

ONTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы		044 -35/.... (Ф) ()
«Биофизика» пәні дәріс комплекстері		20 беттің 1-беті

ДӘРІС КЕШЕНІ

Пәні: Биофизика

Пән коды: Biof 1203

ББ атауы: 6B10106 «Фармация»

Оқу сағаттарының /(кредиттердің) көлемі: 90/3

Курс және семестрлік оқу: 1/2

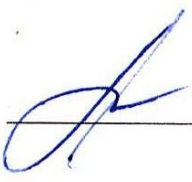
Дәріс көлемі: 5

Шымкент, 2023 жыл

ONTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы		044 -35/.... (Ф) ()
«Биофизика» пәні дәріс комплекстері		20 беттің 2-беті

Дәріс кешені «Биофизика» пәнінің жұмыс оқу бағдарламасына (силлабус) сәйкес әзірленген және кафедра мәжілісінде талқыланды.

Хаттама № 12 26 « 05 » 2023 ж.

Кафедра меңгерушісі, ф-м.ғ.к., асс.проф.  М.Б. Иванова

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 3-беті

№ 1 Дәріс

1. Тақырыбы: Механикалық тербелістер.

2. Мақсаты: Механикалық тербелістердің физикалық мағынасын түсіндіру.

3. Дәріс тезистері:

Қандай қозғалысты тербелмелі қозғалыс деп атайды? Тербелмелі қозғалыс деп жүйе тепе-теңдік күйінен ауытқи отырып әрқашан оған қайтып келетін үдерісті айтады.

Еркін тербеліс деп сырттан әсер етпейтін, тек дененің алғашқы алған энергия есебінен тербеліске түсуін айтады.

Еркін тербеліске үш үлгі:серіппелі, математикалық және физикалық маятниктер мысал болады.

Еркін тербелісті сипаттау үшін сәйкес дифференциалдық теңдеу алу керек. Осы мақсатта екі мысал қарастырайық: 1. Массасы «m» дене серіппеге ілінген. Бұл жағдайда денеге әсер етуші «F₁» серпімді күші, оның «mg» ауырлық күшімен теңестіріледі.

Егер серіппені «x» қашықтыққа созса, онда денеге қосымша шамасы үлкен серпімді күш әсер етеді: F₁ + F. Српімді күштің өзгеруі Гук заңына сәйкес дененің «x» ығысуына немесе серіппенің ұзындығына пропорционал болады: F = - kx, мұндағы «k»- серіппенің қаттылығы деп аталатын пропорционалдық коэффициент; теріс таңба күш әрқашан тепе-теңдік күйіне қарай бағытталатынын көрсетеді:

x > 0 болғанда, F < 0 болады, x < 0 болғанда F > 0 болады. 2. Математикалық маятник тепе-теңдік қалпынан аз «α» бұрышқа ауытқыған. Бұл ауытқуды қозғалыстың траекториясы деп қарастырсақ, оның бағыты «OX» өсі бағытымен сәйкес келеді.

Бұл кезде мынандай жуықтап алған теңдіктер орын алады: $a \approx \sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx x/l$, мұндағы «x»- маятниктің тепе-теңдік қалпына салыстырғандағы ығысуы, l- маятник жібінің ұзындығы. Маятникке жіптің «F_n» керілі күші және «mg» ауырдық күші әсер етеді. Олардың тең әсерлі күші: мұндағы $k=mg/l$ – пропорционалдық коэффициент.

Аз серпімді деформация кезінде пайда болатын күшті серпімді немесе квазисерпімді күштер деп атайды.

Денеге серпімді күштен басқа «F_c» кедергі күші әсер етеді. Ньютонның екінші заңы негізінде материалдық нүктенің қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеуді алуға болады:

Осы теңдеуді шеше отырып, материалдық нүктенің (дененің) ығысуын табуға болады.

2. Өшпейтін тербелістер: Кедергі күші F_c = 0 жағдайды қарастырайық. Онда материалдық нүктенің қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеудің түрі:

$k/m = \omega_0^2$ -деп енгізіп, берілген теңдеуді түрлендіргенде, екінші ретті дифференциалдық теңдеу алынады:

Теңдеудің шешуі гармоникалық тербелісті береді:

$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ – гармоникалық заң деп атайды, мұндағы A - амплитуда, ω_0 – циклдік жиілік, $\omega_0 t + \varphi_0 = \varphi$ – тербеліс фазасы, φ_0 - бастапқы фаза (t = 0 -кезінде). Бұнда тербелістің амплитудасы және бастапқы фазасы алдағы шарттарға байланысты яғни t = 0 кезіндегі материалдық нүктенің орналасуы мен жылдамдығына қарай анықталады.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 4-беті

Гармоникалық тербеліс кезінде материалдық нүктенің жылдамдығын табу үшін гармоникалық заңнан уақыт бойынша туынды аламыз: мұндағы $v_m = A \omega_0$ – ең жоғары жылдамдық.

Жылдамдық ығысудан $\pi/2$ фазада озып жүреді. Гармоникалық тербеліс кезінде материалдық нүктенің үдеуін табу үшін жылдамдықтан уақыт бойынша туынды аламыз: мұндағы $a_m = A \omega_0^2$ – ең жоғары үдеу. Үдеу жылдамдықтан $\pi/2$ фазада озып жүреді.

4. Иллюстрациялы материалдар: Презентация, слайдтар.

5. Әдебиет:

1. Байзак Ү. Медициналық биофизика мен медтехникалар бойынша лабораториялық практикум.-Алматы: Эверо, 2015
2. Көшенев Б. Медициналық биофизикадан зертханалық жұмыстар: оқу-әдістемелік құрал.-2 бас, өңделіп, толықтырылған.- Алматы: Эверо, 2013
3. Көшенев Б. Медициналық биофизика: оқулық. -2-ші бас. -Алматы: Қарасай, 2015.
4. Қ.Ж.Құдабаев, Ж.Ж.Абдрахманова, М.А.Махамбетова, А.Н.Сыздық «Физика» /Фармация мамандықтарына арналған оқу құралы/ Алматы- «Эверо» 2016

6. Қорытынды сұрақтары (кері байланысы):

1. Қандай қозғалысты тербелмелі қозғалыс деп атайды?
2. Қандай тербеліс гармоникалық тербеліс деп аталады?

№ 2 Дәріс

1.Тақырыбы: Сұйықтардың қасиеттері.

2. Мақсаты: Студенттерге сұйықтардың механикалық қасиеттерін түсіндіру.

3. Дәріс тезистері:

1. Сұйық молекулаларының арасындағы өзара әсер сұйықтың табиғатын сипаттайды. Сондықтан оның басқа заттардан мынандай ерекшеліктері бар:

- а) сұйықтық молекулалары бір орыннан екінші орынға оңай ығысып, өзінің пішінін оңай өзгерте алады. Яғни сұйық молекуласының ығысқыштығы немесе күш әсерінен бір орыннан екінші орынға қозғалғыштығын оның аққыштық қабілеті деп аталады.
- б) Сұйық молекулалары оңай қозғалғанменде олардың арасында өзара ілінісу немесе ішкі кедергі кездеседі. Сұйықтың мұндай қасиетін тұтқырлық деп атайды.
- в) Егер сұйық сырттан күш әсер етіп тұрған жабық ыдыста тұрса, қысымға ие болады.
- г) Қалыпты күйде сұйық молекулаларының арасындағы ішкі үйкеліс аз болса, сұйықтың ағысын ламинарлы ағыс деп аталады.Егер ағыс құйынды болса оны турбулентті деп атайды.
- д) Стационарлық ағыс деп, сұйықтың кез келген жерінде оның бөлшектерінің жылдамдығы $v = \text{const}$ болатын ағысты атайды.

2. Белгілі бір деңгейдегі сұйық бөлігінің қысымы «Р», жылдамдығы «v» және горизонтпен салыстырғандағы сұйық молекуласының өзара орналасуы «h» арасындағы байланысты анықтау үшін сұйық ағынынан жан-жағынан ток сызықтарымен шектелген ток түтігі бөліп алынған.

Бірлік уақыт ішінде түтіктің кез-келген перпендикуляр көлденең қимасынан ағып өтетін сұйықтың көлемі $\Delta V = v \cdot S = \text{const}$, өзгермейтіндіктен сұйық бөлшектері тек түтік ішінде ағады. Көлемі $\Delta V = S_1 \Delta l_1 = S_2 \Delta l_2$ сұйықтың аз бөлігі «1» жағдайдан «2»

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 5-беті

жағдайға орын ауыстырсын (1 сурет).

