l$ шартына сәйкес анықталынады. Әр атомға сәйкес келетін энергетикалық деңгейлердің арасы бір бірінен ұзақ, сондықтан олардың спектрлері бір бірінен алшақ жатқан жеке жеке сызықтардан тұрады, мұндай спектрлерлі сызықты деп атайды (2 сурет).

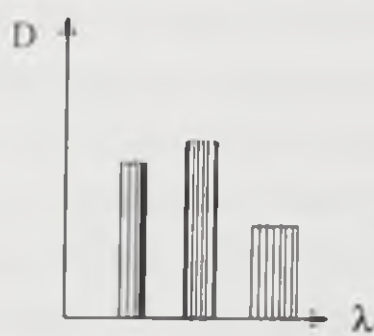
Молекуласы көп атомды газдардың жұтылу спектрлері сызықтың спектрлардан күрделі болып келеді. Өйткені, зат құрамындағы атомдардың өз ара әрекеттесуі мен қозғалысы күрделі, сондықтан мұндай заттардың жұтылу спектрлері бір бірінен алшақ орналасқан жолақтар түрінде болады. Мұндай спектрларды жолақ спектр деп атайды (3 сурет).

Бір және көп атомды газдармен салыстырғанда тығыздығы жоғары газдар мен қатты денелерді құрайтын бөлшектердің өз ара әрекеттесуі күшті, сол себепті олардың бөлшектеріне сәйкес келетін энергетикалық деңгейлерінің арасы өте жақын болып келеді, кей деңгейлер бір бірімен беттесіп кеткен, өйткені денені құрайтын атомдардың жұтатын энергиялар жиынтығы өте көп.

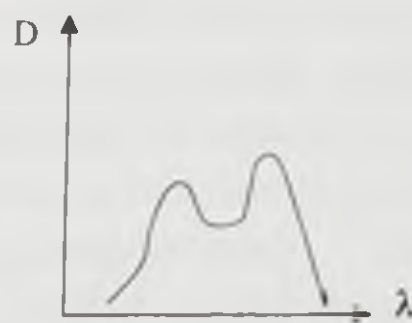
Максимум және минимумдардан тұратын мұндай спектрларды тұтас деп атайды (4 сурет).



2 сурет



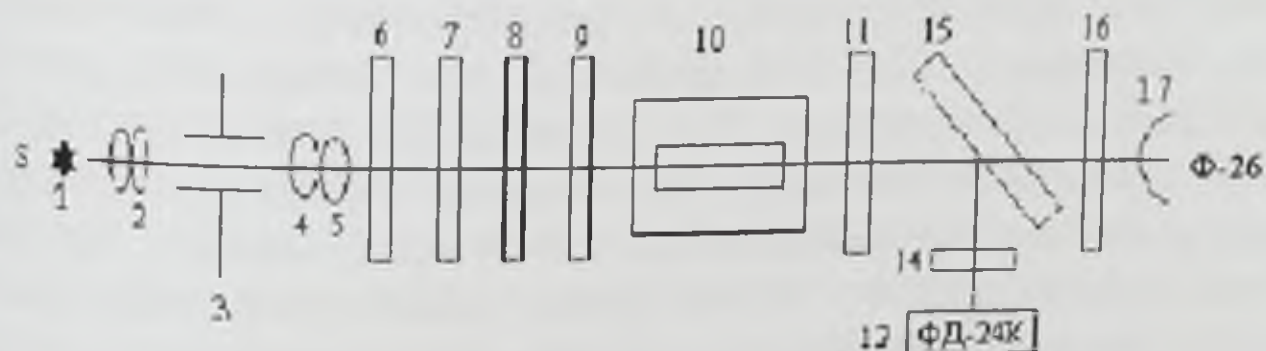
3 сурет



4 сурет

Қазіргі кезеңде, биологиялық ертінділер мен қоспаларды, фармацевтік препараттарды талдауда, жарықтың ортада жұтылуына негізделген абсорбциялық спектроскопия әдістің бірі-фотозлектроколориметрия кеңінен қолданылады. Абсорбциялық талдау заттардың электромагниттік толқынды талғамалы жұту қабілетіне негізделген. Фотоколориметрлік тәсілдің негізгі ерекшелігі: орындалуының қарапайымдылығы мен жеңілділігі, зерттелуге қажетті заттар мен реактивтердің өте аз мөлшерде жұмсалатыны және өлшеу дәлдігінің жоғарылығында жатыр.

Осы мақсатта КФК-2 атты құрал қолданылады. Ол концентрациялық фотозлектроколориметрі жарық фильтрі (сүзгісі) арқылы алынған 315-980 нм жарық толқындарының көмегімен қатты және сұйық денелердің оптикалық тығыздығы мен өткізу коэффициенттерін өлшеуге, калибровтік график арқылы ертінділердің концентрациясын анықтауға мүмкіндік беретін құрал. КФК-2 құралының оптикалық схемасы 5 суретте берілген.

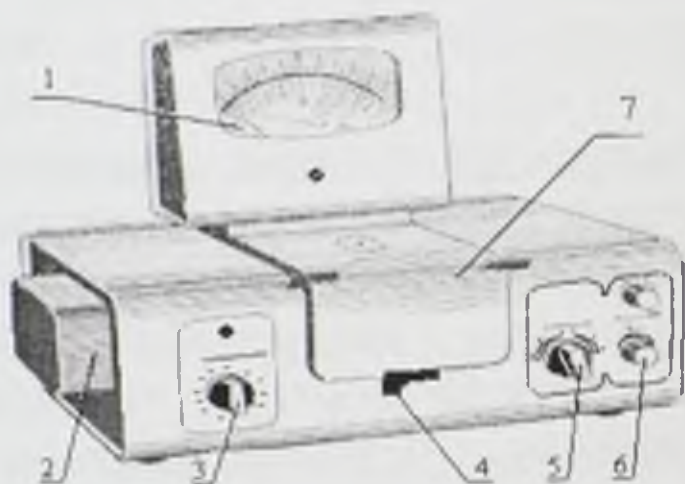


5 – сурет

Жарық көзінен (1) таралған жарық ағыны конденсор (2) диафрагма (3), объектив (4-5) және жарық фильтрі (6-8) арқылы

өтіп, одан кюветаға (10) түседі. Кюветаның алдында (9) және артында (11) жылудан қорғаушы шынылар орналасқан. Кюветадан шыққан жарық ағыны жарық қабылдағыш (12,17) құралдарға барып түседі. Жарықты қабылдайтын Ф-26 фотоэлементі (17) 315-540 нм аралығындағы сәулелерді қабылдайды.

Жарық қабылдағыштардың алдына (15) пластинка орнатылған. Ол түскен жарық ағын екіге бөліп: жарық ағынның 10 %-ін фотодиодқа (ФД-24 К), 90%-ін фотоэлементке (Ф-26) бағыттайды. КФК-2 құралының сыртқы пішіні 6-суретте көрсетілген.



6-сурет.

Тіркегіш құрал (1) ретінде М 907 микроамперметр колданылады (онда жоғары және төмен орналасқан шкалалары бар). Жоғарғы шкала - Т өткізу коэффициентін, ал төменгісі D-оптикалық тығыздықты анықтауға арналған. Суреттегі 2-жарық көзі, 3-жарық фильтрін ауыстырығы тетік. Түрлі-түсті жарық фильтрлі дөңгелек дискіге орнатылған, бұл дискіні айналдыру арқылы фильтрдің орнын ауыстырып отырады, ал 4-жарық жолына кюветаларды кезегімен ауыстыруға арналған қозғауыш тетік. 5-фотоэлементтердің сезімталдығын реттейтін тетік. Оның көмегімен жарық қабылдағыштар іске қосылады, әрі "сезімталдықтың" мәні ауыстырылып отырылады. Бұл тетіктің сол жағы кара, оң жағы қызыл түстермен боялған. Қара жағын қосқанда, 315-540 нм аралығында спектр қабылдайтын Ф-26 фотоэлементі, ал қызыл жағына ауысқанда 590-980 нм аралығындағы спектр қабылдайтын ФД-24К фотодиоды іске қосылады. 3-ші тетіктің кара жағы қосылғанда, 5-ші тетіктің кара жағы іске қосылуы керек, дәл солай 3-ші тетіктің қызыл жағы қосылғанда 5-ші тетіктің қызыл жағы

қосылуы керек. 6-ші тіркегіш құралдың стрелкасын “100 ге жобалап және дәл келтіру” тетігі (Установка 100 грубо и точно). Ол арқылы тіркегіш құралдың стрелкасын шкаланың 100 мәніне жобалап (грубо) және дәл (точно) келтіруге болады. 7- кювета бөлігі. Бұл бөлікті қақпақ жауып тұрады. Қақпақтың жабылуы кезінде жарық қабылдағыштың алдында орналасқан перде ашылып, ал қақпақ ашылған кезде жабылып отырады.

Жұмысты орындау мына ретпен жүргізіледі:

1. КФК-2 қондырғысын ток көзіне қосып, 15 минут қыздыру керек. Бұл кезде кювета бөлігінің қақпағы ашық тұрғаны жөн.

2. Фотоколориметрдің сезімталдық “чувствительность” ауыстырып қосқышын ең төменгі жағдайына келтір. Ол үшін “чувствительность” тетігін “1” калпына келтіріп, “установка 100 грубо” деп аталатын тетікті сол жаққа қарай толық бұрап қой.

3. Заттың ертіндідегі концентрациясын анықтау мына ретпен жүргізілуі қажет:

а) кювета мен жарық сүзгісін(фильтрін) таңдау.

б) зерттелетін зат үшін калибровтік графикті салу.

в) концентрациясы белгісіз ертіндінің оптикалық тығыздығын өлшеп, анықталған мән арқылы калибровтік графиктен оның концентрациясын анықтау.

3.1. Кюветаны таңдау. Кюветаны ертінді бояуының интенсивтілігіне қарай таңдау қажет. Егер ертіндінің бояуы өте қою болса ұзындығы ең аз кюветаны ал, егер ертіндінің бояуының интенсивтілігі аз болса, онда жұмыс үшін ұзындығы үлкен кюветаны алған жөн болады.

3.2. Жарық фильтрін таңдау. Таңдап алынған кюветалардың біреуіне дайындалған ертінділердің ішінен бояуы орташасын, ал екіншісіне тазартылған су құй. Жарық фильтрлерін ауыстыратын тетік арқылы толқын ұзындығын 315 нм тең сәулені таңдап ал. Кювета орналастыратын бөліктің қақпағын ашып, жарық сәулесінің жолына тазартылған су, жанына ертінді құйылған кюветаларды орналастыр. Кювета орналастырылатын бөліктің қақпағын жауып, тіркегіш құралдың стрелкасын 6 тетік көмегімен жоғарғы шкаланың «100» немесе төменгі шкаланың «0» белгісіне келтір, жарық сәулесінің жолына ертінді құйылған кюветаны 4 тетік арқылы орналастырып, төменгі шкаладан жарықтың D оптикалық тығыздығын анықта. Енді келесі жарық толқын ұзындығы 364 нм сәулені ал. Осылайша барлық жарық

сүзгілерін(фильтрлері) үшін тәжірибені қайтала, нәтижесін 1-кестеге жазып, алынған мәндерге сәйкес миллиметрлік қағаз бетіне оптикалық тығыздықтың D толқын ұзындыққа λ тәуелділік графигін сыз.

1-кесте

Толқын ұзындығы λ , нм										
Оптикалық тығыздық D										

Жұмысқа қажетті жарық фильтрін былайша анықтайды: графиктен оптикалық тығыздық D_{\max} ең үлкен мәніне сәйкес келетін толқын ұзындықты λ анықта. Осылайша анықталған жарық сүзгісін(фильтрін) жұмысты орындауға пайдалан. Егер оптикалық тығыздықтың шамасына бірдей бірнеше жарық фильтрлері сәйкес келсе, онда оның ішінен ең кіші сезімталдыққа сәйкес келген жарық фильтрін таңдап алған жөн.

3.3 Калибровтік графигті салу. Калибровтік графигті салу үшін концентрациясы белгілі ертіндіні (C_1-C_8) кезегімен кюветаға құйып, оптикалық тығыздықтарын (D_1-D_8) анықтап, төмендегі кестеге енгізу керек.

2-кесте

Таңдалған толқын ұзындығы λ , нм	Ертінді концентрациясы, $C\%$						
	Оптикалық тығыздық, D						

Миллиметрлік қағаз бетіне калибровтік графигті, яғни заттың D оптикалық тығыздығының C концентрацияға тәуелділігін сипаттайтын $D=f(C)$ графигін сал, ол үшін ордината осіне оптикалық тығыздықтың D , ал абцисса осіне концентрацияның C мәнін салыңыз.

3.4 Концентрациясы белгісіз ертіндінің концентрациясын анықтау. Концентрациясы белгісіз (C_x) ертіндінің сан мәнін анықтау үшін оның ертіндісін кюветаға құйып, оптикалық тығыздығын (D_x) анық. Содан кейін калибровтік графигтен анықталған оптикалық тығыздықтың D мәніне сәйкес келетін

нүктені тауып, ол нүктеден графикпен қиылысқанша (C) осіне параллель түзу жүргіз. Қиылысу нүктесінен (C) осіне перпендикуляр түсіріп C_x -тің мәнін анықта.

Есепті шығару үлгілері:

1. Қан арқылы өткен жарық интенсивтілігінің 3 есе кемуі үшін оның қалыңдығы қандай болуы керек. қанның натураль жұту көрсеткіші $0,836 \text{ см}^{-1}$ тең. есептеу жолын көрсет.

Шешуі: Жарықтың жұтылуын сипатайтын Бурген заңын мына түрде жазайық: $\ln(i_0/i) = k_\lambda \cdot l$, мұнан $l = \ln(3)/k_\lambda = 1,1/0,836 = 1,3 \text{ см}$.
жауабы: $l = 1,3 \text{ см}$.

2. Ертіндінің өткізу коэффициенті $\tau = 0,3$ тең. Осы ертіндінің оптикалық тығыздығын анықта.

Шешуі: Өткізу коэффициенті мынаған тең: $\tau = I_d/I_0$. Осы өрнекті пайдаланып ертіндінің оптикалық тығыздығын жазамыз: $D = \lg(1/\tau) = \lg 3,33 = 0,5$. Жауабы: $D = 0,5$

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) Тест

1. Жарық ағыны зат арқылы өткенде...

A. жарық толқының энергиясы толығымен ортаның атомдары немесе молекуларын қыздыруға жұмсалады, нәтижесінде..

B. оның энергиясының бір бөлігі ортаның атомдары немесе молекуларын қоздыруға жұмсалады, нәтижесінде..

C. оның энергиясының бір бөлігі ортаның атомдары немесе молекуларының жылдамдығын арттыруға жұмсалады, нәтижесінде..

1. жарық энергиясы азаяды. Бұл құбылысты...

2. жарық толқының амплитудасы азаяды. Бұл құбылысты...

3. жарық энергиясы ұлғаяды. Бұл құбылысты...

I. жарықтың шашырауы деп атайды, ол мынадай өрнекпен сипатталады...

II. жарық люминесценциясы деп атайды, ол мынадай өрнекпен сипатталады...

III. жарықтың жұтылуы деп атайды, ол мынадай өрнекпен сипатталады...

01) $I = I_0 e^{-\chi_\lambda \cdot l \cdot C}$ бұл Бугер-Бер-Ламберт заңы деп аталады.

02) $I = -I_0 e^{-\chi_\lambda \cdot l \cdot C}$ бұл Бугер-Бер-Ламберт заңы деп аталады.

03) $I = I_0 e^{-\chi_\lambda \cdot C \cdot l}$ бұл Бугер-Бер-Ламберт заңы деп аталады.

2. Лабораториялық зерттеулерде Бугер-Бер-Ламбер өрнегін мына түрде жазады:

A. $D = -\varepsilon \cdot C \cdot l$, мұндағы...

B. $D = \varepsilon \cdot C \cdot l$, мұндағы...

C. $D = \varepsilon \cdot C / l$, мұндағы...

1. ε -жұтылудың молярлы көрсеткіші, C - ертінді қалыңдығы, l - ертінді концентрациясы, ал D шама...

2. ε -жұтылудың натуралды молярлы көрсеткіші, C - ертінді концентрациясы, l - ертінді қалыңдығы, ал D шама...

3. ε -жұтылу көрсеткіші, C - ертінді концентрациясы, l - ертінді қалыңдығы, ал D шама...

I. ертіндінің оптикалық қасиеті деп атайды.

II. оптикалық тығыздық деп аталады.

III. ертіндінің оптикалық тығыздығы деп атайды.

3. Жарықтың жұтылуы деп.....

A. ортаның сындыру көрсеткішінің жарық жиілігі немесе толқын ұзындығына тәуелділігін айтады және ол.....

B. орта арқылы тараған жарық интенсивтілігінің кемуін айтады және ол.....

C. ортада таралған жарық шоғының барлық бағытта таралуын айтады және ол.....

D. электрондар эмиссия, ортаның электрлік өткізгіштігінің өзгеруін немесе Э.Қ.К. пайда болуы сияқты құбылыстар жиынтығын айтады және ол.....

1. $I = I_0 e^{-k \cdot l \cdot C}$ өрнегімен сипатталады.

2. $I = I_0 e^{-k \cdot l / C}$ өрнегімен сипатталады.

3. $I = I_0 e^{k \cdot l \cdot C}$ өрнегімен сипатталады.

4. Жарықтың ертіндіде жұтылуын зерттеген Бер мына заңдылықты анықтады...

A. жұтылудың натураль көрсеткіші ертінді концентрациясына...

B. жұтылудың молярлы көрсеткіші ертінді концентрациясына...

C. жұтылудың атомды көрсеткіші ертінді концентрациясына...

1. тура пропорционал екендігін анықтады: $k_\lambda = \kappa / C$. Бер заңына сәйкес...

2. кері пропорционал екендігін анықтады: $k_{\lambda} = \chi_{\lambda} C$. Бер заңына сәйкес...

3. тура пропорционал екендігін анықтады: $k_{\lambda} = \chi_{\lambda} C$. Бер заңына сәйкес...

I. χ_{λ} – жұтылудың натуралды молярлы көрсеткіші, ол еріген зат түріне, жарықтың толқын ұзындығына тәуелді, бірақ ерітінді концентрациясына тәуелсіз.

II. κ_{λ} – жұтылудың молярлы көрсеткіші, ол еріген зат түріне, жарықтың толқын ұзындығына тәуелді, бірақ ерітінді концентрациясына тәуелсіз.

III. κ_{λ} – жұтылудың молярлы көрсеткіші, ол еріген зат түріне, жарықтың толқын ұзындығына тәуелсіз, бірақ ерітінді концентрациясына тәуелді.

б) Есептер

1. Қалыңдығы 1,3 см болатын қан арқылы өткен жарық ағының интенсивтілігі қанша есе кемиді. Қанның натураль жұту көрсеткіші $0,836 \text{ см}^{-1}$ тең. Есептеу жолын көрсет.

2. Сұйықтың өткізу коэффициенті $\tau = 0,3$ болатын сұйықтың оптикалық тығыздығы неге тең ?

3. Сұйықтың оптикалық тығыздығы $D = 0,08$ болатын сұйықтың өткізу коэффициентін есепте ?

11 сабақ. ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ. ФОТОБИОЛГИЯЛЫҚ ПРОЦЕССТАР ЖӘНЕ ФОТОХИМИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАР.

Сабақ жоспары

1. Люминесценция, оның түрлері
2. Фотолюменесценция механизмі
3. Люменесценция спектрі. Стокс заңы.
4. Хемилюминесценция.
5. Люминесценцияны медицина мен биологияда қолдану.
6. Фотобиологиялық процестер және фотохимиялық реакциялар.
7. Фотобиологиялық процестердің кезеңдері
8. Фотосенсибилизаторлар, оларды медицинада қолдану.

Сабақ мақсаты: Люминесценция, хемилюменесценция құбылыстармен танысу және олардың жүру механизмін қарастыру. Жарықтың әсерінен жүретін фотобиологиялық құбылыстарды талдау. Бұл құбылыстарды медицинада қолданумен танысу.

Жарық шығару себебі жылулық құбылысқа жатпайтын, кез келген температурада байқалатын жарық түрін люминесценция деп атайды. Көру аймағында жататын жылулық жарықтар $10^3 - 10^4$ К температурдан басталады. Сол себепті люминесценция жарығын «суық жарық» деп те атайды. Люминесценция жарығының пайда болу себептерінің бірі ретінде, дене молекуласын қоздыратын сыртқы жарық көзінің әсерін атайды. Мұндай жарық көздеріне көрінетін сәуле, ультракүлгін сәулесі, рентген т.б. сәулелер жатады. Денеге әсер етуші сәуле өз әсерін тоқтатқан мезгілде люминесценция құбылысы бірден тоқтамайды, ол біраз уақыт сәулененуін жалғастыра береді, люминесценция құбылысын сәуленің шағылуы мен шашыру құбылысынан ерекшелелігі осында.

Жұтылған энергиясын люминесценттік жарық шығаруға жұмсайтын заттарды люминофорлар деп атайды. Кристалл атомдарының, молекулаларының қозығу нәтижесінде кванттық орын ауыстыруы дененің люминесценттік жарық шығаруының басты себебі. Дене атомдарын, молекулаларын қоздыру себептеріне байланысты люминесценция мынадай түрлерге бөлінеді:

- Фотолюминесценция- жарык (көринетін сәуленің қысқа аймағы, УК сәуле) әсерінен атомдардың козуы нәтижесінде пайда болады;
- Рентгенолюминесценция- рентген және гамма сәулелері әсерінен атомдардың козуы нәтижесінде пайда болады (рентген аппаратының экраны, радиация индикаторлары);
- Катодолюминесценция- электрондар ағыны әсерінен атомдардың козуы нәтижесінде пайда болады (кинескоп, осциллограф, монитор);
- Электролюминесценция- электр өрісі әсерінен атомдардың козуы кезінде пайда болады(электр разрядымен газ молеккласын коздыру- газ разрядты лампа);
- Хемилюминесценция- химиялық реакция — әсерінен молекулалардың козуы кезінде пайда болады;
- Биолюминесценция - биохимиялық реакциялар әсерінен биологиялық жүйенің козуы кезінде пайда болады;
- Сонолюминесценция - ультрадыбыс әсерінен атомдардың козу кезінде пайда болады.

Жоғарыда атап өткендей, люминесценция құбылысы сыртқы әсер тоқталса да жалғаса береді, қалдық сәулелену ұзақтығына байланысты люминесценция: флуоресценция және фосфоресценция деген түрлерге бөлінеді:

- Флуоресценцияда қалдық сәулелену ұзақтығы $10^{-9} - 10^{-8}$ с.
- Фосфоресценцияда сәулелену ұзақтығы $10^{-4} - 10^4$ с.

Люминесценция механизмі

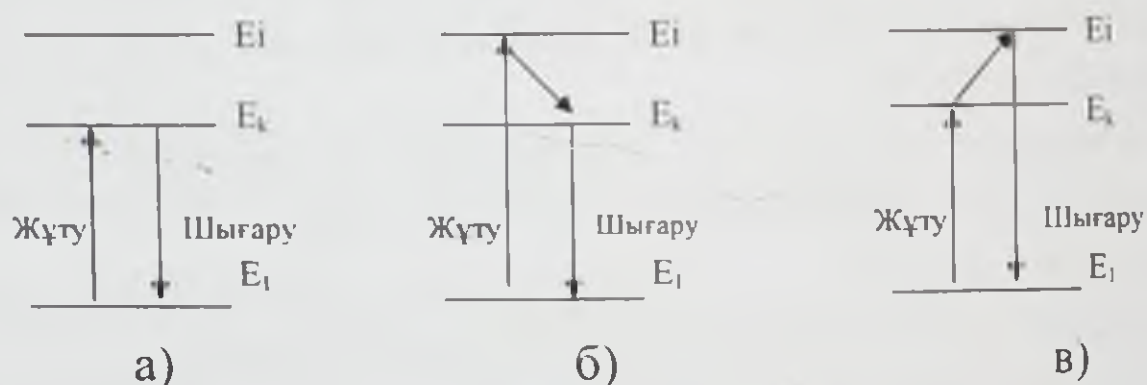
Енді люминесценцияның кей түрлерінің пайда болу механизімін талдайық. Фотолюминесценция құбылысы жиілігі ν жарықтың фотондарының зат атомдарын немесе молекулаларын коздыру нәтижесінде байқалады. Нәтижесінде, зат атомы козбаған негізгі энергетикалық 1 күйден, қозған 2 күйге көшеді, ары қарай процесс 3 түрлі жолмен жүруі мүмкін.

1. Қозған күйдегі атом немесе молекула жиілігі жұтқан жарык жиілігіне $\nu_{\lambda} = \nu$ фотон шығарып бұрыңғы негізгі күйге қайта келеді. Мұндай люминесценция резонансты деп аталады (1а - сурет).

2. Қозған күйдегі атом немесе молекула өзін қоршаған орта атомдары немесе молекулаларымен әрекеттесіп, сәуле шығармай төмен жатқан қозған күйдегі 2' энергетикалық деңгейге орын

ауыстырады. Онан соң, ол жиілігі төмен $\nu_{\text{л}} < \nu$ фотон шығарып негізгі күйге көшеді. Мұндай люминесценция стоксты деп аталады (1б-сурет).

3. Қозған күйдегі атом немесе молекула өзін қоршаған орта атомдары немесе молекулаларымен әрекеттесіп, жоғары энергетикалық деңгейде жатқан $3'$ қозған жаңа күйге орын ауыстырады. Онан соң, ол жиілігі жоғары $\nu_{\text{л}} > \nu$ фотон шығарып негізгі күйге көшеді. Мұндай люминесценция антистоксты деп аталады (1в-сурет).



1-сурет. Люминесценция түрлері: резонанстық (а), стокстық(б), антистокстық (в)

Стокс ережесі

Фотолюминесценция процессінде жұтылған жарық энергиясы люминесценция сәулелену энергиясына түрленеді. Заттың жарықты жұту қабілеті оның жұту спектр арқылы сипатталады. Люминесценция құбылысының пайда болуына себеп болған жарық толқындары қозу жолағын құрайды. Мұндай жолақтар бірнеше болуы мүмкін. Қозу жолақтарының жиынтығы **қозу спектрін** құрайды.

Люминесценттік сәуле толқындарының интенсивтілігінің толқын ұзындығына тәуелділігін $I_{\text{л}} = f(\lambda_{\text{л}})$ люминесценция спектрі деп атайды.

Әрбір люминофор (люминесценттік қабілеті бар заттар) тек өзіне тән жұту және люминесценция спектрлары арқылы сипатталады.

Стокс ережесіне сәйкес люминесценциялы сәулені шығаруға оны тудыратын жарық энергиясының тек бір бөлігі жұмсалады. осы себепті, люминесценциялық сәуленің толқын ұзындығы әр уақытта оны тудырған толқын ұзындығынан ұзын болады, яғни люминесценция спектр толқынның ұзын жағына қарай орналасады. бұл құбылыты Стокс ережесін сәйкес былайша тұжырымдайды:

- Фотолюминесценция- жарық (көрінетін сәуленің қысқа аймағы, УК сәуле) әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады;
- Рентгенолюминесценция- рентген және гамма сәулелері әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (рентген аппаратының экраны, радиация индикаторлары);
- Катодолюминесценция- электрондар ағыны әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (кинескоп, осциллограф, монитор);
- Электролюминесценция- электр өрісі әсерінен атомдардың қозуы кезінде пайда болады(электр разрядымен газ молеккласын қоздыру- газ разрядты лампа);
- Хемилюминесценция- химиялық реакция әсерінен молекулалардың қозуы кезінде пайда болады;
- Биолюминесценция - биохимиялық реакциялар әсерінен биологиялық жүйенің қозуы кезінде пайда болады;
- Сонолюминесценция - ультрадыбыс әсерінен атомдардың қозуы кезінде пайда болады.

