

О.Х.Қўлдашов, З.Мирзаева, З.Абдумаликова

БИОФИЗИКА

(дарслик)

ФАРҒОНА – ТЕХНИКА – 2007

О.Х. Қўлдашов, З. Мирзаева, З. Абдумаликова

БИОФИЗИКА

**Ўзбекистон республикаси Олий ва ўрта ва махсус таълим вазирлиги
Фарғона политехника институти илмий кенгаши томонидан
“Асбобсозлик” таълим йўналиши талабалари учун дарслик
сифатида тавсия этилган**

ФАРҒОНА – ТЕХНИКА – 2007

Дарсликда биофизика асослари, инсон организмида бўладиган жараёнлар, тўқима тузилишларининг фаолияти ҳамда биофизикада қўлланиладиган атама ва аниқликлар кўриб чиқилган. Дарслик етти бобдан иборат қилиб тузилган ва унда биосистемалардаги биофизик жараёнлар, биомеханика масалалари, физиологик акустика, тўқималарнинг тузилиши, биоэлектрик ходисалар, кўриш ва эшиштиш анализаторлари, тирик организмнинг биофизикаси ҳақида маълумотлар келтирилган. Бакалавриатнинг "Асбобсозлик" йўналиши талабалари учун, шунингдек, турдош мутахассисликлар бўйича магистрлар тайёрлашда ва ушбу соҳада ишловчи мутахассислар учун ҳам фойдали бўлиши мумкин.

СЎЗ БОШИ

Организмда физик макрожараёнлардан ташқари, худди жонсиз табиатдаги каби молекуляр жараёнлар ҳам содир бўлади ва улар биологик системаларнинг ҳолатини белгилайди. Бундай микрожараёнларнинг физикасини тушуниш, организм ҳолатини, баъзи бир касалликларнинг табиатини тушуниш, доираларнинг таъсирини ва шу кабиларни тўғирлаш учун зарурдир.

Бу масалаларнинг ҳаммасида физика биология билан шу даражада боғланганки, у мустақил фан – биофизикани вужудга келтиради. Бу фан тирик организмдаги физик ва физик–кимёвий жараёнларни, шунингдек биологик системаларнинг ультраструктурасини ташкил қилишнинг ҳамма жабхаларида – субмолекуляр ва молекулярдан то тўқима ва тўлиқ организмгача ўрганади.

Физиканинг тиббиётда қўлланилиш усуллари тиббиёт физикасининг асосини – амалий физика ва биофизиканинг комплекс бўлимларини ташкил қилади. Уларда физик ходисалар, жараёнлар ва харкатеристикалар тиббиёт масалаларини ҳал қилишда қўлланилган ҳолда қараб чиқилади.

Мазкур дарсликда биофизика асослари, инсон организмида бўладиган жараёнлар, тўқима тузилишларининг фаолияти ҳамда биофизикада қўлланиладиган атама ва аниқликлар кўриб чиқилган.

КИРИШ

Биофизика – бутун организмдаги, унинг айрим орган, тўқима ва хужайраларидаги физик хоссалар ҳамда ходисаларни, шунингдек, ҳаёт фаолиятларини физик–кимёвий асосларини ўрганадиган фан ҳисобланади. Молекуляр биофизика мураккаб кимёвий бирикмалар, жумладан тирик организмлар таркибига кирадиган оксил ва нуклеин кислоталарнинг физик – кимёвий хоссаларини, уларнинг ўзаро таъсирлашиш хусусиятларини тадқиқ қилади, хужайра биофизикаси хужайра функциясининг физик–кимёвий асосларини, хужайра структурасининг улар функцияси билан боғлиқлигини, хужайранинг механик электр хоссаларини, хужайраларда кечадиган жараёнлар энергетикаси ва термодинамикаси ўрганади. Биофизика термодинамика ва биологик кинетика масалаларини ишлаб чиқади. Хусусан, айрим хужайралар ва бутун организмнинг ташқи муҳитини турли шароитларига адаптацияси масаласи шу нуқтаи назардан кўриб чиқилади. Биофизиканинг марказий масалаларидан бири биологик мембраналар структураси ва функцияси масаласи ҳисобланади. Биофизика ва молекуляр биология методлари йирик биомолекулалар структурасини билишга, атомларнинг молекулада фазовий жойлашишини аниқлашга имкон беради. Организм хужайраларида физик энергиянинг кимёвий энергияга айланиш механизмларини, хусусан органик бирикманинг яшил ўсимликларда ёруғлик таъсиридаги фотосинтезни ўрганишда анча ютуқларга эришилган. Тирик организмларга ионлаштирувчи нурлар таъсир этганда энергиянинг айланишини ўрганишга оид тадқиқотлар олиб борилмоқда. Биофизика медицина билан узвий боғланган бўлиб, турли паталогик жараёнларнинг пайдо бўлиш ва кечиш механизмлари, физик–кимёвий хусусиятларни ўрганади. Биофизика яллиғланиш, шиш, нефрит, сув–туз мувозанатини бошқариш механизмлари тўғрисидаги назарий тушунчаларга ўз хиссасини қўшган. Биофизика нурдан зарарланиш механизмларни тушуниш, унинг профилактикаси ва давоси асосларини ишлаб чиқишда катта рол ўйнамоқда.

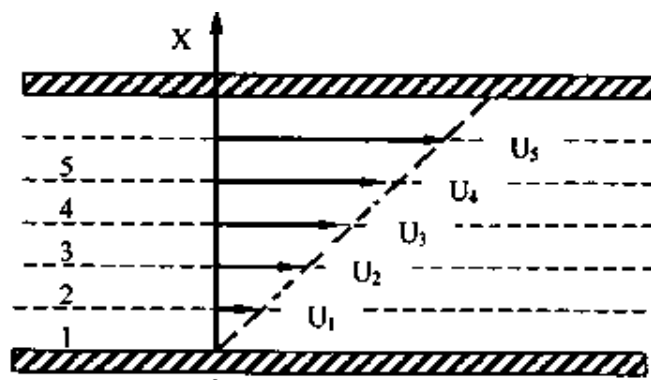
Ҳозирги вақтда биофизика ҳамма тиббиёт институтларида ҳамда 5521500 "Асбобсозлик" таълим йўналишида мустақил фан сифатида ўқитилмоқда.

I-БОБ. МОЛЕКУЛЯР БИОФИЗИКА АСОСЛАРИ

1.1. Суюқликларнинг қовушқоқлиги. Ньютон тенгламаси. Ньютон ва Ньютон суюқликлари.

Реал суюқлик оққанда унинг айрим қатламлари бир-бирига шу қатламларга уринма кўринишда йўналган кучлар билан ўзаро таъсирлашади. Бу ходиса *ички ишқаланиш* ёки *қовушқоқлик* дейилади.

Қовушқоқ суюқликнинг иккита қаттиқ пластинка орасидан ўтишини кўрамиз (1.1–расм), улардан пасткиси қўзғалмас бўлиб, юқоригиси v_0 тезлик билан ҳаракатланади. Суюқликни шартли равишда бир неча 1, 2, 3 ва ҳақозо қатламлардан иборат деб тасаввур қиламиз. Тубига «ёпишган» қатлам ҳаракатсиз. Тубидан узоклашган сари суюқлик қатламлари катта тезликка эга бўлиб боради ($v_1 > v_2 > v_3 > \dots$ ва. х.к.), юқориги пластинкага ёпишган қатлам яқинидаги тезлик энг катта бўлади.



1.1 – расм.

Қатламлар ўзаро бир-бирига таъсир кўрсатади. Масалан, учинчи қатлам иккинчи қатламнинг ҳаракатини тезлаштиришга интилса, ўзи эса иккинчи қатлам томонидан тормозловчи куч таъсирини хис қилди. Тўртинчи қатлам таъсирида эса тезлашганда ва х.к. ички ишқаланиш кучи ўзаро таъсирлашувчи қатламларнинг S юзига тўғри пропорционал ва уларнинг нисбий тезликлари канча катта бўлса, ички ишқаланиш кучи ҳам шунча катта бўлади. Суюқликни қатламларга ажратиш шартли бўлгани сабабли ички ишқаланиш кучини тезликка перпендикуляр йўналишида ҳар бир узунлик бирлигига тўғри келувчи тезликни ўзгаришини ифодаловчи катталиқ, яъни dv/dx тезлик градиенти (силжиш тезлиги) орқали ифодаланиш қабул қилган.

$$F_{\text{ишк}} = \eta \frac{dv}{dx} S \quad (1.1)$$

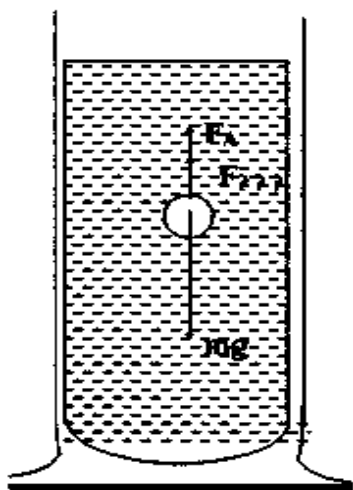
Бу Ньютон тенгламасидир. Бу ерда η – пропорционаллик коэффиценти бўлиб, уни *ички ишқаланиш коэффиценти* (ёки *динамик қовушқоқлик*) деб айтилади. Қовушқоқлик суюқликнинг (ёки газнинг) ҳолатига ва молекуляр хоссаларига боғлиқ.

Қовушқоқликнинг СИ системасидаги ўлчов бирлиги паскаль–секунд (Пас). СГС системасида қовушқоқлик *пуаз* (П) билан ифодаланади: $1 \text{ Пас} = 10 \text{ П}$

Кўпчилик суёқликларга қовушоқлик тезлик градиентига боғлиқ бўлмайди, суёқликлар Ньютон тенгламасига бўй сунади. Шу сабабли улар *Ньютон суёқликлари* дейилади. (1.1.) тенгламада бўйсунмайдиган суёқликлар ньютон суёқликлар дейилади. Баъзан Ньютон суёқликлари қовушоқлигини нормал, ньютон суёқликлариникини эса аномал деб аталади. Мураккаб ва йирик молекулалардан иборат суёқликлар, масалан, полимерлар эритмаси молекула ва заррачаларнинг боғланишлари туфайли ҳосил бўлган фазовий структуралар боғланишлари туфайли ҳосил бўлган фазовий структуралар Ньютон суёқликлари ҳисобланади. Уларнинг қовушоқлиги бир хил шароитларда оддий суёқликларникига қараганда кўп марта каттадир. Бу суёқликлар қовушоқлигининг ортишига сабаб шуки, уларнинг оқиши пайтида сарфланадиган ташқи кучларнинг иши фақат суёқликларнинг қовушоқлигининг, яъни Ньютон қовушоқлигини енгил учунгина эмас балки структурасини бузиш учун ҳам сарфланади. Қон ноньютон суёқлик ҳисобланади.

1.2. Қовушоқ суёқлик ичида жисмлар ҳаракати. Стокс қонуни.

Қовушоқлик фақат суёқликларнинг идишлардаги ҳаркатланишидагина эмас, балки жисмларнинг суёқлик ичидаги ҳаракатига ҳам юз беради. Ньютон қонунига асосан унча катта бўлмаган тезликларига қаршилик кучи суёқлик қовушоқлигига, жисм ҳаракат тезлигига ва жисм ўлчамларига боғлиқ бўлади.



1.2–расм.

Қаршилик кучини аниқлаш умумий формуласини кўрсатиш мумкин бўлгани учун уни хусусий холини кўриб чиқиш билан чегараланамиз.

Жисмнинг энг оддий шакли сферадир. Сферик жисм (шарча) учун унинг суёқликли идиш ичидаги ҳаракати пайтида ҳосил бўлган қаршилик кучини юқорида кўрсатилган факторларга боғлиқлиги *стокс қонуни* билан ифодаланади:

$$F_{\text{ишк}} = 6\pi\eta r v,$$

бу ерда r – шарчанинг радиуси; v – ҳаракат тезлиги. Бу қонун идиш деворлари жисм ҳаракатига таъсир кўрсатмайди, деб тасаввур қилиниб ҳосил қилинди. Шарчанинг қовушоқ муҳитига тушишига унга учта куч таъсир этади (1.2–расм). А– оғирлик кучи $mg = 4/3\pi r^3 \rho g$;

б) сиқиб чиқарувчи куч (Архимед кучи)

$$F_A = m_{\text{ш}} g = 4/3\pi r^3 \rho_{\text{ш}} g,$$

бу ерда $m_{\text{ш}}$ – шар сиқиб чиқарган суёқликнинг массаси, $\rho_{\text{ш}}$ – унинг зичлиги. Шарча қовушоқ суёқликка тушганда тезлиги камаяди. Қаршилик кучи тезликка тўғри пропорционал бўлгани учун шарча текис ҳаракат қилгунча қаршилик кучи ҳам камайиб боради. Бу ҳолда (1.2–расм)

$$mg + F_A + F_{\text{ишк}} = 0.$$

1.3. Суяқлик қовушоқлигини аниқлаш усуллари. Қон қовушоқлигини аниқлашнинг клиник усули.