Массасы « Δm » сұйық бөлігінің орын ауыстыруы S_1 және S_2 көлденең қимаға түсетін қысым күшінің айырмасының болады. Көлденең қимадағы қысым күші: $S_1 F_1 = P_1 S_1$; $S_2 F_2 = P_2 S_2$

Өте аз Δt уақыт ішінде сыртқы күш әсерінен сұйық молекулалары S_1 көлденең қимасынан $\Delta l_1 = v_1 \Delta t$, ал S_2 көлденең қимасынан $\Delta l_2 = v_2 \Delta t$ қашықтыққа орын ауыстырсын, сол кезде жұмыс өндіріледі:

$\Delta A = F_1 \Delta l_1 - F_2 \Delta l_2 = P_1 S_1 v_1 \Delta t - P_2 S_2 v_2 \Delta t$, мұндағы $S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t = \Delta V$ десек, сонда: $\Delta A = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = (P_1 - P_2) \Delta V$.

Сонымен өндірілген жұмыс түтіктің ұштарындағы қысымның айырымына байланысты. Осы жұмыс сұйық «1» жағдайдан «2» жағдайға орын ауыстырғанда түтіктің ұштарындағы потенциалдық және кинетикалық энергияны ($A = \Pi + K$, где $\Pi = mgh$, $K = mv^2/2$) өзгертуге жұмсалады. Сәйкес мәндерін орнына қойғанда:

$P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = (\Delta m g h_2 + \Delta m v_2^2 / 2) - (\Delta m g h_1 + \Delta m v_1^2 / 2)$ - теңдеуі алынады.

Бірінші жағдайды сипаттайтын шамаларды теңдіктің сол жағына екінші жағдайды сипаттайтын шамаларды теңдіктің оң жағына шығарғанда:

$P_1 \Delta V + \Delta m g h_1 + \Delta m v_1^2 / 2 = P_2 \Delta V + \Delta m g h_2 + \Delta m v_2^2 / 2$ - теңдеуі алынады. Соңғы теңдеудің екі жағын $\Delta V = \text{const}$ бөлгенде:

$P_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$ - теңдеуі алынады. Мұндағы $\rho = \Delta V / \Delta m$ – сұйықтың тығыздығы.

Түтіктің кез-келген жері үшін соңғы теңдеуді $P + \rho g h + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$ - түрінде алуға болады. Бұл Бернулли теңдеуі деп аталады. Мұндағы P – статикалық қысым, $\rho g h$ – гидростатикалық қысым, $\rho v^2 / 2$ - динамикалық қысым.

Сонымен Бернулли теңдеуі түтіктің кез-келген бөлігі үшін статикалық, гидростатикалық және динамикалық қысымдардың арасындағы байланысты сипаттайды. Бернулли теңдеуіне сәйкес түтіктің кез-келген бөлігі үшін статикалық, гидростатикалық және динамикалық қысымдардың қосындысы өзгермейді яғни әр уақытта тұрақты болады.

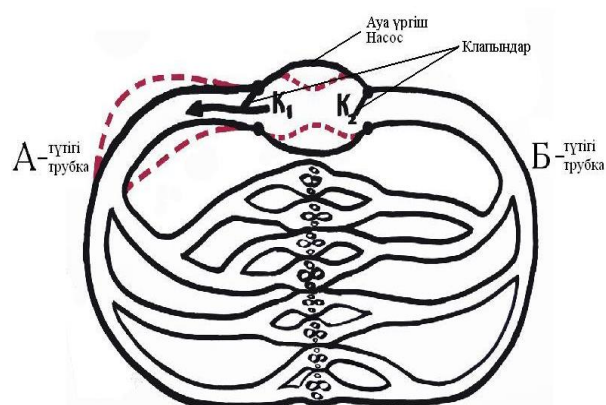
Егер сұйық горизонталь түтік бойымен қозғалса молекуланың өзара орналасуы барлық жерде бірдей болады. Яғни гидростатикалық қысым ($\rho g h = \text{const}$) тұрақты болады. Сондықтан берілген теңдеу

$P + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$ түрінде жазылады. Бұл Бернулли ережесі деп аталады.

Бернулли ережесіне сәйкес горизонталь түтіктің кез-келген бөлігі үшін статикалық және динамикалық қысымдардың қосындысы өзгермейді яғни әр уақытта тұрақты болады.

Бұл ереже формация мен медицинада мынадай бағытта қолданылады:

1) диагностикада, яғни ережеге сәйкес



ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 6-беті

түтіктің, тамыр жүйесінің ішкі қуыстылығы тарылған жерінде жылдамдықтың артып, динамикалық қысымның күрт көбейетіндігін, ал статикалық қысымның күрт кемитіндігін сипатталады. Сондықтан оны тамыр жүйесіндегі қанның ағуын бағалау үшін қолданылады. Тамыр жүйесінің қуыстылығы кеңіген жерде сұйықтың жылдамдығы азайып, динамикалық қысым күрт кемиді, статикалық қысымы күрт артады.

2) Емдеуде бұл әдіс ағзаның ішкі бөлігіндегі сұйықтарды сыртқа сорып шығару үшін қажетті дыбыссыз, таза сорғыш қондырғыны жасау үшін қолданылады.

Қанның тамыр жүйесімен ағыуын түсіндіру үшін, іші сұйықпен толтырылған «А» және «Б» түтігінен тұратын тұйық жүйені қарастырайық.

Егер үргішке сырттан күш түсірсе, онда қысым артып «К₁» клапны арқылы сұйықтың белгілі бір мөлшері «А» түтігіне ығыстырылады. Түтіктердің қабырғалары серпімді созылмалы материалдан жасалған яғни «А» түтіктің қабырғасы созылып, өзіне түскен артық сұйықтың мөлшерін қабылдайды, қысымы артады. Созылған қабырға бірте-бірте жиырылып бастапқы қалпына келеді. Осы кезде сұйықтың артық мөлшері түтіктің келесі бөлігіне ығыстырылады. Ол жерде осы құбылыс қайталанады. Сонымен сұйық ырғақты қозғалысқа ие болады. Ең соңында «Б» түтігіне жиналады да қысым артады «К₂» клапны ашылып, сұйық қайтадан үргішке түседі.

Көшірменің (моделдің) бір кемшілігі тармақтардың саны көбейген сайын, сұйықтың қабырғалары мен жанасатын жерінде ішкі кедергісі артады. Бұл сұйық жылдамдығының кемуіне алып келеді. Бұл кемшілікті тірі ағзада жүректің жұмысы жояды.

Осы айтылған заңдылықтар тірі ағзадағы қан айналымында толық орын алады. Сыртқы күштің қызметін жүрек атқарады.

Жүрек бос фазасы жұмыстық фазасымен ырғақты ауысып тұратын үргіш. Жүрек қарыншасының жиырылуын жұмыстық фаза немесе систола деп атайды. Ал оның босауын бос фаза немесе диастола деп атайды. Жүректің сол қарыншасы әрбір жиырылған сайын қолқаға 60-70 мл мөлшерінде қан лақтырылады. Қолқаның қабырғасы созылып, өзіне қанның артық мөлшерін қабылдайды. Қабырғалары созылмалы болғандықтан қайтадан жиырылып, қанды ең жақын артерия тамырларына ығыстырады. Артерия тамырларында осы айтылған жағдайлар қайталанады да қан 0,3-0,5 м/с жылдамдықпен ағатын ырғақты ағысқа ие болады. Бұл кезде қысым тамырдың қабырғаларын тербеліске түсіреді. Бұл тербеліс артериялық тамыр жүйесімен 6-8 м/с жылдамдықпен тарайды. Мұны пульстік толқын немесе пульс деп атайды.