Жоғарыда атап өткендей, люминесценция құбылысы сыртқы әсер тоқталса да жалғаса береді, қалдық сәулелену ұзақтығына байланысты люминесценция: флуоресценция және фосфоресценция деген түрлерге бөлінеді:

- Флуоресценцияда қалдық сәулелену ұзақтығы $10^{-9} - 10^{-8}$ с.
- Фосфоресценцияда сәулелену ұзақтығы $10^{-4} - 10^4$ с.

Люминесценция механизмі

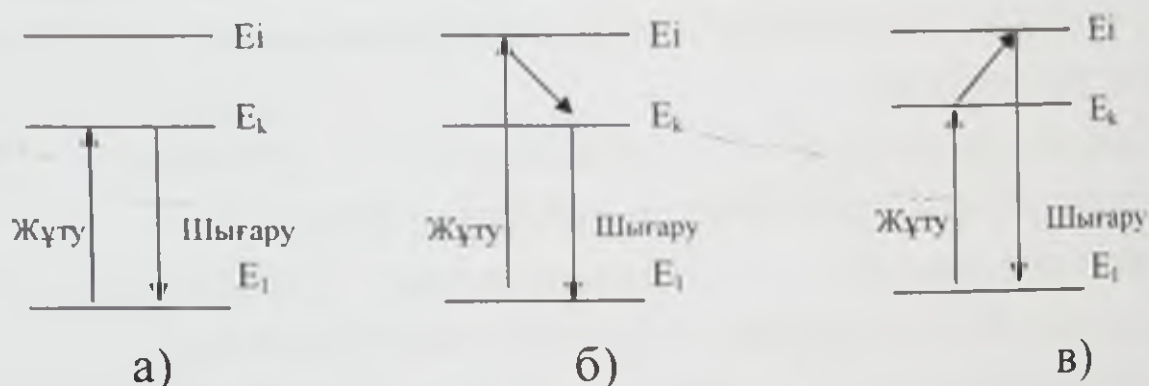
Енді люминесценцияның кей түрлерінің пайда болу механизімін талдайық. Фотолюминесценция құбылысы жиілігі ν жарықтың фотондарының зат атомдарын немесе молекулаларын қоздыру нәтижесінде байқалады. Нәтижесінде, зат атомы қозбаған негізгі энергетикалық 1 күйден, қозған 2 күйге көшеді, ары қарай процесс 3 түрлі жолмен жүруі мүмкін.

1. Қозған күйдегі атом немесе молекула жиілігі жұтқан жарық жиілігіне $\nu_n = \nu$ фотон шығарып бұрынғы негізгі күйге қайта келеді. Мұндай люминесценция резонансты деп аталады (1а - сурет).

2. Қозған күйдегі атом немесе молекула өзін қоршаған орта атомдары немесе молекулаларымен әрекеттесіп, сәуле шығармай төмен жатқан қозған күйдегі 2' энергетикалық деңгейге орын

ауыстырады. Онан соң, ол жиілігі төмен $\nu_{\text{л}} < \nu$ фотон шығарып негізгі күйге көшеді. Мұндай люминесценция стоксты деп аталады (1б-сурет).

3. Қозған күйдегі атом немесе молекула өзін қоршаған орта атомдары немесе молекулаларымен әрекеттесіп, жоғары энергетикалық деңгейде жатқан 3' қозған жаңа күйге орын ауыстырады. Онан соң, ол жиілігі жоғары $\nu_{\text{л}} > \nu$ фотон шығарып негізгі күйге көшеді. Мұндай люминесценция антистоксты деп аталады (1в-сурет).



1-сурет. Люминесценция түрлері: резонанстық (а), стокстық(б), антистокстық (в)

Стокс ережесі

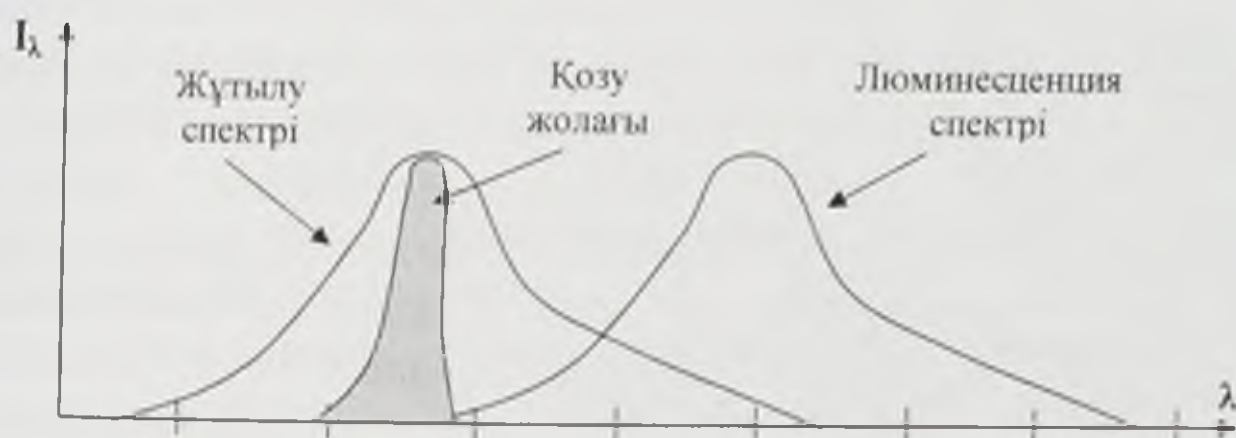
Фотолюминесценция процессінде жұтылған жарық энергиясы люминесценция сәулелену энергиясына түрленеді. Заттың жарықты жұту қабілеті оның жұту спектр арқылы сипатталады. Люминесценция құбылысының пайда болуына себеп болған жарық толқындары қозу жолағын құрайды. Мұндай жолақтар бірнеше болуы мүмкін. Қозу жолақтарының жиынтығы *қозу спектрін* құрайды.

Люминесценттік сәуле толқындарының интенсивтілігінің толқын ұзындығына тәуелділігін $I_{\text{л}} = f(\lambda_{\text{л}})$ люминесценция спектрі деп атайды.

Әрбір люминофор (люминесценттік қабілеті бар заттар) тек өзіне тән жұту және люминесценция спектрлары арқылы сипатталады.

Стокс ережесіне сәйкес люминесценциялы сәулені шығаруға оны тудыратын жарық энергиясының тек бір бөлігі жұмсалады. осы себепті, люминесценциялық сәуленің толқын ұзындығы әр уақытта оны тудырған толқын ұзындығынан ұзын болады, яғни люминесценция спектр толқынның ұзын жағына қарай орналасады. бұл құбылыты Стокс ережесін сәйкес былайша тұжырымдайды.

люминесценция спектрінің толқын ұзындығы оны қоздыратын (тудыратын) жарықтың толқын ұзындығынан үлкен (2- сурет).



2- сурет.

Хемилюминесценция.

Химиялық реакцияда бөлінген энергия нәтижесінде байқалатын люминесценцияны хемилюминесценция деп атайды. Бұл кезде химиялық энергияның жарық энергиясына ауысуы орын алады және бөлінетін жарық не реакцияға түскен заттардан немесе зат құрамындағы қозған денеден шығады. Хемилюминесценция жарығының интенсивтілігі химиялық реакция жылдамдығына пропорционалды. Биологиялық жүйелерде байқалатын хемилюминесценция түрін биохемилюминесценция деп атайды.

Биохемилюминесценция тірі жанулар мен жәндіктер әлеміне тән құбылыс, қазігіт таңда оның 250 тарта түрі кездеседі. Биохемилюминесценция құбылысы тотығу реакциясы нәтижесінде, мысалы, липидтердің еркін радикалдар реакциясында байқалады.

Люминесценция құбылысы медицина мен биологияда заттардың құрамына санды және сапалы талдау жүргізуде қолданылады.

Люминесценцияның биология мен медицинада қолданылуы

Люминесценциялық сапалы және санды талдау деп дене (зат) шығаратын люминесценциялық спектрі бойынша заттың табиғаты мен құрамын анықтауды атайды.

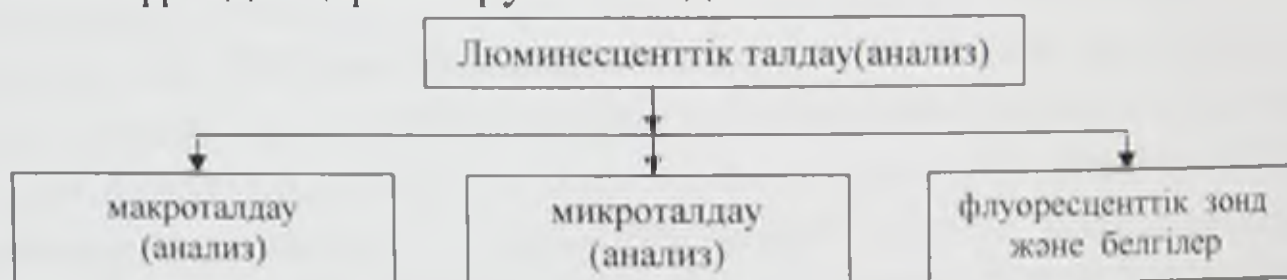
▪ Сапалық талдау — люминесценция спектрі арқылы зерттелген денеден заттың бар екендігін анықтау. Бұл ретте зат молекулаларының құрылымын, молекула аралық әсерлесуді, олардың химиялық түрленуін анықтауға болады.

▪ Санды талдау - люминесценция спектрінің интенсивтілі арқылы зерттелінген денеде зат шамасын, яғни мөлшерін анықтау ($m = 10^{10}$ г заттың салмағын білуге болады)

Егер люминофором еріген зат түрінде болса, онда оптикалық тығыздығы онша жоғары емес заттың люминесценциясы оның ерітінді концентрациясына пропорционал болады, яғни люминесценция интенсивтілі сұйықта еріген зат концентрациясының санды көрсеткіші бола алады. Ол үшін зерттелінетін заттың I_x люминесценция интенсивтілігін концентрациясы белгілі заттың I люминесценция интенсивтілігімен салыстырады. Белгісіз ертіндінің C_x концентрациясын мына формуламен анықтайды:

$$C_x = C_0(I_x/I_0).$$

Зерттеу әдістеріне сәйкес люминесценттік талдауды мына схема түрінде қарастыруға болады:



Макроанализ – УК-мен сәулелендірілген затардың люминесценциялық сәулесін тікелей көзбен бақылау:

- тамақ өнімдерін сапасын тексеру және сұрыптау,
- фармакологиялық заттарды сұрыптау,
- шаштың, жұқа қабыршақтардың, тырнақтардың және т.б. объектілердің түрлі микроорганизмдермен зақымдануын диагностикалауда.

Микроанализ- УК-сәулесін шығаратын шам арқылы люминесценциялық микронысандарды арнайы люминесцентті микроскоптың көмегімен зерттеу.

Флуоресцентті зондтар. Кейбір медициналық зерттеулерде арнайы люминофорлар тікелей ағзаға, тінге ендіріледі. Мұндай люминофорларды флуоресцентных зондтар деп атайды. Мысалы, мұндай люминофор ерітіндісін қанға енгізгенде ол барлық организмге тарайды және тері және эпидермисте арқылы диффузияланады.

Флуоресценттік белгілер. Флуоресцентті молекулаларын белгілі бір молекулалармен ковалентно байланыстыруға және содан кейін осы жүйені зерттелетін нысанға енгізуге болады. Мұндай молекулалар флуоресцентті белгілер деп аталады. Мысал ретінде флуоресцентті антиденелер пайдалануды атауға болады. Егер мұндай антиденелерді суспензия түрдегі жасушаға қосса, онда олар тек бетінде орналасқан ерекше антигендері бар антиденелермен байланысады. Белгілі бір жасушалар клондарының люминесценциясы пайда болады, ол люминесцентті микроскопта байқалады. Бұл әдістеме қанның иммундық зерттеулерінде пайдаланылады.

Фотобиологиялық процестер мен фотохимиялық реакциялар

Биологиялық жүйелерде жарықтың жұтылуы, сол жүйелерде ерекше фотохимиялық реакциялар жүруімен қабаттасып келеді, өз кезегінде бұл реакциялар фотобиологиялық процестердің басы болуы мүмкін. Фотобиологиялық реакциялар деп – биологиялық жүйенің молекулалары жарық квантын жұтуымен басталып, ағза немесе ұлпаның сәйкес жауап беру реакциясымен аяқталатын құбылысты атайды. Фотобиологиялық процесстерге мыналар жатады:

- Фотосинтез - күн сәулесі энергиясының әсерінен органикалық молекулалардың синтезделуі;
- фототаксис- күн сәулесіне немесе оған қарсы жаққа қарай тірі жәндіктің (мысалы, бактериялар) қозғалуы;
- фототропизм- сәулеге немесе оған қарсы бағытқа қарай жапырақтың, шөп діңгегінің бұрылуы;
- фотопериодизм- тірі жәндікке «жарық-қараңғы» циклымен әсер ету арқылы оның сөткелік және жылдық циклын реттеу;
- көру- көзге түскен жарық энергиясын нерв импульсіне айналуы;
- тері күйінің жарық әсерінен өзгеруі: эритема, эдема, күнге күй, пигментация, терінің күйуі, тері рагы;

Барлық фотобиологиялық процестер мына ретпен жүреді:

- жарық квантын жұту;
- жарық квантын жұтқан молекуланың қозуы;
- бірінші реттік фотохимиялық реакциялар нәтижесінде пайда болған заттардың жарықсыз химиялық реакцияларға түсуі;

- екінші реттік химиялық реакциялар;
- ұлпа немесе ағзаның физиологиялық жауабы.

Фотобиологиялық процестердің кезеңдері

Түрлі фотобиологиялық процестерді мынадай кезеңдер(сатылар) жүйесінен тұратын құбылыстар деп қарауға болады:

- жарық квантын жұту әсерінен молекуланың козууы;
- жарық әсерінсіз химиялық реакцияларға түсе алатын, жаңа зат пайда болатын бірінші реттік фотохимиялық реакциялар;
- екінші реттік химиялық реакциялар;
- ағзаның немесе ұлпаның физиологиялық жауабы.

Фотохимиялық реакциялар

Тек жарық әсерінен жүретін химиялық реакцияларды фотохимиялық деп атайды. Кез келген фотохимиялық реакцияның алғашқы сатысы жарық фотонын жұтудан басталып, фотон жұтқан молекуланың козуымен жалғасады. Молекуланы коздыруға қажетті жарық фотонының энергиясы бірнеше электрон-вольт болуы тиіс, ал жылулық коздыруға қажетті энергия одан әлде қайда аз, яғни $E_{\text{фот}} \gg E_{\text{жылу}}$. Мұнан молекуланы жарық фотон арқылы коздыруға үлкен энергия қажет екендігін және мұндай құбылыстардың жай жағдайларда мүмкін болмайтындығын байқаймыз.

Жарық фотоны арқылы молекуланы коздыру, оның химиялық қасиетін өзгертетін екі түрде жүретін химиялық өзгерістер тізбегіне алып келеді: оның біріншісі - молекуланың дозорлық-акцепторлық қасиетінің өзгеруі, екіншісі-молекуланың фотоизомеризациясы.

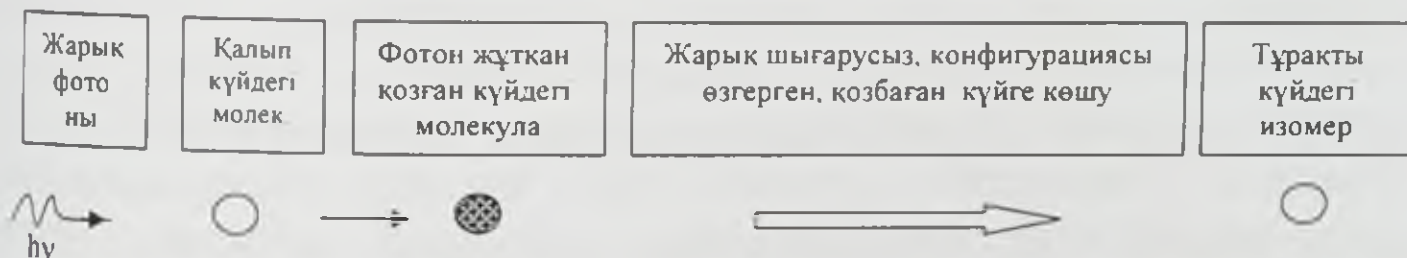
Қозған молекуланың жоғары еркін орбиталында электрон пайда болады. Мұндай электрон молекуладан өте жеңіл түрде босап, фото тотығу реакциясына түсе алады, осы себепті мұндай молекулаларды электрон доноры деп атайды. Оларға козған триптофан және тирозин молекулаларын жатқызуға болады.

Қозған молекуладағы электронның жоғары энергетикалық деңгейге өтуі нәтижесінде негізгі орбиталды бос орын - ваканция пайда болады. Ыңғайлы донор кездесе мұндай молекулалар тотықсыздану реакциясына түседі, сол себепті мұндай молекулаларды электрон акцепторы деп атайды. Мұндай реакцияға хлорофилдың фотототығуын жатқызуға болады.

Бірінші реттік тотығу-тотықсыздану реакцияларының нәтижесінде еркін радикалдар пайда болады. Еркін радикал деп сыртқы орбиталында жалғыз электроны бар молекуланы атайды. Олардың химиялық реакцияға түскіш қабілеті өте жоғары болып келеді. Мұндай молекулалар екінші реттік реакцияға түсіп, нәтижесі физиологиялық реакциямен аяқталады.

Енді фотоизомеризация құбылысын қарастырайық. Молекуланың химиялық қасиеті оны құрайтын атомдар құрамына ғана байланысты болмайды, ондағы атомдардың кеңістікте орналасуына да байланысты болады. Атомдық құрамы бірдей, бірақ олардың кеңістіктегі орналасуы, яғни конфигурациясы әр түрлі болатын молекулаларды изомерлер деп атайды. Осы себепті мұндай молекулалардың химиялық қасиеттері де әр түрлі болады.

Жарық фотонның (квантының) жұтып, қозған молекула құрамының кеңістіктегі конфигурациясының өзгеруін – изомеризация деп атайды. Фотоизомеризация құбылысын мына түрде көрсетуге болады (3- сурет):



3- сурет.

Фотоизомеризация құбылысы мына түрде жүреді: жарық фотонның жұтқан молекула алғашқы конфигурациясын сақтайды, бірақ қозған күйге көшеді, сол ортадағы басқа молекулалармен өз ара әрекеттесу нәтижесінде жарық шығармай, қозған күйі төмендеп, молекуланың кеңістік құрылым, яғни конфигурациясы өзгереді. Құбылыстың соңғы кезеңі- қозбаған күйдегі жана изомер түзіледі.

Осы құбылысқа мысал ретінде цис-транс изомерын қарастырайық. Молекуладағы қос байланыстағы бір жазықтықта жатқан көміртегі атомдары фотоизомеризация нәтижесінде 180° бұрылып, жазықтықтың әр түрлі жерінде орналасады (4-сурет).

Мұндай цис-транс фотоизомеризация құбылысы көздің көру кезіндегі ретинал пигментінде орын алады, соның нәтижесінде

денені көруге қол жеткіземіз, яғни нерв талшығында көру импульстері пайда болады.



4 сурет

Фотосенсибилизаторлар және оны медицинада қолдану.

Кей ұлпалардың түскен жарыққа сезімталдығы төмен болады. осындай жағдайда арнаулы қосымша заттар фотосенсибилизаторлар арқылы олардың жарыққа сезімталдығын артыруға болады.

Фотосенсибилизатор деп, биологиялық жүйенің жарықты сезу қабілетін артыратын заттарды атайды. Фотосенсибилизаторлардың молекулалары бірінші реттік фотохимиялық реакцияларға түсіп, соның нәтижесінде пайда болған заттар ұлпаның (биологиялық жүйенің) молекулаларымен әрекеттеседі. Медицинада фотосенсибилизаторларды қолдану арқылы қатерлі ісіктерді жоюға арналған фотодинамикалық терапияны(ФДТ) атауға болады. Пациенттің денесіне тек қатерлі ісікте жиналатын фотосенсибилизаторды ендіреді. Осындай аймаққа толқын ұзындығы белгілі жарық сәулесімен әсер еткенде, фотосенсибилизатордың молекулалары бірінші реттік фотохимиялық реакцияға түседі, соның нәтижесінде екінші реттік реакцияға түсетін заттар белсенді оттегі мен еркін радикалдар пайда болады. Олар реакцияға өте белсенді болғандықтан, қатерлі ісікпен әрекеттесіп, оларды тотықтырып, жояды.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Фотолюминесценция...

А. электр өрісі әсерінен атомдардың қозуы кезінде пайда болады(электр разрядымен газ молекуласын қоздыру-газ разрядты лампа);

В. рентген және гамма сәулелері әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (рентген аппаратының экраны, радиация индикаторлары);

- С. электрондар ағыны әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (кинескоп, осциллограф, монитор);
- Д. жарық (көрінетін сәуленің қысқа аймағы, УК сәуле) әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады;
- Е. химиялық реакция әсерінен молекулалардың қозуы кезінде пайда болады;
- Ж. биохимиялық реакциялар әсерінен биологиялық жүйенің қозуы кезінде пайда болады;

2. Рентгенолюминесценция...

- А. жарық (көрінетін сәуленің қысқа аймағы, УК сәуле) әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады;
- В. электрондар ағыны әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (кинескоп, осциллограф, монитор);
- С. рентген және гамма сәулелері әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (рентген аппаратының экраны, радиация индикаторлары);
- Д. электр өрісі әсерінен атомдардың қозуы кезінде пайда болады(электр разрядымен газ молекласын қоздыру-газ разрядты лампа);
- Е. химиялық реакция әсерінен молекулалардың қозуы кезінде пайда болады;
- Ж. биохимиялық реакциялар әсерінен биологиялық жүйенің қозуы кезінде пайда болады;

3. Катодолюминесценция...

- А. жарық (көрінетін сәуленің қысқа аймағы, УК сәуле) әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады;
- В. рентген және гамма сәулелері әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (рентген аппаратының экраны, радиация индикаторлары);
- С. химиялық реакция әсерінен молекулалардың қозуы кезінде пайда болады;
- Д. электр өрісі әсерінен атомдардың қозуы кезінде пайда болады(электр разрядымен газ молекласын қоздыру-газ разрядты лампа);
- Е. электрондар ағыны әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (кинескоп, осциллограф, монитор);

Ж. биохимиялық реакциялар әсерінен биологиялық жүйенің қозуы кезінде пайда болады;

4. Электролюминесценция-

А. электр өрісі әсерінен атомдардың қозуы кезінде пайда болады (электр разрядымен газ молекулаларын қоздыру-газ разрядты лампа);

В. рентген және гамма сәулелері әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (рентген аппаратының экраны, радиация индикаторлары);

С. электрондар ағыны әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады (кинескоп, осциллограф, монитор);

Д. жарық (көрінетін сәуленің қысқа аймағы, УК сәуле) әсерінен атомдардың қозуы нәтижесінде пайда болады;

Е. химиялық реакция әсерінен молекулалардың қозуы кезінде пайда болады;

Ж. биохимиялық реакциялар әсерінен биологиялық жүйенің қозуы кезінде пайда болады;

5. Қалдық сәулелену ұзақтығына байланысты люминесценция:

А. флуоресценция деген түрлерге бөлінеді, оның ұзақтығы..

В. фосфоресценция деген түрлерге бөлінеді, оның ұзақтығы..

С. сонолюминесценция деген түрлерге бөлінеді, оның ұзақтығы...

1. Флуоресценцияда қалдық сәулелену ұзақтығы $10^{-9} - 10^{-8}$ с.

2. Фосфоресценцияда сәулелену ұзақтығы $10^{-4} - 10^4$ с.

3. Үш түрінің де ұзақтығы $10^{-5} - 10^6$ с аралығында жатады.

4. Фосфоресценция ұзақтығы $10^{-4} - 10^4$ с., сонолюминесценция ұзақтығы $10^{-9} - 10^{-8}$ с.

6. Хемилюминесценция жарығының интенсивтілігі...

А. химиялық реакция жылдамдығына пропорционалды емес, ол...

В. химиялық реакция жылдамдығына пропорционалды, ол...

С. жарықты жұту жылдамдығына тәуелді, ол...

Д. жарықты жұту жылдамдығына тәуелді емес ол...

1. тотықсыздану реакциясы нәтижесінде, ақуыздардың еркін радикалдар реакциясында байқалады.

2. тотығу реакциясы нәтижесінде, липидтердің еркін радикалдар реакциясында байқалады.

3. тотықсыздану реакциясы нәтижесінде, липидтердің еркін радикалдар реакциясында байқалады.

7. Люминесценттік жарық шығаруының басты себебі...

A. Молекулаларының қозығуы

B. Кристалл атомдарының, молекулаларының қозығуы.

C. Кристалл атомдарының, молекулаларының жарық жұтуы.

D. Кристалл түрдегі заттардың жарық энергиясын жұтуы.

E. Кристалл атомдарының, молекулаларының қозығу нәтижесінде кванттық орын ауыстыруы дененің.

8. Стокс заңына сәйкес...

A. люминесценция кезінде денеден шығатын жарық толқынының ұзындығы...

B. люминесценция кезінде дене жұтылатын жарық толқынының интенсивтілігі...

C. люминесценция кезінде шағылатын жарық толқынының ұзындығы...

1. денеге түскен жарық толқынынан үлкен.

2. денеден шағылған жарық толқынынан үлкен.

3. денеге түскен жарық толқынынан кіші.

12 сабақ. РАДИОАКТИВТІЛІК. ДОЗАМЕТРИЯ НЕГІЗДЕРІ

Сабақ жоспары

1. Радиоактивтілік құбылысы.
2. Ыдырау заңы.
3. Дозаметрия негіздері.
4. Радионуклидтерді медицинада қолдану.
5. Иондаушы сәулелердің биологиялық әсері.
6. Ядролық физиканы медицинада қолдану.
7. Есеп шығару үлгілері.

Сабақ мақсаты. Радиоактивтілік құбылысымен, олардан шығатын сәулелердің қасиетімен танысу. Иондаушы сәулелердің денеге әсерін және оларды сипаттайтын шамаларыды анықтау, есептеуді үйрену, медицинада қолдану әдістерімен танысу.

Радиоактивтілік құбылысын 1896 жылы А.Беккерель ашқан. Ол уран тұзының белгісіз сәулелер шығаратындығын байқаған, бұл құбылыс радиоактивтілік деп аталады. Радиоактивтілік деп кей атом ядроларының өз бетінше ыдырып (кирап) басқа заттың ядросына айналуын атаймыз. Бұл құбылысты терең зерттеген Мария мен Пьер Кюрилер радиоактивтілік ыдырау кезінде «альфа», «бета» және «гамма» сәулелері шығатындығын, «альфа» сәулесі деп гелиидің ядросын, «бета» дегеніміз электрон немесе позитрон бөлшегі екендігін, ал «гамма» - жоғары энергиялы электромагниттік толқын екендігін анықтады.