Қовушоқликни ўлчам усуллари тўпламига *вискозиметрия* дейилади, бу мақсадлар учун ишлатиладиган асбобларни эса *вискозиметрлар* деб аталади. Вискозиметриянинг бирмунча кенг тарқалган усуллари кўриб чиқамиз. Пуазейль қонуни формуласи асосланган капилляр усули: босим ўзгаришларини аниқ бирор қийматларида маълум массали суяқликларни оғирлик кучи таъсири остида капиллярли белгиланган икки нуқтаси орасидан оқиб ўтиш вақтини ҳисоблашдан иборат. Турли кўринишга капилляр вискозиметрлар.

Капилляр вискозиметрлар қоннинг қовушоқлигини аниқлашда ишлатилади. Капиллярлар вискозиметрлар ёрдамида қовушоқликни газларига хос бўлган қийматлари 10^{-5} Па · с дан, то консистент мойлашларга хос бўлган 10^4 Па · с қийматли қовушоқликлар ўлчанади.

Шарчанинг суяқликда тушиш усули Стокс қонунига асосланган вискозиметрларга қўлланилади.

Вискозиметрларнинг ҳаракатланувчи шарчалар ёрдамида қовушоқлигини аниқлаш чегараси $6 \cdot 10^4 - 250$ Па · с ораликларда.

Шунингдек, ротацион вискозиметрлар ҳам қўлланилади, бундай вискозиметрларда суяқлик бир ўқда маҳкамланган икки жисм оралиғида, масалан, цилиндр орасида бўлади. Цилиндрлардан биттаси (ротор) айланади, иккинчиси эса кўзғалмас. Қовушоқлик кўзғалмас цилиндрда маълум бир куч моментини ҳосил қилаётган айланувчи цилиндрнинг (роторнинг) бурчак тезлиги ёки ротор бурчак тезлигининг берилган аниқ қийматида ҳосил бўлган куч моментини кўзғалмас цилиндрга кўрсатадиган таъсирига қараб ўлчанади.

Ротацион вискозиметрлар ёрдамида суяқликларнинг $1-10^5$ Па·с ораликлардаги қовушоқлиги ўлчанади, яъни сурков мойларининг, эритилган силикатлар ва металлларнинг, катта қовушоқли лок ва елимларнинг, лойтупроқли қоришмалар ва х.к. ларнинг қовушоқлиги аниқланади. Ҳозирги пайтда клиникаларда қоннинг қовушоқлигини аниқлашда иккита капиллярли Гесс вискозиметрдан фойдланилади.

Гесс вискозиметрида қоннинг ҳажми доимо бир хил олиниб, сувнинг ҳажми эса трубадаги унинг эгаллаган белгиси сон қийматига қараб топилади, шу сабабли бу усулда қоннинг сувга нисбатан қовушоқлиги ўлчанади. Одам қонининг қовушоқлиги нормада $0,4 - 0,5$ Па · с, паталогияда эса $0,17$ дан $2,29$ Па·с гача ўзгариб туриб, эритроцитларнинг чўкиш тезлигига таъсир кўрсатади. Веналардаги қоннинг қовушоқлиги артериядаги қон қовушоқлигидан бирмунча катта бўлади. Оғир жисмоний меҳнат натижасида қоннинг қовушоқлиги ортади. Айрим юқумли касалликлар қон қовушоқлигини оширади, бошқалар эса, масалан, ич терлама ва сил касаллиги камайтиради.

Саволлар:

1. Қовушоқлик нима ?
2. Ньютон суюқликлари.
3. Ноньютон суюқликлар.
4. Қовушоқ суюқликларни трубалардан оқиши.
5. Қовушоқ суюқликлар ичидаги жисмлар ҳаракати қандай?
6. Қоннинг қовушоқлигини аниқлаш.

1.4. Термодинамиканинг асосий тушунчалари. Термодинамиканинг биринчи қонуни.

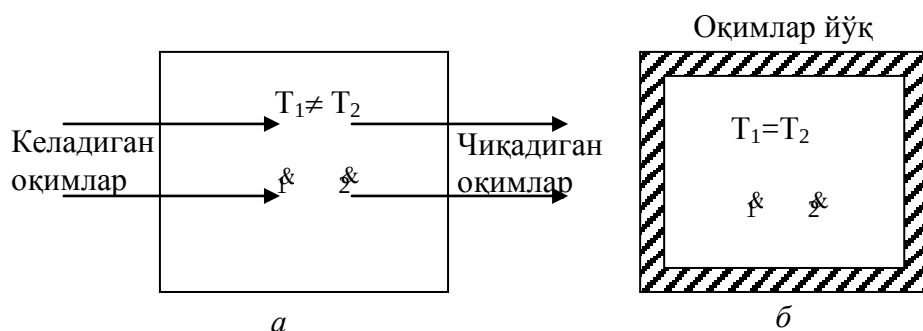
Термодинамика деганда системани ташкил этувчи жисмларнинг микроскопик тузилишини ҳисобга олмаган ҳолда улар орасида энергия алмашинуви мумкин бўлган системаларни (термодинамик системаларни) қараб чиқувчи физиканинг бўлими тушунилади. Мувозанатли системалар термодинамикаси ёки мувозанат ҳолатига ўтувчи системалар (классик ёки мувозанатли термодинамика, биз уни кўшшча оддийгина термодинамика деб атаёмиз) ва номувозанатли термодинамик системаларни (номувозанатли термодинамика) бир-биридан фарқланади.

Номувозанатли термодинамика биологик системаларни кўриб чиқишда асосий ўринни эгаллайди.

Ушбу бобда термодинамика билан бир қаторда паст температурали ва қиздирилган муҳитларни даволашда қўлланилиши билан боғлиқ бўлган масалалар, шунингдек *термометрия* ва *калориметрия* элементлари ёритилган.

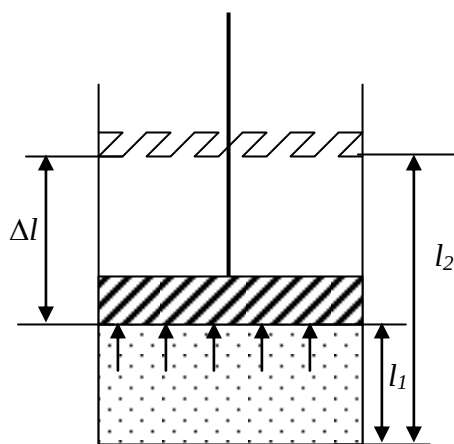
Термодинамик системанинг ҳолати *параметрлар* (ҳажм, босим, ҳарорат, зичлик ва ҳоказо) деб аталган физик катталиклар билан характерланади. Агар системанинг параметрлари уни атроф муҳитдаги жисмлар билан ўзаро таъсирлашишида вақт ўтиши билан ўзгармаса, системанинг ҳолати *стационар* дейилади. Бунга ишлаб турган хўжалик музлатгичи ички қисмининг жуда қисқа вақт оралиғидаги ҳолати, одам гавдасининг ҳолати, иситилувчи хона ичидаги ҳавонинг ҳолати ва бошқалар мисол бўлади. Стационар ҳолатда бўлган системанинг турли қисмларидаги параметрларнинг қийматлари одатда бир-биридан фарқ қилади: одам танасининг турли қисмлари температураси биологик мембрананинг турли қисмларидаги диффузияланувчи молекулалар концентрацияси ва ҳоказо. Шундай қилиб, системада айрим параметрларнинг градиенти доимий тутиб турилади, шу сабабли химиявий реакциялар ўзгармас тезлик билан ўтиши мумкин. Стационар ҳолат энергия оқими ва система орқали ўтаётган модда ҳисобига ушлаб турилади. Стационар ҳолат схематик кўринишда 1.3 а – расмда кўрсатилган, температура эса системанинг турли нуқталарида турлича. Маълумки, стационар ҳолатда шундай системалар бўлиши мумкинки, бир системани ўраб олган бошқа системалар билан энергия ва модда алмашинуви (очиқ системалар) ёки ҳеч бўлмаганда ўзаро энергия алмашилиши юз бериши лозим (ёпиқ системалар).

Ўз атрофини ўраб турган жисмлар билан на энергия ёки на модда алмашинувида иштирок этмаган термодинамик система *изоляцияланган система* дейилади. Изоляцияланган система вақт ўтиши билан термодинамик мувозанат ҳолатига қайтиб келади. Бу ҳолатда ҳам, стационар ҳолатдаги каби система параметрлари вақт ўтиши билан ўзгармас сақланиб қолади. Аммо энг муҳими шундаки, мувозанатли ҳолатда заррачаларнинг массаси ёки сонига боғлиқ бўлган (босим, температура ва бошқалар), бу системанинг турли қисмларида бир хил бўлади.



1.3.–расм

Табиийки, ҳар қандай реал термодинамик системани иссиқлик ўтказмайдиган бирор қатлам билан ўраш мумкин бўлмагани сабабли, у изоляцияланган ҳолатда бўлмайди. Изоляцияланган системани бирор қулай термодинамик модель деб қараш мумкин. Бундай изоляцияланган системанинг мувозанат ҳолати 1.3 б–расмда кўрсатилган.



1.4.–расм.

Ёпиқ системанинг атрофдаги жисмлар билан ўзаро таъсирини батафсилроқ кўриб чиқамиз. Система ва уни ўраб турган жисмлар билан энергия алмашинуви икки хил жараёнда, иш бажаришда ва иссиқлик алмашинувида амалга оширилади. Иссиқлик алмашинувида узатилган энергия миқдорининг ўлчови иссиқлик миқдори, иш бажаришда сарфланган энергиянинг ўлчови эса ишдир. Энергияни узатиш мумкин бўлган усуллардан бири ва узатиш жараёнида энергия миқдорининг ўлчовини иш деб олиниши унча тўғри келмайди.

Газ ҳажмининг ўзгаришида газ бажарган ишни ҳисоблаш учун ифода топамиз. Фараз қилайлик, цилинрик идиш ичида поршень остидаги газ изобарик ҳолатда v_1 дан v_2 гача кенгайсин (1.4–расм), шу вақтда поршень $\Delta l = l_2 - l_1$ масофага силжийди, ҳажм эса $\Delta v = v_2 - v_1$ қадар ўзгаради.

Кўндаланг кесими юзи S бўлган поршенга газ томонидан p босим туфайли $F = p \cdot S$ га тенг куч таъсир қилади. Бу кучнинг йўналиши поршеннинг кўчиш йўналиши билан бир хил бўлгани сабабли газ бажарган иш:

$$A=F \cdot \Delta l=P \cdot S \cdot \Delta l=p \cdot \Delta V \quad (1.1)$$

Газнинг кенгайганда $\Delta V > 0$ ва бажарилган иши мусбат ($\Delta > 0$) сиқилишида $\Delta V < 0$ ва $A < 0$. Сўз бажарилган ташқи кучларнинг бажарган иши устида эмас, балки газнинг бажарган иши устида бораётганини эътиборга олиш лозим. Ҳамма ташқи кучларнинг бажарган иши бунинг тескараси, яъни газ кенгайганда манфий, сиқилганда эса мусбат бўлади. Агар газ ҳажмининг ўзгаришида газ босими ўзгарса, у ҳолда газ ҳажмининг жуда кичик ўзгаришларига мос келувчи элементар иши ҳисоблаш лозим:

$$dA=p \cdot dV \quad (1.2)$$

(1.2) ни интеграллаб, газ бажарган ишни топамиз:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (1.3)$$

Мисол тариқасида изотермик жараёнда идеал газнинг кенгайишида бажарган ишини топайлик.

Бунинг учун (1.3) формуладаги босим ўрнига унинг Менделеев Клапейрон формуласидаги ифодани келтириб қўямиз ва қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$p = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V} \quad (1.4)$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \frac{m}{M} \cdot RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \frac{m}{M} \cdot RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (1.5)$$

бу ерда m – газнинг массаси; M – моляр масса (бир моль газнинг массаси); T – термодинамик ҳарорат, $R=8,31$ ж/ (моль · К) — моляр газ доимийси. (1.3) тенгламадан кўриниб турибдики, газ бажарган иш график усулда координатанинг босим ва ҳажм ўқларида чи зилган трапециянинг юзи каби ҳисобланади (1.3–расм)

Бошланғич ва охири ҳолатлари бир хил бўлган иккита турли хил жараёнлар ифодаланган, расмдан кўрнниб турибдики, бажарилган иш жараёнга боғлиқ экан. Шу сабабли A_x иш (1.5 а –расм) A_2 ишдан катта (1.5 б–расм). Иссиқлик жараёнлари учун энергиянинг сакланиш қонуни термодинамиканинг биринчи қонуни каби таърифланади.

Системага берилган иссиқлик миқдори, системанинг ички энергиясини ўзгартириш ва система томонидан бажариладиган ишга сарф бўлади:

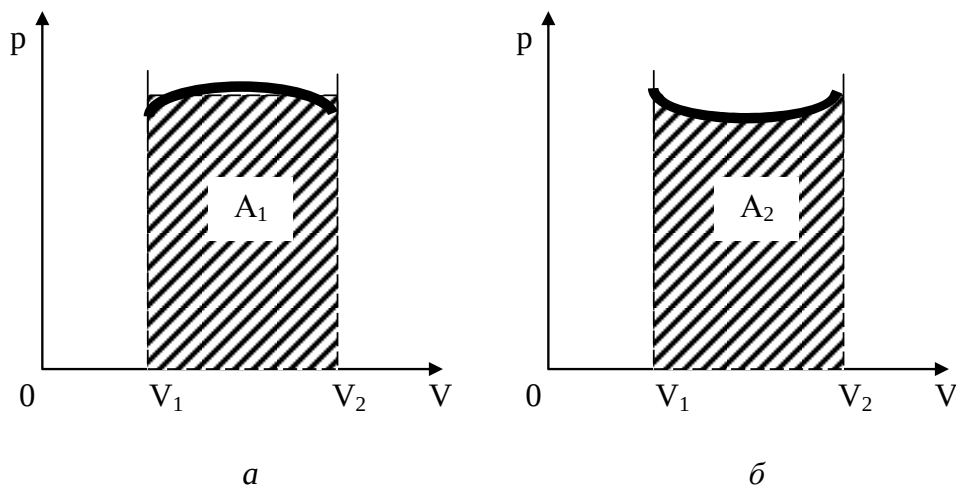
$$Q=\Delta U+A \quad (1.6)$$

Системанинг ички энергияси деганда, системани ташкил этган заррачаларнинг кинетик ва потенциал энергиялари йиғиндиси тушунилади. Ички энергия система ҳолатининг функцияси бўлиб, берилган ҳолат учун маълум бир қийматга эга бўлади.