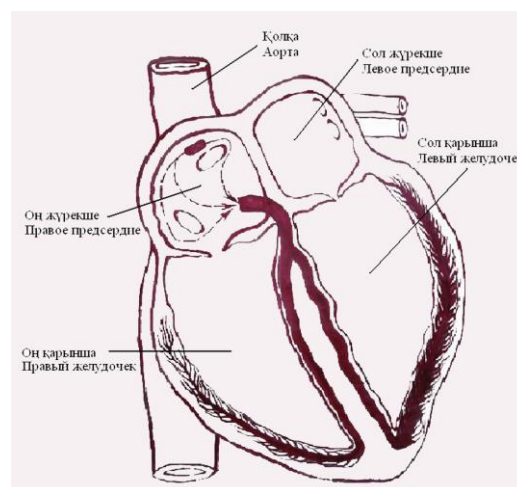
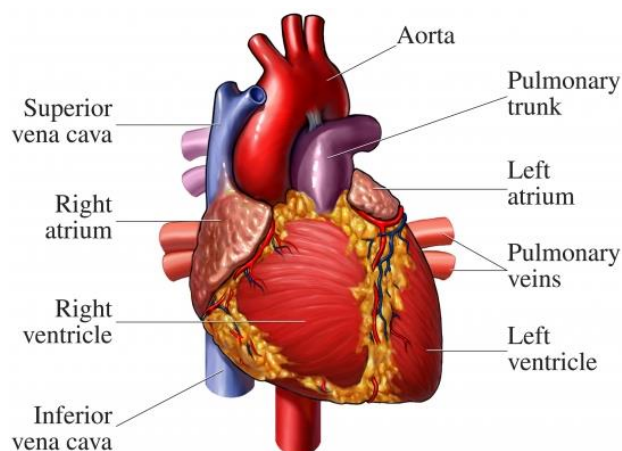
Қанның тамыр жүйесімен ағуына мынандай факторлар өз әсерін тигізеді:

- 1) тамыр жүйесінің ішкі қуыстылығы
- 2) тамыр қабырғаларының жағдайы (тонусы)
- 3) қанның тұтқырлығы
- 4) жүйедегі қанның жалпы мөлшері
- 5) жүректің жұмысы

Жалпы қалыпты адам ағзасындағы қанның ағысы қабатты ламинарлы ағыс деп қарастырылады. Егер осы шарт бұзылса ағыс турбулентті ағысқа айналады. Бұл кезде дыбыс пайда болады. Мұны жүректің шуылы деп атайды. Жүректің шуылы не тамыр жүйесінің ішкі қуыстылығы тарылған кезде не жүрек клапандарының уақытысында

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 7-беті

ашылып не жабылмауынан болады.



4. Иллюстрациялы материалдар: көрме, слайдтар.

5. Әдебиеттер:

1. Қ.Ж.Құдабаев, Ж.Ж.Абдрахманова, М.А.Махамбетова, А.Н.Сыздық «Физика» /Фармация мамандықтарына арналған оқу құралы/ Алматы- «Эверо» 2016
2. Көшенев Б. Медициналық биофизика: оқулық. -2-ші бас. -Алматы: Қарасай, 2015.
3. Көшенев Б. Медициналық биофизикадан зертханалық жұмыстар: оқу-әдістемелік құрал.-2 бас, өңделіп, толықтырылған.- Алматы: Эверо, 2013

6. Қорытынды сұрақтары (кері байланысы):

1. Сұйықтардың механикалық қасиеттері қандай?
2. Сұйық молекулаларының ерекшеліктері неде?

№ 3 Дәріс

1. Тақырыбы: Термодинамика.

2. Мақсаты: Студенттерге жылу және басқа энергия түрлерінің өзара айналуы кезінде жүретін үдерістерге термодинамика заңдарын қолдануды түсіндіру.

Жоспары:

1. Термодинамиканың бірінші заңының маңызы.
2. Идеал газдардағы жүретін үдерістерді термодинамиканың бірінші заңы арқылы түсіндіру.
3. Термодинамиканың екінші заңы.
4. Энтропия. Бос және байланысқан энергия.
5. Биологиялық жүйенің энтропиясы.
6. Адам ағзасы ашық жүйе.

3. Дәріс тезистері:

Энергиялардың бір түрден екінші түрге ауысып зертеумен айналысатын физиканың бөлімі термодинамика деп аталады.

Термодинамикалық дене немесе жүйе деп белгілі бір көлемге ие болатын немесе онда жүретін үдерістерді қарастыруға ыңғайлы қоршаған ортадан шартты түрде бөлініп алынған заттарды айтады. Теңсіздік күйде тұрған тұйық (оқшауланған) жүйе өз бетінше тұрақты жүйеге өтеді. Жүйенің бір күйден екінші күйге бірнеше аралық

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы		044 -35/... (Ф) ()
«Биофизика» пәні дәріс комплекстері		20 беттің 8-беті

сатылар арқылы өтуін термодинамикалық үдеріс (процесс) деп атайды.

Тура бір бағытта және қайтадан кері бағытта өтетін үрдістерді қайтымды үдеріс деп атайды. Бұндай үдерістер тізбекті бірнеше тұрақты күйден тұрады. Бұған газдарда баяу жүретін сығылу, ұлғаю, қызу және салқындау үдерістерін жатқызуға болады. Қайтымсыз үдеріс деп аралық күйдің ең болмаса біреуі тұрақсыз болатын және қайтадан тез өзгертін сығылу, ұлғаю, қызу, салқындау, диффузия, жылудың берілуі және т.б. бастапқы қалпына келмейтін үдерісті айтады. Термодинамиканың негізін оның заңдары құрайды.

Термодинамиканың бірінші заңы тұйық жүйеге берілген жылу дың энергияның басқа түріне айналуының сандық сипатын береді. $dQ = dU + dA$

Тұйық жүйеге берілген жылу мөлшері жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге және сыртқы күшке қарсы жұмыс атқаруға жұмсалады.

Идеал газдардағы жүретін үдерістерді термодинамиканың бірінші заңы арқылы түсіндіру үшін келесі үдерістерді қарастырайық:

1. Изохоралық үдеріс газдың көлем тұрақты $V = \text{const}$, болғанда қысыммен температура арасындағы байланысты қарастырады, яғни газ сыртқы күшке қарсы жұмыс $dA = 0$ атқармайды. Газға берілген жалпы жылу мөлшері $dQ = dU$ тек ішкі энергияны өзгертуге жұмсалады.

2. Изобаралық үдеріс газдың қысым тұрақты $P = \text{const}$, болғанда көлеммен температура арасындағы байланысты қарастырады. Газға берілген жалпы жылу мөлшері ішкі энергияны өзгертуге және сыртқы күшке қарсы жұмыс атқаруға жұмсалады. Газ қызады, ұлғаяды және сыртқы күшке қарсы жұмыс атқарады.

$$dQ = dU + dA = dU + P dv$$

3. Изотермиялық үдеріс газдың температурасы тұрақты $T = \text{const}$, болғанда қысыммен көлем арасындағы байланысты қарастырады. Газдың ішкі энергиясы $dU = \text{const}$ өзгермейді. Газға берілген жалпы жылу мөлшері $dQ = dA$ тек сыртқы күшке қарсы жұмыс атқаруға $dQ = dA$ жұмсалады.

4. Адиабаталық үдеріс деп тұйық жүйе сыртқы ортамен жылу алмаспай жүретін $dQ = 0$ үдерісті айтады. Мұндай үдеріс кезінде жұмыс тек ішкі энергияның есебінен орындалады $dQ = 0$ үдеріс $dA = -dU$ кемуі $dA = -dU$.

Дененің жылу сиымдылығы деп оның жылу қабылдағыш қабілетін сипаттайтын физикалық шаманы яғни дене температурасын бір градус Кельвинге өзгертуге қажетті жылу мөлшерін айтады. Ол термодинамикалық үдерістерге байланысты болғандықтан изобаралық C_p және изохоралық C_v меншікті жылу сиымдылықтары қолданылады Осы екі жылу сиымдылықтарының қатынысын $G = C_p / C_v$ термодинамикада адиабата көрсеткіші деп атайды.

№	Изоүдерістер	Термодинамиканың бірінші заңы $dQ = dU + dA$	Изоүдерістердегі жылу сиымдылық $C = dQ/dT$
1.	Изотермиялық үдеріс, $T = \text{const}$	$dU = 0, dQ = dA$	$dT = 0, C_T = \infty$
2.	Изобаралық үдеріс, $P = \text{const}$	$dQ = dU + dA$	$C_p = dU/dT + dA/dT = C_v + R,$ $C_p - C_v = R$ – Майер теңдеуі

3.	Изохоралық үдеріс, $V = \text{const}$	$dA = 0, dQ = dU$	$C_V = dU/dT$
4.	Адиабаталық үдеріс	$dA = -dU$	$C_A = 0$

Термодинамиканың 1-ші заңы тұйық жүйедегі энергияның бір түрден екінші түрге ауысуының сандық сипаттамасын береді. Ал бұл заң жүйедегі процестердің жүру бағытын көрсете алмайды. Сондықтан оны термодинамиканың 2-ші заңы тұйық жүйедегі процестердің өзгеру бағытын көрсетеді. Бұл заңды түсіндіру үшін энтропия деген ұғым енгізілген.