Кез келген атом ядросы протон және нейтроннан тұрады. оларды жалпы түрде нуклондар деп атайды. Ядродағы протон саны «р» химиялық элементтің реттік нөміріне Z сәйкес келеді және заттың химиялық қасиетін сипаттайды, ал ядродағы нуклондар саны $A = p + n$ заттың массалық саны деп аталады, мұндағы «п» нейтрон бөлшегінің саны. Сонда кезкелген атом ядросы мына түрде белгіленеді: химиялық элементтің белгісінің жоғары жағына массалық саны, төменгі жағына реттік саны көрсетіледі A_ZX , мысалы ${}^{12}_6C$, мұндағы 12 - көміртегінің атомдық салмағы, 6 - оның периодтық кестедегі реттік саны немесе протон саны.

Атомдық нөмірлері бірдей, бірақ массалық саны әр түрлі болатын заттар кездеседі, оларды изотоптар деп атайды, мысалы

$^{12}_6\text{C}$, тұрақты көміртегі, ал оның изотопы $^{14}_6\text{C}$ радиоактивті болып келеді.

Радиоактивтілік құбылысы кезіндегі ядроның ыдырауы (басқа зат ядросына айналуы) мына өрнек бойынша сипатталады:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Бұл өрнек радиоактивтіліктің ыдырау заңы деп аталады, мұндағы N_0 - бастапқы ядролар саны, N - t уақыттан кейін әлі ыдырамаған ядролар саны, λ - ыдырау тұрақтысы, ол сан жағынан бірлік уақыт ішінде ядролардың ыдырау ықтималдығына тең шама. Сонда ыдыраған ядролар саны $dN = N_0 - N$ тең болады.

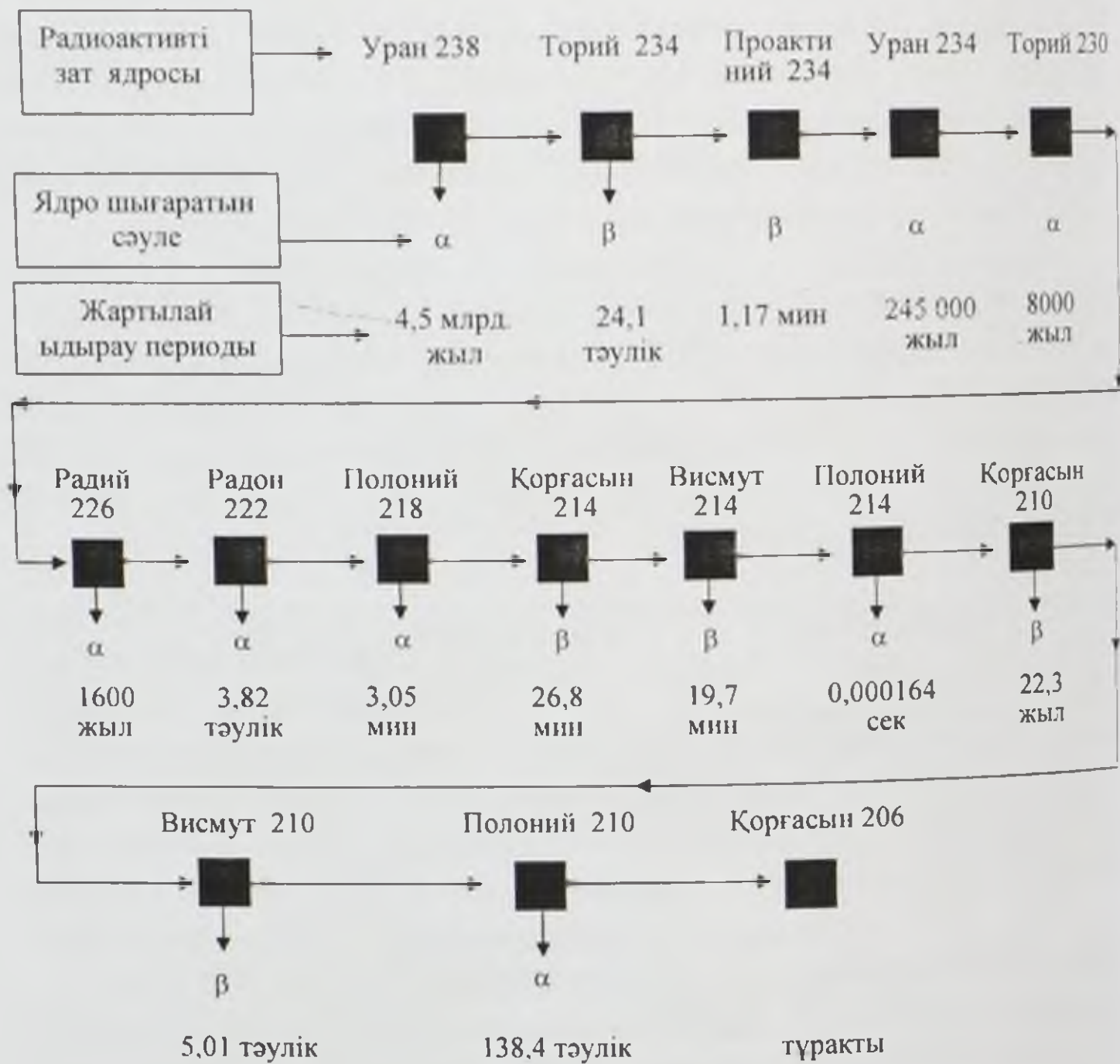
Радиоактивтілік құбылысын сипаттауда λ -ыдырау тұрақтысының орнына жартылай ыдырау периоды T деген шаманы қолданады. **Жартылай ыдырау периоды** деп барлық ядролардың тең жартысының ыдырауына кететін T уақытты атайды. Бұл уақыт кей ядролар үшін миллиардтаған жылдарға созылады, ал кей ядролар үшін секундтың бір бөлігіне тең. Төмендегі кестеде осындай мәліметтер берілген:

Радиоактивті массалық элементтердегі саны	изотоптар, (табиғи үлес, %)	Жартылай ыдырау периоды, T
Уран- 238	(99,28%)	$4,5 \cdot 10^9$ жыл
Калий -40	(0,012%)	$1,3 \cdot 10^9$ жылы
Йод-131		8 күн
Йод - 132		2,26 сағат
Йод -125		60 күн
Торий -232	(100%)	$1,4 \cdot 10^{10}$ жылы
Радон- 222		3,8 күн
Көміртегі -14		5570 жыл

Жартылай ыдырау периоды T және ыдырау тұрақтысы λ өз ара мына түрде байланыста: $T = \ln 2 / \lambda = 0.693 / \lambda$. Осы мәліметті қолданып радиоактивтіліктің ыдырау заңын мына түрде жазауға болады: $N = N_0 e^{-0,693t/T}$.

Радиоактивті зат ядросының ыдырау нәтижесінде ол басқа затқа айналады, осындай құбылыстың нәтижесінде табиғатты кең таралған ураның U-238 ядросы альфа сәулесін шығарып 4,47 миллиард жыл кейін Th-234 айналады, ол өз кезегінде бета

сәулесін шығарып 24,1 күннен кейін Проактиний-234, ол бета сәулесін шығарып 1,17 мин. кейін U-234 айналады, бұл үрдіс 13 рет жалғасып, ең соңында одан ары ыдырамайтын, ядросы тұрақты Pb-208 қорғасынға айналады. Бұл тізбекті реакция төменде көрсетілген ретпен жүреді (1- сурет).



1- сурет.

Заттың радиоактивтілік белсенділігін активтілік деген шамамен сипаттайды, ол сан жағынан бірлік уақыт ішінде ыдыраған ядро санына тең: $A = dN/dt$. Активтілік Беккерель (Бк) деген шамамен өлшенді, сонымен қатар кюри (Ки) деген өлшеу бірлігі де қолданылады: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Енді радиоактивті ыдырау түрлерін талдайық. Өздеріңізге белгілі радиоактивтілік кезінде ядродан α, β және γ бөлшектері ұшып шығатын. Зерттеулер α бөлшегі гелий ядросы ${}^4_2\text{He}$ екендігін

көрсетті. Ол ыдырайтын радиоактивті зат ядросы құрамындағы протон бөлшегі, олай болса α ыдырауы нәтижесінде жаңадан пайда болатын зат мына реакция бойынша анықталынады: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$, мұндағы X- бастапқы зат ядросы, Y ыдырау нәтижесінде жаңадан пайда болған ядро, ал 4_2He гелий ядросы. Жаңадан пайда болған ядро қозған күйде болады, сондықтан оның негізгі күйге көшуі γ сәулесін шығарумен қатар жүреді, жалпы барлық ыдырау түрлері γ сәулесін шығарумен ерекшеленеді. Альфа сәулесінің энергиясы 4-9 МэВ тең.

Радиоактивтілік кезінде бөлінетін β сәулесі e^- электрон немесе оған қарама қарсы e^+ позитрон (антиэлектрон) бөлшегі екен. Өздеріңізге белгілі ядрода құрамында мұндай бөлшектер кездеспейді, бұл бөлшектер ыдырайтын зат ядросы құрамындағы протон немесе нейтрон бөлшектерінің радиоактивтілік кезінде басқа бөлшектерге айналуы кезінде пайда болады және мұндай ыдыраулар гамма сәулесін шығарумен қабаттасып жүреді. β -ыдырау екі түрде кездеседі.

1. Электронды β^- ыдырау. Бұл ядродағы нейтрон бөлшегінің протон және электронға айналуы кезінде орын алады: ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}\beta + \nu'$ мұндағы ν' -антинейтрино бөлшегі.

2. Позитронды β^+ ыдырау. Бұл ядродағы протон бөлшегінің нейтрон және позитронға айналуы кезінде орын алады: ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}\beta + \nu$ мұндағы ν -нейтрино бөлшегі.

Радиоактивтіліктің электронды е-кармау деген түрі де кездеседі. Бұл құбылыс ядроның ішкі қабаттардың бірінен электронды кармап алып, нәтижесінде ядродағы бір протонның нейтронға айналуы кезінде байқалады: ${}^1_1p + {}^0_{-1}\beta \rightarrow {}^1_0n + \nu$. Бұл құбылыс тікелей иондаушы (гамма) сәулесін шығарумен қабаттасып жүрмегенмен, құбылыс нәтижесінде гамма сәулесі пайда болады. Электрон қабаттындағы босаған орынған сыртқы қабаттан электрон ауысқан кезде рентген сәулесі пайда болады.

ДОЗИМЕТРИЯ НЕГІЗДЕРІ

Жұтылу дозасы деп дене элементі жұтқан иондаушы сәуле энергиясының dE сол дене массасына dm қатынасына тең шаманы атайды: $D = dE/dm$. Жұтылу дозасы СИ өлшеу жүйесінде *грей (Гр)*

деген шамамен өлшенеді, сонымен қатар *рад* деген өлшеу бірлігі де қолданылады $1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$ тең.

Жұтылу дозасы иондаушы сәулелердің денеге тигізетін түрлі радиациялық әсерлерін толық сипаттай алмайды. Осы олқылықты жою үшін иондаушы сәуленің әсерін **сапа коэффициенті** деген шамамен сипаттайды. Сапа коэффициенті сан жағынан дозалары бірдей, иондаушы сәуленің биологиялық әсерін рентген немесе гамма сәулесіне салыстырғанда қаншалықты жоғары немесе кем екендігін көрсететін шамаға тең. Иондаушы сәуленің биологиялық әсері ретінде сәуленің әсерінен денеде орын алатын құбылысты атайды. Мысалы, иондаушы сәуленің әсерінен зақымдалған жасуша саны, немесе денеде пайда болған зарядталған бөлшектердің саны және т.б. мәліметтерді атауға болады.

Иондаушы сәуле түрі	Сапа коэффициенті, К
Гамма немесе рентген сәулесі	1
Бета сәулесі	1
Энергиясы 2 МэВ протондар	5
Альфа сәулесі	20

Кестеден α сәулесі үшін сапа коэффициенті 20 тең. Мұны қалай түсіну керек, бұл α сәулесінің биологиялық әсері рентген сәулесіне салыстырғанда 20 есе көп дегенді білдіреді.

Сапа коэффициентін ескере отырып анықталған дозаны **эквиваленті доза** деп атайды, ол мына өрнекпен анықталынады: $H = K \cdot D$. Эквиваленті доза **зиберт (Зв)** деген шамамен өлшенеді, сонымен қатар *бэр(биологический эквивалент рентгена)* деген өлшеу бірлігі де қолданылады $1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Эв}$ тең.

Иондаушы сәулелердің ауаны иондау қабілетін ескеріп, **экспозициялық доза** деген шама енгізілген. Ол сан жағынан ауаның бірлік массасы көлемінде пайда болған барлық он иондардың шамасына $X = Q/m$ тең. Экспозициялық доза Кулон/кг өлшенеді, бірақ бұл өте үлкен шама болғандықтан, практикада одан көп кіші *рентген-Р* деген шама қолданылады $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Жұтылу және экспозициялық доза арасында мына түрде өз ара байланыс бар: $D = f \cdot X$, мұндағы f -өтпелі коэффициент деп

аталады. Жұмсақ ұлпалар үшін $f=1$ тең, сондықтан «рад» анықталған жұтылу дозасы «рентегнмен» анықталған экспозициялық дозаға сан жағынан тең болады.

Доза қуаты деп доза шамасының сол дозаны қабылдаған уақытқа қатынасымен анықталынатын шаманы атайды: $N_D = D/t$
 $N_X = X/t$ $N_H = H/t$. Жұтылу дозасының қуаты Гр/мин; Гр/сағ
экспозициялық доза қуаты микрР/сағ; милР/сағ; Р/сағ және т.б.
өлшенеді. Эквивалентті доза Зв/мин; Зв/сағ; Зв/жыл; бэр/мин;
бэр/сағ. өлшенеді.

Радионуклидтерді медицинада қолдану

Радионуклидтер деп жартылай ыдырау периоды өте аз, радиоактивті заттарды атайды. Табиғатта мұндай химиялық элементтер кездеспейді, оларды жасанды түрде алады. Қазіргі уақытта радионуклидтер диагностикалық және терапиялық мақсаттарда кең түрде қолданылуда.

Радионуклидті **диагностикалық мақсатта** қолданудың негізі ретінде, олардың адам ағзаның кей мүшелерінде талғампаздық түрде жиналуын атауға болады. Мысалы, радиоактивті иод негізінен қалқан безінде, ал кальций болса сүйекте жиналады. Радиоактивті элементердің изотопын адам ағзасына ендіріп, олардың адам ағзасында жиналған аймағынан шығарған сәулесі арқылы адам мүшесінің немесе аймақтың диагностикалық күйін анықтауға болады, мұны **таңбаланған атомдар әдісі** деп атайды.

Радионуклидтерді **терапиялық мақсатта** қолданудың негізі ретінде, олардан шығатын иондаушы сәулелердің ісік жасушаларын бұзуын атауға болады.

1. Гамма терапия деп, терең қабатта жатқан ісіктерді жоғары энергиялы γ сәулесі арқылы жоюды атайды. γ сәулесінің көзі ретінде ^{60}Co кобальт қолданылады.

2. Альфа терапия деп α сәулесі арқылы емдеуді атайды. Бұл сәуленің иондаушылық қасиетінің өте жоғары, сондықтан ол сәл ғана ауа қабытының өзінде толығымен жұтылады. Осы себепті α сәулені адам ағзасына немесе оның белгілі бір мүшесіне тікелей әсер ететіндей жағдайда қолданады. Мысалы, теріге тікелей әсер ету үшін радон ваннасын қабылдайды, ас қазанға әсер ету үшін радонды суды ішеді, тыныс алу мүшелеріне әсер ету үшін ингаляция қабылдайды. Төменгі кестеде медицинада қолданылатын радионуклидтердің сипатамалары берілген:

Изотоп атауы, белгісі	Жартылай ыдырау периоды, T	Изотоп шығаратын радиоактивті сәуле түрі	Қолдану мақсаты, әсер ету механизмі
Иод, ^{131}I	8,1 күн	β - сәулесі γ - сәулесі	Қалқан безіндегі зат алмасу үрдісіне қатысады
Иод, ^{125}I	60 күн	рентген сәулесі	Пациенттің қан сары суындағы анықталынатын гормондары белгілеу үшін
Иод, ^{132}I	2,26 сағ	β - сәулесі γ - сәулесі	^{131}I салыстырғанда биологиялық зиянды әсері 200 есе төмен, сондықтан балаларға қолдануға болады.
Технеций ^{99}Tc	6 сағ	γ - сәулесі	Бауыр, өт қабын, ішек, өкпелерді диагностикалауда қолданылады
Фосфор ^{32}P	14,3 күн	β - сәулесі	Көзде, теріде, сүт безінде және , мида пайда болатын катерлі ісіктерді анықтауда қолданылады.

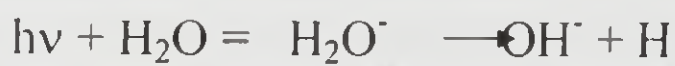
Иондаушы сәулелердің биологиялық әсері

Кей зарядталған бөлшектер мен электромагниттік толқын квантарының заттармен әсерлесуі нәтижесінде зат атомдары мен молекулаларын иондайтын қабілеті бар сәулелерді иондаушы деп атайды. Мұндай сәулелерге рентген, гамма сәулелері, альфа-электрон, позитрон және нейтрон бөлшектерінің ағынын жатқызамыз. осындай сәулелердің денелермен әсерлесу нәтижесін білу медицина үшін өте маңызды.

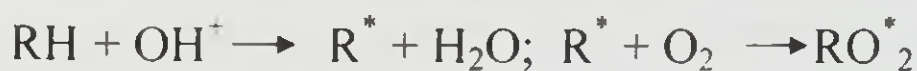
Иондаушы сәулелердің (рентген, гамма сәулелерінің) әсерінен адам ағзасында пайда болатын сәулелік ауру және соның әсерінен адамның өлуі сияқты патологиялық құбылыстар сәуленің тікелей физикалық әсерінен туындамайды, ол иондаушы сәуленің биологиялық әсерінен жасушада пайда болатын химиялық процесстердің нәтижесі деп саналды.

Сүт қоректілер ағзасының 70% су молекулаларынан тұрады. Дозасы 6 Грей болатын рентген сәулесі әсер еткенде тіндегі 10^{15} су молекуласы иондалады, бұл шамамен 1 см^3 көлемдегі су

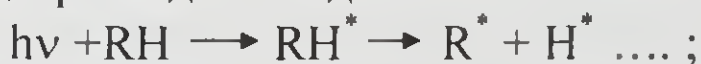
молекуласына тең. Бұл шама өте үлкен болып көрінуі мүмкін, бірақ ол 5 мг суға тең. Адам денесі осы шамадағы суды өз ағзасынан ешқандай зиянсыз түрде шығара алады, өйткені біз бір дем шығарғанда мөлшері мұнан да көп суды сыртқы ортаға шығарамыз. Бірақ, ионданған су молекулалары біздің денемізден оңай шықпайды, өйткені олар тұрасыз иондар, бір түрден басқа түрге айналып кетеді. Мысалы, иондаушы сәуле әсерінен жүретін реакция нәтижесінде су молекулалары басқа түрдегі иондарға айналады:



Пайда болған $\text{OH}^{\cdot -}$, H^{\cdot} , $\text{OH}^{\cdot +}$ және т.б. еркін радикалдар өте белсенді тотықдырғыштар. Олардың органикалық молекулалармен RH әрекеттесуі нәтижесінде органикалық молекулалардың радикалдары түзеледі:



Ал, органикалық молекулалардың RH иондаушы сәулелермен әрекеттесуі нәтижесінде қозған молекулалар, иондар, радикалдар және асқын тотықтар пайда болады:



Осы реакциялардан көрініп тұрғандай, пайда болған түрлі қосылыстар химиялық жағынан өте белсенді болғандықтан биологиялық жүйелердің молекулаларымен әрекеттеседі, соның нәтижесінде жасуша ақуыздары зақымдалады, соынмен қатар зат молекулаларда химиялық өзгерістер пайда болады. Иондау процесі мен соның нәтижесінде пайда болған заттардың қатысуымен жасушадағы химиялық реакциялар секундтың миллиондаған үлесі ішінде жүрсе, радиациялық сәулеленуге ұшыраған денеде жаңа молекулалардың, радикалдардың және т.б. пайда болу сияқты биохимиялық өзгерістер көп уақытқа, көп жылдарға дейін созылады. Мұндай өзгерістердің кейбірі денеге радиациялық сәуле әсер ете салысымен байқалса, кейбірі ондаған жылдардан кейін, жасушаның толығымен өмір сүруін тоқтауымен немесе оның обырға айналуымен аяқталады. Иондаушы сәуле негізінен адам ағзасының ең негізгі қызметі- ішкі мүшелер мен тіндердің

жаңа жасуша жасайтын функциясын зақымдайды. Радиациялық сәуленің мұндай қасиеті бала ағзасына, әсіресе ана жатырында жаңадан пайда болған нәрестеге өте қауіпті. Ол сонымен қатар, ересектердің тініне, оның ішінде асқазан мен ішектің шырышты қабатына, қан өндіретін тіндерге, ұрық жасушасына да қатері жоғары.

Иондаушы сәуленің адам ағзасына әсері 3 түрде байқалады, оларды: өткір зақымдану, алыс және генетикалық әсерлер деп атайды.

Өткір зақымдану деп, үлкен дозалы иондаушы сәуленің әсер еткен мезгілінен бастап бірнеше күнге дейін созылатын адам ағзасының зақымдалуын жатқызамыз.

Ересек адам ағзасынның өткір зақымдану белгілері радиация дозасы 0,5-1,0 Зв (50-100 бэр) бастап байқалады. Мұндай шамадағы эквиваленті доза мөлшерін адам ағзасын өткір зақымдау табалдырығы деп атайды. Осы мөлшердегі доза қабылдаған адамның қан жасау жүйесі жұмысының бұзылу басталады. Егер адамның бүкіл денесі 3-5 Зв(300-500 бэр) тен радиациялық сәуле жұтса, онда сәуле әсер еткен адамдардың 50% бір- екі ай ішінде сәуле ауруынан қайтыс болады, өйткені ол адамдардың қызыл сүйек кемігі зақымдалып, соның әсерінен қандағы лейкоциттер күрт кеміп кетеді.

Егер адам денесіне әсер еткен сәуле дозасы 10-50 Зв (1000-5000 бэр) болса, онда 1-2 аптада адам өледі, өйткені ішек – қарын жүйесінің шырышты қабатының жасушаларының өте қатты зақымдалуы, сол ол ортада қан кетуге себеп болады. Егер әсер ету доза мөлшері 100 Зв (10 000 бэр) болса, онда адамның орталық нерв жүйесінің толығымен зақымдалуы себебінен адам бірнеше сағаттан немесе бірнеше күннен кейін қайтыс болады.

Дозасы бірдей иондаушы сәуле әсер еткен ересек пен жас бала ағзасындағы биологиялық өзгерістер әр түрде байқалады. өйткені, тірі жасушаның негізгі қызметінің бірі – бөліну функциясы радиациялық сәуле әсерінен тоқтайды(өледі) немесе бөлінгіштік қабілетін жоғалтады, бірақ жасуша өзінің басқа қызметтерін сақтайды.

Алыс әсер. Жанураларға жүргізілген тәжірибелер мен атом бомбасына ұшыраған Хиросима және Нагасаки қалаларының тұрғындарына жүргізілген бақылаулар нәтижесі, радиация әсері адам ағзасында аз уақыт ішінде байқалатын сәуле ауруын ғана

тудырып қоймай, көп жылдардан соң да түрлі аурулар тудыратындығын көрсетті. Иондаушы сәуле әсерінен зақымданған жасушалар бастапқы күйдегі қызметін толығымен атқара алмайды және жаңа аурулардың, оның ішінде обырдың пайда болу ықтималдығын жоғарылатады. Мысалы, иондаушы сәулесі әсерінен кейін 10 жылдың ішінде адам лейкоз ауруына шалдығып, соның әсерінен қайтыс болады екен.

Сонымен қатар иондаушы сәуле әсерінен обыр ауруының пайда болуы ықтималдығы сәуле дозасына тура пропорционал. Мысалы, 1 Зв (100 бэр) доза әсер еткен 1000 адамның ішінен 2 адамда лейкоз ауруына шалдығады немесе 10 адамда қалқан безі, 10 әйелдің сүт безі немесе 5 адамда өкпе обыры пайда болады екен, ал иондаушы сәуле әсерінен адамның басқа мүшелерінің обыр ауруына ұшырауы ықтималдығы төмен. Осы мәліметтер, эквивалентті дозасы 0,01 Зв (1 бэр) тең иондаушы сәуле әсерінен ересектерде обыр ауруының пайда болуы ықтималдығы $2 \cdot 10^{-4}$ - $3 \cdot 10^{-4}$ тең болатындығын көрсетеді.

Генетикалық салдары. Иондаушы сәуленің адам ағзасына тигізетін кері әсері оның кейінгі ұрпақтарына да үлкен зиян келтіреді. Генетикадан белгілі, болашақ ұрпақ ағзасының құрылысы мен оның дамуы ата-ананың жыныстық ұрықтары геніне тікелей байланысты. Ген деп дезоксирибонуклейн қышқылы (ДНҚ) молекуласынан тұратын, хромосом деп аталатын күрделі құрылымды құрайтын бөлшектерді атайды.

Ата-ананың жыныстық жасушасының бірігуі нәтижесінде пайда болатын жаңа ағзадағы 46 хромосомда 30 000 аса ген болады. Жыныстық жасуша гені ДНҚ-ның бір молекуласының бұзылуы немесе оның кей бөлігінің жоғалуын мутация деп атайды, мұндай құбылыс иондаушы сәуленің әсерінен байқалады. Мутацияға ұшыраған жасуша ұрығынан пайда болған ұрпақ өз ата-анасынан өзгеше болып келеді. Мұндай генетикалық өзгерістер мен сәуле дозасы арасындағы нақты сандық көрсеткіштер әзірше жоқ, бірақ жануарларға жүргізілген түрлі тәжібелер мұндай байланыстың бар екендігін көрсетіп отыр. Осындай зерттеулер нәтижесі бойынша эквиваленттік дозасы 1 Зв тең иондаушы сәулені 30 жыл бойы қабылдаған адамдардан туған 1000 нәрестенің 2-де күрделі генетикалық ауру кездеседі. Егер осындай сәуле көп жыл бойы осы адамдардың бірнеше ұрпақтарына тұрақты түрде әсер етсе, онда әр бір 1000 нәрестенің (ұрпақтың)

15-де генетикалық өзгерістер орын алады. Мұнан шығатын қорытынды, егер бірнеше ұрпақтар үнемі иондаушы сәуле әсеріне ұшыраса, онда генетикалық ауытқулары бар нәрестелер көбейіп, адам баласының жойылып кетуі қаупі бар.

Есептерді шығару үлгісі

1. Массасы 200 г ұлпа $0,05 \cdot 10^2$ секунд ішінде энергиясы 2 Дж болатын қанша фотон жұтады, егер иондаушы сәуле қуаты 20 Гр/с тең болса.

Шешуі: Доза қуаты өрнегінен жұтылу дозасының шамасын анықтаймыз: $D = N_D \cdot t = 20 \text{ Гр/с} \cdot 0,05 \cdot 10^2 \text{ с} = 100 \text{ Гр}$. Осы анықталған шаманы пайдаланып жұтылған толық энергияны таабамыз: $\Delta E = D \cdot \Delta m = 100 \text{ Гр} \cdot 0,2 \text{ кг} = 20 \text{ Дж}$. Жұтылған фотондар санын толық энергияның әр фотон энергиясына қатынасы арқылы табамыз: $n = 20 \text{ Дж} / 2 \text{ Дж} = 10 \text{ фотон}$.

Жауабы $n = 10$ фотон.

2. Дозасы 200 рад γ - сәулесі қоянның көзінде қатаркаты тудыра алды, ал дозасы 20 рад жылдам нейтронның әсері осындай. Осы мәліметтерді пайдаланып, жылдам нейтрон үшін сапа коэффициентін анықта.