ΔU системанинг бошланғич ва охири ҳолатларига мос бўлган ички энергия айирмаси:

$$\Delta U = U_2 + U_1$$

Иссиқлик микдори иш каби жараённинг функцияси бўлиб, ҳолат функцияси бўла олмайди. Иссиқлик микдорини ҳам, ишни ҳам бирор параметрнинг бошланғич ва охириги ҳолатдаги икки қийматининг айирмаси сифатида ифодалаш мумкин эмас. Шу сабабли (1.6) формулада 2 ва A орттирма Δ белгисиз ёзилган.



1.5-расм

Q , A нинг жуда кичик қийматлари ва U нинг кичик орттирмалари учун буларга мос ҳолдаги δU , δA ва dU белгилашлардан фойдаланилади, шу билан бирга иссиқлик микдори ва ички энергиянинг иши тушунчаларининг фарқи таъкидланади. Келгусида соддалаштириш учун бир хил белгилашлардан (dQ , dA , dU) фойдаланилади, лекин бу физик катталикларнинг фарқини ёдда тутиш лозим.

Юқорида баён қилинганларни ҳисобга олиб, термодинамиканинг биринчи қонунини қуйидагича ёзиш мумкин:

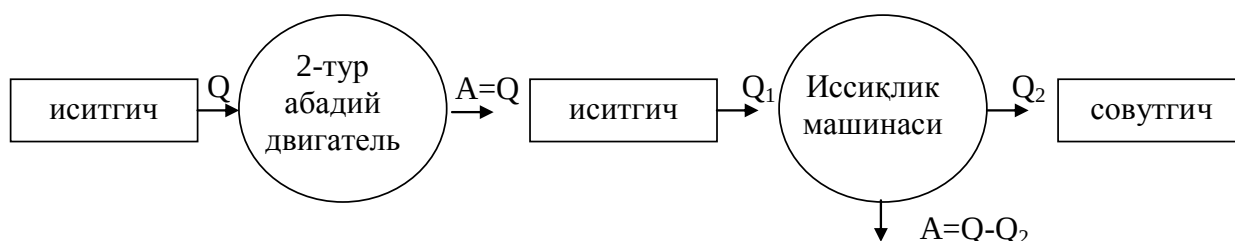
$$dQ = dU + dA \quad (1.7)$$

Q , A , ΔU ва ΔQ , dA , dU нинг қийматлари мусбат бўлиши ҳам (системага иссиқлик ташқи жисмлар орқали узатилади, бунда ички энергия ортиб, газ кенгаяди) ёки манфий бўлиши ҳам мумкин (системадан иссиқлик микдори олинади, ички энергия камаяди, газ сиқилади).

1.5. Термодинамиканинг иккинчи қонуни. Энтропия.

Энергиянинг сақланиш қонуни ҳисобланган термодинамиканинг биринчи қонуни жараёнларнинг бориши мумкин бўлган йўналишларни кўрсатмайди. Масалан, термодинамиканинг биринчи қонунига биноан иссиқлик алмашилишида иссиқликнинг иссиқроқ жисмдан совуқ жисмга ўз–ўзидан ўтиши мумкин бўлганидек, бунинг тескариси, иссиқликнинг совуқроқ жисмдан иссиқроқ жисмга ўтиши ҳам мумкин. Лекин кундалик тажрибалардан маълумки, табиатда иккинчи жараён амалга ошмайди; масалан, хона ичидаги ҳавони совитиш ҳисобига чойнакдаги сув ўз–ўзидан исимайди. Бошқа бир мисол: тошнинг бирор баландликдан ерга тушишида, унинг потенциал энергиясининг ўзгаришига эквивалент миқдорда қизиши юз беради, бунга тескари жараён – тошнинг фақат совиши ҳисобига ўз–ўзидан юқорига қўтарилиши эса юз бермайди.

Термодинамиканинг иккинчи асоси ҳам, биринчиси каби, тажрибадан олинган натижаларнинг умумлаштирилганидир.



1.6–расм

Термодинамика иккинчи қонунининг бир неча таърифлари мавжуд: иссиқлик ўз–ўзидан ҳарорати паст бўлган жисмдан ҳарорати юқори бўлган жисмга ўта олмайди (*Клаузиус таърифи*), ёки иккинчи турдаги абадий двигатель бўлиши мумкин эмас (*Томсон таърифи*), яъни бир жисмнинг совиши ҳисобига иссиқликнинг ишга айланиши мумкин бўлган ягона даврий жараён бўлиши мумкин эмас.

Иссиқлик машинасида берилган иссиқлик миқдори ҳисобига иш бажарилади, аммо бунда иссиқликнинг бир қисми албатта музлатгичга узатилади. Термодинамиканинг иккинчи асосига мувофиқ 1.4–расмда бўлиши мумкин бўлмаган (*а*) ва мумкин бўлган (*б*) даврий жараёнлар схематик усулда кўрсатилган.

Термодинамиканинг иккинчи асосини (қонунини) миқдорий ифодалашга имкон берувчи айрим термодинамик тушунчаларни кўриб чиқамиз.

Агар ҳамма оралик ҳолатлар орқали ўтишда 2–1 жараёнининг амалга ошириш мумкин бўлса, система бошланғич ҳолатига қайтганидан сўнг, унинг атрофидаги жисмларда ҳеч қандай ўзгариш юз бермаса, бу ҳолда 1–2 жараёнга *қайтувчан жараён* дейилади.

Қайтувчан жараён физик абстракция ҳисобланади. Ҳеч бўлмаса атрофдаги жисмларнинг исишига сабаб бўлган ишқаланиш кучлари

мавжуд бўлсада, ҳамма реал жараёнлар қийтмасдир. Қайтмас жараёнларнинг характерли мисоллари: газнинг бўшлиққа кенгайиши, диффузия, иссиқлик алмашилиши ва хоказо. Системани дастлабки ҳолатига қайтариш учун бу ҳодисаларнинг ҳаммасида ташқи жисмлар иш бажариши лозим. Системанинг ўзини бошланғич ҳолатига қайтиши жараёни *цикл ёки айланма жараён* дейилади.

Циклнинг графиги берк чизикдан иборат. 1.2–расмда тасвирлаган цикл тўғри бўлиб, у иссиқлик машинасига мос келади, яъни бирор жисмдан – *иссиқлик узатувчидан* (иссиқдан) иссиқлик миқдори оладиган, иш бажариб, бу иссиқлик миқдорининг бир қисмини бошқа жисмга – *иссиқлик қабул қилувчига* (музлатгичга) узатадиган қандайдир бир қурилмага мос келади (1.6–расм).

Бу циклда ишчи модда (газ) мусбат иш бажаради (1.7–расм); газ $1a$, – 2 жараёнда кенгаяди, иш мусбат ва сон жиҳатидан $I - a$, – 2 эгри чизик остидаги юзга тенг; $2 - b - 1$ жараёнида иш манфий (газнинг сиқилиши) ва сон жиҳатидан тегишли эгри чизик остидаги юзга тенг. Бир цикл давомида газ бажарган ишнинг алгебраик йиғиндиси умумий ҳолда мусбат ишни беради ва сон жиҳатидан $1-a-2-b-1$ берк эгри чизик билан чегараланган юзга тенг.

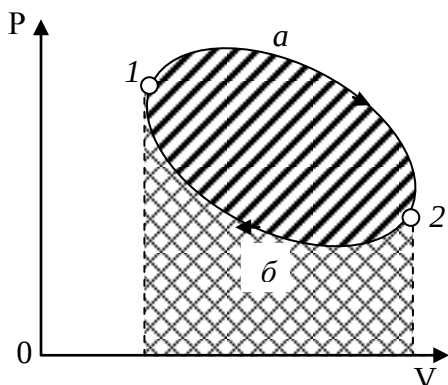
Тескари цикл совиткич машинанинг ишига мос келади, яъни психикни совиткичдан тортиб оладиган ва кўп миқдордаги иссиқликни иситкичга узатадиган системага мос келади. Термодинамиканинг иккинчи қонунидан келиб чиқадики, бу жараён (1.8–расм) ўз–ўзидан ўтмасдан, балки у ташқи кучлар бажарган иш ҳисобига юз беради. Бунда газ манфий иш бажаради: газнинг сиқилиши $2-a-1$ жараёндаги сиқилиш иши манфий, $1-b-2$ жараёндаги кенгайиш иши мусбат. Газ бажарган ишни алгебраик қўшиш натижасида газнинг сон жиҳатидан $2-a-1-b-2$ эгри чизик билан чегараланган юзга тенг бўлган манфий ишини ҳосил қиламиз.

Бажарилган ишнинг ишчи модда томонидан иситкичдан олинган иссиқлик миқдорига нисбати *иссиқлик машинасининг ёки тўғри циклниң фойдали иш коэффициент* дейилади:

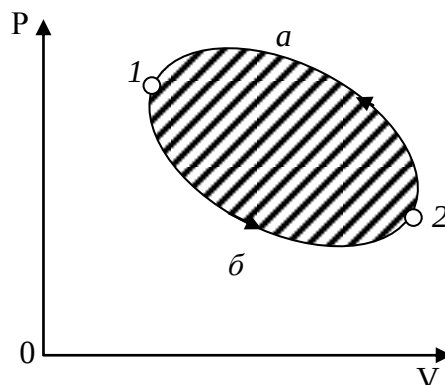
$$\eta = A/Q \quad (1.8)$$

Иссиқлик машинасининг бажарган иши иссиқлик миқдори ҳисобига бажарилгани, ишчи моддасининг ички энергияси эса ҳар бир цикл давомида ўзгармагани учун ($\Delta U = 0$) термодинамиканинг биринчи қонунидан айланма жараёнларда бажарилган иш иссиқлик миқдорларининг алгебраик йиғиндисига тенглиги келиб чиқади:

Тескари циклни қайтувчан цикл билан чалкаштириб бўлмайди. Қайтувчан цикл қайтувчан жараёнлардан ташкил топган бўлиб, у ҳам тўғри (иссиқлик машинаси), ҳам тескари (совиткич) бўлиши мумкин.



1.7–рasm



1.8–рasm

$$A = Q + Q_2$$

Демак

$$\eta = (Q_1 + Q_2) / Q_1 \quad (1.9)$$

Ишчи модда ҳосил қилган Q_1 иссиқлик миқдори мусбат, ишчи модданинг совиткичга берган иссиқлик миқдори Q_2 эса манфий.

Карно циклини кўриб ўтайлик (1.9–рasm). У иккита T_1 , ва T_2 ($T_1 > T_2$) ҳароратларга мос ҳолдаги 1–2, 3–2 изотермалардан ва иккита 2–3, 4–1 адиабатадан иборат. Бу циклда ишчи модда идеал: газ ҳисобланади. Иссиқлик миқдорининг иситкичдан ишчи моддага узатилиши T_1 , ҳароратда, ишчи моддадан совиткичга узатилиш эса T_2 ҳароратда рўй беради. Қайтувчан Карно циклининг ФИК фақат иситкичнинг ва совиткичнинг ҳароратлари T_1 ва T_2 га боғлиқлигини исботсиз кўрсатамиз:

$$\eta = (T_1 - T_2) / T_1 \quad (1.10)$$

Карно термодинамикасининг иккинчи қонунига асосланиб, қуйидаги қоидаларни исботлайди: айти бир иситкич ва совиткичли иккита изотерма ва иккита адиабатик цикл бўйича ишловчи ҳамма қайтувчан машиналарнинг ФИК бир–бирига тенг бўлиб, ишчи моддага ва цикли бажарувчи машинанинг конструкциясига боғлиқ эмас; қайтмас машинанинг ФИК, қайтувчан машинанинг ФИК дан кичикдир. Бу қоидаларни (1.9) ва (1.10) га биноан

$$\frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (1.11)$$

кўринишда ёзиш мумкин, бу ерда « – » ишораси қайтувчан циклга, « + » ишораси эса қайтмас циклга тегишлидир.

Бу ифода иккинчи қонуннинг миқдорий ифодасидир. Параграф бошида келтирилган ҳар иккала ифода сифат жиҳатдан шу иккинчи асоснинг натижаси эканлигини кўрсатамиз.