Энтропия деп изотермиялық жолмен өзгертін тұйық жүйедегі жылу мөлшерінің сол температураға қатынасын айтады. $S = \frac{Q}{T}$

Заңдылықты сипаттау үшін энтропияның өзгерісі қолданылады.

$dS = \frac{dQ}{T}$ $dQ = T \cdot dS$ Бұдан жүйедегі өзгертін жылу мөлшерін энтропияның өзгерісі арқылы сипаттауға болады. Тұйық жүйе үшін термодинамиканың бірінші заңы мына түрде жазылады.

$dU = dA + dQ$ Мұндағы dU - тұйық жүйенің ішкі энергиясы ішкі күшке қарсы атқарылатын жұмыс жүйенің бос энергиясы есебінен орындалады.

Ал dQ жүйеден бөлініп шығатын жылу байланысқан энергияның есебінен болады.

Сонымен тұйық жүйенің ішкі энергиясы бос және байланысқан энергияның қосындысынан тұрады.

$dU = dF + TdS$ Тұйық жүйеде процесс ішкі энергия толық таусылғанша жүреді яғни бос энергия келмиді ал энтропия өседі $dF < 0, dS > 0$.

Яғни жүйеде процесс бос энергия кеміп 0-ге, ал энтропия өсіп ең мах жеткенше жүреді. Жүйенің мұндай күйін термодинамикалық тепе-теңдік деп атайды.

Сонымен энтропия процесстің қайтымсыздығының, бос энергия шығынының өлшеуіші. Ұзақ уақыт бойы термодинамиканың 1-ші заңы биологиялық жүйеге қолданылмай келді. Себебі биологиялық жүйе қоршаған ортамен әрі зат, әрі энергия алмаса алатын ашық жүйеге жатады. Ал заң тұйық жүйеге арналып жазылған. Ашық жүйе термодинамиканың 1-заңы бойынша термодинамикалық тепе-теңдікке келу керек. Сондықтан бұл заңды ашық жүйеге қолдану үшін мынадай өзгеріс қолдану қажет. Яғни бос энергия және энтропия екі құраушыға жіктеледі.

$$dF \begin{cases} \nearrow dFi \\ \searrow dFe \end{cases} ; \quad dS \begin{cases} \nearrow dSi \\ \searrow dSe \end{cases}$$

Мұндағы dFi , dSi бос энергия мен энтропияның і құраушылары тұйық жүйеде жүретін биохимиялық және биофизикалық процесстерді сипаттайды. Ал e құраушылары жүйенің қоршаған ортамен энергия алмасуын сипаттайды.

Сонымен термодинамиканың 1-ші заңы ашық жүйе үшін мына түрде жазылады.

$$dU = dFi + dFe + TdSi + TdSe.$$

Ағзадағы барлық биохимиялық, биофизикалық процесстер қайтымсыз

ONTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 10-беті

болғандықтан, энергияның бір бөлігі жылу түрінде босап шығады. Сондықтан $dF_i < 0$, $Tds_i > 0$.

Сонымен ағзада жүретін процесстер бос энергияның кему, энтропияның өсу бағытында жүреді.

Тірі ағза ашық термодинамикалық жүйе болғандықтан ол қалыпты күйде болады. Қалыпты күй деп (оны сипаттайтын шамалар) сыртқы қоршаған ортамен әрі зат әрі энергия алмаса отырып уақыт ішінде өзгермейтін жүйенің күйін айтады.

И.Пригожин ашық жүйені зерттей келіп, оның қалыпты күйін сипаттайтын мынадай тұжырым жасады. Қалыпты күйде ағзада жүретін қайтымсыз процестерді сипаттайтын энтропияның өзгеру жылдамдығы мүмкін болатын мәндердің ішінен ең аз оң мәнге ие болды, яғни қалыпты күйде ұстап тұру үшін бос энергияның ішінен ең аз бос энергияның шамасын қабылдауды қажет етеді. Яғни ағза өзіне тиімді энергетикалық деңгейде жұмыс істеуге тырысады. Ағзаны тұрақты деңгейде сақтау үшін энтропиясы теріс жоғарғы молекулалық тағам қолданылады.

4. Иллюстрациялы материалдар: көрме, слайдтар.

5. Әдебиеттер:

1. Қ.Ж.Құдабаев, Ж.Ж.Абдрахманова, М.А.Махамбетова, А.Н.Сыздық «Физика» /Фармация мамандықтарына арналған оқу құралы/ Алматы- «Эверо» 2016
2. Көшенев Б. Медициналық биофизика: оқулық. -2-ші бас. -Алматы: Қарасай, 2015.
3. Көшенев Б. Медициналық биофизикадан зертханалық жұмыстар: оқу-әдістемелік құрал.-2 бас, өңделіп, толықтырылған.- Алматы: Эверо, 2013

6. Қорытынды сұрақтары (кері байланысы):

1. Термодинамиканың бірінші заңының маңызы неде?
2. Идеал газдардағы жүретін үрдістердің ерекшеліктерін ата?
3. Дененің жылу сиымдылығы деген қандай шама?
4. Жылудың басқа энергия түрлеріне айналуы қалай жүреді?
5. Бос және байланысқан энергия қандай бағытта өзгереді?
6. Қайтымсыз үдерістер энтропиясының өсу жылдамдығы қалай анықталады?

№ 4 Дәріс

1. Тақырыбы: Биологиялық мембраналар құрылысы.

2. Мақсаты: Студенттерге биологиялық мембрананың негізгі функциясын, жасуша мембранасының құрылысын, оның дамуын және сұйық мозайкалы моделінің қызметін түсіндіру.

3. Дәріс тезистері:

Мембрана биофизикасы – медицина мен фармация үшін ең маңызды жасуша биофизикасы бөлімінің негізгі тарауы болып есептеледі.

Тіршілікке қажетті көптеген үдерістер биологиялық мембрана арқылы жүреді. Мембранадағы үдерістердің бұзылуы – көптеген патологиялық өзгерістердің негізгі себебі болып табылады. Биологиялық мембранаға әсер ету арқылы адам ағзасына тигізетін емдік әсер, биологиялық мембрананың функциясына әсер ету арқылы іске асырылады.

Тіршіліктің ең кішкентай элементі болып саналатын, өз бетінше өмір сүре алатын жасуша кез келген жәндік пен өсімдік дүниесінің негізі болып табылады.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы	044 -35/.... (Ф) ()	
«Биофизика» пәні дәріс комплекстері		20 беттің 11-беті

Жасушаның өмір сүруінің негізгі шарты болып: оның дербестілігі (автономдығы), яғни өзін қоршаған ортамен бірігіп кетпейді, ондағы жүретін химиялық реакциялардың жеке дара өтуі, сонмен қатар, оның ортамен энергия, зат және ақпарат алмасуы болып табылады. Тірі жасуша ашық термодинамикалық жүйе болып саналады.

Биологиялық мембраналардың негізгі атқаратын қызметтері (функциялары):

1. **Тосқауылдық (барерлік)** – осының арқасында, жасуша өзін қоршаған ортамен реттелінетін, талғампаздық (селективті), селқос (пассивті) және белсенді (активті) зат алмасуын қамтамасыз етеді.

Талғампаздық деп- кей заттардың мембрана арқылы өтуін, ал кей заттардың өте алмауын айтады.

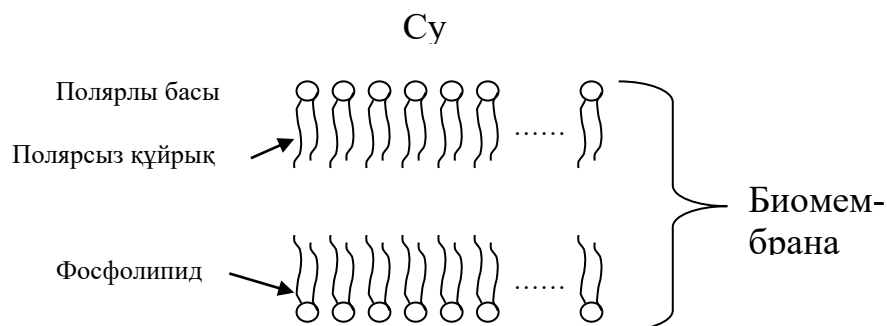
Реттелінетін деп- жасушаның кей заттарды өткізуінің оның функцияналдық күйіне байланыстылығын айтады.

Селқос деп – заттың мөлшері (концентрациясы) көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдануын айтады.

Белсенді деп – заттың мөлшері аз ортадан көп ортаға қарай тасымалдануын атайды.