Шешуі: γ - сәулесі мен жылдам нейтрон үшін эквиваленті доза өрнегін жазайық. Ол өрнек γ - сәулесі үшін мына түрде жазылады: $H = 1 \cdot D_1$, өйткені $k = 1$, ал жылдам нейтрон үшін $H = k \cdot D_2$. Мұнан $k = D_1 / D_2 = 200 / 20 = 10$. **Жауабы** $k = 10$

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Сапа коэффициенті K ..

А. жұтылу дозалары бірдей, берілген сәуленің биологиялық әсерінің басқа сәуледен қанша есе төмен екендігін көрсететін шама.

В. жұтылу дозалары бірдей, берілген сәуленің биологиялық әсерінің басқа сәуледен қанша есе жоғары екендігін көрсететін шама.

С. жұтылу дозалары бірдей, берілген сәуленің биологиялық әсерінің γ немесе рентген сәулесінен қанша есе төмен не жоғары екендігін көрсететін шама.

Д. берілген сәуленің әсерінің γ немесе рентген сәулесінен қанша есе төмен екендігін көрсететін шама.

Е. берілген сәуленің әсерінің γ немесе рентген сәулесінен қанша есе жоғары екендігін көрсететін шама.

2. Доза қуаты деп:

А. иондаушы сәуле әсер еткен t уақыттың сол сәуле дозасына қатынасына тең шаманы атаймыз және ол мына өрнекпен сипатталады:

В. иондаушы сәуле әсерін сипаттайтын дозаның сол доза әсер еткен t уақытқа көбейтіндісін атаймыз және ол мына өрнекпен сипатталады:

С. иондаушы сәуле әсерін сипаттайтын дозаның сол доза әсер еткен t уақытқа қатынасына тең шаманы атаймыз және ол мына өрнекпен сипатталады:

1. $N_D = D/t$, бұл шаманың өлшем бірлігі

2. $N_X = H/t$, бұл шаманың өлшем бірлігі

3. $N_H = t/H$, бұл шаманың өлшем бірлігі

a) Рад/Зб

b) Гр/бэр

c) Гр/с

3. 2 Грей....

А. 50 радқа тең.

В. 150 рад/с тең.

С. 200 Зв тең.

Д. 200 радқа тең.

Е. 200 рентгенге тең.

4. 400 Р тең экспозицилық дозаны жұтылу және эквиваленттік дозалар түрінде жаз:

А. $D = 40$ Гр; $H = 20$ Зв

В. $D = 40$ Гр/с; $H = 4$ Зв/с

С. $D = 400$ Гр; $H = 40$ Зв

Д. $D = 0,4$ Гр; $H = 0,4$ Зв

Е. $D = 4$ Гр; $H = 4$ Зв

5. Ядролық физика және өлшеу техникаларың...

А. иондаушы сәулелердің денеге әсерін сипаттаумен айналысатын бөлімін....

В. иондаушы сәулелердің денеге әсерін сипаттау әдістерін және оны өлшейтін техникалармен айналысатын бөлімін....

С. кез келген сәулелердің денеге әсерін сипаттау әдістерін және оны өлшейтін техникалармен айналысатын бөлімін....

1. дозиметрия деп атайды.
2. ионометрия деп атайды.
3. кулонометрия деп атайды.

6. Жұтылу дозасы....

А. дене элементі(бөлшегі) жұтқан ΔE энергияның, сол дене массасына қатынысына тең шама және ол мына түрде жазылады:

В. иондаушы сәуле үшін анықталған эквиваленттік дозаның сол сәуле үшін сапа коэффициентіне көбейтіндісіне тең шама және ол мына түрде жазылады:

С. калыпты жағдайда, иондаушы сәуленің әсерінен бірлік ауа массасында пайда болған барлық оң зарядтарға тең шама және ол мына түрде жазылады:

1. $D = f \cdot X$, бұл шаманың өлшем бірлігі
2. $H = K \cdot D$, бұл шаманың өлшем бірлігі
3. $D = \Delta E / \Delta m$, бұл шаманың өлшем бірлігі

А. Грей.

В. Зиберт

С. Кулон/кг

7. Эквиваленті доза....

А. дене элементі(бөлшегі) жұтқан ΔE энергияның, сол дене массасына қатынысына тең шама және ол мына түрде жазылады:

В. иондаушы сәуле үшін анықталған эквиваленттік дозаның сол сәуле үшін сапа коэффициентіне көбейтіндісіне тең шама және ол мына түрде жазылады:

С. калыпты жағдайда, иондаушы сәуленің әсерінен бірлік ауа массасында пайда болған барлық оң зарядтарға тең шама және ол мына түрде жазылады:

1. $D = f \cdot X$, бұл шаманың өлшем бірлігі
2. $H = K \cdot D$, бұл шаманың өлшем бірлігі
3. $D = \Delta E / \Delta m$, бұл шаманың өлшем бірлігі

А. Грей.

В. Зиберт

С. Кулон/кг

8. Экспозициялық доза....

А. дене элементі(бөлшегі) жұтқан ΔE энергияның, сол дене массасына қатынысына тең шама және ол мына түрде жазылады:

В. иондаушы сәуле үшін анықталған эквиваленттік дозаның сол сәуле үшін сапа коэффициентіне көбейтіндісіне тең шама және ол мына түрде жазылады:

С. қалыпты жағдайда, иондаушы сәуленің әсерінен бірлік ауа массасында пайда болған барлық оң зарядтарға тең шама және оның жұтылу дозасымен байланысы мына түрде жазылады:

1. $D = f \cdot X$, бұл шаманың өлшем бірлігі

2. $H = K \cdot D$, бұл шаманың өлшем бірлігі

3. $D = \Delta E / \Delta m$, бұл шаманың өлшем бірлігі

А. Грей.

В. Зиберт

С. Кулон/кг

9. Массасы 500 г дене энергиясы 5 Дж тең иондаушы сәулені жұтады. Жұтылу дозасын анықта:

А. 2500, бұл шаманың SI жүйесіндегі өлшем бірлігі..

В. 0,01, бұл шаманың SI жүйесіндегі өлшем бірлігі...

С. 10, бұл шаманың SI жүйесіндегі өлшем бірлігі...

1. Гр

2. Рад/кг

3. Кулон/кг

10. Радионуклидтер деп...

А. радиоактивті қасиеті бар заттарды атайды, олар....

В. жартылай ыдырау периоды өте аз, радиоактивті заттарды атайды, олар...

С. атомдағы протондар мен нейтрондардың санын атайды, олар...

1. диагностикалық мақсатта қолданылады.

2. терапиялық мақсатта қолданылады.

3. диагностиклық және терапиялық мақсаттарда қолданылады.

4. ядролық реакцияларды жүргізуде қолданылады.

б) есеп

1. 10 минут ішінде 10 000 ядросы ыдыраған заттың активтілігі неге тең?

2. Массасы 60 кг адам денесіне 6 сағат бойы γ сәулесі әсер етсін делік. Сапа k және өтпелі f коэффициенттерін 1 тең деп алып экспозициялық, жұтылу және эквиваленттік дозаларды СИ жүйесінде анықта.

3. Бір жыл ішінде бастапқы массасы 1 г $^{238}\text{U}_{92}$ уранның канша ядросы ыдырайды? $T = 4,51 \cdot 10^9$ жыл.

4. Массасы 10 г ұлпада әр қайсының энергиясы 5 МэВ болатын 10^9 альфа бөлшегі жұтылды. Альфа бөлшегі үшін сапа коэффициенті $K=20$ деп алып, эквиваленттік дозаны есепте.

13 сабақ. РЕНТГЕН СӘУЛЕСІ. РЕНТГЕН АППАРАТЫ ЖӘНЕ ОНЫ МЕДИЦИНАДА ҚОЛДАНУ

Сабақ жоспары

1. Рентген сәулесі және оның қасиеттері.
2. Рентген сәулесінің көздері.
3. Тежеулік рентген сәулесін алу.
4. Сипаттамалық рентген сәулесін алу. Мозли заңы.
5. Рентген сәулесінің заттармен әрекеті. Әлсіздену заңы.
6. Рентген сәулесін медицинада қолдаудың физикалық негіздері.
7. Рентген аппаратының блок схемасы.
8. Есеп шығару үлгілері.

Сабақ мақсаты: рентген сәулесін (РС) алудың жолдарымен, РС заттармен өз ара әрекеттесуі нәтижесін және оны сипаттайтын санды шамалармен, медицинада қолдану әдістерімен танысу, оқып үйрену.

Рентген сәулесі және оның қасиеттері

1895 ж. неміс ғалымы К.Рентген сол кезге дейін табиғаты белгісіз болған сәулені ашты және оны X- сәулесі деп атады, кейін бұл сәуле рентген сәулесі деп аталатын болды. Рентген сәулесі деп толқын ұзындығы $80 \cdot 10^{-5}$ нм аралығында жатқан, электромагниттік шкала бойынша ультракүлгін және гамма сәулесі аралығына сәйкес келетін электромагниттік толқынды атаймыз.

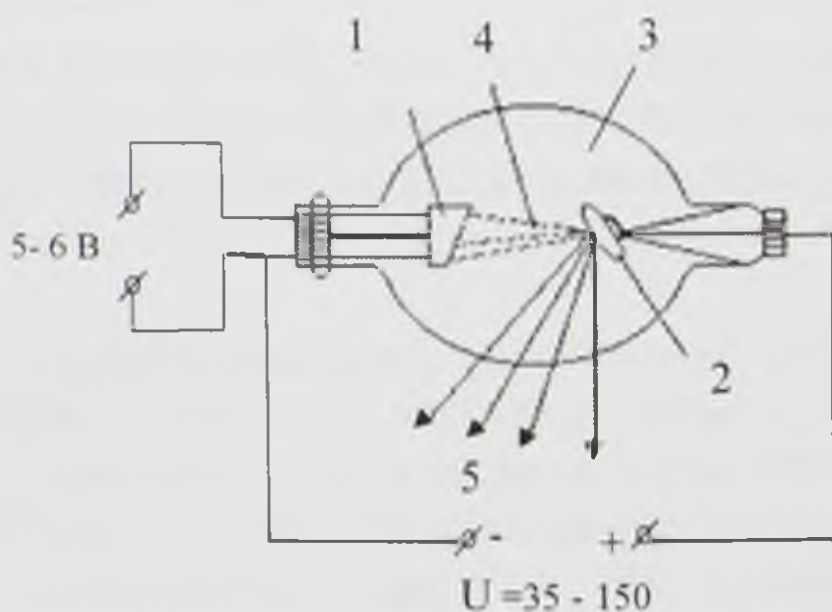
Рентген сәулесінің басты ерекшеліктері: өтімділігі өте жоғары, кей заттарда сәулелендіру тудыру, фотопленкаларды қарайту, тірі ағзалардың атамдарын иондау тәрізді биофизикалық әсер тудыру және т.б. Осындай әсерлерінің арқасында рентген сәулесі рентгенскопияда, рентгенграфияда, рентгентерапияда қолданысқа ие болды.

Рентген сәулесінің толқын ұзындығы азайған сайын оның заттарға терең ену қабілеті төмендейді. Заттар арқылы өткен рентген сәулесі ортада жұтылады немесе ондан шашырайды, бұл құбылыс ортаның тығыздығына тікелей байланысты болады. Сондықтан рентген сәулесінің жұтылуы металдарда өте жоғары, сүйектерде орташа, ал жұмсақ тінде төмен, ал өкпеде тіптен аз, яғни ортаның тығыздығы төмендеген сайын сәуленің ортада жұтылуы да төмендей бастайды. Денеді жұтылған немесе

шашыраған рентген сәулесі орта атомдарымен әсерлесіп, соның нәтижесінде атомның электронын босатып, атомды ионға айналдырады екен, осы қабілеті оны терапиялық мақсатта қолдауға мүмкіндік береді.

Рентген сәулесінің көздері. Тежеулік және сипаттамалық рентген сәулесін алу

Табиғатта рентген сәулесін радиоактивті изотоптар (мысалы, ^{55}Fe және т.б.) шығарады, ал жасанды жолмен оны рентген түтігі арқылы алуға болады. Рентген түтігі екі электродтан, яғни катодтан (1), анодтан (2), ішінен ауасы сорылып шығарылған шыны ыдыстан(3) тұрады(1- сурет).



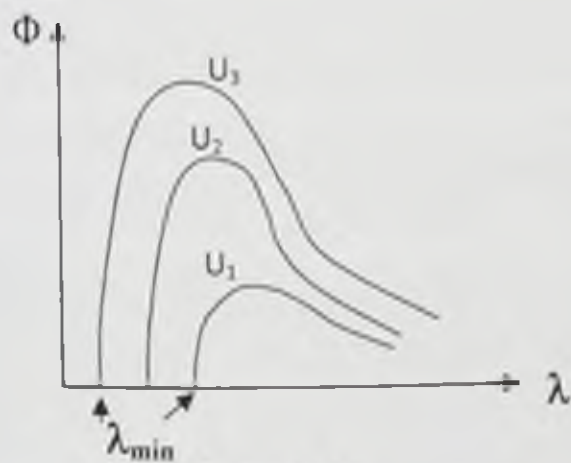
1- сурет.

Электр тоғымен катодты қыздырғанда одан электрондар(4) бөлініп шығады, мұны электронды эмиссия деп атайды, осы электрондар катод пен анод арасындағы өте жоғары кернеу(35-150 кВ) тудырған электр өрісінің әсерінен үдеумелі түрде қозғалып үлкен кинетикалық энергияға ие болады. Осы электрондар үлкен жылдамдықпен (бұл рентген сәулесінің пайда болуы шартының бірі) анодқа соғылып, рентген сәулесі пайда болады және оны тежеулік рентген сәулесі(5) деп атайды. Оның пайда болуы Максвеллдың электромагниттік толқынның пайда болуы теориясы бойынша түсіндіріледі.

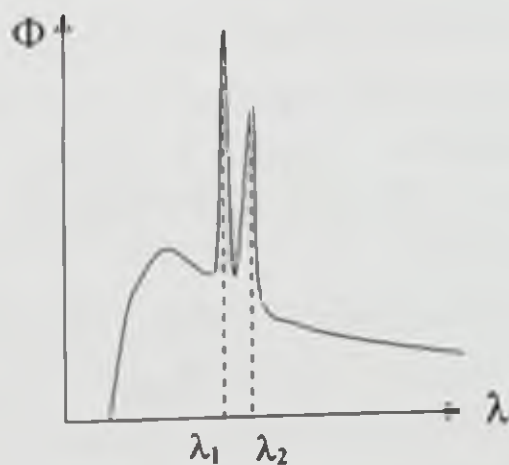
Енді Максвеллдың ЭМ теориясын еске түсірек. Бұл теория бойынша кеңістіктің кез келген нүктесінде пайда болған айнымалы магнит өрісі сол нүктеде айнымалы электр өрісін

тудырады, яғни $dV/dt \rightarrow dE/dt$, бұл айнымалы электр өрісі айнамылы магнит өрісін тудырады $dE/dt \rightarrow dV/dt$, бұл процесс жалғаса береді, осынының нәтижесінде аталған нүктеден айналаға электромагниттік толқын тарайды. Жылдам тежелген электронның айналысындағы магнит өрісі бірден жоғалмайды, ол өте аз dt уақыт ішінде dV дейін өзгереді және бұл өзгеріс өте аз уақыт ішінде болғандықтан dV/dt пайда болатын рентген сәулесінің фотоны өте жоғары энергиялы болып келеді.

Анодта тежелетін электрондар саны өте көп және олардың магниттік индукциясының өзгеруі кездейсоқ құбылыс болғандықтан, пайда болатын рентген толқыны өте кең аймақты алып жатады, сондықтан тежеулік рентген сәулесінің спектрі тұтас болып келеді. 2- суретте рентген түтігіндегі кернеуге $U_1 < U_2 < U_3$ сәйкес келетін тұтас рентген спектрі берілген.



2-сурет.



3-сурет.

Әр спектрдегі рентген толқыны ең кіші мәнін мына тұжырым негізінде анықтауға болады: электр өрісінде үдемелі қозғалған электронның сол өріс тарапынан алған энергиясы толығымен рентген фотонына ауысады, олай болса:

$$Ue = h\nu_{\max} = hc/\lambda_{\min},$$

мұнан

$$\lambda_{\min} = hc/(eU).$$

Соңғы өрнекті практикалық жағдайға ыңғайлап мына түрде жазайық:

$$\lambda_{\min} = 1,23/U,$$

Мұндағы λ_{\min} – толқын ұзындығы, ол нанометрмен(нм), U – анодтағы кернеу, ол кило Вольпен(кВ) өлшенеді.

Қысқа толқында рентген сәулесінің денеге өтімділігі өте жоғары болғандықтан оны қатан деп, ал ұзын толқындыны – жұмсақ рентген сәулесі деп атайды.

Енді мына жағдайды қарастырайық, егер катод пен анод арасындағы кернеуді одан ары арттырсақ, табиғаты басқаша болатын рентген сәулесі пайда болады, оны сипаттамалық рентген сәулесі деп атайды және ол анодтың қандай заттан жасалғандығына байланысты болады(3- сурет).

Мұндай рентген сәулесінің пайда болуы механизмін былайша түсіндеміз, энергиясы өте жоғары болатын кей электрондар, анод атомдарының терең қабатына дейін еніп, оның ішкі электрон қабатындағы электрондарға өз энергиясын беріп, оларды босатады, босаған орындарға атомның жоғары қабатындағы электрондар орын ауыстырады, мұндай құбылыс анод атомның энергия порциясын(фотонды) шығарумен аяқталады, осылайша сипаттамалық рентген сәулесі пайда болады. Оптикалық спектрге салыстырғанда мұндай рентген сәулесінің спектрі барлық заттар үшін бірдей түрде болады, өйткені барлық атомдардың ішкі қабаттары бірдей, тек олардың энергетикалық деңгейлері ғана өзгеше.

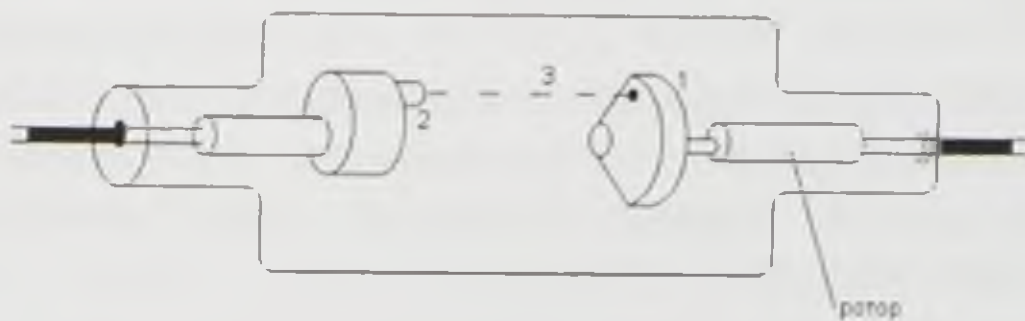
1913 жылы Г.Мозли сипаттаушы рентген сәулесінің спектрін зерттей келе, өз атымен аталатын заңды ашты. Мозли заңы бойынша сипаттаушы рентген сәулесі жиілігі квадратының түбірі элементтің реттік санына сызықты түрде тәуелді:

$$\sqrt{\nu} = A(Z-B),$$

мұндағы ν - заттың(атомның) спектр сызығына сәйкес келетін жиілік, Z - спектр шығаратын заттың атомдық рет саны, A және B тұрақты шамалар.

Мозли заңы атом шығаратын сипаттаушы спектрі арқылы химиялық элементтің атомдық ретін анықтауға мүмкіндік берді. Бұл, түрлі химиялық элементтерді периодтық жүйеге орналастыруда үлкен көмек берді.

Электронның үлкен жылдамдықпен үздіксіз соғуы нәтижесінде рентген түтігіннің аноды қатта қызып кетеді, сондықтан оны балқу қиын заттардан жасайды, ал кейбір рентген түтігінде анодты сумен, ауамен суытады. Соңғы кезде қатты қызудан анодтың бұзылуын болдырмау үшін оны өз өсінен айналатындай етіп жасауда (4-сурет).



4 - сурет

Осындай конструкциялық шешімнің нәтижесінде 1500-2000⁰С температураға дейін қызатын анодтың температурасы 15-20 есеге дейін төмендейді, өйткені катодтан шыққан электрондар ендігі жерде тек бір нүктеге келіп соғылып сол нүктені ғана қыздырмайды, бөлінген жылу айналып тұрған анодтың барлық аймағына толық тарайды.

Қазіргі кезеңде тұрақты және көшпелі рентген құралдары осындай түтікпен қамтылған.

Рентген сәулесінің заттармен әрекеті

Рентген сәулесінің заттармен әрекеттесуі біршене түрде жүреді, оларды: когеренті, когертетті емес шашырулар және фотоәсер деп атайды. Рентген сәулесінің шашыруы кезінде оның фотонының қозғалу бағыты өзгерсе, фотоәсер кезінде ол фотон жұтылады екен. Енді осы әсерлесуді жеке- жеке қарастырайық.

1. Когеренті шашыру кезінде рентген сәулесінің фотон энергиясы әрекеттескен зат атомын иондауға жеткіліксіз, сондықтан рентген сәулесі затпен әрекеттескен соң энергиясын, толқын ұзындығын өзгертпейді, ол тек бағытын өзгертеді, яғни $h\nu_{\text{рентг}} = h\nu_{\text{шашрау}}$, сондықтан мұндай шашырауды серпімді деп атайды.

2. Когеренті емес (комптонды) шашыру кезінде рентген сәулесінің фотон энергиясы әрекеттескен зат атомын иондауға қажетті энергиядан жоғары, яғни $h\nu_{\text{рентг}} \gg A_{\text{и}}$, сондықтан рентген сәулесі затпен әрекеттескен соң оның атомынан бөлінген электронға өз энергиясының біраз бөлігін беріп, оның кинетикалық энергиясын арттырады. Осының нәтижесінде когеренті емес шашыраған рентген сәулесінің фотон энергиясы кемиді, оның бағыты өзгереді:

$$h\nu_{\text{шашрау}} = h\nu_{\text{рентг}} - A_{\text{и}} - E_{\text{к}}$$

Когеренті емес шашыру зат атомын иондаумен өзгешеленеді.

3. Фотоэсер кезінде рентген сәулесінің фотон энергиясы әрекеттескен зат атомын иондауға жеткілікті деңгейде, яғни $h\nu_{\text{рентг}} \geq A_{\text{и}}$. Фотоэсер кезінде рентген фотоны зат атомында жұтылады, оның энергиясы атомды иондауға және босаған электронға кинетикалық энергия беруге жұмсалады:

$$E_{\text{к}} = h\nu_{\text{рентг}} - A_{\text{и}}$$

Когеренті емес (комптонды) шашыру және фотоэсер құбылыстары әр уақытта сипаттаушы рентген сәулесін шығарумен қатар жүреді, өйткені төменгі қабатта босаған орынды сыртқы қабаттағы электрон толтырады, мұндай орын ауыстырулар сәйкес рентген сәулесін шығарумен бірге жүреді.

Әлсіздену заңы

Рентген сәулесінің ортаға тереңдеп енуі кезінде орын алатын рентген сәулесінің шашырауы мен фотоэсер құбылыстары нәтижесінде сәуле әлсізденеді, яғни оның бастапқы энергиясы экспоненциалды түрде өзгереді және ол мына түрде жазылады:

$$\Phi = \Phi e^{-\mu \cdot x}$$

мұндағы x - сәуленің денеге ену тереңдігі; μ - әлсізденудің сызықтық коэффициенті.

Өз кезегінде әлсізденудің сызықтық коэффициенті үш түрлі компоненттен тұрады: $\mu_{\text{к}}$ когеренттік шашырудан, когеренттік емес шашырудан $\mu_{\text{ке}}$ және фотоэсерден $\mu_{\text{ф}}$:

$$\mu = \mu_{\text{к}} + \mu_{\text{нк}} + \mu_{\text{ф}}$$

Әлсізденудің сызықтық коэффициенті μ сәулені жұтатын зат түріне және сәуле спектріне байланысты болады. Практикалық есептеулерде бұл шаманы әлсізденудің массалық коэффициенті $\mu_{\text{м}}$ деген шамамен сипаттайды, ол әлсізденудің сызықтық коэффициентінің сол зат тығыздығына қатынасына тең:

$$\mu_{\text{м}} = \mu / \rho$$

Осы жағдайды ескеріп, әлсіздену заңын мына түрде жазуға болады:

$$\Phi = \Phi e^{-\mu_{\text{м}} \cdot \rho \cdot x}$$

Жүргізілген есептеулер бір атомды зат үшін әлсізденудің массалық коэффициентін мына өрнекпен анықтауға болатындығын көрсетті:

$$\mu_{\text{м}} = k \cdot \lambda^3 \cdot Z^3$$

мұндағы λ - сәуленің толқын ұзындығы, Z - элементтің атомдық рет саны, k - тұрақты сан.

Ал осы өрнекті пайдаланып, құрамы күрделі заттар үшін әлсізденудің массалық коэффициентін анықтауға болады, ол үшін оның химиялық формуласын колданады. Мысалы, H_2O су молекуласы үшін аталған шаманы былайша есептейді, су молекуласында 2 сутегі атомы($Z=1$) және 1 оттегі атомы($Z=8$) бар, олай болса:

$$\mu_m = k \cdot \lambda^3 \cdot Z^3 = k \cdot \lambda^3 (2 \cdot 1^3 + 1 \cdot 8^3) = 514 \cdot k \cdot \lambda^3 \text{ тең.}$$

Рентген сәулесін медицинада колдаудың физикалық негіздері

Рентген сәулесін медицинада диагностикалық және терапиялық мақсаттарда колданады. Рентгенодиагностика деп рентген сәулесі арқылы адамның ішкі мүшелерінің көрінісін алу әдісін атаймыз.

Бұл әдістің физикалық негізіне рентген сәулесінің тығыздығы әр түрлі тіндер, ұлпалар арқылы өткенде әлсіздену заңына сәйкес денеден өткен рентген ағынының әр түрлі деңгейде болуы жатыр. Денеден өткен әр түрлі рентген сәулесі ағыны әсер еткен фотопленкада, флуоресценциялы экранда немесе фотоқабылдағыш матрицада сәйкес кескін пайда болады. Сүйектің тығыздығы жұмсақ тіннен жоғары, мысалы, сүйек тіні $Ca_3(PO_4)_2$ мен судың H_2O әлсізденудің массалық коэффициенттерінің қатынасы $\mu_{\text{сүйек}}/\mu_{\text{су}} = 68$ тең, сондықтан сүйектің рентген фотопленкасындағы кескіні жұмсақ тіннің кескініне карағанда ашық түстілеу болады. Егер зерттелінетін ішкі мүше мен оны қоршаған тіннің әлсізденудің массалық коэффициенттерінің сан мәндері жақын болса, одна мүшенің рентген сәулесін жұтуын күшейтетін арнаулы зат колданады. Мысалы, асқазанды рентгенскопиялаудың алдында пациентке ботқа тәрізді әлсізденудің массалық коэффициенті тінге карағанда 354 есе жоғары сульфат бариды $BaSO_4$ жегізеді.

Қазір медицинада мынадай рентгенодиагностикалық әдістер колданылады:

1. **Рентгеноскопия.** Ішкі мүше кескіні флуоресцияланатын экранда пайда болады. Экрандағы кескіннің жарықтығы төмен, сондықтан оны қараңғыланған бөлмеде ғана көруге болады. Дәрігерді рентген сәулесінің әсерінен қорғау шараларын қарастыру қажет.