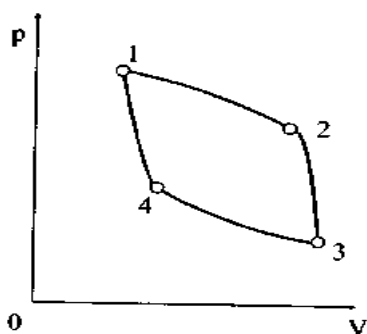
Икки жисм орасидаги иссиқлик алмашилишга, иш бажарилмасдан юз беради деб фараз қилайлик, яъни $Q_1 + Q_2 = 0$. У ҳолда $T_1 - T_2 > 0$ ва $T_1 > T_2$, бу эса ўз–ўзича ўтаётган жараёнда иссиқлик ҳарорати юқорироқ бўлган жисмлардан ҳарорати пастроқ бўлган жисмга ўтади, деган Клаузиус таърифига мос келади.

Агар иссиқлик машинаси иссиқлик алмашиниши жараёнида олган энергиясини тўла иш бажариш учун сарф қилиб, совиткичга энергия узатмаса, у ҳолда $Q_2 = 0$ ва (1.11)дан қуйидаги тенгликка эга бўламиз:

$$(1 - T_1/T_2) \leq 1$$

лекин бундай бўлиши мумкин эмас, чунки T_1 ва T_2 – мусбат. Бу ердан Томсоннинг иккинчи (тур) абадий двигатель бўлиши мумкин эмас, деган таърифи келиб чиқади. (1.11) ифодани бошқача кўринишда ёзамиз:

$$1 + \frac{Q_2}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}; \quad \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0 \quad (1.12)$$

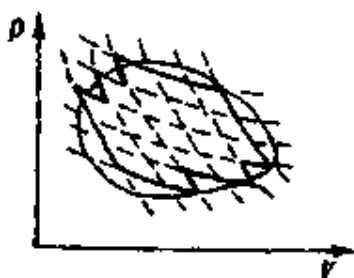


1.9–расм

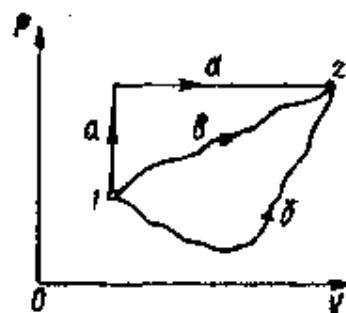
Ишчи модда томонидан олинган ёки берилган иссиқлик миқдорининг, иссиқлик алмашиниш жараёнидаги температурага нисбати

келтирилган иссиқлик миқдори дейилади.

Шу сабабли (1.12) ни қуйидагича ифодалаш мумкин, бир цикл давомидаги келтирилган иссиқлик миқдорларининг алгебраик йиғиндиси нолдан катта бўлмайди (қайтувчан циклларда нолга тенг, қайтмас циклларда эса нолдан кичик).



1.10–расм



1.11–расм

Агар системанинг ҳолати Карно цикли бўйича ўзгармасдан, бошқа бирор ихтиёрий цикл бўйича ўзгарса, у ҳолда уни етарлича осуда кичик Карно циклларининг тўплами кўринишида тасаввур этиш мумкин (1.10–расм). У ҳолда (1.12) ифода етарлича кичик бўлган келтирилган иссиқлик миқдорларининг йиғиндисига айланади. Бу эса лимитда

$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad (1.13)$$

интеграл билан ифодаланади.

(1.13) ифода ҳар қандай қайтмас («<» белги) ёки қайтувчан («=» белги) цикл учун ўринлидир. dQ/T элементар келтирилган иссиқлик интеграл белгисидаги айлана интеграллашни берк контур ёки цикл бўйича олинаётганини кўрсатади. Икки a ва b жараёндан иборат қайтувчан циклни кўриб чиқамиз (1.7–расмга). Унга қуйидаги тенглик тўғри келади:

$$\oint \frac{dQ}{T} = \int_{1(a)}^2 \frac{dQ}{T} + \int_{2(a)}^1 \frac{dQ}{T}$$

(1.13) га асосан қайтувчан цикллар учун қуйидагига эга бўламиз:

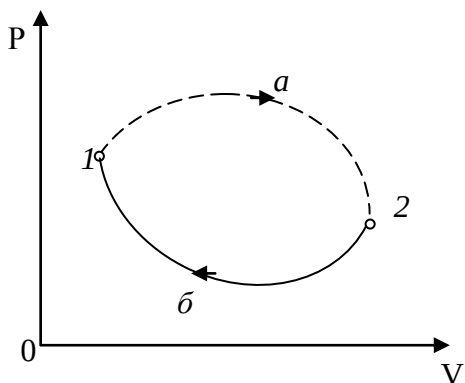
$$\int_{1(a)}^2 \frac{dQ}{T} + \int_{2(a)}^1 \frac{dQ}{T} = 0$$

Интеграллаш чегараларини b йўл бўйлаб ўзгартириб, қуйидагига эга бўламиз:

$$\int_{1(a)}^2 \frac{dQ}{T} - \int_{2(b)}^1 \frac{dQ}{T} = 0, \text{ ёки } \int_{1(a)}^2 \frac{dQ}{T} = \int_{2(b)}^1 \frac{dQ}{T}$$

Охирги тенглик, системанинг бир ҳолатдан бошқа ҳолатга қайтувчан ўтиши пайтидаги келтирилган иссиқлик миқдорларининг алгебраик йиғиндиси жараёнга боғлиқ бўлмасдан, шу газ массаси учун системанинг бошланғич ва охирги ҳолатлари орқали аниқланишини кўрсатади. 1.11–расмда турли хил қайтувчан жараёнларнинг графиклари (a , b , c) кўрсатилган бўлиб, улар учун бошланғич 1 ҳолат ва охирги 2 ҳолат умумий ҳисобланади. Бу жараёнларда иссиқлик ва иш миқдори турлича, лекин келтирилган иссиқлик миқдорларининг йиғиндиси бир хил бўлар экан.

Жараён ёки кўчишга боғлиқ бўлмаган физик характеристикалар, одатда системанинг вазиятига ёки бошланғич ва охирги ҳолатига мос келувчи бирор функция икки қийматининг айирмаси каби ифодаланади. Масалан, оғирлик кучи ишининг траекторияга боғлиқ эмаслиги бу ишни траекториянинг бошланғич ва охирги нуқталаридаги потенциал энергиялари айирмаси орқали ифодалашга имкон беради: электростатик майдон кучларининг ишини кўчириладиган заряднинг кўчиш йўналишига боғлиқ эмаслиги бу ишни заряд кўчириладиган бошланғич ва охирги нуқталардаги майдон потенциалларининг айирмаси орқали боғлашга имкон беради.



1.12–расм

Қайтувчан жараён учун келтирилган иссиқлик миқдорининг йиғиндисини, система ҳолатининг *энтропияси* деб аталувчи бирор функция икки қийматининг айирмаси каби ифодалаш мумкин:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

бу ерда S_2 ва S_1 – системанинг охирги 2 ва бошланғич 1 ҳолатларига мос келувчи энтропия. Шундай қилиб, энтропия системанинг ҳолат функцияси бўлиб, икки ҳолат учун энтропия

қийматларининг айирмаси системанинг бир ҳолатдан бошқа ҳолатга қайтувчан ўтишларидаги келтирилган иссиқлик миқдорларининг йиғиндига тенг.

Агар жараён қайтмас бўлса, у ҳолда (1.15) тенглама бажарилмайди. Айтайлик, қайтувчан 2–6–1 ва қайтмас 1–а–2 жараёнлардан иборат бўлган цикл берилган бўлсин (1.12–расм). Циклнинг бир қисми қайтмас бўлгани сабабли бутун цикл қайтмасдир, шу сабабли (1.13) га асосан қуйидагини ёзамиз:

$$\oint \frac{dQ}{T} < 0 \text{ ёки } \int_1^2 \frac{dQ_{\text{қайтмас}}}{T} + \int_2^1 \frac{dQ_{\text{қайтувчан}}}{T} < 0$$

(1.16) га мувофиқ $S_1 - S_2 - \int_2^1 \frac{dQ_{\text{қайтувчан}}}{T}$ ва у ҳолда (1.16) кўринишда қуйидагини оламиз:

$$\int_1^2 \frac{dQ_{\text{қайтмас}}}{T} + S_1 - S_2 > 0 \text{ ёки}$$

$$\Delta S - S_2 - S > \int_1^2 \frac{dQ_{\text{қайтмас}}}{T} \quad (1.17)$$

Шундай қилиб, қайтмас жараёнда келтирилган иссиқлик миқдорининг йиғиндиси энтропиянинг ўзгаришидан кичик экан. (1.15) ва (1.17) нинг ўнг томонларини бирлаштириб, қуйидагини оламиз:

$$\Delta S \geq \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad (1.18)$$

бу ерда «=» белги қайтувчан жараёнга, «>» белги эса қайтмас жараёнга тааллуқли. (1.18) муносабат (1.11) га асосан олингани сабабли термодинамиканинг иккинчи асосини ифодалайди.

Энтропиянинг физик моҳиятини аниқлайлик. (1.15) формула фақат энтропиялар айирмасини беради, энтропиянинг ўзи эса ихтиёрий ўзгармас сон аниқлигида топилади.

$$S = \int \frac{dQ}{T} + S_0 \quad (1.19)$$

Агар система бир ҳолатдан бошқа ҳолатга ўтган бўлса ва бу ўтиш жараёнининг табиатидан қатъий назар (яъни у қайтувчанми ёки қайтмасми) бу ўтиш ҳолатлари орасида юз берувчи ҳар қандай қайтувчан жараёнлар учун энтропиянинг ўзгариши (1.15) формула ёрдамида ҳисобланади. Бу эса энтропия система ҳолатининг функцияси эканлиги билан боғлиқдир.

Икки ҳолат энтропиясининг айирмаси қайтувчан изотермик жараёнда осонгина ҳисобланади:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \frac{1}{T} \int_1^2 dQ = \frac{Q}{T}$$

бу ерда Q – ўзгармас ҳароратда системанинг 1 ҳолатдан 2 ҳолатга ўтиши

жараёнида система томонидан олинган тўлиқ иссиқлик миқдори. Охирги тенглама эриш, буғ ҳосил бўлиши ва ҳоказо жараёнларда энтропиянинг ўзгаришини ҳисоблашда қўлланилади. Бундай ҳолларда P – *фазовий ўзгаришлар иссиқлиги* бўлади.

Агар жараён изоляцияланган системада юз бераётган бўлса ($dQ=0$), у ҳолда қайтувчан жараёнда энтропия ўзгармайди: $S_2-S_1=0$, $S=\text{const}$, кайтмас жараёнда эса энтропия ўзгаради. Бу ҳолни ҳароратлари мос ҳолда T_1 ва T_2 ($T>T_2$) бўлган ва изоляцияланган системани ташкил этувчи икки жисм орасида иссиқлик алмашинуви мисолида кўрсатиш мумкин. Агар унча кўп бўлмаган иссиқлик миқдори dQ биринчи жисмдан иккинчи жисмга ўтса, бу ҳолда биринчи жисмнинг энтропияси $dS_1=dQ/T_1$ миқдорда камаяди, иккинчи жисмники эса $dS_2=dQ/T_2$ миқдорда ортади. Лекин иссиқлик миқдори унча катта бўлмаганлиги сабабли биринчи жисмнинг ҳам, иккинчи жисмнинг ҳам ҳарорати ўзгармайди деб ҳисоблаш мумкин. *Система энтропиясининг тўла ўзгариши эса мусбат:*

$$dS = -dS_1 + dS_2 = \frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1} > 0$$

бинобарин, изоляцияланган системанинг энтропияси ортади. Агар бу системада ҳарорати паст бўлган жисмдан ҳарорати юқори бўлган жисмга ўз–ўзидан иссиқлик ўтса, бунда система энтропияси камайган бўлар эди:

$$dS = -dS_1 + dS_2 = \frac{dQ}{T_1} - \frac{dQ}{T_2} > 0$$

бу эса (1.18)га зиддир. Шундай қилиб, изоляцияланган системада энтропиянинг камайишига олиб келадиган жараёнлар ўтиши мумкин эмас (термодинамиканинг иккинчи асоси).

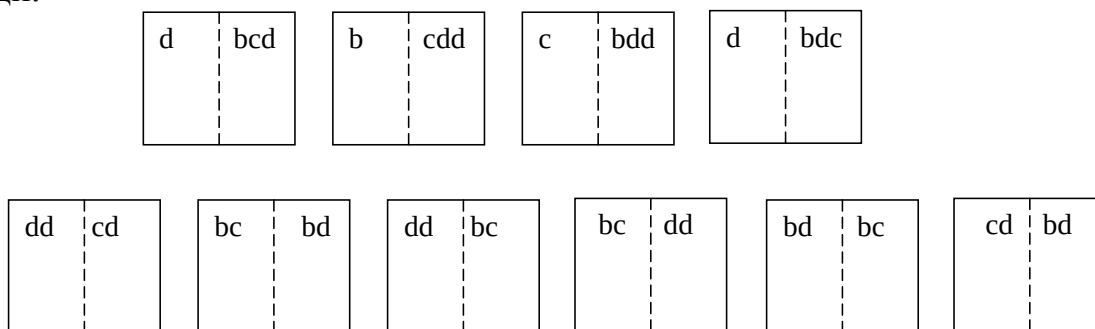
Изоляцияланган системада энтропиянинг ортиб бориши чексиз юз бермайди. Юқорида кўриб ўтилган мисолда вақт ўтиши билан жисмларнинг ҳарорати тенглашади, улар орасида иссиқлик алмашилиши тўхтади ва мувозанатли ҳолат юзага келади. Бу ҳолатда система параметрлари ўзгаришсиз қолади, энтропия эса ўзининг максимум қийматига эришади.