2. **Матрицалық қызметінің** арқасында мембранадағы ақуыздың бір-біріне байланыстылығы, кеңістіктегі орналасуы мен олардың өз ара әсерлесуі қамтамасыз етіледі.
3. **Механикалық қызметінің** арқасында жасушаның және оның ішкі құрылымының беріктілігі мен дербестілігі қамтамасыз етіледі.
4. **Энергетикалық қызметі** мембрана митохондраның АТФ- молекулаларының синтезін, хлоропластағы фотосинтезді қамтамасыз етді.
5. Биопотенциалдардың пайда болуын қамтамасыз етеді және оларды таратады.
6. **Рецепторлық** (механикалық, акустикалық, көру, сезу, химиялық т.б.) **қызмет** атқарады.

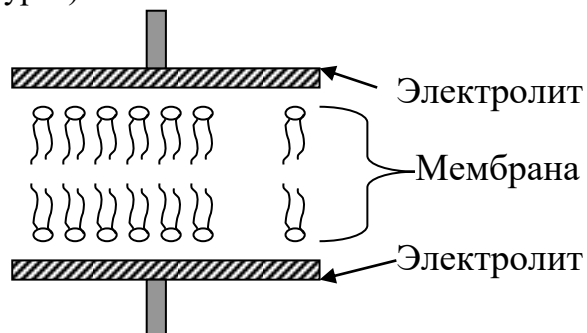
Биологиялық мембрананың ең алғашқы моделін 1902 жылы Овертон ұсынды. Ол мембрана арқылы липидтерде жақсы еритін заттардың жеңіл өтетіндігін байқаған. Осы құбылысты басшылыққа ала отырып, ол биологиялық мембраны фосфолипидтерден құралған жұқа қабаттан тұрады деп санады. Шын мәнінде полярлы және полярсыз орталарды бөліп тұрған қабатта (мысалы су мен ауа) фосфолипидтердің молекулалары бір қатар болып (моноқабат) орналасады. Олардың полярлы «бастары» полярлы ортаға батып, ал полярсыз «құйрықтары» полярсыз ортаға қарай бағытталады (1 сурет).



Бұл тұжырымдардың дұрыстығы биологиялық мембрананың электрлік параметрлерін

Су

өлшеу барысында дәлелденді. Яғни биомембрананың электрлік кедергісі (10^7 Ом м^2) мен электрлік сымдылығының үлкен болатындығын ($0,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ф/м}^2$) анықтады. Биологиялық мембрананы жазық электрлік конденсатор деп қарастыруға болады (2 сурет).



Бимолекулярлы липид қабаты.

Конденсатор астарлары қызметін сыртқы және ішкі ерітінділер (жасуша аралық сұйық) атқарады. Олар диэлектрик яғни диэлектриктік өткізгіштігі $\epsilon=2$ мембранамен бөлінген. Жазық конденсатордың сымдылығы: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{l}$ (1) өрнегімен анықталады, мұндағы $\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ электрлік тұрақты; l – конденсатор астарларының арасы.

Беттің бірлік ауданына сәйкес келетін меншікті сыймдылық: $C_{yd} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{l}$

(2) өрнегімен анықталады. Бұдан конденсатор астарларының арасы яғни мембрананың липидтік қабатының қалыңдығы анықтауға болады.

$$l = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{C_{yd}} \approx \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{0,5 \cdot 10^{-2}} \text{ м} \approx 3 \approx 4 \text{ нм}$$

Осы анықталған шама, липидтердің қалыңдығына сәйкес келеді.

Зерттеулер нәтижесі биологиялық мембраналарда ақуыз молекулалар-дың да болатындығын көрсетті. Мысалы: мембрананың анықталған беттік керілу коэффициентінің сан мәні «ақуыз – су» шекаралық беттің керілу коэффициентіне жақын болған, ал «липид-су» шекаралық беттің керілу коэффициентінің сан мәні одан әлде қайда өзгеше мәнге ие болған.

1935 жылы Даниэли мен Давсон биологиялық мембрананың «бутер-бродтық» моделін ұсынды. Бұл модель бойынша фосфолипидтер молекулалары мембрана бетіне перпендикуляр түрде екі қатар болып орналасқан. Липид молекулалары гидрофилді жағымен мембрананың сыртына, гидрофобты жағымен оның ішіне қарай бағытталып орналасқан. Мембрананың екі қатар орналасқан фосфолипид молекулаларының полярлы топтарына ақуыз молекулалары жабысып орналасады, осының есебінен мембранада иілгіштік, механикалық әсерлерге беріктілік, төменгі беттік керілу қасиеті пайда болады.

Әр қатардағы липид молекуласының ұзындығы шамамен 3-4 нм деп алынса, онда мембрананың қалыңдығы 8 нм тең болады. Сондай-ақ әр белок молекуласына 75-90 фосфолипид молекуласы сәйкес келетіні анықталған.

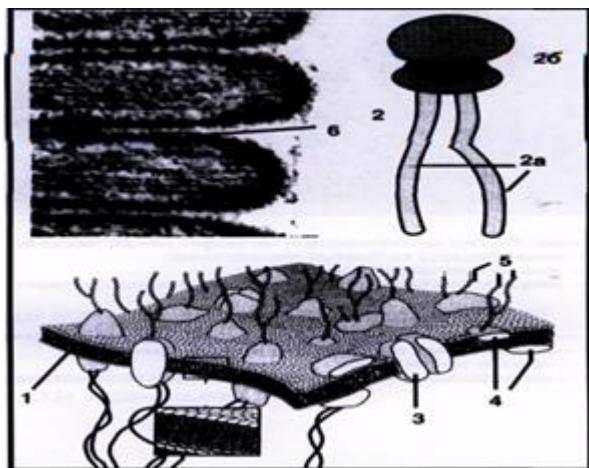
Биологиялық мембрананың құрылысын анықтауда биологиялық зерттеулерде қолданылатын физикалық әдістердің көп ықпалы тиді. Мембрананың құрылысын анықтауда, мембрана молекулаларының атомдарының өз ара орналасуын анықтауда

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 13-беті

қысқа рентгендік сәуле дифракциясына негізделген рентгенқұрылымдық талдау әдісінің көп әсері тиді. Рентген сәулесінің дифракциялық кескіндерін зерттеу мембранадағы липид молекулаларың реттеліп, екі молекулалық қатар болып орналасқанын анықтады. Ал электрондық микроскоп арқылы биологиялық мембрананың кескіні алынды. Липид қабатына батып тұрған, кейбіреулері оны тесіп өтіп тұрған ақуыздардың болатындығы анықталды.

Мембрананың динамикасы, яғни ондағы молекулалардың қозғалысы, мембрананы бұзбай-ақ ЭПР және ЯМР әдістері арқылы анықталды.

Осындай мәліметтер мембрананың құрылымы туралы жаңа тұжырым жасауға алып келді. 1972 ж. Сингер мен Никольсон биологиялық мембрананың жаңа сұйық - мозайкалы моделін ұсынды. Бұл моделге сәйкес мембрананың негізі - екі қабаттан тұратын фосфолипидтер молекуласына жабысып орналасқан ақуыздардан құралған. Орналасуына байланысты ақуыздарды перифериялық (беткі қабатта орналасқан) және интегралды (батып не тесіп орналасқан) деп бөледі.



1- липидтердің қос қабаты

2– липид молекуласы

2а-гидрофобты бөлігі, 2б-гидрофильді бөлігі

3-мембрананы тесіп өткен интегралды ақуыз
4-мембрананың біржағымен байланыс-қан ақуыздар

5- ақуыздармен мембрананың сыртқы жағында байланысқан көмірсулы қосылыстар

6- липидтік қос қабаттың орталық гидрофобты бөлігі

Физиологиялық қалыпты жағдайда липидтер сұйық агрегаттық күйде болады, мұны фосфолипидтер теңізінде қалқып жүрген «айсбергті» ақуыздармен салыстыруға болады. Жүргізілген зерттеулер, химиялық талдаулар ақуыз бен липидтер ара қатнасының әр мембранада әр түрлі болатындығын көрсетті. Бұрынғы модель бойынша (Даниэли -Давсон) олардың ара қатнасы тең болатын. Мысалы, миэлинді мембранада ақуыздар липидтерден 2.5 есе көп болса, эритроците керісінше ақуыз липидтен 2.5 есе аз болады.

Мембранада фосфолипидтер, ақуыздар мен қатар басқа да химиялық қосылыстар болады. Мысалы, жануарлар жасушасында холестерин, гликолидтер, гликопротеидтер т.б. кездеседі.