Бұл әдістің ең басты артықшылығы- кескін дәл осы мезгілде жүргізілуінде, кемшілігі- басқа әдістерге қарағанда пациент пен дәрігердің көбірек рентген сәулесін қабылдауы.

2. Рентгенография. Ішкі мүше кескіні рентген сәулесін сезетін арнаулы фотопленкада пайда болады. Көрініс бір біріне перпендикуляр, екі түрлі проекцияда: тура және бүйірінен түсіріледі. Фотопленканы арнаулы химиялық сұйықта өндеген соң кескін көрінеді. Кептірілген фотопленкадағы дайын көріністі неоскоп арқылы бақылайды. Бұл әдіс бойынша тығыздығы бір бірінен 1-2 % болатын ішкі мүшелерді көруге болады. Бірақ кейде, ішкі мүшелерді анық көру үшін арнаулы бояғыш – контраст зат беріледі. Мысалы, бүйрек және зәр шығаратын жолдарды тексергенде оларға вена арқылы құрамында иоды бар ерітінді жіберіледі.

Мұндай әдістің басты артықшылығы- мүшелердің кескінінің бір біріне анық ажыратылуы, рентген сәулесінің өте аз уақыт әсер етуі, соның арқасында дәрігерге рентген сәулесінің әсерінің аз болуында. Кемшілігі ретінде алынатын кескіннің статикалық күйде болуын атауға болады.

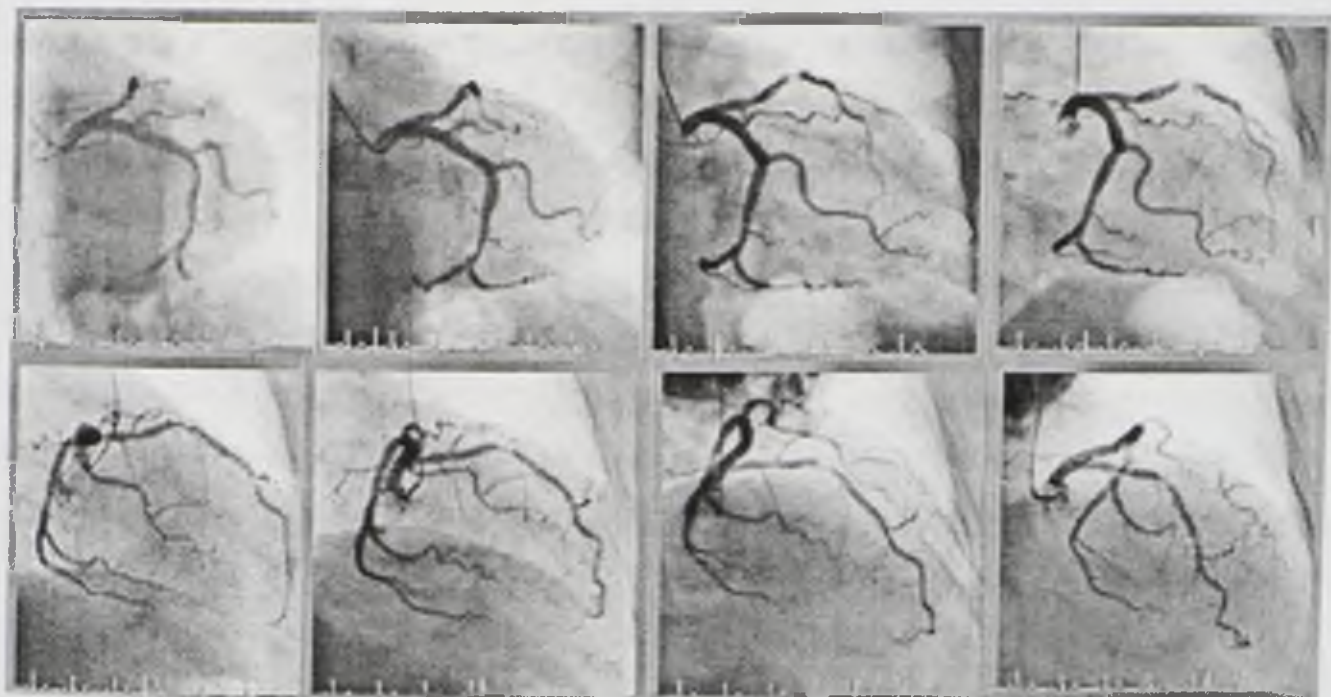
3. Флюорография. Экранда алынған ішкі мүше кескіні бірден кіші форматы фотопленкаға түсіріледі. Мұндай әдіс көпшіліктің денсаулығын тексеруде кең түрде қолданылады. Егер пациент флюорограммасында патологиялық өзгеріс байқалса, онда оған терең зерттеу жүргізіледі.

4. Электрорентгенграфия. Бұл әдістің рентгенграфиядан негізгі айырмашылығы - түсірілген ішкі мүше кескінін алу әдісінде. Кескін фотопленкада пайда болмайды, ол селенді пластинкада пайда болады. Ішкі мүшеден өткен рентген сәулесі бетіне селен жағылған пластинкаға түскенде, оның беті электрленеді, оны көрінетіндей етіп етіп алған соң, қағазға түсіреді.

5. Ангиография. Мұндай әдіс қан тамырларын тексеруде қолданылады.

Рентгенграфияда вена, артерия, лимфа тамырларын көру мүмкін емес, ал капиллярды көру туралы айтаса да болады, өйткені бұл тамырларды қоршаған орталардың тығыздығы өте жақын. Сондықтан олардан өткен рентген сәулесінің әлсіздену коэффициенті шамалас. Осындай жағдайларды ескеріп, венаға катеретер арқылы арнаулы бояғыш – контраст зат жіберіледі, онан соң қуаты күшті рентген құралы арқылы

тексерілетін қан тамыры аймағының көріністерін өте аз уақыт ішінде бірінен соң бірін суретке түсіреді. 5 - суретте жүрек қан тамырының ангиографиялық көрінісі беріген.

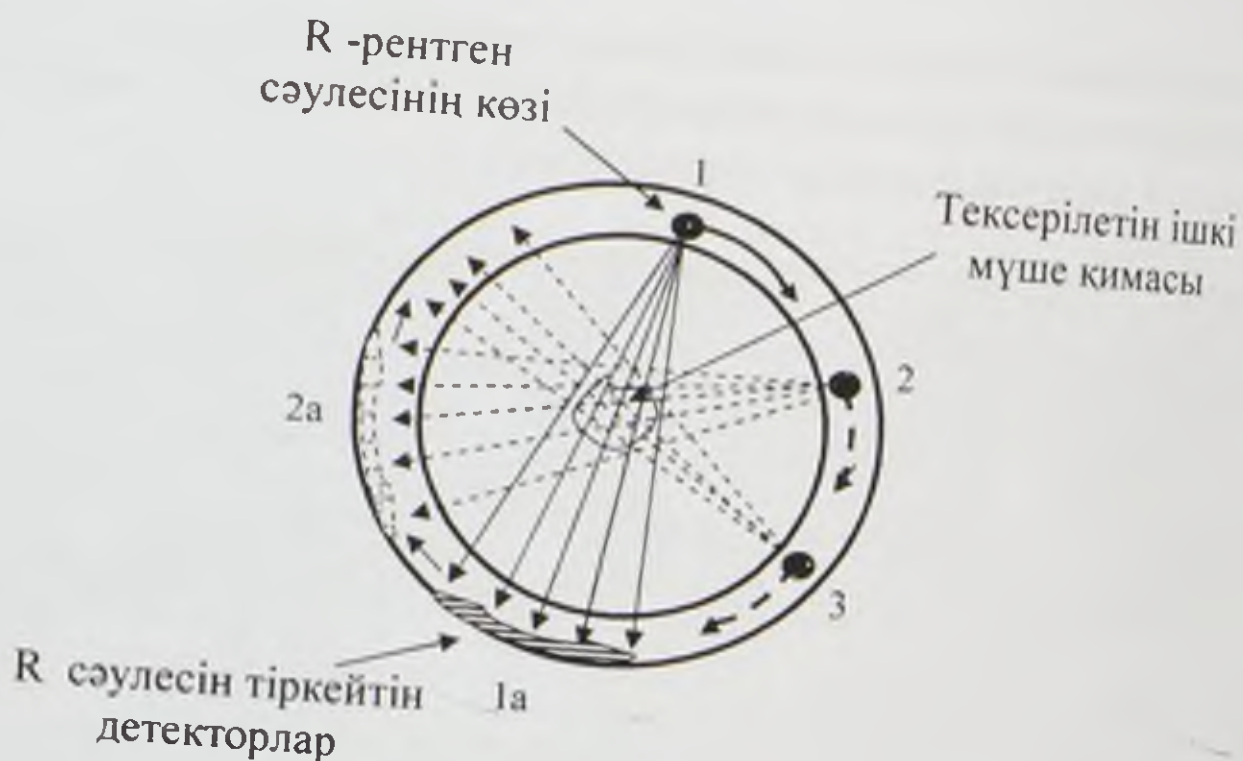


5 – сурет.

6. Рентгендік компьютерлік томография. Рентгендік тексерудің мұндай әдісі арқылы көлденең қимасының қалыңдығы бірнеше миллиметр болатын ішкі мүшенің кескінін алуға болады. Мұндай кескінді алу үшін рентген сәулесін ішкі мүшенің көлденең қимасының әр тұсынан түсіреді, осылайша пайда болған кескіндерді компьютер жадында сақтайды. Бұл айтылғанды іске асыру үшін рентген сәулесін шығаратын қондырғы тексерілетін ішкі мүшені айнала шеңбер бойымен қозғалады. Дененің көлденең қимасынан өткен рентген сәулесін оған қарсы бетте, томографтың периметрін бойлай орналасқан детекторлар тіркейді(6-сурет).

Детекторларда тіркелген сигналдарды компьютердың бағдарламасы реконструкциялап кескінге айналдырады. Томографтың конструкциялық ерекшелігіне байланысты детекторлар қозғалмалы немесе қозғалмайтын етіп жасалынады.

Компьютерлік томография өте сезімтал әдіс, ол арқылы бір бірінен тығыздықтары 1% ғана өзгеше болатын ішкі мүшелерді ажыратып көруге болады, ал рентгенграфия болса, бір бірінен тығыздықтары 10-20% өзгеше болатын мүшелерді ғана ажыратады.



6-сурет. Томографтағы рентген сәулесінің ішкі мүше қимасы арқылы өту сызбасы. 1-2-3 нүктелер рентген сәулесін шығаратын қондырғының әр уақытқа сәйкес орнасуы. 1а, 2а – сол уақытқа сәйкес рентген сәулесін тіркейтін детекторлардың орналасуы.

7. Рентгентерапия. Қатерлі ісіктерді рентген сәулесі арқылы емдеу әдісін осылайша атайды. Рентген сәулесі жылдам, әрі тез көбейетін жасушаларды зақымдап, олардың одан ары қарай көбеуін тоқтатады, бұл сәуленің биологиялық әсерінің бір көрінісі. Осы мақсатта фотонының энергиясы 10 МэВ болатын рентген сәулесі қолданылады, ол адам денесінде терең жатқан мүшелердегі обыр ауруының жасушасын бұзып, оның қызметін тоқтатады.

Рентгентерапия кезінде пациенттің сау ішкі мүшелерін рентген сәулесі зақымдамас үшін рентген сәулесінің шоғы тек обыр шарпыған мүшені ғана айналып қозғалады, осындай әдіс арқылы арқылы сау мүшелерге рентген сәулесінің кері әсерін болдырмаймыз.

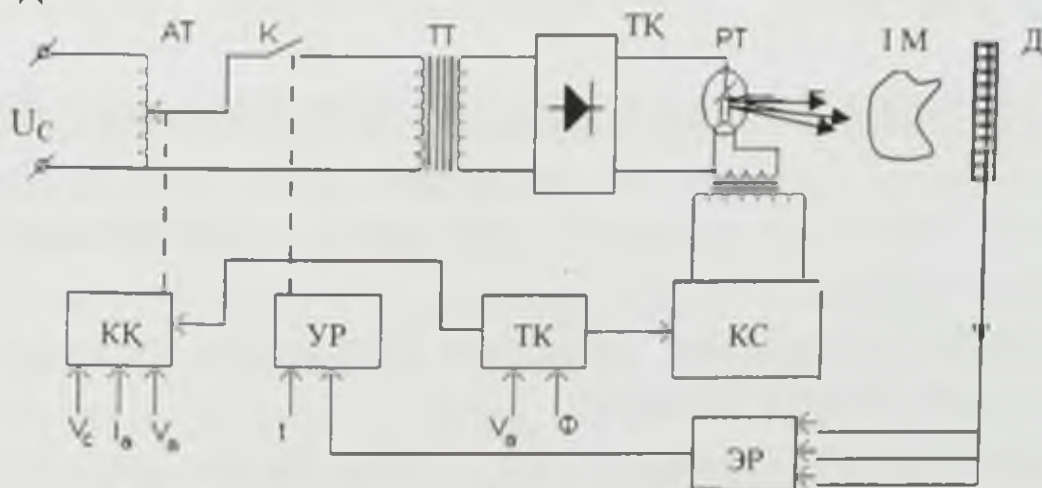
Рентген құралының құрылысы

Медицинада рентген құралын екі түрлі бағытта қолданады. оның бірі- рентген сәулесі арқылы ішкі мүшені тексеру, яғни рентген сәулесін денеден өткізу болса, екіншісі- рентген сәулесі арқылы ішкі мүшені суретке түсіру. Мұның біріншісінде, рентген түтігінің қуатын 250-500 кВт дейін жеткізеді, ол бірнеше минут бойы жұмыс істейді, ал екінші жағдайда - суретке түсіруде.

рентген түтігінің қуатын 150 кВт дейін жеткізеді және оның жұмыс істеу уақытының ұзақтығы секундтың бірнеше мың бөлігінен бірнеше секундқа дейін жетеді.

Төмендегі, 7- суретте рентген құралының сызбасы берілген. Рентген аппаратты АТ автотрансформаторы арқылы бір немесе үш фазалы U_c кернеуге қосылады. ТТ трансформаторы рентген түтігіне (РТ) берілетін жоғары кернеуді (35-150 кВ) қамтамасыз етеді, ал РТ анодына қажетті тұрақты токты түзеткіш кондырғы (ТК) арқылы өндіріп, рентген түтігіне береді.

Рентген аппаратының (рентген түтігінің) қажетті режимде (денеден өткізу немесе суретке түсіру) жұмыс істеуіне керекті экспозиция ұзақтығын УР-уақыт релесі арқылы алдын ала анықтап болған соң, К - қосқыш кілті арқылы рентген аппаратына ток беріледі.



7- сурет.

Сызбадағы КҚ- компенсациялық кондарғы, оның көмегімен сыртқы желідегі U_c кернеудің азаюы немесе көбейуіне байланысты рентген аппаратындағы жалпы кернеу реттелініп отырылады.

РТ шыққан сәуле, тексерілетін ішкі мүшеден (ІМ) өтіп, экспозиция датчигіне (Д) түседі, ол рентген сәулесінің дозасын өлшеп, оның мәні қажетті шамаға жеткен соң, ЭР-ға тиісті сигнал береді, ол өз кезегінде УР арқылы К кілтімен рентген аппаратын токтан ажыратады.

КС- катод қыл сымындағы кернеуді реттейтін бөлік, ол ТК мен КҚ ток көзіне қосуды қамтамасыз етеді.

Сызбадағы V_a -анодтағы кернеу, I_a - анод тоғы, t - экспозиция ұзақтығы (уақыты), Φ - рентген түтігінің фокусы, бұл шамаларды рентген аппараттың қандай режимде жұмыс атқаратындығына байланысты өзгертуге болады.

Есептерді шығару үлгісі

1. Толқын ұзындығы $\lambda = 1,23 \cdot 10^{-2}$ нм болатын тежеулік рентген сәулесін алу үшін рентген түтігіне қандай кернеу беру керек?

Шешуі: Тежеулік рентген толқын ұзындығы мына теңдеумен сипатталады: $\lambda_{\min} = 1,23/U$, өрнектегі λ_{\min} өлшем бірлігі нанометр (нм), кернеу U кВ өлшенеді. Сонымен өрнектен кернеудің шамасы: $U = 1,23/\lambda_{\min}$. $U = 1,23/1,23 \cdot 10^{-2} = 10^2$ кВ = 100 000 В. Жауабы: 10^2 кВ.

2. Кернеуі 20 кВ сәйкес келетін тежеулік рентген толқын ұзындығын есепте ?

Шешуі: Тежеулік рентген толқын ұзындығы мына теңдеумен сипатталады: $\lambda_{\min} = 1,23/U$, сондықтан $\lambda_{\min} = 1,23/20 = 0,06$ нм.

Жауабы: 0,06 нм.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Электр өрісінде үдемелі қозғалған электронның сол өріс тарапынан алған

1. Энергиясы толығымен рентген фотонына ауысады, сондықтан мына өрнекті жазуға болады:

2. Энергиясы электромагниттік толқынның жиілігін өзгертуге жұмсалады, сондықтан мына өрнекті жазуға болады:

3. Энергиясы рентген фотонының жылдамдығын артыруға жұмсалады, сондықтан мына өрнекті жазуға болады:

1. $U = h\nu_{\max} = hc/\lambda_{\min}$, бұл өрнектен рентген толқын ұзындығы....

2. $U = h\nu_{\max} = h\lambda_{\min}/c$, бұл өрнектен рентген фотонының жылдамдығы....

3. $U = h\lambda_{\min}/c = 1,23/U$, бұл өрнектен электромагниттік толқын жиілігі

I. $\lambda_{\min} = hc/(eU)$. Мұндағы...

II. $\nu = 1,23/(eU)$. Мұндағы...

III. $\lambda_{\min} = hc/(eU)$. Мұндағы...

а) λ_{\min} – толқын ұзындығы, ол нанометрмен(нм), U – анодтағы кернеу, ол килоВольпен(кВ) өлшенеді.

б) λ_{\min} – толқын ұзындығы, ол метрмен(м), U – анодтағы кернеу, ол Вольпен(В) өлшенеді.

с) λ_{\min} – толқын ұзындығы, ол миллиметрмен(мм), U – анодтағы кернеу, ол Вольпен(V) өлшенеді.

2. Максвеллдың ЭМ теориясына сәйкес...

А. кеңістіктің кез келген нүктесінде пайда болған айнымалы магнит өрісі сол нүктеде...

В. кеңістіктің кез келген нүктесінде пайда болған тұрақты магнит өрісі сол нүктеде...

С. кеңістіктің кез келген нүктесінде пайда болған тұрақты электр өрісі сол нүктеде...

1. айнымалы электр өрісін тудырады, яғни $dV/dt \rightarrow dE/dt$, бұл айнымалы электр өрісі....

2. тұрақты электр өрісін тудырады, яғни $E \rightarrow V$, бұл электр өрісі....

3. тұрақты магнит өрісін тудырады, яғни $V \rightarrow E$, бұл магнит өрісі....

I. айнымалы магнит өрісін тудырады $dE/dt \rightarrow dV/dt$, бұл процесс жалғаса береді, осынының нәтижесінде аталған нүктеден айналаға электромагниттік толқын тарайды.

II. тұрақты магнит өрісін тудырады $dE/dt \rightarrow dV/dt$, бұл процесс жалғаса береді, осынының нәтижесінде аталған нүктеден айналаға электромагниттік толқын тарайды.

III. тұрақты электр өрісін тудырады $dE/dt \rightarrow dV/dt$, бұл процесс жалғаса береді, осынының нәтижесінде аталған нүктеден айналаға электромагниттік толқын тарайды.

3. Ұзындығы $1,23 \cdot 10^{-2}$ нм тезеуші рентген сәулесін алу үшін рентген түтігіне қандай кернеу беру керек (есептеу жолын көрсет)

А. $1 \cdot 10^4$ В, бұл шаманы мына формуламен анықтадым...

В. $1 \cdot 10^5$ В, бұл шаманы мына формуламен анықтадым...

С. $12,3 \cdot 10^3$ В, бұл шаманы мына формуламен анықтадым...

1. $\lambda_{\max} = 120/U$

2. $\lambda_{\text{mix}} = 1,23/U$

3. $\lambda_{\min} = 1,23/ I$

4. Рентгенография деп...

А) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін компьютерлік мониторда көруді айтамыз.

В) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін люминесценциялық экранда

көруді айтамыз.

С) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін рентгенолюминесценциялық экранда көруді айтамыз.

Д) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін рентгенограммада көруді айтамыз.

5. Тежеулік рентген сәулесі...

А) жылдам қозғалған электронның катодпен соқтығысу нәтижесінде....

В) жылдам қозғалған зарядсыз молекуланың анодпен соқтығысу нәтижесінде....

С) жылдам қозғалған бөлшектің анодпен соқтығысу нәтижесінде....

1. бөлшек атомның төменгі қабаттындағы электронды айдап шығады, босаған орынға жоғары қабаттан электрон ауысады. соның нәтижесінде рентген сәулесі пайда болады. Мұндай рентген сәулесінің спектрі...

2. оның айналысындағы магнит өрісінің индукциясы төмендеп. электромагниттік рентген сәулесі пайда болады. Мұндай рентген сәулесінің спектрі...

3. оның айналысындағы магнит өрісінің индукциясы жоғарылап. электромагниттік рентген сәулесі пайда болады. Мұндай рентген сәулесінің спектрі...

I. сызықты болады.

II. тұтас болады.

III. жолақты болады.

6. Рентген түтігіндегі 123 кВ кернеуге сәйкес келетін тезеуші рентген толқынын ұзындығын мынаған тең (есептеу жолын көрсет)...

А. $1 \cdot 10^{-1}$ нм, бұл шаманы мына формуламен анықтадым...

В. $1 \cdot 10^{-2}$ нм, бұл шаманы мына формуламен анықтадым...

С. $1 \cdot 10^{-3}$ нм, бұл шаманы мына формуламен анықтадым...

1. $\lambda_{\max} = 12,3/U$

2. $\lambda_{\min} = 1,23/U$

3. $\lambda_{\min} = 1,23/U$

7. Рентген сәулесі деп...

А) 80 нм ден 10^{-5} нм аралығында жататын ЭМ толқындар атаймыз. Рентген сәулесін өндіруге байланысты оны ...

В) 100 нм ден 150 нм аралығында жататын ЭМ толқынды атаймыз. Рентген сәулесін өндіруге байланысты оны ...

С) 80 нм ден 10^{-3} нм аралығында жататын радиотолқындарды атаймыз. Рентген сәулесін өндіруге байланысты оны...

1. тежеулік және катодты деген түрге бөледі.
2. тежеулік және сипаттамалық деген түрлерге бөледі.
3. сипатталық және анодты деген түрге бөледі.

8. Сипаттамалық рентген сәулесі...

А) жылдам қозғалған электронның анодпен соқтығысу нәтижесінде....

В) жылдам қозғалған бөлшектің анодпен соқтығысу нәтижесінде....

С) жылдам қозғалған бөлшектің катодпен соқтығысу нәтижесінде....

1. оның айналысындағы магнит өрісінің индукциясы төмендеп, рентген сәулесі пайда болады. Мұндай рентген сәулесінің спектрі...

2. оның айналысындағы магнит өрісінің индукциясы жоғарылап, рентген сәулесі пайда болады. Мұндай рентген сәулесінің спектрі...

3. ол атомның төменгі қабаттындағы электронды айдап шығады, босаған орынға жоғары қабаттан электрон ауысады, соның нәтижесінде рентген сәулесі пайда болады. Мұндай рентген сәулесінің спектрі...

I. сызықты болады.

II. тұтас болады.

III. жолақты болады.

9. Рентгеноскопия деп...

А) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін рентгенолюминесценциялық экранда көруді айтамыз.

В) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін люминесценциялық экранда көруді айтамыз.

С) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін компьютерлік мониторда көруді айтамыз.

Д) адамның ішкі мүшелерінің көрнісін рентгенограммада көруді айтамыз.

10. Рентген сәулесінің ұзындығы мына өрнекпен сипатталады:

А) $\lambda_{\min} = 1,23/U$ және оның өлшем бірлігі...

В) $\lambda_{\min} = 12,3/U$ және оның өлшем бірлігі...

С) $\lambda_{\max} = 12,3/I$ және оның өлшем бірлігі...

1. микрометр

2. нанометр

3. миллиметр

б) есептер

1. $U_1 = 2$ кВ және $U_2 = 20$ кВ кернеулер үшін тежеулік рентген сәулесінің толқын ұзындығы мен жиілігін есепте.

2. Кернеуі $U_1 = 50$ кВ, ток күші $I = 1$ мА тең болатын кездегі рентген түтігінен шығатын Φ толқын ағынын және түтіктің ПӘК есепте. Анод вольфрамнан жасалған ($Z = 74$).

3. Тығыздығы аз, жұмсақ ұлпаларды рентген арқылы зерттегенде контрасты заттарды қолданады. Мысалы, ас қазан мен шектерді барий сульфатымен (Ba_2SO_4) толтырады. Барий сульфаты мен судың әлсізденудің массалық коэффициенттерін μ_m салыстыр.

14 сабақ. ЭЛЕКТРЛІК ФАКТОРЛАРДЫҢ АҒЗАҒА ӘСЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДА ҚОЛДАНУ

Сабақ жоспары:

1. Тұрақты токтың биологиялық объектіге әсері.
2. Гальванизация және электрофорез аппараты.
3. Айнымалы токтың биологиялық объектіге әсері.
4. Жоғары жиілікті(ЖЖ), ультра жоғары жиілікті (УЖЖ), аса жоғары жиілікті(АЖЖ) токтардың биологиялық объектіге әсері.
5. ЖЖ токтың жылулық және жылулық емес әсері.
6. ЖЖ,УЖЖ, АЖЖ- терапия түрлері.
- 7.Электрохирургия.

Сабақ мақсаты: түрлі физикалық факторлардың сипаттамаларымен, олардың ағзаға әсері және медициналық құралдарда қолдануды қарастыру.

Лекцияны тұрақты ток туралы түсініктен бастайық. Мектеп физика курсынан белгілі тұрақты ток деп электр өрісі әсерінен зарядталған бөлшектердің бағытталған қозғалысын айтады. Мұндай зарядталған бөлшектер ретінде металлдарда электрондарды, ертінділерде оң және теріс зарядталған иондарды, ал биологиялық объектілерде түрлі зарядталған бөлшектер (иондар, молекулалар және т.б.) саналады.

Биологиялық объектілерде «таза» электрондардан тұратын өткізгіштік болмайды, өйткені биологиялық орта диэлектрике де, электролит ертіндісіне де тән қасиетке ие. Мысалы, қан, цитоплазма және ұлпа аралық ертінділер электролитке жатады. Қан плазмасының 0,32 % ас және басқа тұздардан, 6-7 % ақуыздан тұрады. Осыған қарап, еркін иондары көп биологиялық ортаның меншікті кедергісі төмен болады деп жорамалдауға болар еді. Бірақ, жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде цитоплазманың тұрақты ток бойынша меншікті кедергісі $1 \text{ Ом} \cdot \text{м} - 3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ аралығында болатындығы анықталды, ал ұлпалардың меншікті кедергісі 10 кОм нан 100 кОм ға дейін жетеді. Биологиялық ортаның кедергісінің мұндай жоғары болуына цитоплазма құрамында электролитпен қатар майлар мен ақуыздардың да

болатындығы және жасуша мен ұлпаның электрлік кедергісіне жасуша мембранасының үлкен әсері бар.