Молекуляр–кинетик назарияга асосан энтропияни системанинг тартибсиз заррачаларининг ўлчови деб таърифлаш бирмунча қулайдир.

Масалан, газ ҳажмининг камайишида унинг молекулаларининг бири-бирига нисбатан жойлашиши борган сари аниқ бир йўналишни эгаллаб боради, яъни бу системада тартибли жойлашишнинг ортиб боришига мос келади, бу ҳолда энтропия камаяди. Қачонки ўзгармас ҳароратда газ конденсацияланса ёки суюқлик кристалл ҳолатга ўтса, моддадан иссиқлик миқдори ажралиб чиқади ва молекулаларни тартибли жойлашиши бу ҳолда ҳам ортади, энтропия эса камайиб боради.

Системадаги тартибсизлик миқдор жиҳатидан термодинамик эҳтимоллик $W_{\text{тер}}$ орқали характерланади. Унинг мазмунини аниқлаш учун газнинг тўртта заррачаси a, b, c, d дан иборат бўлган системани кўриб

чиқамиз (1.13–расм). Бу заррачалар фикран иккита тенг бўлакка бўлинган каттакчалардан иборат ҳажмда мавжуд бўлиб, унда эркин кўча олади.



1.13–расм

Биринчи ва иккинчи каттаклардаги заррачалар сони билан аниқланадиган системанинг ҳолатини макро ҳолат, ҳар бир каттакда айнан заррачалардан қайси бири турганлиги билан аниқланадиган системанинг ҳолатини – микроҳолат деб атаймиз. У ҳолда 1.13 а– расмдаги макроҳолат битта заррачанинг биринчи каттакда ва учта заррачанинг иккинчи каттакда мавжуд бўлишидан иборат тўртта микроҳолат орқали амалга оширилади. Ҳар бир каттакда тўртта заррачанинг тенг иккитадан бўлиб жойлашишига мос келувчи микроҳолати олтита микроҳолат орқали амалга оширилади (1.13 б–расм).

Термодинамик эҳтимоллик деб, заррачалар жойлашиш турларининг сони ёки ушбу микроҳолатни амалга оширувчи микроҳолатлар сонига айтилади.

Кўриб ўтилган мисолларнинг биринчисида $W_{\text{тер}}=4$ ва иккинчисида $W_{\text{тер}}=6$. Кўриниб турибдики, заррачаларнинг каттаклар бўйлаб тенг миқдорда (иккитадан) тақсимланишига энг катта термодинамик эҳтимоллик мос келади. Иккинчи томондан, заррачаларнинг тенг миқдорда тақсимланиши энг катта энтропияли мувозанатли ҳолатга жавоб беради. Эҳтимоллик назариясидан маълумки» ўз-ўзига кўйиб берилган система, энг кўп миқдордаги усуллар, энг кўп миқдордаги микроҳолатлар билан амалга оширилувчи микроҳолатга, яъни энг катта термодинамик ҳолатга ўтишга интилади.

Агар газнинг кенгайишига имконият берилса, унинг молекулалари мавжуд бўлган бутун ҳажмни бир текисда эгаллашга ҳаракат қилади. Бу жараёнда энтропия эса ошиб боради. Молекулаларнинг берилган ҳажмнинг бир қисмини, масалан, хонанинг ярим ҳажмини эгаллашга интилиши каби тескари жараён кузатилмайди, бу ҳолатга энг кичик энтропия мос келган бўлар эди.

Бундан энтропия билан термодинамик эҳтимоллик орасида боғланиш борлиги тўғрисида хулоса чиқариш мумкин. Л. Больцман антропиянинг термодинамик эҳтимолликнинг логарифмига пропорционал эканини аниқлади:

$$S = k \ln W_{\text{тер}} \quad (1.20)$$

Бу ерда k — Больцман доимийси.

Термодинамиканинг иккинчиси асоси, масалан, биринчи асосидан ёки Ньютоннинг иккинчи қонунидан фарқли равишда *статистик қонуидир*.

Баъзи жараёнлар бўлиши мумкин эмаслиги ҳақидаги иккинчи асоснинг тасдиқланиши аслида уларнинг бўлиши кичик эҳтимолликка эга бўлиб, амалда эса эҳтимолсиз, яъни бўлиши мумкин эмаслигини тасдиқлайди.

Космик масштабларда термодинамиканинг иккинчи асосидан жиддий четлашишлар кузатилади, бутун Коинотга эса оз сонли молекулалардан иборат бўлган системалардаги каби иккинчи асосни қўллаб бўлмайди.

Пировардида яна бир бор қайд қиламизки, агар термодинамиканинг биринчи асоси жараённинг энергетик балансини назарда тутса, иккинчи асоси эса унинг мумкин бўлган йўналишини кўрсатади. Термодинамиканинг иккинчи асоси биринчи асосини айтарли даражада тўлдиргани каби, энтропия ҳам энергия тушунчасини тўлдиради.

Саволлар:

1. Термодинамика ҳақида тушунчангиз.
2. Термодинамиканинг 1–қонуни.
3. Қандай ҳолат стационар ҳолат бўлади ?
4. Термодинамиканинг 2–қонуни.
5. Энтропияни тушунтиринг.

1.6. Термометрия ва калориметрия.

Ҳароратни аниқ ўлчаш – илмий–тадқиқот ва техник ишларнинг, шу билан бир қаторда тиббий диагностика ва биологиянинг ажралмас қисмидир.

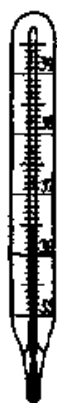
Маълум ҳароратлар диапазони жуда кенг. Ҳозирги пайтгача ҳосил қилинган энг паст температура $2 \cdot 10^{-5} \text{ K}$ га яқин. Эришилган ҳароратларнинг юқори чегараси ҳеч нима билан чекланмаган. Ер шароитида энг юқори ҳароратга водород бомбасининг портлашида эришилган бўлиб, у тахминан 10^4 K га тенг. Спектроскопик маълумотларга асосан юлдузлар бағрида ҳарорат 10^9 K ва ундан ҳам юқори бўлиши мумкин.

Биологик системалар ўзининг ишлаб туриш имкониятини сақлаган ҳолда, жуда қисқа ёки узоқ муддатда бўлиш мумкин бўлган ва уни ўраб турган атроф муҳитнинг ҳароратлар интервали анча қисқа. Бу ҳароратлар диапазони унча катта эмас, тирик организмларнинг актив иш фаолияти ҳолатида тахминан 0 дан то 90°C гача бўлади.

Кенг диапазондаги ҳароратларни олиш ва ўлчаш усуллари турличадир. Ҳароратларни ўлчаш усуллари ва у билан боғлиқ бўлган масалаларни ўрганувчи физиканинг амалий соҳасига *термометрия* дейилади.

Маълумки, ҳарорат бевосита ўлчаниши мумкин эмас. Уни аниқлаш учун ҳарорат шкаласини белгилаб олиш: термометрик моддани ва ҳарорат

билан боғланувчи физик хоссани (термометрик хоссани) танлаш, санок боши нуқтасини ва ҳарорат бирлиги ҳақида келишиб олиш лозим. Бунинг учун одатда иккита фазавий ўтишларга, масалан, маълум ташқи шароитларда музнинг эришига ва сувнинг кенгайишига мос бўлган асосий ҳароратлар (репер нуқталарини) танланади. Бу нуқталар орасидаги шкала қисми *асосий интервал* деб аталади. Ҳисоблашнинг боши деб репер нуқталаридан бири (масалан, 0°C – музнинг эриш ҳарорати) қабул қилинади. Ҳарорат бирлиги қилиб асосий интервал улуши олинади. Жумладан, Цельсий шкаласида 1 градус асосий интервалнинг 0,01 қисмини ташкил этади. Ҳароратлар шкаласи термометрик хоссаси ёки моддаси бўйича фарқ қилади. Бир-биридан айтарли даражада фарқ қилувчи жуда кўп шкалаларни тузиш мумкин, лекин хоссаларининг ҳеч бири ҳарорат билан қатъиян чизикли боғланишда бўлмайди ва бундан ташқари модданинг табиати билан белгиланади.



1.14–расм



1.15–расм

Барча эмперик шкалаларнинг камчилиги уларнинг термометрик модда хоссаларига боғлиқлигидадир. Хоссалари ва моддаси билан боғлиқ бўлмаган шкала фақат термодинамиканинг иккинчи қонунига асосан қурилган ва *абсолют термодинамик ҳароратлар шкаласи* деб аталади. Унинг репер нуқтаси қилиб сувнинг учланма нуқтаси $273,16\text{ K}$ қабул қилинган. Бу шкала Карно цикли ёрдамида аниқланади. Бу циклдаги музнинг эриш ҳарорати T_0 ва сувнинг қайнаш ҳарорати T га мос ҳолидаги изотермик жараёнда Q_0 ва Q иссиқлик миқдорини ўлчаб, қуйидагини топиш мумкин:

$$T_s/T_0 = Q_s/Q_0$$

Ихтиёрий ҳарорат учун шунга ўхшаш

$$T/T_0 = Q_s/Q_0$$

тенгламани ёзиш мумкин. Бу ерда Q – системага T ҳароратдаги изотермик жараёнда берилган иссиқлик миқдори. Бу йўсинда жорий этилган ҳароратни *термодинамик ҳарорат* дейилади. Термодинамик ҳарорат бирлиги кельвин (K) ҳисобланиб, у сув учланма нуқтаси термодинамик ҳароратнинг $1/273,16$ улушига тенг. Кельвин температура интервал бирлиги сифатида, абсолют *ноль* билан сувнинг учлама нуқтаси орасидаги термодинамик ҳарорат

интервалининг $1/273,16$ қисмини олди.

Исталган эмперик шкала шу модда термометрик хоссасийинг ҳароратга боғланишини ҳисобга олувчи тузатмалар киритиш воситаси, билан абсолют термодинамика шкаласига айлантирилади.

Ҳарорат қиймати термометрик модда бирор хоссасининг катталиги бўйича белгилангани учун уни ўлчаш ҳажм, босим, электрик, механик, оптик, магнит ва шунга ўхшаш физик параметрларни ўлчашдан иборат, Ҳароратни ўлчаш усуллариининг хилма–хил бўлиши, бунда фойдаланувчи термометрик модда ва хоссалар сонининг кўплиги билан боғлиқдир.

Термометр ҳароратни ўлчайдиган қурилма бўлиб – термометрик хоссани амалга оширувчи сезгир элементдан (манометр, гальванометр, потенциометр ва ҳоказодан) иборат. Ҳароратни ўлчашдаги зарур шарт ҳарорати ўлчанаётган жисм билан сезгир элемент орасида иссиқлик мувозанатининг юзага келишидир.

Ўлчанадиган ҳароратлар оралигига қараб энг кўп тарқалган термометрларга суюқликли, газли термометрлар, қаршилик термометри, термометр каби ишлайдиган термопара ва пирометрлар киради.

Суюқликни термометрларда ҳажм–термометрик характеристика бўлиб ҳисобланади, суюқликли (идиш одатда симобли ва спиртли) эса сезгир элемент бўлиб ҳисобланади. Пирометрларда термометрик хосса сифатида нурланиш интенсивлигидан фойдаланилади. Прометрларнинг бошқа термометрлардан принципиал фарқи шундаки, уларнинг сезгир элементлари жисм билан бевосита контактда бўлмайди. Пирометрлардан исталганча юқори ҳароратларни ўлчашда кўлланилади.

Ўта паст ҳароратларни ўлчашда термометрик модда сифатида парамагнетиклардан, ўлчаш хоссаси сифатида эса уларнинг магнит–лашининг температурага боғланишидан фойдаланилади.

Медицинада ишлатилувчи симобли термометр максимал ҳароратни кўрсатади, шу сабабли у *максимал термометр* деб аталади. Ундаги бу хусусият унинг тузилишига боғлиқ: симобли резервуар даражаланган капиллярдан қилсимон даражада торайтирилган қисми билан ажратилган бўлиб, бу торайганлик термометр совуган вақтда симобнинг резервуарга қайтишига имкон бермайди (1.16–расм). Узоқ вақт кузатиловчи паст температураларни кўрсатувчи минимал термометрлар ҳам мавжуд. Кичик интервалдаги ҳароратлар қийматини юқори аниқликда ўлчаш учун метастатик термометрлардан (1.17–расм) фойдаланилади. Бундай термометрлар суюқликли (одатда симобли) катта резервуар 1 дан ва узун ингичка капилляр 3 дан иборат бўлади 1 резервуардаги симоб массаси ўзгарувчан бўлиб, унинг қисми 2 резервуарга қўйилиши мумкин, бунинг натижасида шкаланинг ноль (0) белгиси ўлчанувчи ҳароратлар интервалининг пастки чегараси қилиб олинади. Бундай термометр даражасининг қиймати $0,01^{\circ}$ га тенг. Ҳисоблаш интервали ҳаммаси бўлиб 5° ни ташкил этади, лекин у ҳар хил ҳароратлар атрофида олиниши мумкин. Турли физик, химиявий ва биологик жараёнларда ажралиб чиқадиган ёки ютиладиган иссиқлик микдорини ўлчаш учун калориметрия деб

аталадиган бир қатор усуллардан фойдаланилади, бу методлар тўпламига *калориметрия* дейилади.