Қазіргі уақыта мембрананың сұйық мозайкалы моделі қолданылуда. Бұл модель мембрананың қарапайым құрылымын түсіндіреді. Соңғы кездерде мембранадағы ақуыздардың фосфолипидтер теңізінде «айсберг» сияқты емін-еркін жүзіп жүре алмайтындығы анықталды, олар жасушаның ішкі қабаттарына (цитоплазмаға) жабысып орналасады. Мысалы, оларға микрофиламентер мен микротүтікшелер жатады.

Жасуша ашық термодинамикалаық жүйе боғандықтан, ол өзін қоршаған ортамен үнемі зат, энергия және ақпарат алмасады. Мұндай алмасу жасуша мембранасының заттарды өткізгіштік қаблетінің арқасында іске асады. Жасушадағы метаболикалық үдерістер, ондағы биопотенциалдың пайда болуы, жүйке

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 14-беті

импульстарының таралуы т.б. көптеген құбылыстар мембрана арқылы зат зат тасымалдаудың арқасында жүреді және пайда болады. Олай болса биологиялық мембрана арқылы зат тасымалдау – ол жасушаның өмір сүруінің негізгі шарты деп қарау керек.

Биомембрана арқылы зат тасымалдаудың бұзылуы әр түрлі патологиялық өзгерістерге алып келеді. Сондықтан жасушаның өткізгіштігін зерттеудің медицина мен фармация үшін үлкен теориялық және тәжірибелік маңызы бар. Мысалы, кеселді емдеу негізінен дәрінің жасуша мембранасы арқылы өтуіне тікелей байланысты, олай болса дәрілік заттың емдік әсері оны мембрананың қалай өткізуіне тікелей байланысты болады. Сондықтан фармакологиялық заттардың емдік әсерін толық пайдалау үшін оның жасушаның сау және қабыну кезіндегі өткізгіштігін білу керек.

Биологиялық мембрана арқылы заттардың тасымалдануын селқос және белсенді деп екі түрге бөледі.

Селқос тасымалдауға заттарды концентрациясы көп « C_1 » ортадан концентрациясы аз « C_2 » ортаға қарай тасымалдауды, ал электролиттерде электр өрісі потенциалының шамасы үлкен « φ_1 » ортадан аз « φ_2 » қарай тасымалдауды, немесе электрохимиялық потенциалының шамасы үлкен « μ_1 » нүктеден аз « μ_2 » нүктеге қарай тасымалдауды атайды. Селқос тасымалдау сырттан энергия алмай, тек белгі бір градиентте (концентрациялық, электрлік, гравитациялық т.б.) жинақталған энергия есебінен жүреді.

Селқос тасымалдау Гиббс энергиясын азайтуға алып келеді, яғни бұл үдеріс өз бетінше, бос АТФ энергиясын жұмсамай жүреді. Ал белсенді тасымалдау үдерісі Гиббс энергиясын ұлғайтуға алып келеді, яғни бұл үдеріс өз бетінше жүре алмайды, АТФ молекулаларының гидролиз есебінен жүреді.



Селқос тасымалдау кезіндегі тасымалданған зат тығыздығы Теорелла теңдеуіне сәйкес $J = -u \cdot C \cdot d\mu/dx$ - өрнегімен анықталынады, мұндағы « u »—ионның қозғалғыштығы, « C »—зат концентрациясы, минус белгісі тасымалдаудың « μ » кему бағытында жүретіндігін білдіреді.

Торелла теңдеуіне электрохимиялық потенциал мәнін қойса, онда еркінді үшін Нернст-Планк теңдеуі алынады:

$$J_m = -u \cdot R \cdot T \cdot dC/dx = -u \cdot z \cdot C \cdot F \cdot d\varphi/dx$$

Бұл теңдеу селқос тасымалдау тек мөлшерлік айырмашылықтың dC/dx немесе электростатикалық потенциал $d\varphi/dx$ есебінен жүретіндігін көрсетеді. Кейде осы екі градиенттің қатар келуі жағдайында, яғни ортада бір мезгілде концентрациялық және потенциалдық градиентте бар болса, онда тасымалдау бағыты осы концентрациялардың бағытарына байланысты болады, егер: $u \cdot z \cdot C \cdot F \cdot d\varphi/dx > u \cdot R \cdot T \cdot dC/dx$ ($d\varphi/dx < 0$, $dC/dx > 0$)

болса, онда селқос тасымалдау концентрациясы аз ортадан концентрациясы көп

ONTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 15-беті

ортаға қарай жүреді, егер: $u \cdot R \cdot T \cdot dC/dx > u \cdot z \cdot C \cdot F \cdot d\phi/dx$ ($d\phi/dx > 0$, $dC/dx < 0$) болса, онда заттарды тасымалдау үдерісі потенциалы аз ортадан көп ортаға қарай бағытталады.

Теорелла теңдеуі электр өрісі нольге тең болған жағдайда ($d\phi/dx = 0$) және электролит емес заттар үшін $z=0$ қарапайым диффузия үшін алынған Фик теңдугіне айналады: $J_m = - u \cdot R \cdot T \cdot dC/dx$

Эйнштейн қатнасына сәйкес $u \cdot R \cdot T = D$ – диффузия коэффициенті болғандықтан, соңғы теңдеу мына түрде жазылады

$$J_m = - D \cdot dC/dx$$

Селқос тасымалданудың түрлері:

1. Диффузия деп заттардың өз еркімен концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай тасымалдануын айтады. Липид арқылы диффузия құбылысы концентрациялық градиент есебінен жүреді. Бұл кездегі зат ағынының тығыздығы Фик заңы бойынша анықталынады:

$$J_m = - D (C_2 - C_1) / L$$

мұндағы « C_1 , C_2 »-мембрана беттеріндегі зат концентрациялары, « L »- мембрана қалыңдығы, « D » - диффузия коэффициенті. Мембрана қабаты жұқа және заттардың липидте еруі жоғары болған сайын мембрананың өткізгіштік коэффициенті жоғарылайтыны байқалады.

Липидтерде жақсы еритін полярлы емес заттар: органикалық май қышқылдары, эфир т.б.- мембрана арқылы жақсы өтеді, ал липид биқабаты арқылы полярлы, суда ерігіш тұздар, негіздер, аминқышқылдар, спирттер т.б. нашар өтеді.

Мембранадағы ақуыз және липид саңлаулары арқылы липидтерде ерімейтін заттар мен суда ерігіш гидраталған иондар (су молекулаларымен қоршалған) өте алады. Ерімейтін майлы заттар мен иондар үшін мембрана молекулалық тордың ролін атқарады. Молекулалары негүрлым үлкен болған сайын өту дәрежесі төмендейді.

Жеңілдетілген диффузия тасымалдағыш молекулалардың (ақуыз) қатысуымен жүреді. Мысалы: калий ионының тасымалдағышы валиномицин молекуласы. Мембранада орналасқан валиномицин молекуласы сол қабаттағы ертіндідегі калий ионын қосып алып оң зарядталады, оны мембрананың келесі бетіне алып өтеді, яғни тасымалдайды. Тасымалдау көбіне калий ионының концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай бағытталады.

Жүргізілген зерттеулер мынадай жағдайды көрсетті. Мембрана арқылы өте алмайтын кейбір заттарды тасымалдағыш ақуыз сол затпен қатар сол ортадағы ионды қосып алып зарядталған жүйеге айналады (ақуыз+ион+тасымалданатын зат), да мембрана қабатындағы электрлік градиент энергиясы есебінен келесі бетке өтеді. Мысалы, жасушаға қажетті глюкоза осылайша тасымалданады. Мембрананың сыртқы бетінде орналасқан тасымал-дағыш ақуыз глюкозамен қатар сол ортада концентрациясы мол натрий ионын қосып алып зарядталған жүйеге айналады да, электрлік градиент энергиясы есебінен жасушаның ішіне өтеді.

Қарапайым диффузиямен салыстырғанда жеңілдетілген диффузия кезінде зат тасымалдау жылдам жүреді, тасымалдау тығыздығы белгілі бір шамаға дейін ғана артады, әртүрлі заттарды тасымалдау дәрежесі де әртүрлі, мысалы, қант глюкозасы фруктозаға қарағанда жеңіл тасымалданады, ал фруктоза ксилозаға, ал ксилоза

ONTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 16-беті

арабинозаға қарағанда жеңіл тасымал-данады. Сонымен қатар жеңілдетілген диффузияны басып, оның жүруін қиындататын заттар да кездеседі екен. Мысалы, сондай заттарға флоридзин жатады. Ол тасымалдағыш ақуызбен қосылып, тұтас кешен құрап оның жұмысын төмендетеді, соның арқасында қантты мембрана арқылы тасымалдауды тоқтатуға болады. Олай болса, кей заттар көмегімен мембрана арқылы заттарды тасымалдауды реттеуге болады.