Электр тоғын жұлын сұйықтығы, қан, лимфа өте жақсы өткізсе, ұлпа, бауыр, өкпе ұлпасы орташа өткізеді. Май, тері қабаты мен сүйек етінің электрлік кедергісі өте жоғары, соған сәйкес электр тоғын өткізуі де нашар. Биологиялық ортаның кедергісіне сыртқы факторлардың да әсері бар, мысалы, сулы-дымқыл терінің кедергісі құрған теріге карағанда төмен, сондай ақ терінің түрлі зақымдануы (жырылып кету, күйік) тері кедергісін көп төмендетеді.

Ішкі мүшелер мен ұлпалардың құрамы бір текті емес. Соның салдарынан, адам денесіне бекітілген екі электрод арысындағы ток негізінен теріден өтіп, ұлпа аралық сұйықтық, қан тамырлары, нерв талшығы бойымен тарайды.

Тұрақты токтың физиологиялық әсері жасуша мен ұлпаны толтырып тұрған электролиттердегі процестерге де байланысты. Егер адам денесіне орнатылған екі электрод арқылы күші өте аз ток өткізсек, онда электрод астындағы дене бөлігінің ептеп ашығандығын, егер ток күшін артырсақ онда терінің күйгендігін байқаймыз. Бұл құбылыс цитоплазма мен жасуша аралық сұйық құрамындағы көп мөлшердегі натрий мен хлор иондары екінші реттік реакция нәтижесінде электрод орналасқан аймақта HCl және NaOH қышқылдарын пайда етеді және олардың теріге әсер етуі нәтижесінде тері күйеді. Электр тогымен емдеуде мұндай құбылысты болдырмау үшін металл электрод пен тері арасына физиологиялық ертіндіге малынған марлі салады, ал биоэлектрлік өлшеулер жүргізуде поляризацияланбайтын электрод қолданады. Медициналық практикада көбіне қорғасыннан жасалынған электрод қолданылады. Мұндай электродтардың жұмсақ болуы, олардың адам денесіне әсер ететін аймақтың пішінін жеңіл қабылдауына мүмкіндік береді. Егер электрод адам денесінің тек бірнеше нүктесіне ғана тиіп тұрса, ондай нүктелердегі ток тығыздығы артады да ол нүктелер күйеді. Қорғасының ауыр иондырының қозғалғыштығының өте төмен болуы, әлсіз ток әсерінен олардың адам ағзасына енуіне жол бермейді.

Ұлпадағы иондардың қозғалу жылдамдығы оған әсер ететін электр өрісінің кернеулігіне тура пропорционал:

$$v = b \cdot E = b \cdot U/d.$$

Мұндағы b ионның қозғалғыштығы, $U = \varphi_1 - \varphi_2$ кернеу немесе потенциалдар айырымы, d потенциалы φ_1 және φ_2 (потенциал айырымы) болатын екі нүкте ара қашықтығы деп аталады.

Ионның қозғалғыштығы сан жағынан электр өрісінің кернеулігі 1 В/см болатын ортадағы ионның орташа жылдамдығына тең шама. Ионның қозғалғыштығы ионның түріне және ортаға байланысты болады, төмендегі кестеде кей иондардың сулы ортадағы қозғалғыштығы берілген:

Ион түрі	H^+	OH^-	K^+
$b, \text{ см/сағ}$	12	6,5	0,02

Иондардың қозғалғыштығының әр түрлі болуы, оларды бір бірінен ажыратуға, ортадағы концентрациясының әр түрлі болуына және сол ортада көлемдік зарядтардың пайда болуына мүмкінді береді.

Тұрақты электр өрісі диполдық молекулаларды кеңістікте белгілі бір ретпен орналасуына әсер етеді, яғни диполдық молекулалардың поляризациясы орын алады, сонымен қатар диполдық қасиеті жоқ молекулалардағы электрондарға әсер етуі салдарынан оларда электрондық поляризация орын алады, яғни молекуладағы электрондар бір бағытта(жаққа) жиналады. Бұл құбылыстар ұлпадағы иондардың шамасының өзгеруіне алып келеді. Жалпы ағзаға әсер еткен тұрақты токқа ағзаның физиологиялық жауабы осындай электрокинетикалық құбылыстардың нәтижесіне тікелей байланысты болады.

Төменде осындай құбылыстың бірін қарастырайық. Жасуша және ұлпа арқылы өткен тұрақты ток оларды тітіркендіреді, соның нәтижесінде ауырсыну пайда болады, егер ток шамасы белгілі бір шамадан артса, онда жасуша мен ұлпа зақымданады. Мұндай құбылыс жасушада поляризациялық эффектiнiң орын алуынан деп саналады. Жасуша арқылы тұрақты ток өткенде оның iшiнде карама қарсы беттерiнде оң және терiс зарядталған иондар жиналады, егер олардың концентрациясы белгiлi бiр шамаға жетсе жасушаның қозуы, ток шамасы артса жасаушының тесiлу мүмкiн. Жасуша арқылы өткен ток тығыздығы артқан сайын бұл құбылыс күшейе түседi. Әлсiз токтарда жасушаның тесiлу немесе қозу құбылысы байқалмайды, өйткенi жасушының карама қарсы

беттерде жинақталған аз мөлшердегі иондарды жасушадағы жылулық қозғалыс әр жаққа таратып (шашыратып) жібереді.

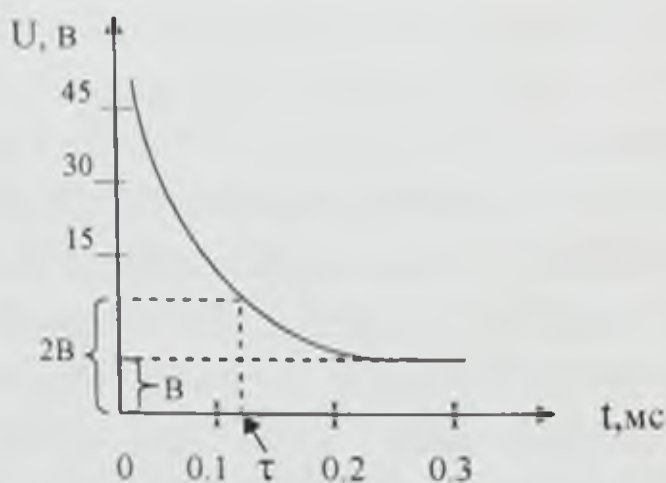
Сонынмен, ұлпаның электр тогы әсерінен тітіркенуі ток белгілі бір шамаға жеткенде байқалды, егер ток шамасы тітіркенуі табалдырығынан кем болса, онда тірі азға токтың әсерін байқамайды.

Тұрақты токтың әсері оның шамасымен қатар әсер ету уақытының ұзақтығына да байланысты. Ток шамасы үлкен болған сайын әсер ету уақыты қысқа болуы тиіс, не керісінше. Егер токтың әсер ету уақыты өте қысқа болса, ұлпадағы, жасушадағы иондардың инертілігі әсерінен олар өте аза орынға қозғалады немесе қозғалып үлгермейді, нәтижесінде ұлпаның тітіркенуі өте әлсіз болады.

Ұлпаға әсер ету тогы I_T мен кернеуінің U_T табалдырықтық(шектік) мәні мен әсер ету уақытының t ұзақтығы арасындағы байланыс Вейс өрнегімен сипатталады:

$$I_T = a/t + b \quad \text{және} \quad U_T = A/t + B$$

мұндағы A, B, a, b - эмпирикалық тұрақтылар. Өрнектегі b немесе B ұзақ уақыт әсер ету нәтижесінде денені тітіркендіретін ток пен кернеудің табалдырықтық (шектік) мәні. Бұл шамаларды реобаза деп атайды. Екі реобазаға ($2B$) тең τ уақытқа сәйкес келетін тітіркендіру тогын хронаксия деп атайды (1 сурет).



1 сурет. τ -хронаксия, B - реобаза.

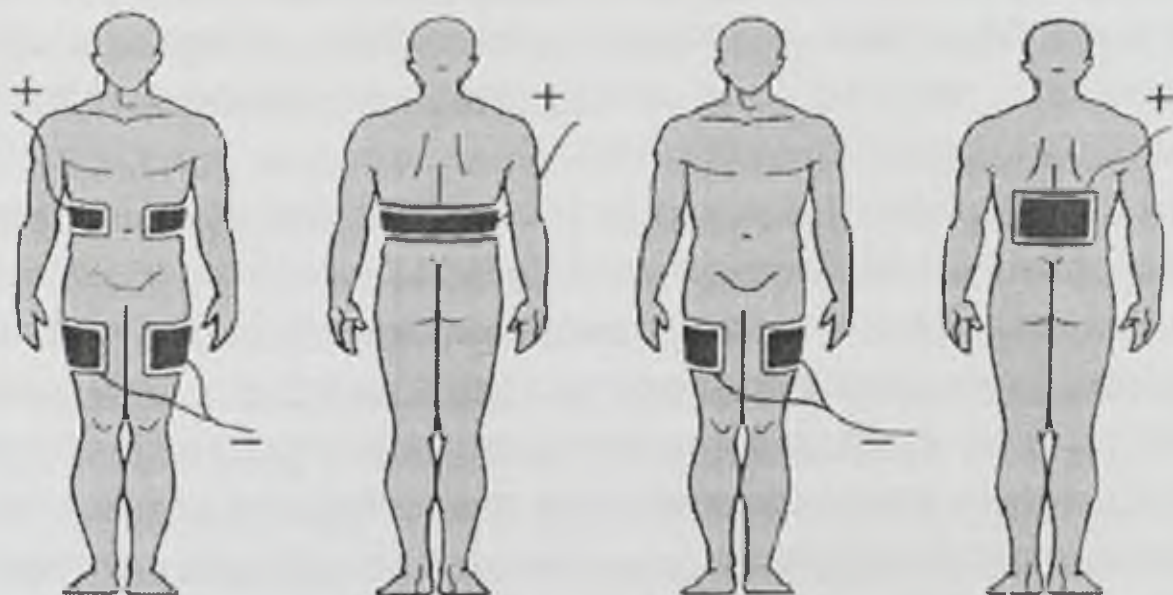
Ток шамасы төмен тұрақты токтардың терапиялық әсері бар. Осындай токпен емдеуді гальванизация деп атайды. Бұл әдіс тұрақты токты гальваний деп аталған XIX ғасырдан бері қолданылуда. Электрод орналасқан аймақтағы теріден өткен тұрақты токтың әсерінен пайда болған тітіркендіру, нерв талшығы арқылы тарап ішкі мүшеге жетеді. Соның әсерінен мүшедегі зат

алмасу процесі мен оның функционалдық қабілеті өзгереді. Тітіркендіруге жауап ретінде ағза капиллярлары кеңиді, мембрананың өткізгіштігі өзгереді, жасуша мен ұлпадағы электролиздік құбылыстар физиологиялық белсенділігі жаңа заттар түзейді. Мұндай әдіс кезіндегі токтың жылулық әсері өте төмен, өйткені ток тығыздығы аз $0,5 \text{ mA/cm}^2$, сондықтан ток өткен ортада бөлінетін джоуль жылуының шамасы да аз болады.

Гальванизация кезіндегі әсер ететін ток шамасы адам денесінің ток әсер еткен аймағына тікелей байланысты болады:

Адам денесінің бөлігі	Аяқ, қол	Дене	Бет аймағы	Сілекей қабат
Ток күші, mA	20-30	15-20	3-5	2-3

Емдік мақсатта тұрақты токты электрофорез деген әдісте қолданады. Электрофорез деп тұрақты токтың көмігімен тері немесе шырышты қабат арқылы дәрілік заттарды ағзаға ендіруді атаймыз (2-сурет).



2- сурет. Электродты денеде орналастыру әдістері.

Ол үшін электрод астына, дәрілік зат ертіндісіне малынған марліні қояды. Электродтың таңбасы денеге ендірілетін дәрілік зат ионы таңбасымен сәйкес келуі тиіс, яғни катод арқылы аниондар (иод, гепарин, бром, т.б.), анод арқылы – катиондар (натрий, кальций, новокаин, т.б.). Иондардың қозғалғыштығы аз болғандықтан электрофрез өте ұзақ уақытқа созылады. Егер электродтар дененің бір бетінде орналасса, онда

осы бетте орналасқан ұлпаларға, ішкі мүшелерге дәрілік заттар жеткізіледі, егер электродтар дененің қарама қарсы беттерінде орналасса, онда терең жатқан ұлпалар мен мүшелерге дәрілік заттар жеткізіледі.

Енді айнымалы токтың тірі ағзаға әсерін қарастырайық. Медицинада айнымалы токтарды жиіліктері бойынша мындай түрлерге бөледі;

Төменгі(дыбыс) жиілік	20- 20000 Гц
Ультрадыбыстық жиілік	20000 Гц- 100 кГц
Жоғары жиілік	100 кГц- 30 МГц
Ультра жоғары жиілік	30-100 МГц
Аса жоғары жиілік	100 МГц- 1000 МГц
Қиыр шеткі жиілік	1000 МГц- 3000 МГц

Жүргізілген түрлі эксперименттер жануарлар мен адамдарға барлық тіршілік әлеміне электр және магнит өрістерінің (ЭМӨ) әсер ететіндігін көрсетті. Айнымалы токтардың биологиялық объектілермен әрекеті нәтижесінде өрістерінің энергиясы негізінен әсер етуші объектіде жылу түрінде бөлінеді екен, ал 100 кГц жоғары жиіліктегі токтардың тітіркендіргіш әсері толығымен жоғалады. Мұндай жиіліктегі токтарды иондық каналдардың қақпалары сезбейді, соның әсерінен жасушаның иондық құрылымында өзгеріс болмайды.

Токтың бірінші реттік әсері биологиялық жүйеде жылу түрінде байқалады. Жоғары жиілікті ток әсерінен ұлпада бөлінетін меншікті жылу мөлшері мына өрнекпен сипатталады $q=j^2\rho$, мұндағы j - ұлпадағы ток тығыздығы, ρ - ұлпаның меншікті кедергісі. Ток күші мен оның тығыздығы ұлпаның импедансына тәуелді, ал ол өз кезегінде ток жиілігіне тәуелді. Олай болса, ұлпада бөлінетін жылудың шамасын ток жиілігін реттеу арқылы қол жеткізуге болады.

Жоғары жиілікті токтың ұлпада бөлінетін жылуының денені жай қыздырудан артықшылығы:

- Жылу ағзаның ішінде пайда болады, жылу ағзаға тері арқылы жеткізілмейді;
- Ток жиілігін реттеу арқылы қажетті ұлпаны жылытуға болады;
- Генератордың қуатын реттеу арқылы бөлінетін жылу мөлшерінің дозасын өзгертуге болады.

Жиілігі төмен 10 МГц дейінгі токтар тарайтын ұлпаны өткізгіш ретінде карауға болады және ондай ортадағы ЭМӨ энергиясының жылуға айналуын Джоуль жылу түрінде санаған дұрыс, ал УЖЖ, АЖЖ және ҚЖЖ тарайтын ұлпаны өткізгіш ретінде карастыруға болмайды, өйткені ортаның тангенс бұрыштық шығыны (ЭМӨ энергиясының жылуға айналатын бөлігінің көрсеткіші) азаяды. Мұндай жиіліктердегі ЭМӨ әсерінен пайда болатын жылу ортаның диэлектрлік қасиетіне және ортаның электрлік параметріне тәуелді болады. Түрлі ұлпадағы иондар құрамы мен полярлы молекулалардың мөлшері әр түрлі болуы себепті, бірдей ЭМӨ әсерінен мұндай орталарда әр түрлі мөлшердегі жылу бөлінеді. АЖЖ және ҚЖЖ ұлпаға енуі қабілеті олардың жиілігіне байланысты, жиілік жоғары болған сайын толқынның енуі төмендейді, осыған сәйкес ұлпаға ену тереңдігі ЭМӨ толқын ұзындығының 0,1 үлесіне тең.

ЖЖ токтың әсерінен биологиялық ортаның қызу дәрежесі ұлпаның жылу реттегіштік қабілетіне де байланысты. Мысалы, қанның жылу сиымдылығы жоғары және ол берілген жылуды тез таратып жібереді, ал қан тамырлары аз ортада жылудың басқа жаққа қарай таралуы кем, сондықтан қан тамырлары аз (көз, ұрық калта) мүшелер жылдам қызады.

Жүргізілген зерттеулер ЭМӨ әсерінен ұлпалардың қызуы өріс кернеуліктері өте жоғары болғанда, яғни жоғары жиілік (ЖЖ) өрісінің кернеулігі 10^6 В/м, аса жоғары жиілік (АЖЖ) үшін 100 В/м болғанда байқалатындығын көрсетті. Мұндай өрістердің интенсивтілігі табиғи өрістерден көптеген есе артық, сол себепті оларды терапиялық мақсатта кеңінен қолданады.

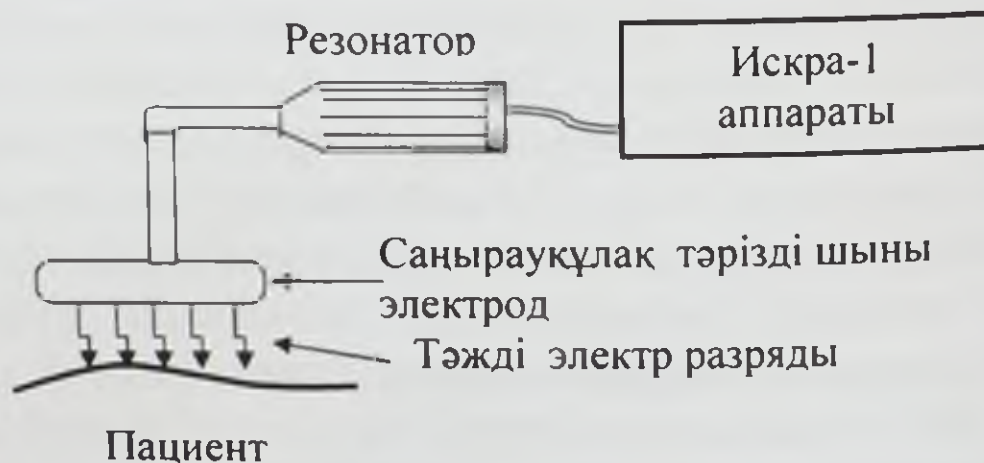
Көп уақытқа дейін табиғи электромагниттік өрістер (ЭМӨ) мен радиофондардың тірі ағзаға әсері жоқ деп саналатын. Соңғы жылдары табиғи және әлсіз ЭМӨ-ді өте қарапайым бір жасушалы тіршілік түріннен бастап, күрделі сүт көректілерге дейін сезгіш келетіндігі анықталып отыр. Мұндай өрістер тірі ағзада жылулық әсер туғызбайды, олар орталық және вегетативтік нерв жүйесіне әсер етіп, ағзаның физиологиялық жүйесінде функционалдық өзгерістер туғызады. Мұндай өзгерістерге жүрек соғысының бұзылуы, қан қысымының өзгеруі, зат алмасу үрдісінің және т.б. бұзылуы мен өзгерулерін жатқызуға болады. Нақтылай айтсақ, адамның көру, есту және сезіну қабілетінде өзгерістер орын алады, ал жануарлар дүниесінің эмоционалдық күйі қатты

күйзелістен қозу күйіне дейін өзгеруі мүмкін. Мысалы, адамға жиілігі 425, 1310 және 2982 МГц электромагниттік өріспен әсер еткенде олар шуыл, ысқырық, тақылдаған тәрізді «дыбыстарды» сезінеді. Бұл эксенсорлық қабылдауға жатады, мұндай «дыбыстарды» адам есту мүшелері арқылы қабылдамайды, бұл «дыбыстар» адам миы нейрондарының өрісіне сыртқы ЭМӨ әсер етуі нәтижесінде пайда болады.

Жоғары жиілікті ток (ЖЖТ) жылулық әсермен қатар «ерекше» әсерлері де бар. ЖЖТ «ерекше әсері деп ағзадағы эритроциттердің, лейкоциттердің және басқа да жасушылар мен бөлшектердің электр өрісі бойымен орналасуын, сонымен қатар жасушының макромолекулаларының поляризацияланған бүйір шыбықтарының өріске сәйкес орналасуын және т.б. атайды. Бірақ бұл құбылыстың механизмі әлі толық зерттелмеген.

Енді айнымалы электромагниттік токтар мен өрістерді терапияда қолдануды қарастырайық.

Дарсонвализация. Жиілігі 110 кГц, ток шамасы 0- 0,02 мА, кернеуі 25-30 кВ, пішіні қоңырау тәрізді, 50 Гц жиіліктегі токпен модуляцияланаған, ұзақтығы 50-100 мкс болатын импульсті токпен адам ағзасының кейбір аймақтарын емдеуді дарсонвализация деп атайды. Бұл әдісте, шыны электродтағы сиретілген ауа арқылы өткен жоғары жиілікті токтың әсерінен, емделетін дене аймағы мен шыны электрод беті арасындағы жұқа ауа қабатында тәжді разряд пайда болады (31- сурет). Разряд кезінде пайда болатын ұшқынның шамасы шыны электрод пен емделетін дене арасындағы ауа қабатынаның қалыңдығына байланысты, ауа қабаты жұқарған сайын разряд шамасы болар болмас ұшқыншадан, үлкен ұшқынға дейін өседі.



3- сурет

Жұқа ауа қабаты ортаның электрлік сиымдылығының өте аз болуына себеп болады, соның әсерінен осындай ортадан өткен жоғары жиілікті ток өте әлсіз болып, әсер еткен аймағында ауырсыну әсерін тудыра алмайды.

Дарсонвализация кезінде ағзаға әсер ететін негізгі емдік фактор болып ұлпа арқылы өткен жоғары жиілікті ток пен электрлік разрядты жатады. Аталған әдісте қолданылатын тербеліс жиілігінің өте жоғары болуы, пайда болатын токтың бір бағыттағы әсерінің өте әлсіз болуына алып келеді, соның себебінен мембрана кабаттарында жиналатын иондар жасушаны қоздыруға жеткіліксіз болады. Сонымен қатар өте аз уақыт ішінде бағытын үздіксіз өзгертетін мұндай ток әсерінен иондар тербеліске түсіп, ортада өте аз мөлшерде жылу пайда болады. Тәжді, әсіресе ұшқынды разрядтар кезінде аз мөлшерде пайда болатын жылудың әсерінен гөрі, электр разрядының тітіркендіргіш әсер әлдей қайда басым. Осындай құбылыстардың (аз жылу мөлшері, электрлік разряд) әсерінен дарсонвализация аймағындағы артериол мен капиллярлардың кеңуі байқалады, қан айналысы күшейеді, тері кабаттарында гиперемия көрініс табады.

Дарсонвализация әдісімен Рейно, аяқ вена тамырларының варикозын, нейродермиттерді, трофикалық жараларды т.б. ауруларды емдейді. Мұндай емдік шараларды Искра-1, Вихрь-1 құралдарымен іске асырады (4 сурет).

Ультратонды емдеу – күші төмен, кернеуі жоғары, жиілігі 22 кГц айнымалы токпен әсер етуге негізделген жаңа емдеу әдісі. Әсер ету механизмі жергілікті дарсонвализацияға жақын. Мұндай жиіліктегі токтар лимфа және қан тамырларын ұлғайтады, зат алмасу процессін күшейтеді. Бірқатар тері ауруларын, жараны, жыныс органдарын, қабыну процестерін, перифериялық тамыр ауруларын емдеуде кеңінен қолданылады. Мұндай ток өндіретін аппарат «Ультратон ТНЧ-1041» деп аталады.

Ультра жоғары жиілікті терапия. Жиілігі 30- 300 МГц аралығындағы электромагниттік (ЭМ) тербелістер мен толқындар ультра жоғары жиілікке (УЖЖ) жатқызылады, ал осы диапазонда жататын 27,12 МГц және 40,68 МГц жиілікке сәйкес келетін ЭМ өрісті емдеу мақсатында қолдануды ультра жоғары жиілікті (УЖЖ) терапия деп атайды.

УЖЖ ток медициналық ғылыми - зертеулерде көп қолданылады, оның аз дозасының әсерінен қан тамырларының

кеңітіндігі (Дроздова А.В.,1955; Валиев Д.И.,1977), миокардтың қалпына келу процесін жанданыруға болатындығы, оның сығылу қабілетін жақсарту, жүрек аймағындағы ауырсынудың азайту (Григорьева В.Д. 1961; Крупенников А.И., 1963; Саперов В.П., 1977) сияқты әсерілері бар.

УЖЖТ арқылы өте көп ауруларды емдейді, ол арқылы кез келген қабыну процесін (эндокрин бездерінің, фурункулез, травматизмде, іріңде, ринит, неврит, т.б. көптеген) басуға болады.

Мұндай емдік шараларды УВЧ-80, УВЧ-66, Экран-1, Импульс-3 құралдары арқылы жүргізеді (5 сурет). Олардың құрлысы мен жұмыс істеу принциптері туралы мәліметтер [1,2] берілген.



4 – сурет. Искра -1 аппараты



5 сурет. УВЧ-50-02 аппараты

Сантимерлік толқынды терапия (СМТ-СМВ) деп, адам ағзасының кейбір аймақтарына жиілігі 2375 МГц, толқын ұзындығы 12,6 см, аса жоғары жиіліктегі (АЖЖ) электромагниттік толқынмен әсер ету арқылы емдеу әдісін атайды. Осы мақсатта қолданылатын толқынның максимал қуаты 70-100 Вт артпауы тиіс. СМТ-ның жүрек-қан тамыр жүйесіне (Оржешковский В.В., Чопчик Д.И. Фастыковский Л.Д., 1982), гормондық жүйеге (Николаев Л.Н.,1982), ағзадағы биохимиялық және физиологиялық процестерге (Савченко Л.И., 1983), демалу тыныс мүшелерге (Алыкулов Д.А.,Ким В.И.,Турсунова М.А.,1985) әсерлері анықтаған [2,155-160 б].

СМТ әсер ететін орта шекараларында тұрғын толқын пайда болады, соның әсерінен ол аймақ қатты қызып, тіптен күйіп кетуі де мүмкін. Бұл айтылған жай көбіне тері асты май қабатының қалыңдығы әсер етуші толқын ұзындығына еселік

катынаста болған жағдайда байқалуы мүмкін, сондықтан СМТ кезінде осы жағдайды қатаң ескерген жөн.

СМТ емдік әсері жылуға байланысты болатындығын атаған болатынбыз, ғалымдардың зерттеулері бойынша мұнан басқа да құбылыстар байқалатыны анықталған. Қазіргі кезде СМТ-ның жылу түріне жатпайтын кейбір қасиеттері анықталды, әзірше мұндай құбылыстар медициналық практикада емдік мақсатта қолданылмайды, қосымша зерттеулерді қажет етеді. СМТ арқылы емдік шаралар Луч-2, Луч-58, т.б. құралдар арқылы жүргізеді. Олардың құрлысы мен жұмыс істеу принциптері туралы мәліметтер [1,2] берілген.