Калориметрик усул ёрдамида жисмларнинг иссиқлик сиғими, фазовий айланишлар вақтида иссиқлик миқдори, эрувчанлик ҳўллаш, адсорбция, химиявий реакция туфайли ҳосил бўлган иссиқлик, нурланиш энергияси, радиоактив парчаланиш ва шу кабилар ўлчанади.

Шунга ўхшаш ўлчашлар калориметр ёрдамида амалга оширилади. Шу асбобларни икки турга ажратиш мумкин: улардаги иссиқлик миқдорини температурасининг ўзгаришига қараб аниқлайдиган калориметрлар ва температураси ўзгармас бўлиб, иссиқлик миқдори бошқа фазовий ҳолатга ўтган (масалан, эриётган қаттиқ жисм) модда миқдори бўйича аниқлайдиган калориметрлар.

Амалда қўлланиладиган кўпчилик калориметрлар биринчи турга тегишлидир. Бундай ҳолларда калориметр – текширилувчи модда системаси томонидан олинган иссиқлик миқдорини куйидаги формула ёрдамида топиш мумкин:

$$Q = C_x \Delta T$$

бу ерда C_x – калориметрик системанинг солиштирма иссиқлик сиғими, ΔT – унинг атрофдаги жисмлар билан иссиқлик алмашилиши бўлмаганда кузатилиши мумкин бўлган ҳароратнинг ўзгариши, ΔT ни аниқлаш учун тажрибада ўлчанган ҳароратнинг ўзгаришига атроф муҳит билан иссиқлик алмашилишини ҳисобга олувчи тузатма киритиш лозим. Бу муносабатда ҳамма «калориметрларни адиабатик ва изотермик қобиқли калориметрларга ажратиш мумкин. Изотермик ёки адиабатик шароитни сақлаб туриш учун калориметр ҳарорат регулятори билан таъминланади, улар сифатида кўпинча контактли термометрлардан, шунингдек қаршилиқ термометрлари ва дифференциал терможуфтлардан фойдаланилади.

Ҳаётий фаолият кузатиладиган жараёнларда иссиқлик эффектлари кузатиладиган методлар группаси ҳам, биокалориметрия дейилиб, унга мос ҳолдаги асбоблар эса *биокалориметрлар* дейилади.

1.7. Даволаш учун қўлланиладиган иситилган ва совуқ муҳитларнинг физик хоссалари

Тиббиётда айрим жойларни иситиш ёки совутиш мақсадларида иситилган ёки совутилган жисмлардан фойдаланилади.

Одатда бунинг учун нисбатан имкони бўлган муҳитлар танланади, бунда улардан баъзилари фойдали бўлган механик ва химиявий таъсир кўрсатиши мумкин.

Бундай муҳитларнинг физик хоссалари уларнинг қандай мақсадда ишлатилишига қараб белгиланади. Биринчидан, нисбатан узоқ вақт давомида керакли эффект ҳосил қилинадиган бўлиши шарт. Шунинг учун ишлатилувчи муҳитлар катта иссиқлик сиғимига (сув, балчиқ) ёки фазовий ўтиш солиштирма иссиқлигига (парафин, муз) эга бўлишлари

керак. Иккинчидан, бевосита тери устига ёпиладиган муҳитлар оғрик сездирмаслиги керак. Бу ҳол бир томондан олинган муҳитлар ҳароратини чеклаб қўяди, иккинчи томондан иссиқлик сиғими кам бўлган муҳитларни танлашга мажбур этади. Масалан, даволаш учун ишлатиладиган сувнинг ҳарорати 45°C гача торф ва балчиқнинг ҳарорати 50°C гача бўлади, чунки бу муҳитларда иссиқлик алмашинуви (конвекция) сувдагидан кам бўлади. Парафин 60—70°C гача иситилади, чунки унинг иссиқлик ўтказувчанлиги катта эмас, терига тегиб турган қисми эса тез совуб кетиб кристалланади — бу кристаллар эса унинг қолган қисмларидан келувчи иссиқлик оқимини ўтказмайди.

Даволаш мақсадида совитувчи муҳит сифатида муз ишлатилади. Кейинги йилларда паст ҳароратлардан медицинада етарлича кенг қўламда фойдаланилмоқда. Даволаш мақсадида аъзоларнинг бир жойини ёки ўшминини кесиб олиб бошқа жойга ўрнатиш ва у буларнинг нормал ишлаши, тирик организм ўз иш фаолиятини етарлича узоқ вақт сақлаши учун бу аъзолар паст ҳароратда консервация қилинади.

*Криоген** усули музлатиш ва эритиш йўли билан тўқималарни емиришдан, тиббиётчилар томоқ бези, сўғал ва шу кабиларни олиб ташлашда ишлатишади.

Бу мақсадда махсус криогенли аппаратлар ва криозондлар ясалади. Анестезия хоссасига эга бўлган совуқ ёрдамида асаб касалликларига тегишли бўлган одам бош миясидаги айрим ҳужайралар ядросини йўқ қилишда ишлатилади, масалан, паркинсонизм.

Микрохирургияда нам тўқималарнинг совуқ металл асбобларга ёпишиб қолишидан бу тўқималарни бошқа жойга кўчиришда фойдаланилади.

Паст ҳароратларнинг тиббиётда қўлланилиши туфайли, криоген тиббиётда криотерапия, криохирургия ва шу каби янги терминлар юзага келди. Криомуз билан, паст ҳароратлар билан боғлиқ бўлган мураккаб сўзнинг бир қисми, криоген—паст ҳароратга тегишли.

Саволлар:

1. Термометрия ҳақида тушунча.
2. Пирометр нима ?
3. Калориметрия ва у ёрдамида нималар ўлчанади ?
4. Даволаш мақсадида нимадан фойдаланилади, уни тушунтиринг.

II–БОБ. БИОМЕХАНИКАНИНГ БАЪЗИ БИР МАСАЛАЛАРИ

2.1. Одам танасининг функционал мустаҳкамлиги ҳақида тушунча.

Одам танасини турли муҳитларда, турли хатарли факторлардан ҳимоя этиш учун бажариладиган тадбирлар эффективлиги жуда муҳимдир. Бу эффективликка эришиш учун ҳимоя усулининг сифатига талаблар асосланган бўлиши керак. Энг оддий талаб – "жароҳатланиш хавфсизлигини тўла таъминлаш" – лекин бу талаб ҳам кескин ва бошқа томондан ноаниқроқдир. Сабаби: техникада, яъни қаттиқ жисмларда мустаҳкамликни таъминлаш учун шундай конкрет талаб кўйиш, одатда, тўғридир. Лекин тирик организм, яъни одам танаси учун бу талабни амалга ошириш бироз тортишувларга олиб келади. Бундай ҳолларда баъзан карама – карши талаблар туъилади.

Авария ҳолатида учувчи самолётдан каттапультаганиб чиқиб кетиши керак. Бунда жуда қисқа вақтда самолётдан хавфсиз отилиб чиқишни талаб қилинади. Лекин бу ҳолат жуда тез бажарилганда учувчини ҳолатига қараб турлича жуда хавfli зўриқиш – ўта юкланиш ҳосил қилади. Агар бу ҳолат нотўғри ҳисобланса, одам ортиқча зўриқишдан ҳалок бўлиши мумкин.

Умуман, механик мустаҳкамлик тушунчасини биомеханикани умумий масалаларига тўғридан–тўғри қўллашда баъзи чегаралар мавжуддир. Бу ерда фақат биообъектни мустаҳкамлигини баҳолашдаги экспериментал қийинчиликлар (яъни одам ёши, функционаллиги ва индивидуаллиги) эмас, балки одам устида бундай текширишларни ўтказиш мумкинлиги, ҳозирги билимлар эса фақат бахтсиз ҳодисалар натижасида тўпланган маълумотлардан иборатдир.

Бу ерда яна тирик структуралар ўз–ўзини тиклаш қобилиятини ва бошқа муҳитга мослашишини эътиборга олиш керак.

Шундай қилиб, "мустаҳкамлик" термини одамга хавфсизликни таъминлаш бўйича қўйиладиган талабларда механик нуктаи–назардангина эмас, балки унга қўшимча функционал мустаҳкамлик тушунчасини ҳам қўйиш керакдир.

Функционал мустаҳкамлик бўйича қўйиладиган талаблар турли–туманлигидан уч даражада бўлиши мумкин:

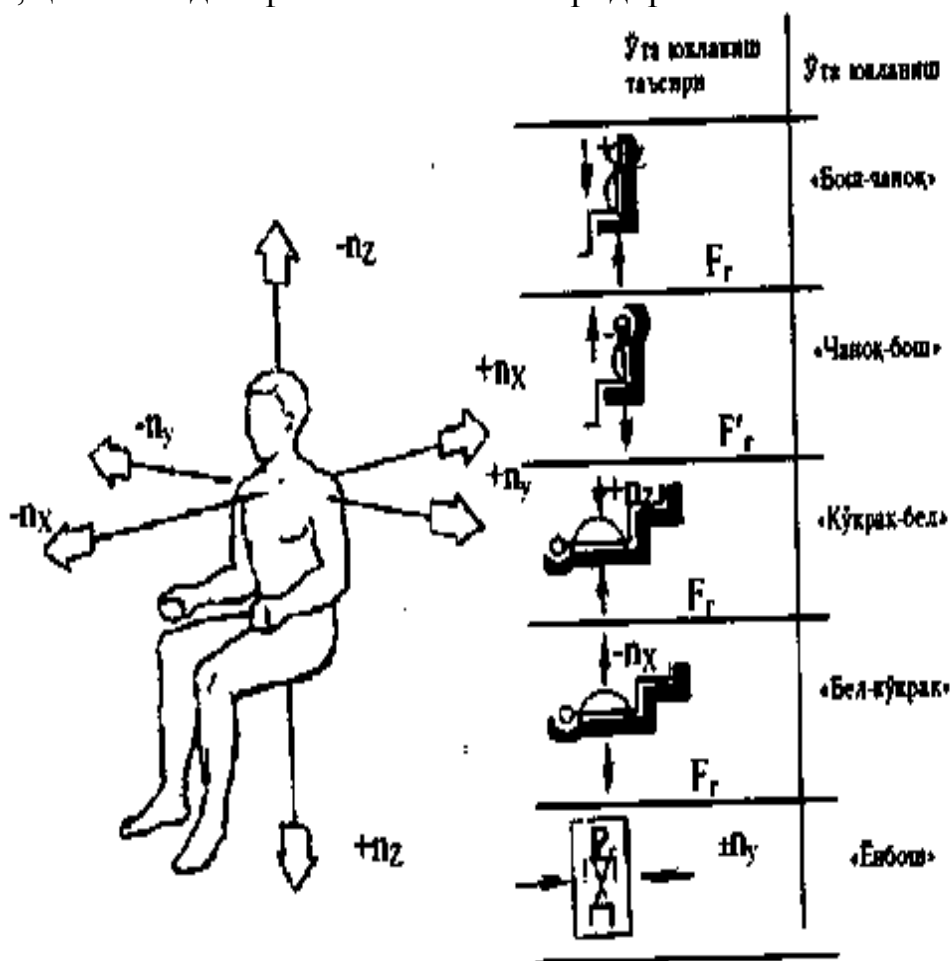
1. Функционал мустаҳкамликнинг биринчи даражасига одамни ишлаши учун максимал ишлаш қобилиятидан фойдаланишга қулайликни таъминлашга доир талаблар.

2. Одам экстремал шароитда механик мустаҳкамлигини ва функционал иш қобилиятини таъминлашга доир талаблар иккинчи – функционал мустаҳкамликдир.

3. Эҳтимоллик факторларини эътиборга олиб одам ҳаётини сақлаб қолишни хавфсизликни таъминлашга қўйилган учинчи даража функционал мустаҳкамликдир.

Одамнинг биомеханик ҳолатига атроф–муҳитни таъсири. Одам, одатда, меҳнат, дам олиш ёки саёҳат вақтида куруқлик, ҳаво ва сувдан иборат атроф–муҳит, қолаверса техника таъсирида бўлади. Бу таъсир жуда кўп қиррали ва

жуда кўп факторларни ўз ичига олади. Факторларни бир қисми табиат таъсири, қолгани одам фаолияти натижапаридир.



2.1.– расм. Ўта юкланиш n ва таянч реакциялари F ни одамга таъсири.

Биринчиси (табиий таъсирлар) – гравитация, электро–магнетизм, иссиқлик, ҳаво ва сув ҳаракати, намлик, ер қимирлаш, ёруғлик, хид, ультрабинафша (ультра–фиолетовке) ва инфрақизил нурлар, радио ва микротўлқинли нурланишлар ва ионлаштирувчи радиация (космик парвозда).

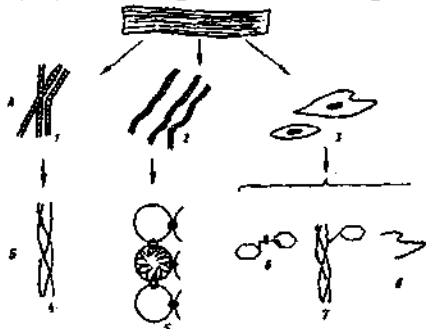
Иккинчиси (сунъий таъсирлар) – механик юк, тезлик, тезланиш, тебраниш (вибрация), зарб, портлаш, оғирлик кучини ўзгариши, барометрик босим ва сунъий газли муҳит (космик парвозда, сув остида), электр, иссиқлик, ҳавони тозалиги, хид, ёруғлик, шовқин ва б.