Егер тасымалдау кезінде осы көрсетілген жайттар кездессе, онда тасымалдаудың жеңілдетілген түрі орын алды деп есептеуге болады.

Жеңілдетілген диффузияның тағы бір түрі мембранаға көлденең, белгілі бір орындарға бекітіліп орналасқан ақуыз тасымалдағыштар арқылы зат тасымалдау болып табылады. Бұл жағдайда тасымалданатын затты молекулалар бір біріне жеткізу, не беру арқылы іске асырады.

2. Сүзіліс деп су молекулаларының қысым градиенті себебінен мембрана саңлаулары арқылы тасымалдануын айтады. Су молекулаларының тасы-малдану жылдамдығы Пуазейл заңына сәйкес анықталынады:

$dV/dt = (P_1 - P_2)/w$, мұндағы dV/dt - су көлемінің тасымалдану жылдамдығы, $w = 8 \cdot l \cdot \eta / \pi \cdot r^4$ - гидравликалық кедергі, l - саңлау ұзындығы, r - оның радиусы, η - судың тұтқырлығы.

Ағзадағы судың қан тамырлары қабырғалары арқылы өтуінде сүзіліс құбылысының атқаратын роль үлкен, соның арқасында кей патологиялық өзгеріс кезінде сүзіліс ұлғаяды, соның себебінен дене ісінеді.

3. Осмос деп жартылай өткізгіш мембрана арқылы концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай су молекулаларының тасымалдануын айтады. Осмос шын мәнінде су молекуласы үшін диффузия құбылысы деп санауға болады, бұл кезде су молекуласының концентрациясы көп ортадан аз ортаға қарай қозғалуы орын алады. Осмос көптеген биологиялық құбылыстар үшін үлкен маңызы бар. Мысалы, гипотонды ертінділердегі эритроциттердің гемолизі осы құбылыс себебінен жүреді.

4. Иллюстрациялы материалдар: көрме, слайдтар.

5. Әдебиеттер:

1. Қ.Ж.Құдабаев, Ж.Ж.Абдрахманова, М.А.Махамбетова, А.Н.Сыздық «Физика» /Фармация мамандықтарына арналған оқу құралы/ Алматы- «Эверо» 2016
2. Көшенев Б. Медициналық биофизика: оқулық. -2-ші бас. -Алматы: Қарасай, 2015.
3. Көшенев Б. Медициналық биофизикадан зертханалық жұмыстар: оқу-әдістемелік құрал.-2 бас, өңделіп,толықтырылған.- Алматы: Эверо, 2013

6. Қорытынды сұрақтары (кері байланысы):

1. Мембранаың қалыпты күйінің өзгеруіне тигізетін әсерлерді түсіндір?
2. Биологиялық мембрананың негізгі қызметі неде?
3. Мембранаың липидтің бөлігінің қалыңдығын қалай анықтайды?
4. Мембрананың өткізгіштігі және оның мембрана үшін маңызы.
5. Мембрананың өткізгіштігі.
6. Селқос тасымалдау, оның механизмі.
7. Селқос тасымалдаудың түрлері.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 17-беті

№ 5 Дәріс

1. Тақырыбы: Биопотенциал.

2. Мақсаты: Студенттерге тітіркеніс әсерінен қозудың пайда болуын, тыныштық және әрекет потенциалы және олардың молекулярлық механизмін түсіндіру.

3. Дәріс тезистері:

Потенциал термині әр түрлі өрістердің, яғни электростатикалық, гравитациялық т.б. энергетикалық күйін сипаттау үшін қолданылатын физикалық шама. Ал биопотенциал деп ұлпадағы, жасушадағы, тірі ағзадағы электр өрісін және сол өрістің энергиясын сипаттайтын шаманы айтады. Тірі ағзалардағы үдерістер жасуша мен ұлпада электр қозғаушы күшінің, яғни электрлік потенциалдың пайда болуы арқасында жүреді. Жасушаның биопотенциалының шамасы, оның физиологиялық күйі мен ондағы метаболикалық үдерістерге тікелей байланысты болатындықтан, ол жасушаның қалыпты, немесе патологиялық күйі өзгерістерінің көрсеткіші бола алады.

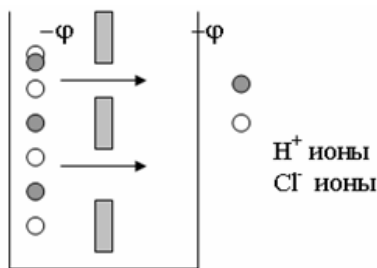
Биопотенциал деп, ағзаның екі нүкте аралығындағы немесе жасуша мембранасының ішкі және сыртқы орталары аралығындағы потенциал айырымын айтады. Биопотенциал тыныштық және әрекет деп екі түрге бөлінеді. Тыныштық потенциалы деп физиологиялық қозбаған күйдегі мембрананың ішкі және сыртқы орталары аралығындағы, ал әрекет потенциалы деп, физиологиялық қозған күйдегі сол нүктелер аралығындағы потенциалдар айырымын айтады.

Биопотенциалдың пайда болу механизмін толық талдау үшін, біз алдымен потенциалдың негізінде қандай физика-химиялық құбылыстар жатқанын, және оның шамасы неге байланысты болатындығын қарастырайық. Жалпы кез келген потенциалдың пайда болуының негізгі шарты, ортада иондардың таралуының бір келкі болмауы деп саналады. Пайда болу механизміне байланысты потенциалдар: диффузиялық, фазалық және мембраналық деген түрлерге бөлінеді:

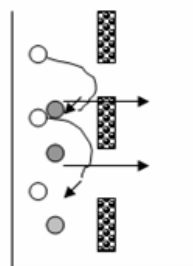
1. Диффузиялық потенциал екі түрлі сұйық ортаны бөліп тұрған шекарадағы иондардың қозғалғыштығының әртүрлі болуынан пайда болады. Мысалы, ыдыстағы тұз қышқылы ертіндісі ортасынан кеуек (поралы) бөгет арқылы бөлінсін делік (1 сурет) және оның сол бөлігінде тұз қышқылының мөлшері оң бөлігіне салыстырғанда көп болсын. Мөлшерлік айырмашылық әсерінен сутегі және хлор иондары ыдыстың сол бөлігінен оның оң бөлігіне қарай өтеді. Айырмашылық деп сан жағынан бірлік ұзындыққа сәйкес келетін шаманы айтады. Мысалы, ертіндінің бір нүктесіндегі мөлшері 25% болсын, ал одан 10 см қашықтықта жатқан екінші нүктедегі мөлшері 5% болса, онда мөлшерлік айырмашылық шамасы:

$$C_{grad} = \frac{C_1 - C_2}{L} = \frac{25\% - 5\%}{10} = 2 \frac{\%}{см} \text{ тең болады.}$$

Диффузия жылдамдығы иондардың қозғалғыштығымен анықталынады. Сутегінің иондарының қозғалғыштығы жоғары болуы себепті, олар хлор иондарын артқа тастап, ыдыстың оң бөлігіне бұрын өтеді. Сутегі иондарының заряды оң таңбалы болуы салдарынан ыдыстың оң жақ бөлігі оң зарядталып, ал сол жақ бөлігінде оң зарядтардың аз болуынан немесе болмауынан сол жақ бөлігі теріс зарядталады. Осылайша пайда болған диффузиялық потенциалдар айырымы «жылдам» иондарды тежеп, «баяу» иондарды үдете қозғайды.



1 сурет



2 сурет

Бұл құбылыс пайда болған электр өрісінің бағыты диффузия күшіне қарсы болғандықтан диффузиялық потенциалдар айырымын тудырады.

Ол Гендерсон теңдеуіне сәйкес: $\varphi = \frac{u - v}{u + v} \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}$ (1) өрнегімен анықталады.

Мұндағы «u» - катионның жылдамдығы, «v» - анионның жылдамдығы, «R» - газ тұрақтысы, «T» - абсолютті температура, «n» - ионның валенттілігі, «F» - Фарадей саны, «C₁» – диффузияның басталатын аймағындағы ионның мөлшері, «C₂» - диффузияның аяқталатын аймағындағы ионның мөлшері. Бұл өрнектен диффузиялық потенциалдың шамасы катион мен анионның қозғалғыштықтарының айырмашылығына, олардың мөлшеріне тікелей байланыстылығы байқалады. Егер катион мен анионның жылдамдығы тең болса, немесе мөлшерлік айырмашылық болмаса, онда диффузиялық потенциалдың шамасы ноль болады.