Дециметрлік толқынды терапия (ДТТ-ДМВ) деп, адам ағзасының кейбір аймақтарына жиілігі 460 МГц, толқын ұзындығы 65 см, аса жоғары жиіліктегі (АЖЖ) электромагниттік толқынмен әсер ету арқылы емдеу әдісін атайды. Осы мақсатта қолданылатын толқынның максимал қуаты 100 Вт артпауы тиіс. Биологиялық денелердің дециметрлік толқын энергиясын жұту механизмі СМТ бірдей, бар өзгешелік толқындар жиілігінің төмен болуынан жұтылған және шағылған толқын энергияларының өз ара катынасынан олардың ұлпада таралуының басқаша болуында ғана. Жиіліктің төмен, соған сәйкес толқын ұзындығының үлкен болуы, ендігі жерде тері асты май қабыты қалыңдығының толқын ұзындығына еселі болуына мүмкіндік бермейді, соның әсерінен тұрғын толқын пайда болмайды, яғни дененің кей аймақтарының артық дәрежеде қызуы немесе күйуі сияқты құбылыстар байқалмайды, толқынның екі түрлі орта шекарасынан шағылуы 35-63% төмендейді, соның әсерінен биологиялық ортада жұтылатын энергия артады. Дециметрлік толқындардың денеге енуі де артады, су молекуласы мол ортада 3,6 см, су молекулаларына аз, кедей ортада 26,2 см дейін енеді, сонымен қатар толқын энергиясы ортада біркелкі таралады. ДТТ емдік әсері оның биологиялық ортада жылу тудыруына негізделген, тек негізгі айырмашылық ортада жылу біркелкі және терең тарауында. Сондықтан бұл әдіс кең түрде қолданылады, көптеген қабыну процесін емдейді. Мұндай емдік шараларды Волна-2, ДМВ-15, ДМВ-20 т.б. құралдары арқылы жүргізеді.

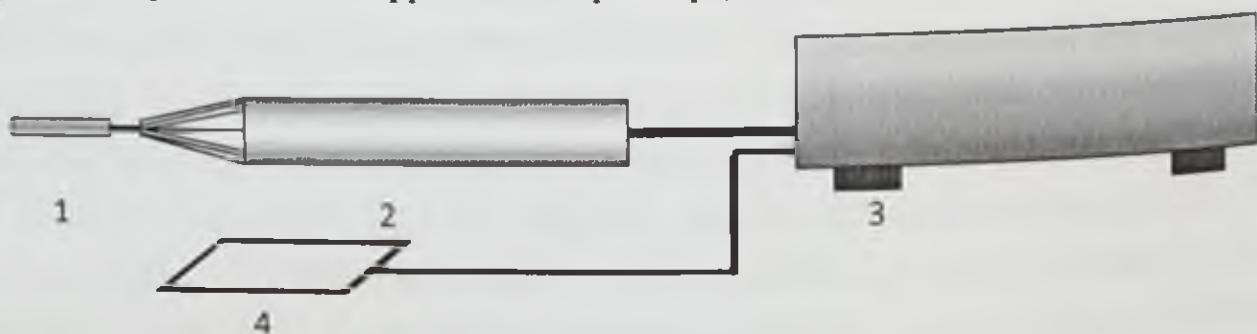
Электрохирургия. Жоғары жиілікті(ЖЖ) тоқты медицинада қолданудың тағы бір саласы электрохирургия болып саналады. Қазіргі кезеңде гинекология, гастроэнтерология,

оториноларингология, офтальмология, урология, проктология, торақлыды хирургия т.б. салалардағы хирургиялық операциялардың 80-90% осы әдіспен жасалынады.

Электрохирургия (ЭХ) екі түрлі аталады. ЖЖ токтың жылулық әсерін пайдаланып ұлпаны кесуді - электротомия деп, ал оны балқыта отырып кесуді электрокоагуляция деп атайды.

Электротомия кезінде ұлпаның (тіннің) кесілуі пышықтың механикалық әсеріндей болмайды, керісінше жиілігі 500 кГц тен 3,3 мГц дейінгі аралықтағы жоғары жиілікті ток ұлпа арқылы өткенде кескіш активті - электрод астындағы жасуша аралық қабаттардағы зарядталған бөлшектер (электрондар, иондар) мен диполдық моменті бар молекулалар (мысалы су молекуласы, үлкен ақуыз молекулалары) интенсивті түрде тербеліске түседі. нәтижесінде сол ортадағы сұйықтар жоғары температураға (400°C және одан жоғары) дейін лезде қызады, жылдам қызған сұйықтардың булануы жарылыс (кавитация) түрінде жүреді, соның нәтижесінде ұлпаның құрылымының бұзылуы, ұлпа қабатындағы белоктардың жиырылып балқуы тәрізді құбылыстар орын алады. Бұл кезде электрод астындағы ұлпада ток тығызды 40 кА/м^2 дейін артады.

ЭХ құралдағы жоғары жиілікті ток арнаулы генераторлар арқылы өндіріледі және токтың қуаты мен формасы (пішіні) қуат күшейткіші арқылы реттелініп отырылады. 6- суретте электрохирургиялық құралдың сыртқы көрнісі берілген: 1- кескіш активті электрод, 2- электродтың сыртқы қорабы, 3- электрохирургиялық құрал-генератор (ЭХК), 4- пассивті электрод.

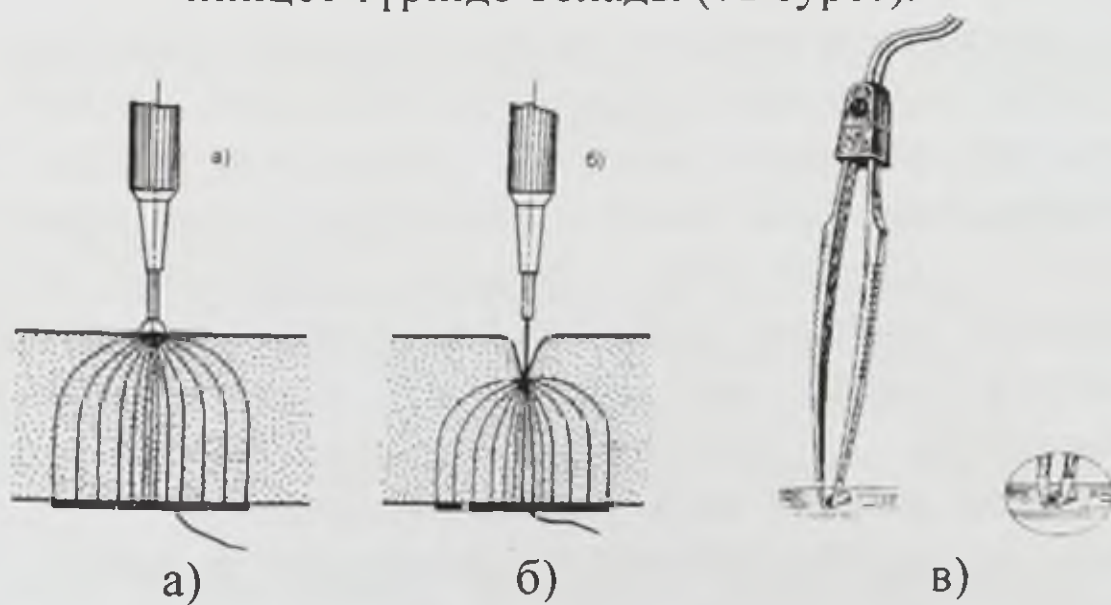


6- сурет.

Электрохирургияда қолданылатын электродтар пішіні скальпель, ұстара, ине, тұзақ, диск түрінде болады, ол ЭХ аппаратын ЖЖ генераторының бір шығысына жалғанады және бұл электродтар ұлпыны кесу үшін қолданылатындықтан оны активті деп атайды. Ал пассивті деп аталатын келесі электрод

ЖЖ генератордың келесі шығысына жалғанады және оның басты міндеті пациенттің денесі мен ЭХ аппараты арасындағы электрлік тізбектің тұйық болуын (жақсы контакт) қамтамасыз ету. Сондықтан бұл электродтың ауданы бірнеше квадрат дециметр болады, ал активті электрод ауданы бірнеше мм² аспайды. Пассивті электрод төңірегіндегі ток тығыздығы өте аз, сондықтан оның температурасы өте төмен болады.

Электрохирургияда ұлпаны кесу тереңдігі мен коагуляциялану дәрежесі активті электродтың ауданы мен пішініне, ұлпа бойымен оның қозғалу жылдамдығына және арты жиілікті (ЖЖ) ток тығыздығына тәуелді. Мысалы, электрокоагуляцияда қолданылатын активті электрод пішіні шар не диск түрінде болады (7а- сурет), оны ұлпаға басып, бірнеше секундқа ЖЖ токты қосады, ал электротомиядағы активті электрод пішіні өте жұқа ұстара, ине, не сымнан жасалынған тұзақ түрінде болады (7б- сурет). Электрохирургияда биполярлы (екі) электродтар да қолданылады, яғни екі электрод та активтіге жатады, олардың түрі пинцет түрінде болады (7в сурет).



7- сурет

ЭХ басты ерекшелігі операцияның қансыз болуында. Электротомия кезінде кіші диаметрлі қан тамырлары мен кесілген ұлпаның беттері коагуляцияланады, бұл қанның ағуын азайтады, нәтижесінде қан тамырлары мен лимфа жолдарына ауру жасушылардың еніп кетуіне жол берілмейді, осылайша операцияның стерильді болуын қамтамасыз етеді. Ота кезінде активті электродқа жабықан қан әсерінен ондағы ток күші төмендейді, сондықтан электродты жабысқан, кепкен қан қабатын (плекасын) тазартып отыру керек. Сонымен қатар ота

кезінде электрод пен ұлпа арасында пайда болатын электр ұшқынының температурсы 3000°C дейін жетеді, соның салдарынан ұлпа күйіп, жағымсыз иіс пайда болады, сондықтан ота жасалынатын аймақатағы ауаны вентиляциялау арқылы тазартып отырады.

Электрокоагуляция дәрежесі ұлпаның физикалық параметрлеріне, оның ішінде импеденс шамасына тікелей байланысты болатындығын соңғы жүргізілген зерттеулер дәлелдеп отыр, оның оптималді мәні 1-1,5 кОм тең, мұнан басқа мәндерде ЭХ операциядан кейін кесілген жердің жазылу жағдайы күрделеніп кетуі мүмкін. Осы жағдайларға сәйкес қазіргі заманғы ЭХ құралдарда кесілетін ұлпаның импеданстық күйіне байланысты операция кезіндегі құралдың қуатын автоматты түрде реттеу қарастырылған, яғни ұлпаның импеданстық көрсеткішіне сәйкес қажетті токты реттеп отырады. Осы мақсатта 100 кГц, 440 кГц, 1760 кГц ЖЖ ток қолданатын ЭХВЧ -100-5 «Коагулятор»; ЭХВЧ -350-4 «Универсал»; ЭХВЧ-20-01, «Martin ME 400» т.б. ЭХ құралдар қолданылады.

Кез келген хирургиялық әрекет ұлпаның құрылымын бұзу ендігі белгілі. Бұл әрекетті хирургтер мейлінше жылдам жасауға, пациентке өте аз зақым келтіруге тырысады. Соңғы жылдары электрохирургияда осы шартты орындауда үлкен табыстарға қол жеткізілді. Соның бірі ретінде АҚШ-тың «ArthroCare» корпорациясы ұсынған **Coblation-технология** деп аталатын жаңа әдісті атауға болады. Бұл әдісте ЖЖ токтың жылулық әсері қолданылмайды, керісінше, аз энергия жұмсап, төмен температурада ұлпаны кесуге қол жеткізіледі.

Енді осы әдістің физикалық механизмін талдайық. Операция жасалынатын аймаққа ток өткізгіштігі жоғары болатын, NaCl физиологиялық ертінді жіберіледі. Электрод астындағы аймақтағы NaCl ертіндісің молекулалары ЖЖ ток өрісінің әсерінен иондарға ыдырап, жоғары концентрациялы «плазмалық аймақ» пайда болады. «ArthroCare» корпорациясы жүргізген зерттеулер мен эксперименттер аталған аймақтағы бөлшектердің энергиясы 4-5 эВ болатындығын және бұл энергияның биологиялық ұлпаны қоршаған ортадағы молекулаларды соққылап, олардың молекулалық байланыстарын бұзып, еркін радикалдарға ыдыратуға жеткілікті екендігін анықтады. Электрод астындағы аймақтағы ұлпаның молекулалары ыдырайды, ағзаға

немесе мүшеге өте аз зақым келеді. Мұндай әдіс әсіресе көзге, нервке өте жақын орналасқан ұлпаны кесуде және алып тастауда таптырмайтын әдіс. Coblation-технология кезінде ұлпа арқылы ток өтпейтіндіктен, ол аймақ тек 40-70⁰С қызады.

Қазіргі кезеңде аталған фирма «COBLATOR» атты 100 кГц жиілікте жұмыс істейтін, шығыс кернеуі 0-300 В болатын, қуаты 300 Вт және System-2000 (Arthrocare) ЭХ құралдарды жасап шығарған және олар қолданыста (7- сурет).



System-2000 (Arthrocare) құралы.

СТУДЕНТТІҢ ЖЕКЕ ОРЫНДАЙТЫН ТАПСЫРМАЛАРЫ

а) тест

1. Тұрақты ток деп....

A. электр өрісі әсерінен зарядталған бөлшектердің....

B. электр өрісі әсерінен ортадағы бөлшектердің....

C. магнит өрісі әсерінен зарядталған бөлшектердің....

I. бағытталған қозғалысын айтамыз, адам ағзасында мұндай құбылысқа...

II. жылулық қозғалысын айтамыз, адам ағзасында мұндай құбылысқа...

III. тек оң, не теріс бағыттағы қозғалысын айтамыз, адам ағзасында мұндай құбылысқа...

I. жасушадағы, жасуша аралық ортадағы иондардың бағытталған қозғалысын жақтызуға болады. Мұндай қозғалыс әсерінен ағзада...

II. жасушадағы, жасуша аралық ортадағы бөлшектердің бағытталған қозғалысын жақтызуға болады. Мұндай қозғалыс әсерінен ағзада...

III. жасушадағы, жасуша аралық ортадағы атомдар мен молекулалардың қозғалысын жақтызуға болады. Мұндай қозғалыс әсерінен ағзаның...

- a) тітіркенуі орын алады.
- b) сыртқы ортаға жауабы орын алады
- c) бойымен импульс тарайды.

2. Ом заңына сәйкес ток шамасы...

- A. ортаның кедергісіне кері пропорционал, яғни...
- B. ортаның кедергісіне тура пропорционал, яғни...
- C. ортаның кедергісіне тәуелді емес, кернеуге тәуелді, яғни...

1. $I = U/R$, сондықтан адам ағзасы арқылы ток негізінен...

2. $I = R/U$, сондықтан адам ағзасы арқылы ток негізінен...

3. $R \sim U$, сондықтан адам ағзасы арқылы ток негізінен...

I. жұлын сұйықтығы, қан, лимфа арқылы өте жақсы өтеді, өйткені бұл ортада...

II. май, тері қабаты мен сүйек еті арқылы өте жақсы өтеді, өйткені бұл ортада...

III. қан, лимфа, май, тері қабаты арқылы өте жақсы өтеді, өйткені бұл ортада...

a) зарядталған бөлшектер өте көп, сондықтан мұндай орталардың кедергісі...

b) иондар өте аз, сондықтан мұндай орталардың кедергісі...

c) түрлі атомдар мен молекулалар өте көп, сондықтан мұндай орталардың кедергісі...

01. өте аз болады.

02. өте үлкен болады.

03. орташа болады.

3. Ішкі мүшелер мен ұлпалардың құрамы бір текті емес, сондықтан адам денесіне бекітілген екі электрод арасындағы ток негізінен...

A. теріден өтіп, ұлпа аралық сұйықтық, май қабаты және сүйек, нерв талшығы бойымен тарайды.

B. теріден өтіп, ұлпа аралық сұйықтық, қан тамырлары, нерв талшығы бойымен тарайды.

C. жасуша, цитоплазма, қан тамырлары, нерв талшығы бойымен тарайды.

D. теріден өтіп, сүйек, ұлпа аралық сұйықтық, цитоплазма арқылы тарайды.

E. теріден өтіп, ұлпа аралық сұйықтық, жасуша, цитоплазма бойымен тарайды.

4. Жасуша арқылы тұрақты ток өткенде...

А. оның ішінде карама қарсы беттерінде оң және теріс зарядталған иондар жиналады, егер олардың көлемі белгілі бір шамаға жетсе...

В. оның ішінде оң және теріс зарядталған иондар жиналады, егер олардың диффузиясы белгілі бір шамаға жетсе...

С. цитоплазаның карама қарсы беттерінде оң және теріс зарядталған иондар жиналады, егер олардың концентрациясы белгілі бір шамаға жетсе...

1. жасушаның тыныштануы, ал ток шамасы...

2. жасушаның козуы, ал ток шамасы...

3. ұлпаның козуы, ал ток шамасы...

I. артса ұлпаның тесілу мүмкін. Жасуша арқылы өткен ток тығыздығы артқан сайын...

II. артса жасаушының тесілу мүмкін. Жасуша арқылы өткен ток тығыздығы артқан сайын...

III. кемісе жасаушының тесілу мүмкін. Жасуша арқылы өткен ток тығыздығы артқан сайын...

01) бұл құбылыс тоқтайды. Әлсіз тоқтарда жасушаның тесілуі немесе козуы байқалмайды, өйткені...

02) бұл құбылыс әлсірей түседі. Әлсіз тоқтарда жасушаның тесілуі немесе козуы байқалмайды, өйткені...

03) бұл құбылыс күшейе түседі. Әлсіз тоқтарда жасушаның тесілуі немесе козуы байқалмайды, өйткені...

5. Жасуша арқылы әлсіз тұрақты ток өткенде оның ішінде карама қарсы беттерінде жинақталған аз мөлшердегі иондарды...

А. ұлпадағы биопотенциал әр жаққа таратып (шашыратып) жібереді. Сондықтан ұлпаның электр тогы әсерінен тітіркенуі...

В. жасушадағы жылулық қозғалыс әр жаққа таратып (шашыратып) жібереді. Сондықтан ұлпаның электр тогы әсерінен тітіркенуі...

С. жасушадағы тыныштық биопотенциалы әр жаққа таратып (шашыратып) жібереді. Сондықтан ұлпаның электр тогы әсерінен тітіркенуі...

1. ток белгілі бір шамаға жеткенде байқалды, егер ток шамасы...

2. ток шамсы 10 А болғанда байқалды, егер ток шамасы...

3. ток белгілі бір шамадан 10 есе азайғанда байқалды, егер ток шамасы...

I. тітіркенуі табалдырығынан кем болса, онда тірі азға...

II. тітіркенуі табалдырығынан көп болса, онда азға...

01) токтың әсерін байқамайды.

02) токтың әсерін байқайды.

6. Ұлпаның тұрақты токтың әсерінен тітіркенуі ток пен оның әсер ету уақытына байланысты, ток шамасы....

A. үлкен болған сайын әсер ету уақыты ұзақ болуы тиіс, не керісінше, өйткені....

B. аз болған сайын әсер ету уақыты қысқа болуы тиіс, не керісінше, өйткені....

C. үлкен болған сайын әсер ету уақыты қысқа болуы тиіс, не керісінше, өйткені....

1. токтың әсер ету уақыты өте ұзақ болса, ұлпадағы, жасушадағы иондардың инертілігі әсерінен олар өте аза орынға қозғалады немесе қозғалып үлгермейді, нәтижесінде ұлпаның тітіркенуі өте әлсіз болады. Бұл тәуелділік мына түрде жазылады...

2. токтың әсер ету уақыты өте қысқа болса, ұлпадағы, жасушадағы иондардың инертілігі әсерінен олар өте аза орынға қозғалады немесе қозғалып үлгермейді, нәтижесінде ұлпаның тітіркенуі өте әлсіз болады. Бұл тәуелділік мына түрде жазылады...

3. токтың әсер ету уақыты өте қысқа болса, ұлпадағы, жасушадағы иондардың инертілігі әсерінен олар өте үлкен орынға қозғалады немесе қозғалып үлгермейді, нәтижесінде ұлпаның тітіркенуі өте күшті болады. Бұл тәуелділік мына түрде жазылады...

I. $I_T = a/t + b$

II. $I_T = a/t - b$

III. $I_T = a/t + b^2$

7. Емдік мақсатта тұрақты токты қолдану әдісін...

A. электрофорез деп атайды, бұл әдісте...

B. франклизация деп атайды, бұл әдісте...

C. дарсанвализация деп атайды, бұл әдісте...

1. тұрақты токтың көмегімен...

2. айнымалы токтың көмегімен тері немесе шырышты қабат арқылы...

3. тұрақты токтың көмегімен тері немесе шырышты қабат арқылы...

I. түрлі заттарды ағзаға ендіруді атаймыз. Ол үшін электрод астына...

II. дәрілік заттарды ағзаға ендіруді атаймыз. Ол үшін электрод астына...

01) зат ертіндісіне малынған марліні қояды.

02) дәрілік зат ертіндісіне малынған марліні қояды.

03) керекті дәріні қояды.

8. Медицинада айнымалы токтарды жиіліктері бойынша мындай түрлерге бөледі

(бір біріне сәйкестігін мына түрде көрсет. Мысалы 1- с; 2- f;):

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Төменгі жиілік | a. 1000 МГц- 3000 МГц |
| 2. Ультрадыбыстық жиілік | b. 30-100 МГц |
| 3. Жоғары жиілік | c. 100 кГц- 30 МГц |
| 4. Ультра жоғары жиілік | d. 20000 Гц- 100 кГц |
| 5. Аса жоғары жиілік | e. 100 МГц- 1000 МГц |
| 6. Қиыр шеткі жиілік | f. 20- 20000 Гц |

9. Жоғары жиілікті токтардың биологиялық денеге бірінші реттік әсері...

A. тітіркену түрінде байқалады. Оның шамасы мына өрнекпен сипатталады...

B. козу түрінде байқалады. Оның шамасы мына өрнекпен сипатталады...

C. жылу түрінде байқалады. Оның шамасы мына өрнекпен сипатталады...

1. $q=j \cdot \rho^2$, мұндағы j - ұлпадағы ток тығыздығы, ρ - ұлпаның меншікті кедергісі. Сондықтан ұлпада бөлінетін жылу мөлшері....

2. $q=j^2 \rho$, мұндағы ρ - ұлпадағы ток тығыздығы, j - ұлпаның меншікті кедергісі. Сондықтан ұлпада бөлінетін жылу мөлшері....

3. $q=j^2 \rho$, мұндағы j - ұлпадағы ток тығыздығы, ρ - ұлпаның меншікті кедергісі. Сондықтан ұлпада бөлінетін жылу мөлшері....

I. ток жиілігіне тәуелді.

II. кернеуге тәуелді.

III. дене түріне тәуелді.

10. Дарсонвализация деп...

A. жиілігі 110 кГц, ток шамасы 0- 0,02 мА, кернеуі 25-30 кВ, импульсті токпен адам ағзасының кейбір аймақтарын емдеуді атайды және оны мына құралдар арқылы іске асырады....

В. жиілігі 110 Гц, ток шамасы 0- 0,02 мА, кернеуі 25-30 кВ, импульсті токпен адам ағзасының кейбір аймақтарын емдеуді атайды және оны мына құралдар арқылы іске асырады...

С. жиілігі 1100 кГц, ток шамасы 0- 0,02 мА, кернеуі 25-30 кВ, импульсті токпен адам ағзасының кейбір аймақтарын емдеуді атайды және оны мына құралдар арқылы іске асырады...

1. УВЧ-80, Вихрь.
2. Искра-1, УВЧ -80
3. Искра-1, Вихрь-1.

11. Вейс өрнегі мына түрде жазылады...

А. $I_T = a/t + b$ және $U_T = A/t + B$ мұндағы...

В. $I_T = a/t - b$ және $U_T = A/t + B$, мұндағы...

С. $I_T = a/t + b$ және $U_T = A/t - B$, мұндағы...

1. b ұзақ уақыт әсер ету нәтижесінде денені тітіркендіретін кернеудің табалдырықтық (шектік) мәні, ал B оның максимал мәні, бұл шамаларды....

2. b ұзақ уақыт әсер ету нәтижесінде денені тітіркендіретін токтың табалдырықтық (шектік) мәні, ал B оның максимал мәні, бұл шамаларды....

3. b немесе B ұзақ уақыт әсер ету нәтижесінде денені тітіркендіретін ток пен кернеудің табалдырықтық (шектік) мәні, оларды....

I. реобазы деп атайды.

II. хронаксия деп атайды.

Қорытынды сұрақтар:

1. Физикалық факторларды атаңыз.

2. Физикалық факторлардың ағзаға әсері сипатта.

3. ФФ медициналық құралдарда қолданудың физикалық негізін түсіндір.

4. ФФ қолданатын диагностикалық және терапиялық медициналық құралдар.

5. ЖЖ токтардың жылулық және жылулық емес әсерін түсіндір.

6. ЭХ-ның физикалық негізін түсіндір.

7. УЖЖ, АЖЖ токтарды қолдану әдістерін.

15 сабақ. МЕДИЦИНАЛЫҚ ТЕХНИКАНЫ ЖІКТЕУ (КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ)

Сабақ жоспары:

1. Медициналық техникалар(МТ) туралы түсінік.
2. МТ жіктеу принципі.
3. Диагностикалық, терапиялық және зертханалық медициналық құралдарды жіктеу.
4. МТ түрлері мен қолдану саласы.

Сабақ мақсаты: денсаулық сақтау саласында қолданылатын медициналық техникаларды жіктеудің негізгі принциптерімен танысу және МТ жіктеу.

Өткен лекцияда денсаулық сақтау саласында қолданылатын медициналық техникаларды пайдалану мақсаттары мен оларда қолданылатын физикалық факторлардың табиғаты бойынша әртүрлі топтарға бөлінетіндігін айтқан болатынбыз. Осы ойды ара қарай тарқатайық, яғни медициналық техника деп нені айтамыз, олар қандай топтарға, түрлерге бөлінеді деген сұрақтарға жауап іздейік.

Біз алдымен **медициналық техника** деген ұғымға түсінік берейік. Мұндай ұғым медициналық ЖОО арналған медициналық биофизика және т.б. оқулықтарда келтірілген, бірақ олардың басым көпшілігенде ғылым мен техниканың дамуы мен солардың әсерінен медициналық техниканың дамуының жаңа деңгейге көтерілу нәтижесінде денсаулық сақтау саласында жаңа сипаттағы және түрдегі медициналық техникалардың пайдалануға екендігі ескерілмеген. Оның үстіне бұл мәлімет көздерінің бірі медицинада қолданылатын қондырғылады **медициналық құрал** деп атаса, екіншісі оған **медициналық аппарат** деген ат берген, ал тағы бірі оны **медициналық электроника** деп атаған, сонымен қатар бұл оқу құралдары негізінен медициналық техникалардың ішінде терапиялық бағыттағы құралдарға басты назар аударған, ал диагностикалық бағыт нашар қамтылған.

«Техника» гректің *techné* - өнер, шеберлік деген сөзінің мағанасына сәйкес келеді. Энциклопедиялық сөздікте техника - қоғамның талабын қанағаттандыру үшін қолданылатын құралдар жиынтығы дегенді білдіреді, олай болса «техника»

термині арқылы адамзаттың талаптарын қанағаттандыратын, кез келген саладағы күрделі немесе қарапайым құрал-жабдықтарды, қондырғыларды, аппараттарды және т.б. атайды.

Осы тұжырымды басшылыққа алып және жоғарыдағы аталған медициналық техникаға берілген әр түрлі түсініктерді ескере келе, **медициналық техника** деп - биологиялық объектілер мен адам ағзасындағы физиологиялық, анатомиялық, биохимиялық, физикалық өзгерістерді **анықтайтын, өлшейтін және оларды тіркейтін**, сонымен қатар оларда кездесетін биологиялық сипаттағы ауытқуларға (патологиялық) табиғаты әр түрлі **физикалық факторлармен** әсер ету арқылы қалпына келтіру мақсатында қолданылатын **техникалар, аппараттар мен құралдар** тобын атаймыз.