Бу таъсирлар одам танасига икки хил қўйилиши мумкин: ҳажмий, яъни бутун тана бўйича таъсир (иссиқлик, босим ва ҳ.к). Сиртдаги таъсир – (яъни сиртдаги кучлар) одам танаси сиртига ташқаридан бериладиган таъсир – зарб кучи, ҳаво ёки суюқлик таъсири, яъна бу таъсирлар икки хил характерда бўлиши мумкин: динамик ва статик.

2.2. Юмшоқ тўқималар структураси ва таркиби

Юмшоқ биологик тўқималар: тери, мускуллар, қон–томир деворлари, нафас олиш органлари деворлари, юракни яримойсимон клапанлари, ички аъзолар тўқималари, ўпка ва мия, пайлар ва х.к. тўқималар киради. Улар ўзининг деформацияланиши ва механик хоссалари билан суяк тўқималаридан фарқ қилади.

Юмшоқ биотўқималарни катта деформацияларга учраши (яъни 200% гача нисбий деформацияга учраши) билан бошқа биоматериаллардан фарқ қилади. Бундан ташқари юмшоқ биотўқималар бошланғич ва табиий ҳолатини номаълумлиги, структурасига қараб анизотроплилик ва сиқилмаслик хусусиятлари билан ажралиб туради.



2.2–расм.

А–тўқималарни гистологик структураси; Б–кимёвий бирикмалари; 1–коллаген толалар; 2–эластин толалар; 3–асосий моддалар ва хужайралар; 4–коллаген; 5–эластин; 6–гликозаминогликанлар; 7–гликопротеинлар; 8–эрувчан протеинлар.

Юмшоқ биотўқималарни ташкил этувчи компонентлари куйидагилардир: хужайра, коллаген тола, эластин тола ва асосий (боёловчи) моддалар (2.2–расм). Ҳар бир компонент ўзининг ультраструктурасига эгадир. Турлича ковалент боғланган ва боғловчи моддалар биргаликда (химиявий нуқтаи назардан) биополимерларни ташкил этади. Биополимерлар беш гурӯҳда бўлади: коллаген, эластин, гликозаминогликанлар, гликопротеинлар ва эрийдиган протеинлар.

Коллаген – бирлаштирувчи тўқималарнинг асосий эле–ментлари бўлиб, турлича кўринишдаги структураларга эгадир. Коллагеннинг муҳим томони шуки, яъни у полипептид занжирлардан тортиб, то толалар боғламигача спираль ҳосил қилади. Бундай

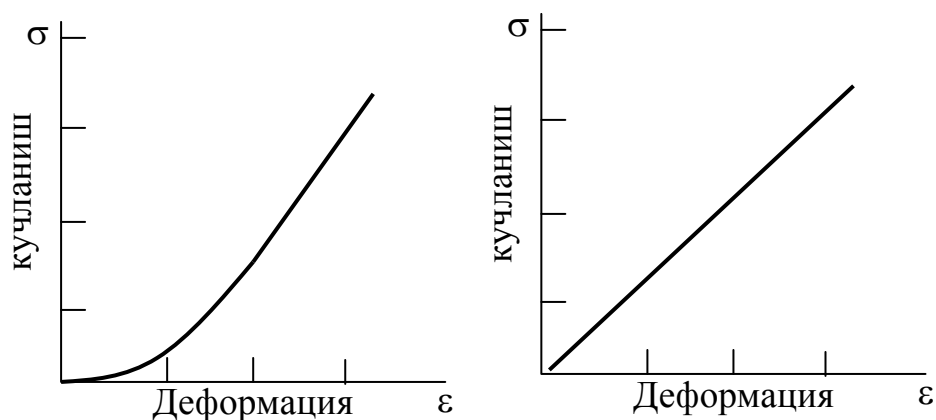
структура чўзилишда элементларнинг бир–бирига нисбатан силжишига тўсқинлик қилади. Коллагенни элементар ташкил этувчиси тропоколлаген, боши ва думи орқали туташиб, коллаген фибрилларини ҳосил қилади. Уларнинг диаметри 20–40 нм.

Коллаген тола ва боғламлар жуда катта деформацияларга учрамайди. Бу ерда кучланиш ва деформация орасидаги боғланиш чизиксиздир. Коллаген толалар нисбатан юқори мустаҳкамликка эгадирлар, масалан, чўзилишда $\sigma_d = 50\text{--}100$ МПа ва эластиклик модули $E = 1000$ МПа бўлиши мумкин.

Эластин – эластомерларга ўхшаш гидрофоб табиатга эга, маълум ораликларда бикр кимёвий боғланган амино–кислоталар занжиридан иборатдир. Чўзилишда эластин структураси чизикли хоссага эгадир. Эластин структураси икки хил морфологик формада бўлиши мумкин – тола ва мембрана. Эластин толалари, асосан, жуфт–жуфт ҳолда эшилган бўлиб, катта деформацияларга учрайди, яъни 200%гача, эластиклик модули эса $E = 0,6$ МПа.

Асосий моддаларда коллаген толалар хужайра ва хужайра ичидаги моддалар билан кўшилиб кетган бўлади.

Хужайра ичидаги моддалар коллаген тола, эластин, ретикулин ва гидрофиль гель (гил)дан иборатдир.



2.3–расм.

Энг кам эластиклик модулига эга бўлган бу асосий модда механик нуқтаи–назардан уч хил функцияни бажаради: толадан толага юкни ўтказди, ҳар бир толани инди–видуаллигини ҳимоя қилади ва толалар силжиганда улар орасидаги ишқаланиш кучини камайтиради.

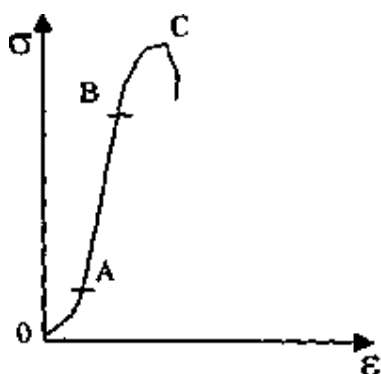
Биотўқима механик хоссапариди, бу тўқималарда тола, ху–жайра ва асосий моддалар қандай турда структура ҳосил қи–лишига боғлиқ. Масалан: пайларда энг содда структура мавжуд, яъни толалар бир йўналишдадир.

Терида коллаген толалар структураси жуда мураккаб, яъни фибриллардан иборат уч ўлчовли тўрни ҳосил қилади. Тери юзасида коллаген толалар ромбсимон параллелограмлардан иборат тўр ҳосил қилган. Шунинг учун тери чўзилганда улар осон деформацияланади. Терида коллаген 75% (қуруқ ҳолда) ва эластин эса 4% атрофида.

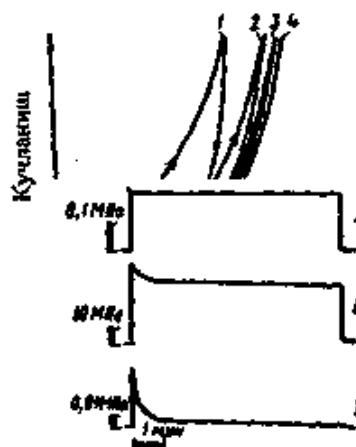
2.3. Юмшоқ биологик тўқималар деформацияланишини ўзига хослиги.

Юқорида айтилганидек, юмшоқ тўқималар катта деформацияларга учрайди ва кучланиш билан деформация орасида чизиксиз боғланиш бўлади. Шартли равишда эгри чизикни уч қисмга бўламиз. Биринчи қисмда ОАда кучланиш экспоненциал қонун билан ўзгаради. Бу қисм биотўқима фаолиятини физиологик диапозонига тўғри келади. АВ қисмда кучланиш ва деформацияга деярли чизикли ҳолда боғлиқ. Учинчи ВС қисмида чизиксиз боғланиш кузатилади. С нуқтада узилиш рўй беради. ОА қисми нисбатан кичик юкларда содир бўлади. Экспериментларда бошланғич ўлчамларни аниқ олиш муҳимдир (2.4–расм).

Юмшоқ тўқималарда бошланғич ҳолатни билиб бўлмаслиги муаммодир. Тирик тўқималарда кўпчилик ҳолда кучланган ва даврий равишда юкланиб туради. Агар тирик организмдан кесиб олинган тўқима текширилса, у кесилгандан кейин қисқаради ва структура ўзича қайта қурилади.



2.4–расм



2.5–расм

Экспериментларни унификациялаш (умумлаштириш) ва натижаларни таққослаш имконини яратиш учун намуналарни олдиндан **"тренировка"** қилиб (юклаб ва юкни олиб бир неча марта қайтарилади) кучланиш ва деформация бўғлиқлиги физиологик диапазонга тўғри келгунча тайёрлаб олинади. Одатда, 3–5 циклда бионамуна нормаллашади (2.5–расм).

Баъзи юмшоқ тўқималарда турлича кучланиш релаксацияси кузатилади. Эластинда бундай ре–лаксация умуман йўқ, коллагенда бироз ва силлик мускулларда сезиларли ҳолда мавжуддир (2.6–расм). Юмшоқ биотўқималарни яна бир ўзига хос томони шуки, уларда эластиклик параметрларини деформация тезлигига суут бўғлиқ–лигидир. Масалан: пассив мускул тўқималарида берилган деформация тезлигини $0,001\text{с}^{-1}$ дан 100с^{-1} яъни 10^6 марта ўзгаришига кучланиш қиймати 2,5 марта кўпаяр экан. Қуруқ пайларда бу умуман кузатилмайди.

Анизотроплик юмшоқ биотўқималарга хосдир. Биринчи сафар тақрибий текширишларда уни трансверсаль–изотроп деб қараш мумкин. Аниқроқ ўрганишда уни ортотроп деб қаралади, яъни учта ўзгарадиган йўналишларда турли хоссалари эътиборга олинади. Масалан: одам териси, аорта клапанлари япроқлари ва қон томир деворлари ўзаро перпендикуляр йўналишларда турлича механик хоссаларига эга бўлган анизотроп *мембрана* деб қаралади.

2.4. Қаттик тўқималарни биомеханик хоссалари. Компакт суяк тўқималари структураси ва таркиби.

Суяк тўқимаси–бирлаштирувчи тўқималардан бири бўлиб, уч хил ҳужайрадан ва ҳужайралараро моддалардан тузилган. Унда доимо биокимёвий ва структуравий компонентларни емирилиши ва янгилиниши бўлиб

туради. Узун найсимон суякда икки хил тўқима: компакт ва спонгиоз тўқималар мавжуд.

Компакт тўқималар найсимон суякни ўрта қисми (диафиз) ни асосий ташкил этувчисиدير. Диафиз суякнинг асосий юк кўтарувчи қисми ҳисобланади. Компакт тўқималар композицион тузилишга эгадир. У уч фазали материал деб қаралади ва беш хил структура даражасидан иборат (3.1 –расм)

1–даражада–тропоколлаген ва ноорганик кристаллар биополимер макромолекуласи бор. Тропоколлаген молекуласи 3 та полипептит занжирларининг чап спиралларидан тузилган. Улар ўнг спиралларни ҳосил қилади.

2–даражани коллаген микрофибриллалари ва ноорганик моддалар ташкил этади. Микрофибриллалар бешта спиралсимон жойлашган тропоколлаген молекулаларидан ҳосил бўлади.

3–даража – коллаген фибрилларининг ноорганик моддаларга боғлиқ ҳолда ҳосил қилган толалардир.

4–даража – ламеллалардан иборат. *Ламелла* энг кичик мустақил конструкцион элемент бўлиб, компакт суяк тўқмасини ҳосил қилади: у юпқа эфи пластинкасимон ёки цилиндрик қобиксимон бўлиб, минерал коллаген толалардан тузилган.

5–даража – конструкцион элемент– остеонлардан тузилган. *Остеон* қон томирларни ўраб турувчи концентрик жойлашган суяк ламеллаларидан иборатдир. Ламеллалар 5 тадан 20 тагача бўлиши мумкин. Катта ёшдаги одамни узун найсимон суяги диафиз қисмини кўндаланг кесимини текширилганда, унинг девори қалинлиги бўйича 3 қисмдан иборат эканлигини кўришимиз мумкин, яъни ички, ўрта ва ташқи қисмлар. Ички ва ташқи қисмлар умумий ламеллалардан ва ўрта қисм остеонлардан тузилган.

Суяк моддасини 3 хил ҳужайраси мавжуд: остеобластлар, остеоцитлар, остеокластлар.