Биологиялық жүйелерде потенциалдың бұл түрі негізінен жасушаның механикалық түрде зақымдалуы кезінде байқалады. Бұл кезде иондардың зақымдалған аймақтан зақымдалмаған аймаққа қарай диффузиясы байқалады.

2. Мембраналық потенциалды диффузиялық потенциалдың дербес түрі деп қарастыруға болады. Жоғарыда қарастырылған мысалдағы кеуек бөгетті, катиондарды ғана өткізетін жартылай өткізгіш мембранамен ауыстырайық (2 сурет). Бұл жағдайда мембрана арқылы аниондар тіптен өте алмайды, олар үшін мембрана жабық, ыдыстың оң жағына тек сутегі иондары ғана өтеді. Баяу иондардың жылдамдығы $v=0$ болғандықтан (1) теңдеу Нернст теңдеуіне айналады:

$$\varphi = - \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2} \quad (2).$$

3. Фазалық потенциалдар араласпайтын екі фазалық күйдегі заттар шекарасында (судағы электролит ертіндісі мен май) пайда болады. Мысалы, анионға салыстырғанда катиондар майлы ортада жақсы еритін болса, онда ол майлы ортаны сулы ортаға қарағанда оң зарядтайды.

Мембраналық потенциалдың пайда болуы туралы алғашқы теорияны Бернштейн ұсынды. Ал Ходжкин, Хаксли және Катцтар тәжірибе арқылы тексеріп дұрыстығын дәлелдеді. Бұл ғалымдар биопотенциалдың пайда болуында иондық айырмашылықтың үлкен қызымет атқаратындығын, иондардың жасуша мен оны қоршаған ортада таралу механизмі туралы негізгі идеяларды ұсынды. Бұл теорияға сәйкес тыныштық пен әрекет потенциалы мембраналық түрге жатады. Оның пайда болуының негізгі себебі жасуша мембранасының иондарды тандап өткізу әсерінен жасушаның іші мен сыртқы орталарындағы иондардың таралуы әр түрлі болуынан

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы «Биофизика» пәні дәріс комплекстері		044 -35/.... (Ф) () 20 беттің 19-беті

және оны белсенді тасымалдау арқылы ұстап тұруынан болады. Зерттеулер калий мен натрий иондары жасушаның ішкі және сырқы орталарында таралуы әр түрлі болатындығын дәлелдеп отыр. Оны биопотенциалдың пайда болуының ең негізгі себебінің бірі ретінде қарастырады. Сыртқы ортаға салыстырғанда калий ионы жасуша ішінде 20-40 есе көп болады. Ал керісінше жасуша аралық сыртқы ортада натрий ионының мөлшері, ішкі ортаға салыстырғанда 10-20 есе көп болады. Калий иондарының оң зарядтары жасуша ішіндегі органикалық аниондармен (аспарагин, уксус, пирожүзім т.б.) жойылып (компенсацияланып), орта электрлік бейтарап күйге енеді. Ходжкин, Хаксли және Катц теорияларына сәйкес қозбаған күйдегі мембрана негізінен калий иондарын ғана өткізеді. Мөлшерлік айырмашылық салдарынан калий иондары сыртқы ортаға қарай тасымалданады, ал натрий иондары мембрана арқылы өте алмайды, осының салдарынан мембрананың сырқы беті оң, ішкі беті теріс зарядталады. Сыртқы ортаға өткен калий иондары сол ортадағы оң зарядтармен қосылып ортаны оң зарядтайды. Калий иондары өзімен бірге оң зарядтардың біраз бөлігін ала кетеді, соның салдарынан мембрананың ішкі беті теріс зарядталады. Бұл үдеріс иондардың ағынында динамикалық тепе - теңдік орнағанға дейін жүреді.

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

$$\varphi = \frac{RT}{nF} \ln \frac{[K]_i}{[K]_e} \quad (3),$$

мұндағы $[K]_i$, $[K]_e$ – жасушаның ішкі мен сырқы орталардағы калий иондарының мөлшері. Нернст теңдеуі арқылы әртүрлі жасушалар үшін есептелінген потенциалдар айырымы, тәжірибе арқылы анықталған мәніне жақын болды.

Жүргізілген тәжірибелер арқылы биопотенциалдың пайда болуының калилік механизмі толығымен дәлелденді. Сыртқы ортадағы калий мөлшерін үлкен шамада өзгерткенде потенциал шамасы (3) өрнекке сәйкес өзгереді, ал бұл орталардағы калий мөлшерін бірдей етіп алғанда тыныштық потенциалының шамасы нөлге тең болды.

Дәл жүргізілген зерттеулер мембрананың аз мөлшерде натрий мен хлор иондарында өткізетінін көрсетті. Олай болса тыныштық потенциалы осы үш ион диффузиясы әсерінен пайда болады. Сонымен мембранадағы тыныштық потенциалыны K^+ , Na^+ және Cl^- иондарының көмегімен пайда болады. Оның шамасы Гольдман-Ходжкин- Катц теңдеуі арқылы анықталынады:

$$\varphi = \frac{RT}{nF} \ln \frac{P_K [K]_i + P_{Na} [Na]_i + P_{Cl} [Cl]_e}{P_K [K]_e + P_{Na} [Na]_e + P_{Cl} [Cl]_i} \quad (4),$$

мұндағы P_K , P_{Na} , P_{Cl} - мембрананың иондарды өткізгіштік коэффициенті, $[K]$, $[Na]$ және $[Cl]$ иондардың жасуша ішіндегі (i) және сыртындағы (e) мөлшері.

Ходжкин және Катц мәліметтері бойынша, кальмар аксонының тыныштық күйі үшін өткізгіштік коэффициенттерінің ара қатнасы

$P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$ тең болады.

Сыртқы факторлардың әсерінен жасуша қозған күйге көшеді, мұны жасушаның тітіркендіргіштерге берген жауабы деп қараған жөн. Жасуша мембранасының электрлік күйінің, соның ішінде потенциалдар айырымының өзгеруін жасушаның қозуының басты белгісі ретінде сыналады. Әрекет потенциалының қазіргі заманғы

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Медициналық биофизика және ақпараттық технологиялар кафедрасы	044 -35/.... (Ф) ()	
«Биофизика» пәні дәріс комплекстері		20 беттің 20-беті

теориясы: жасуша аралық потенциалдарды бұру, мембранадағы кернеуді тұрақтандыру, радиоизотоптарды қолдану сияқты т.б. әдістер негізінде пайда болды.

1938 жылы Коул мен Кертис қозу кезінде жасуша мембранасының электрлік өткізгіштігінің аз уақыт аралығында күрт артанынын анықтады. Бұл кездері цитоплазманың жалпы кедергісі өзгермеген. Қозу кезіндегі кедергінің кемуін мембрананың кейбір иондарды өткізуінің артуымен ғана түсіндіруге болады, олай дейтініміз зарядтарды тек иондар ғана тасымалдайды, ал олар кедергінің кемуіне тікелей ықпал етеді.

$P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 20 : 0,45$ тең болған, ал тыныштық күйде бұл көрсеткіш $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0.04 : 0,45$ болатын. Олай болса, қозу фазасы кезінде хлор мен калий иондарын өткізу дәрежесі өзгермейді, ал натрий үшін бұл шама 500 есе артады.

4. Иллюстрациялы материалдар: көрме, слайдтар.

5. Әдебиеттер:

1. Қ.Ж.Құдабаев ж.б. «Физика» /Фармация мамандықтарына арналған оқу құралы/ Алматы- «Эверо» 2016
2. Көшенов Б. Медициналық биофизика: оқулық. -2-ші бас. -Алматы: Қарасай, 2015.
3. Көшенов Б. Медициналық биофизикадан зертханалық жұмыстар: оқу-әдістемелік құрал.-2 бас, өңделіп,толықтырылған.- Алматы: Эверо, 2013

6. Қорытынды сұрақтары (кері байланысы):

1. Биомембранадағы потенциалдың түрлері, олрадың пайда болу механизмдерін түсіндір?
2. Тыныштық потенциалы, ол қалай пайда болады?
3. Гольдман – Ходжкин – Катц теңдеуін түсіндір?
4. Әрекет потенциалы, ол қалай пайда болады?