Болашақ дәрігерлердің медицина саласында қолданылатын техникалар бойынша білім дәрежесін арттыруда, медициналық құралдармен орындалатын іс әрекеттерді меңгеруді жақсартуда, медициналық құралдардың мүмкіншілігін толық пайдалануда, диагноздау мен емдеу ісіне медициналық құралдарды дұрыс тандай алуда, физикалық фактор мен медициналық құралдардың арасындағы тікелей байланыстарды терең саналы түрде білуде медициналық құралдарды жіктеудің негізін қарастыру болашақ дәрігерлердің танымдық әрекетін арттыруда үлкен роль атқарады.

Физикалық факторларды қолдануға бағытталған медициналық саладағы ғылыми-зерттеу жұмыстарының барлығында дерлік емдік шаралар белгілі бір физикалық фактор төңірегінде жүргізіледі. Мысалы, перифериялық нерв жүйесін кешенді емдеуде электромагниттік толқынды қолдану, панкреатитті емдеуде миллиметрлік толқындардың оң әсері болатындығын ұсынған т.б. зерттеу жұмыстары көптеп кездеседі[217]. Соңғы жылдары бірнеше физикалық факторлармен бір мезгілде әсер ету арқылы емдеу шараларын жүргізу медицина саласында кең түрде қолдануда және бұл бағыт одан ары кеңей түсетін түрі бар, мысалы іріндеу процесін тоқтауда магнит өрісі мен лазер сәулесін бір мезгілде пайдалану жақсы әсер бететіндігі анықталып отыр.

Осы фактілерді ескере отырып қолданылатын физикалық факторларға сәйкес медициналық құралдарды мынандай топтарға жіктедік:

1. Механика (тербелістер мен толқындар) және молекулалық физика құбылыстарына негізделген (жылу мен суық көздері) факторлар (ММФ) қолданылатын медициналық құралдар тобы,
2. Тұрақты электромагниттік (электр/магнит өрістер, тұрақты ток, кедергі) факторлар (ТЭМФ) қолданылатын медициналық құралдар тобы,
3. Импульсті (айнымалы төменгі, жоғары, ультра жоғары, аса жоғары, киыр шеткі тербелістер немесе толқындар) электромагниттік факторлар (ИЭМФ) қолданылатын медициналық құралдар тобы,
4. Оптикалық факторлар (ОФ) қолданылатын медициналық құралдар тобы,
5. Атомдық және ядролық факторлар (АЯФ) қолданылатын медициналық құралдар тобы
6. Кванттық физика (кванттық/информациялық медицина) факторлары (КФ) қолданылатын медициналық техникалар тобы
7. Аралас физикалық факторлар (АФФ) қолданатын медициналық техникалар тобы
8. IT және жоғары технологиялық факторлар (ITФ) қолданылатын күрделі медициналық құралдар тобы

Медицинада қолданылатын құралдарды қолдану мақсатына байланысты оларды: **диагностикалық, терапевтік және зертханалық (клиникалық лаборатория)** құралдар деген топтарға бөлеміз. Бұл құралдардың жұмыс принциптері физикалық құбылыстарға (факторларға) негізделгендігі туралы өткен тарауларда айтылған болатын. Диагностикалық мақсатта қолданылатын физикалық факторларды олардың физикалық қасиетіне байланысты таңдалған болса, терапевтік мақсаттарда қолданылатын физикалық факторлар биологиялық денелерге тигізетін әсеріне байланысты қолданылады, ал клиникалық зерттеуде қолданылатын құралдар мен кондырғылардың жұмыс принциптері физикалық заңдылықтар мен құбылыстарға негізделген. Біз алғаш рет осы 3 бағытты бірге қарауды ұсынып отырмыз, өйткені бұл бағыттар практикалық медицинада бұрыннан бірге қызмет атқаратын.

Осы ұсынылған топтауды басшылыққа алып және өткен тараулардағы жинақталған мәліметтер негізінде медициналық құралдарды физикалық факторлар бойынша жіктеп, төмендегі кесте түрінде берейік.

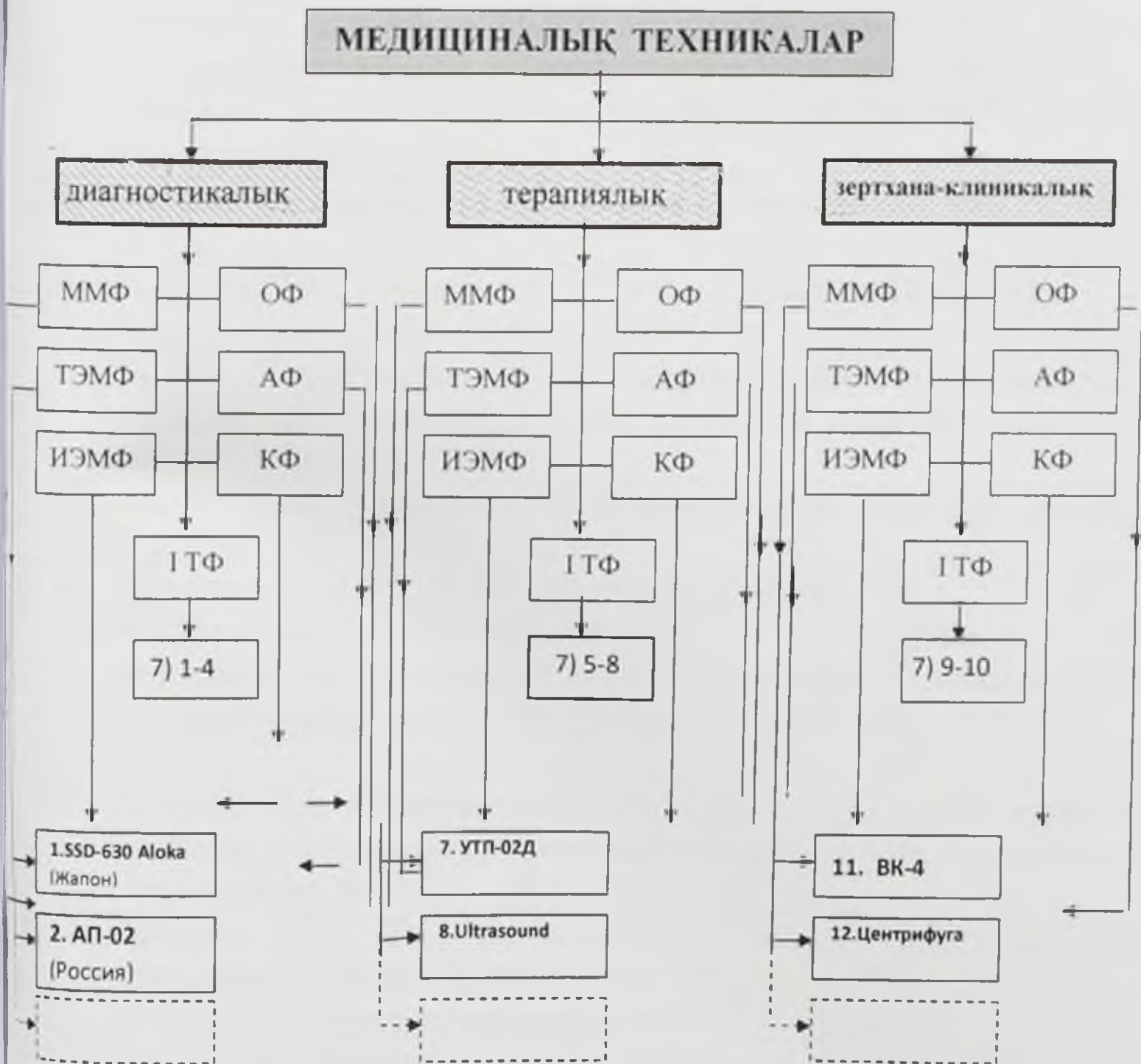
ФИЗИКАЛЫҚ ФАКТОРЛАР	№	МЕДИЦИНАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ ҚОЛДАНУ БАҒЫТЫ МЕН ӘДІСТЕРІ
1	2	3
<p>I.</p> <p>Механика және молекулалық физика ММФ</p>	<i>диагностикалық</i>	
	1	ФКГ құралы
	2	УДЗ, ЭхоКГ, ЭхоЭГ, доплерлік ЭхоКГ
	3	аудиометрия құралы
	4	спирометрия, пневмотахография, пикфлоуметрия
	5	сфигмография
	<i>терапиялық</i>	
	1	УДТ құралдары
	2	Жылумен емдеу құралдары.
	3	Криотерапия құралдары
	4	Криохирургия. құралдары
	<i>зертханалық</i>	
	1	Вискозиметр
	2	Центрифуга
<p>II.</p> <p>Тұрақты және өрістері тоғы. ТЭМФ</p> <p>электр магнит және</p>	<i>диагностикалық</i>	
	1	ЭКГ құралы
	2	Холтерлік ЭКГ
	3	Векторкардиография (ВКГ) құралдары
	4	Электроэнцефалограф (ЭЭГ) құралдары
	5	Магниттік энцефалография (МЭГ) құралы
	6	Газоразрядты визуализациялау құралы
	7	Фолль құралы
	<i>терапиялық</i>	
	1	Франклинизация
	2	Аэроионотерапия, аэроионофорез. Аэрофито терапия, озонатор.
	3	Галбвонизация, электрофорез. ультрафонофорез
	4	Магниттік терапия құралдары
	5	Электрлік тұрмыстық құралдар
	<i>зертханалық</i>	
	1	Қағаздағы электрофорезді алу құралы
	2	Целоскоп
<i>диагностикалық</i>		

III. Импульсті (айнымалы) электромагниттік тербелістер мен толқындар ИЭМФ	1	Реоэнцефалография (РЭГ)
	2	Эндоскопиялық капсул
	3	Дефибриллятор (мониторлы, керулеттік)
	терапиялық	
	1	Амплипульстерапия, электроұйқы, диадинамо терапия құралдары
	2	Электростимуляциялау құралдары (ЭС), өңеш арқылы ЭС жасау құралы, қарын-ішек ЭС
	3	Дарсонвализация, индуктотермия құралдары
	4	Электростимуляциялау құралдары (ЭС), өңеш арқылы ЭС жасау құралы, қарын-ішек ЭС,
	5	Электрокардиостимуляция (ЭКС) құралдары
	6	Транскраниалды электростимуляциялық терапия (ТКЭС) құралдары
	7	Электрохирургия (ЭХ) құралдары,
8	Тұр мыстық ЭС құралдары	
IV. Оптика ОФ	диагностикалық	
	1	ФГОС, бронхоскопия, гастроскопия, ларингоскопия, колоноскопия, кольпоскопия,
	2	Гистероскопия
	3	Талшықты жарық диодты цистоскоп
	4	Авторефрактометр, рефрактометр, диоптриметр, тонометрия,
	терапиялық	
	1	Лапроскопиялық құралдар
	2	Фотоматрицалық терапия құралы,
	3	УФ сәулемен биологиялық объектілерді емдеу құралы
	4	Оптикалық тұрмыстық емдеу құралдары
	зертханалық	
	1	спектрофтометриялық құралдар
	2	Фотоэлектроколориметрия құралдары
	3	Поляриметрия құралдары

V. Атом және ядро физикасы АФ	4	Рефрактометрия құралы
	5	Интерференциялық микроскоп
	<i>диагностикалық</i>	
	1	Рентген құралдары
	2	Ангиография, флюорография, құралдары
	3	Томография, компьютерлік томография (КТ)
	4	Магниттік резонанстық томография (МРТ)
	5	Радиоизотопты сәулелік диагностика құралдары
	<i>терапиялық</i>	
	1	Радиоизотопты сәулелік терапия құралдары
	<i>зертханалық</i>	
1	Радиобиохимиялық/радиоиммунологиялық талдау құралдары	
VI. Кванттық физика (кванттық/ақпараттық медицина) КФ	<i>диагностикалық</i>	
	1	Кванттық (толқындық-ақпараттық) диагностикалық құралдар.
	<i>терапиялық</i>	
	1	Кванттық медицина құралдары.
	2	Лазерлік хирургия құралдары
3	Лазерлік терапия құралдары	
4	Тұрмыстық емдеу құралдары	
VII. IT және жоғары технология ITФ	<i>диагностикалық</i>	
	1	Жүрек-тамыр жүйесінің функционалды күйін тексеру кешені
	2	Адамның психофизиологиялық күйін тексеру кешені
	3	Адамның тірек-қимыл аппаратын тексеру кешені
	4	ТВ медициналық кешен
	<i>терапиялық</i>	
	1	Эндовидеохирургиялық кешен,
	2	Қан айналысын жасанды жүргізу аппараты (АИК)
	3	Өкпені жасанды желдету құралдары(ИВЛ)
	4	Наркоз аппаратары

зертханалық	
1	Биохимиялық талдау құралдары
2	Гемотомиялық талдау құралдары

Жоғарыда айтылған тұжырымдарға байланысты денсаулық сақтау ссласында қолданыдылатын медициналық техникаларды (құралдарды) мына түрде жіктеуге болады:



Диагностикалық және емдеу физикалық факторларын жіктеу ғылыми және практикалық маңызы бар және оны одан ары дамыту әрқашанда ғалымдар мен дәрігерлердің назарларында тұрған проблемалардың қатарына жатады, сондықтан біздің ұсынып отырған жіктеу өз жалғасын табатындығына кәміл сенеміз.

Қортынды сұрақтар:

1. Медициналық техникалар(МТ) деп қандай құралдарды атайды.
2. МТ жіктеу принципі.
3. МТ түрлері.
4. Диагностикалық МТ.
5. Терапиялық МТ.
6. Зертханалық МТ.
7. Аранаулы МТ.
8. Заманауи МТ туралы соңғы жаңалықтар

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1.	Самойлов В.О. Медицинская биофизика. Учебник для вузов. -3 е изд., испр. СПб.: СпецЛит, 2013.— 591 с.
2.	Ремизов А. Медицинская и биологическая физика. Учебник. М: ГЭОТАР, 2018. -656 с.
3.	Антонов В.Ф., Коржуев А.В. Физика и биофизика . Курс лекции для студентов медицинских вузов. М: ГЭОТАР, 2010. -240 с.
4.	Федорова В.Н., Фаустов Е.В. Медицинская и биологическая физика. Курс лекции с задачами. М: ГЭОТАР, 2009. -592 с.
5.	Герман И. Физика организма человека. Издат.дом «Интеллект», 2011 – 992 с.
6.	Улащик С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. Минск, 2003., С. 5-6
7.	Байзаков У.А., Годлевский Л.С. и др. Медицинская техника. Алматы, Білім, 2004 г. 320 с.
8.	Байзак У.А., Құдабаев Қ.Ж. Медициналық биофизика мен медициналық техникалар бойынша лабораториялық практикум. Алматы, Эверо, 2011. 304 б.
9.	Байзак У.А., Байзакова Б. Медбиофизика: дәрістер жинағы. Түркістан. 2015.- 151 б.
10.	Ясногородский В.Г. Электротерапия. М.: 1987., 240 с
11.	В.А.Викторов, В.Л.Доманский. Аппаратура для электростимуляции нервной и мышечной систем: исследование, создание и применение. // Медицинская техника. №2, 2002, -С.4
12.	
13.	Викторов В.А. Современные достижения и тенденция развития приборов и аппаратов для научной и практической медицины. // Медицинская техника. № 6, 1997, -С.45-48
14.	Прессман А.С. Вопросы механизма биологического действия микроволн. // Успехи совр.биологии, 1963, № 2, с.161-179
15.	Богараз А.Е. Электроника в медицине. М.: Знание, 1976 168 с.
16.	Союз врача и инженера. // Серия: медицина, N8, 1988 135 с.
17.	Gross R., Spechmeger H. // Rationelle Diagnostik in innere Medizin / Hrsq. H. Loose, E. Wetzels. - Stuttgart, 1997.-S.3-18
18.	
19.	Чазов Е.И. Диагностика XXI века. От субъективного к объективному. // Терапевтический архив. -2001, № 8, С.5

20. Никофоров Е.Н. Проблема, как форма интеграции научного знания.// Проблемы интеграции научного знания: теоретико-методологический аспект. Под ред. В.А. Маркова, -Рига.: Зинайте, 1989, 210 с.
21. Ливенцев Н.М., Ливенсон А.Р. Электро-медицинская аппаратура. М.: Медицина, 1974, 336 с.
22. Улащик В.С. Введение в теоретические основы физической терапии. Минск, Наука и техника; 1981, 238 с.
23. Ультразвуковая диагностика. Под.редак. А.Н.Кишковского. СПб, 1996, 60 с.
24. Устинов Г.Г., Поляков В.В. Медицинская физика: Физические методы и приборы в диагностике и лечении. Барнаул, 2002, 156 с.
25. Клиническая физиотерапия. Под редак. проф. В.В. Оржешковского, Киев, 1984, 448 с.
26. Сперанский А.П. Биофизические и клинические основы применения ультразвука. М., ЦИУВ, 1976, 26 с.
27. Ремизов А.Н. Курс физики, электроники и кибернетики для медицинских институтов. М.: 1976, 1982.
28. Starr I., Noordengraff A. Ballistocardiography in cardiovascular research. Amsterdam, 1967, 63 p.
- 29.
30. Байзаков У.А., Кудабаев К.Ж. Основы медицинской техники. – 1998, Шымкент, изд. Жибек Жолы. 240 стр.
31. Потапов И.В., Селищев С.В. Телемедицинская ЭКГ система на базе компонентной архитектуры прикладного программного обеспечения. // Медицинская техника, № 3, 2004, С.34-38.
32. Улащик В.С. Физико-фармакологические методы в современной физиотерапии. // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. №5, 2006 г., С.3-8
33. Белик Д.В. Разработка и создание специализированных электрохирургических аппаратов для проведения вмешательств на различных органах человека.// Медицинская техника. 1995, №3, С.4-14
34. Сергеев В.Н., Белов С.В. Новый метод высокочастотной электрохирургии (Coblation-технология).// Медицинская техника. 2003, №1, С.21-23
35. Зубкова С.М. Современные аспекты магнитотерапии. // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2004, №2, С.3-9

36.	Левашенко Г.И. Облучение крови ультрафиолетовым излучением. // Медицинская техника. 1999, №3, С.30-32
37.	Современная компьютерная и магнитно-резонансная томография в многопрофильной клинике. // Материалы международной конф. Под редак. академика РАМН Федорова В.Д., -М., 1997, 296 с.
38.	Хусаинова Ш.К. Радионуклидная диагностика в клинике.// Клиницист, №1, 1995, С.58-62
40	Илларионов В.Е. Научно-практические основы информационной медицины. -М,2004, 263 с.
41	Байзаков У.А. Медицинская аппаратура квантовой и нетрадиционной медицины. Шымкент, 2004, типография ЮКГМА, 24 с.

ҚОСЫМША МӘЛІМЕТТЕР

Тұрақты физикалық шамалар

Тұрақты шамалар	Белгіленуі	Сан мәні
Жарықтың вакуумдағы жылдамдығы	c	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Дыбыстың ауадағы жылдамдығы $t = 0^\circ\text{C}$ $t = 20^\circ\text{C}$	v	$331,5 \text{ м/с}$ $342,4 \text{ м/с}$
Авогадро тұрақтысы	N_a	$6,022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Газ тұрақтысы	R	$8,31 \cdot 10^3 \text{ Дж/(К} \cdot \text{кмоль)}$
Больцман тұрақтысы	k	$1,38062 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Фарадей тұрақтысы	F	$9,648456 \cdot 10^4 \text{ Кл/кмоль}$
Планк тұрақтысы	h	$6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Стефан –Больцман тұрақтысы	σ	$5,6703210^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$
Вин тұрақтысы	b	$2,8979 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Электрлік тұрақты	ϵ_0	$8,85418782 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магниттік тұрақты	μ_0	$1,25663706144 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$
Электрон заряды	e	$1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Массаның атомдық бірлігі	$m.а.б.$	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Электрон массасы	m	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Протон массасы	m_p	$1,00727670 \text{ м.а.б}$
нейтронның массасы	m_n	$1,008665012 \text{ м.а.б.}$
Пи саны	π	$3,14159$
e саны	e	$2,71828$

Физикалық шамаларды ондық еселік немесе ондық бөлшек түрінде жазуда қолданылатын жұрнақтар және олардың атаулары мен белгіленуі

Жұрнақтардың аталынуы	Көбейткіш түрінде жазылу	Белгіленуі	Жұрнақтардың аталынуы	Көбейткіш түрінде жазылу	Белгіленуі
Тера	10^{12}	T	Деци	10^{-1}	д

Гига	10^9	Г	Сант	10^{-2}	с
Мега	10^6	М	Милли	10^{-3}	м
Кило	10^3	к	Микро	10^{-6}	мк
Гекто	10^2	г	Нано	10^{-9}	н
Дека	10^1	да	Пико	10^{-12}	п

Грек әліпбиі

Әріп түрі	Оқылуы	Әріп түрі	Оқылуы	Әріп түрі	Оқылуы
<i>Aa</i>	альфа	<i>Ii</i>	йота	<i>Pp</i>	ро
<i>Bb</i>	бета	<i>Kk</i>	каппа	<i>Σσ</i>	сигма
<i>Γγ</i>	гамма	<i>Λλ</i>	ламбада	<i>Ττ</i>	тау
<i>Δδ</i>	дельта	<i>Μμ</i>	мю	<i>Υυ</i>	ипсилон
<i>Εε</i>	эпсилон	<i>Νν</i>	ню	<i>Φφ</i>	фи
<i>Ζζ</i>	дзета	<i>Ξξ</i>	кси	<i>Χχ</i>	хи
<i>Ηη</i>	эта	<i>Οο</i>	о микрон	<i>Ψψ</i>	пси
<i>Θθ</i>	тэта	<i>Ππ</i>	пи	<i>Ωω</i>	омега

Латын әліпбиі

Әріп түрі	Оқылуы	Әріп түрі	Оқылуы	Әріп түрі	Оқылуы
<i>Aa</i>	а	<i>Jj</i>	джи	<i>Ss</i>	эс
<i>Bb</i>	бе	<i>Kk</i>	ка	<i>Tt</i>	те
<i>Cc</i>	це	<i>Ll</i>	эль	<i>Uu</i>	у
<i>Dd</i>	де	<i>Mm</i>	эм	<i>Vv</i>	ве
<i>Ee</i>	е, э	<i>Nn</i>	эн	<i>Ww</i>	дубль ве
<i>Ff</i>	эф	<i>Oo</i>	о	<i>Xx</i>	икс
<i>Gg</i>	ге, же	<i>Pp</i>	пе	<i>Yy</i>	игрек
<i>Hh</i>	аш, хе	<i>Qq</i>	ку	<i>Zz</i>	зет
<i>Ii</i>	и	<i>Rr</i>	эр		

Ұзындық өлшем бірліктері

$$1 \text{ мкм (микрометр)} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$1 \text{ км} = 1 \cdot 10^3 \text{ м}$$

Аудан өлшем бірліктері

$$1 \text{ мм}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$1 \text{ см}^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Көлем өлшем бірліктері

$$1 \text{ мм}^3 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ см}^3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ мл (миллилитр)} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Массаның өлшем бірліктері

1 а. ө. б (атомдық өлшем бірлік)

$$= 1,6603 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$1 \text{ мкг (микрограмм)} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$$

$$1 \text{ мг} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

$$1 \text{ г} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$1 \text{ кг} = 1 \cdot 10^3 \text{ г}$$

Тығыздықтың өлшем бірліктері

$$1 \text{ г/см}^3 = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ кг/л} = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$1 \text{ г/мл} = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

Күш өлшем бірліктері

$$1 \text{ дин} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$1 \text{ кГ} = 9,81 \text{ Н}$$

Қысымның өлшем бірліктері

$$1 \text{ мм. сынап бағ.} = 133,322 \text{ Н/м}^2$$

$$1 \text{ бар} = 1 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Жылу өлшем бірліктері

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж} \approx 4,19 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж}$$

Жұмыс және энергия өлшем бірліктері

$$1 \text{ эрг} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

$$1 \text{ вт} \cdot \text{сағ} = 3600 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж} \approx 4,19 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ эв (электронвольт)} = 1,60206 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$10^{-19} \text{ Дж} \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Уақыттың өлшем бірліктері

$$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

$$1 \text{ сағ} = 3600 \text{ с}$$

$$1 \text{ тәулік} = 86400 \text{ с}$$

$$1 \text{ жыл} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с}$$

Жылдамдықтың өлшем бірлігі

$$1 \text{ см/сек} = 0,01 \text{ м/сек}$$

$$1 \text{ км/сағ} \approx 0,2778 \text{ м/сек}$$

Үдеудің өлшем бірліктері

$$1 \text{ см/с}^2 = 0,01 \text{ м/с}^2$$

$$1 \text{ мм/с}^2 = 0,0001 \text{ м/с}^2$$

Электр зарядының өлшем бірлігі

$$1 \text{ а} \cdot \text{сек} = 1 \text{ Кл}$$

$$1 \text{ а} \cdot \text{сағ} = 3600 \text{ Кл}$$

$$1 \text{ электрон заряды} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Электр тоғының өлшем бірліктері

$$1 \text{ мка (микроАмпер)} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

$$1 \text{ ма (миллиАмпер)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$1 \text{ кА} = 1 \cdot 10^3 \text{ А}$$

Электр потенциалының өлшем бірліктері

$$1 \text{ мкВ (микровольт)} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ В}$$

$$1 \text{ мВ (милливольт)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ В}$$

$$1 \text{ кВ} = 1 \cdot 10^3 \text{ В}$$

Электр сымдылығының өлшем бірліктері

$$1 \text{ пф (пикофарада)} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ мкф (микрофарада)} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Электр кедергісінің өлшем бірліктері

$$1 \text{ ком} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

$$1 \text{ Мом} = 1 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

Электр энергиясының және оның жұмысының өлшем бірліктері

$$1 \text{ вт} \cdot \text{сек} = 1 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ вт} \cdot \text{сағ} = 3600 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ МэВ} \cdot \text{сек} \approx 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

Қуат өлшем бірліктері

$$1 \text{ эрг/сек} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ Вт}$$

$$1 \text{ мкВт (микроВатт)} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$$

$$1 \text{ мВт (миллиВатт)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

Магнит ағының өлшем бірлігі

$$1 \text{ мВб (милливебер)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$1 \text{ Мкс (Максвелл)} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ Вб}$$

Магнит өрісі кернеулігінің өлшем бірлігі

$$1 \text{ а/см} = 100 \text{ А/м}$$

$$1 \text{ э (Эрстед)} = 1/4\pi \cdot 10^3 \text{ А/м} =$$

$$79,6 \text{ А/м}$$

Магнит ағының өлшем бірлігі

$$1 \text{ Вб/м}^2 = 1 \text{ Тл}$$

$$1 \text{ Вб/см}^2 = 1 \cdot 10^4 \text{ Тл}$$

$$1 \text{ Гс (Гаусс)} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

Электр қуатының өлшем бірліктері

$$1 \text{ мвт} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$1 \text{ квт} = 1 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ Мвт} = 1 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

Жарықтылықтың өлшем бірліктері

$$1 \text{ кандела/см}^2 = 10^4 \text{ кд/м}^2$$

$$1 \text{ стильб} = 1,005 \cdot 10^4 \text{ кд/м}^2$$

$$1 \text{ кд/м}^2 = 10^{-4} \text{ кд/см}^2$$

$$1 \text{ кд/м}^2 = 9,95 \cdot 10^{-5} \text{ сб}$$

Жарықталынудың өлшем бірліктері

$$1 \text{ фот} = 10^4 \text{ лк}$$

$$1 \text{ млфот} = 10 \text{ лк}$$

$$1 \text{ люкс} = 10^{-4} \text{ фот}$$

$$1 \text{ люкс} = 1 \text{ люмен/м}^2$$

Индуктивтіліктің өлшем бірлігі

$$1 \text{ мГн (миллигенри)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$1 \text{ В·с} = 1 \text{ Гн}$$