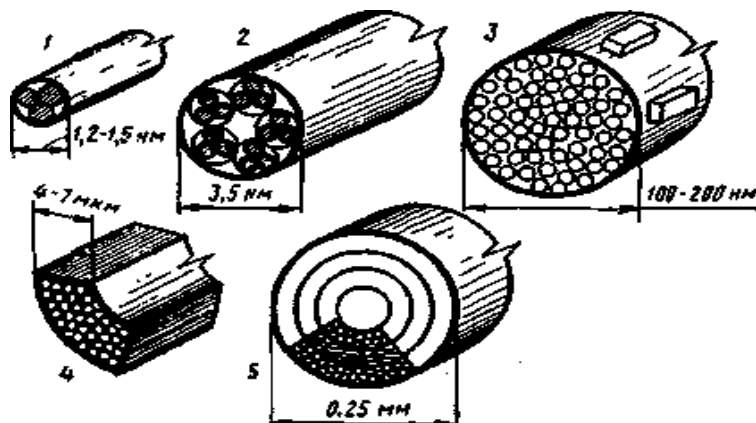
Остеобласт ҳужайралари суякнинг юза қисмида жойлашган бўлиб, суяк ҳосил бўлишида иштирок этади. Унинг цитоплазмасида асосий органик моддалар коллаген ва полисахоридлар синтезланади. Ривожланишнинг маълум босқичида ушбу ҳужайралар ҳужайралараро моддалар ичида алоҳида ажралган ҳолда кўпайиш хусусиятини йўқота бошлайди ва остеоцитларга айланади. Бунда ҳужайралараро моддалар боғловчи моддаларни кўпайиши сабабли зичлашади. Остеобластлар токли кўпбурчакли ёки эллиптик кўринишда бўлиб, ўлчами 15–20 мкм.ни ташкил этади.

Остеоцитлар суяк каналчалари билан бирлашган цитоплазма ўсмаларидан иборатдир. Улар ҳужайралараро органик гидроксиапатит ҳосил қилишда муҳим роль ўйнайди ва ноорганик моддалар алмашинувига хизмат қилади ва суяк тўқимаси структурасини ҳамда механик хоссаларини стабиллаштириб туради.

Остеокластлар–нисбатан йирик бўлиб, кўп ядроли диаметри 80 мкм бўлган ҳужайралар. Улар маълум шароитда суяк тўқимасининг минераллашган асосий моддасини парчалайди.

Суяк тўқимасида ҳужайралар сони доимий эмас, балки одамнинг ёшига, физиологик ҳолатига ва бошқаларга боғлиқ ҳолда ўзгариб туради. Масалан:

синган суяк битишида остеобластлар кўпайиб кетади. Агар суяк тўқимасида но-органик моддалар бўлмаса қолган органик моддалар суяк формасини сақлайди, лекин механик хусусияти резина билан бир хил бўлади.

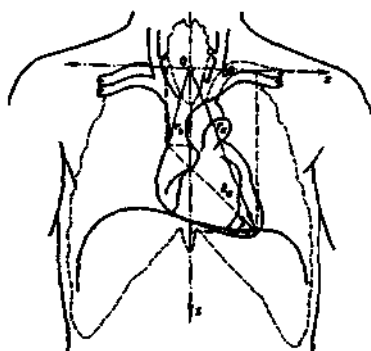


2.6–расм. Компакт суяк тўқималарини структуравий даражалари (1–5).

Агарда органик моддалар бўлмаса суяк ташқи кўриниши сақланади, аммо унинг материали кам мустаҳкамликка эга мўрт материалга айланади.

2.5. Юрак қон–томир ва нафас олиш системалари механикаси. Юрак биомеханикаси ҳақида.

Юрак фаолиятини тўла ўрганиш биомеханика усуллари бўйича атрофлича текширишни талаб қилади. Юрак ўта мураккаб мускуллардан тузилган тебраниб турувчи гемодинамик орган бўлиб, у ташқи омиллар таъсирларини, ички муҳитни ва бўлмачалардаги қон ҳажмлари мувозанатини, қон оқиши тезлиги ва босимини доимий мувофиқлаштириб туради.



2.7 – расм. Юрак биодинамик ҳолатини аниқловчи координата системасини жойлаштириши.

Юрак тўртта бўлмачадан иборат, мускуллардан тузилган мураккаб кўринишдаги органдир. Унинг ўлчамлари турлича, масалан: катта ёшдаги одамларда узунлиги 10–15 см, эни эса 8–11 см гача бўлиши мумкин.

Бўлмачаларни деворлари уч қатлам, яъни: эпикард, миокард ва эндокардлардан иборат: ташқи қийшиқ, ўрта циркуляр ва ички тўғри қатламлардан тузилган.

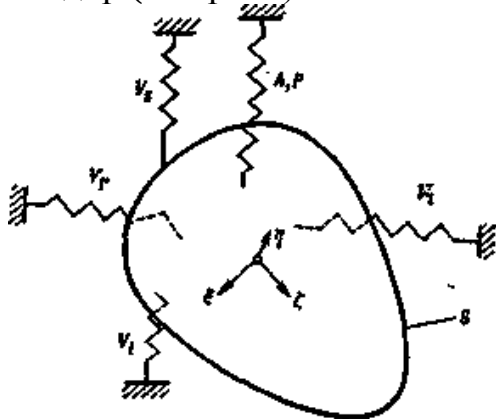
Юрак ва унга яқин жойлашган томирлар биодинамик ҳолатини ўрганишда координата боши кўкрак кафаси қовурғаларни энг юқоридагисини ўртасига жойлашган система танланган (2.7–расм).

Юракни механик ҳолатини қийматлари ва йўналишлари системанинг ички гемодинамик факторларига боғлиқ ҳамда ташқи табиий ва сунъий таъсирларга, вазтга I, ёшига (A), одам жинсига, патологик

холатига (P) ва бошқаларга боғлиқ бўлган векторлар билан аникланади, уни аналитик ифодаси

$$R_i = R_i(x, t, A, b, \dots) \quad (2.1)$$

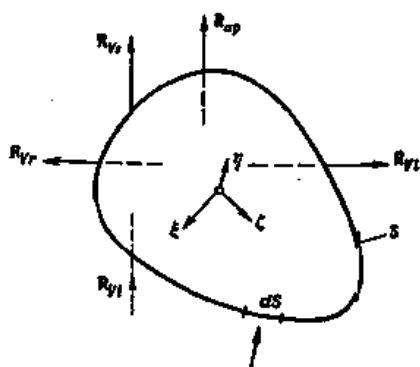
Узун ўқ R_s (радиус-вектор) 0,14м узунликда бўлиб, оғиш бурчаги 43–48°дир (2.2–расм).



2.8. – расм. Юрак боғланишлари.

Юракнинг пульсацияли ҳаракати унга бириккан катга кон томирлари билан чегараланган. Улар яна юракни бошқа органларга боълаб туради. Бундан ташқари юрак ҳаракати ўпка, перикард ва диафрагма билан чегараланган, улар юракка ёйилган юк тарзида босим беради. Механика конунларини кўллаб, система боъланишлардан озод қилиниб, улар ўрнига реактив кучлар қўйилади. Бу реактив кучлар ҳам пульсацияли характерга эга (2.8 ва 2.9–расмлар).

Агар одам танаси тебраниш таъсирида бўлса, кўкрак қафаси билан биргаликда скелет (деформацияланмайдиган контейнер) гармоник тебранишлар ҳосил қилади.



2.9 – расм. Боғланишлардан озод этилиб, реактив кучлар қўйилган юрак схемаси.

$$V = V_0 \sin \omega_1 t \quad H = H_0 \sin_2(\omega_2, t) \quad (2.2)$$

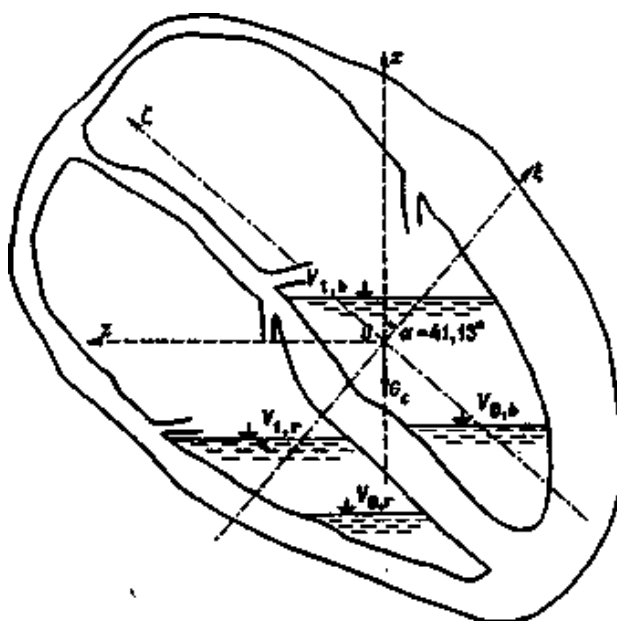
бу ерда V_0 ва H_0 –вертикаль ва горизонталь йўналишлардаги тебраниш амплитудалари; ω_1 ва ω_2 – мос равишда тебраниш частоталари.

Юрак кон–томир системасининг барча механик функцияларини бажаришга, бу системани бош мотори бўлган юрак энергетика нуқтаиназаридан қараганда жуда кам энергия сарф қилиш принципи билан кўриш мумкин. Шунинг учун чап қоринча юқориқда жойлашган бўлиб, кон отилиб чиқишида (катта айлана бўйича) кон оғирлик кучи камроқ бўлади. Ўнг қоринчада эса сал пастроқ бўлиб у кичик айлана бўйлаб қон айлантиради. Катта айланага нисбатан кичик айланада қон айлантиришга камроқ энергия сарф бўлиши керак ва юрак табиий равишда шунга мослашган.

Маълумки, юрак фаолияти натижасида тебраниш ҳосил қилади, яъни ташқи таъсир натижасида ҳам тебраниш ҳосил бўлади. Бу тебранишлар қўшимча гемодинамик босимни ҳосил қилади ва натижада физиологик тебраниш частотаси ва формаси ўзгаради, бу эса агар нормадан ортиқ бўлса патологик ўзгаришларга сабаб бўлади.

Одатда, юрак конструкциясини, механик нуқтаиназардан текширилганда, қобик сифатида қаралади ва қуйидаги чекланишларга асосланилади:

1. Юрак биотўқимаси бир жинсли ва эластик;
2. Миокард (юрак мускули) структураси анизотропдир. Чап қоринчага ўртадаги учинчи девори фибриллалари айлана бўйича йўналгандир. Шу билан бир вақтда ички фибриллалар юрак параллелларига нисбатан $+60^{\circ}$ ва ташқилари эса -60° бурчак остида йўналган бўлиб, анизотроплиликни ҳосил қилади.
3. Миокард деворлари бир қаватли;
4. Миокард қалинлиги ўзгарувчандир. Бу қалинлик 3 мм–15мм гача чап юрак олди қисмларда ўзгаради, лекин В.В.Новожилов таъбирига асосан миокард деворини қалин деб ҳисобланади;
5. Миокард девори кўчиши ва деформацияланиши каттадир (бу ерда мускул саркомерлари 12–17% гача қисқартириш мумкин);
6. Миокард қалинлиги систол ва диастол вақтида ўзгаради (8–28%гача ўзгариши мумкин);
7. Чап қоринчада қон босими 0,1сек.да 1333 Па, 0,2–0,4 сек ичида эса 10664–1333 Па гача ўзгаради. Систол бошида чап қоринча ҳажми 90–110 см ва охирида 40 см;
8. Юрак деворига ички P1 ва ташқи P2 босим берилаяпти деб, уларни кучланиш ва деформацияланиш ҳолатлари гидроэластик ва қобиклар назариялари асосида аниқланади.



2.10 – расм. Юрак ҳолати ва оғирлик марказини ифодаловчи координата системаси.

2.6. Юрак мушаклари қисқариши

Юракнинг физиологик фаолияти қонни иккита айлана бўйича ҳайдашдан иборат. Бунда юрак олди ва қоринчалар мушакларининг қисқариши давомида максимал босим бўлган томондан минимал бўлган томонга қараб қон ҳаракати рўй беради. Юрак бўлмача ва қоринчаларида ички ва ташқи юзалардаги шакл ўзгариши туфайли босим динамикаси экспериментлар орқали аниқланади.

Бундай экспериментал усулларга ангиокардиофафия, юрак ўнг ва чап бўлмачаларини катетерлаштириш, эхокардиография қилиш киради.

Юракни даврий (циклли) фаолияти давомида миокард мушаклари қисқариб ва ёзилиб туради. Ушбу қисқариш давомида юрак бўлмачаларидаги қон сиқиб чиқарилади, яъни ҳайдалади ва бундай ҳолатни «систола» дейилади. Кейин цикл давомида бўшаган қоринчаларни қон билан тўлиш даврини «диастола» дейилади.

Систола бошида юрак *қоринчасида ички босими* (ҚИБ) кўтарилади натижада қон ҳаракатга келади ва қон ҳайдаш жараёни бошланади.

Юрак систоли икки даврга ажралади – қоринча ички босими – ҚИБ (внутрижелудочное давление – ВЖД) ни ўсиш даври ва ҳайдаш даври. Худди шунингдек, юрак диастоли ҳам икки даврга ажралади – юрак олди диастоли ва қоринчалар диастоли (2–илова).

ҚИБ нинг ўсиш даври 0,09 дан 0,12 с.гача вақтда давом этади.

Юрак олди систоли ҚИБ ни ўсишида қатъи аҳамият қасб этади.

Қўзғалувчанлик, автоматизм, ўтказувчанлик ва қисқарувчанлик миокарднинг асосий функцияси ҳисобланади. Миокарднинг ҳамма хужайралари қўзғалувчанлик хусусиятига эга. Автоматизм хусусияти шундан иборатки, миокарднинг баъзи хужайралари ўз-ўзидан қисқариш лаёқатига эгадир. Синус тугуни хужайралари 1 мин. да энг кўп қўзғалади ва юракнинг бир маромда қисқаришини таъминлайди. Одатда, яъни нормал ҳолда юрак 1 минутда 60–80 марта қисқаради.

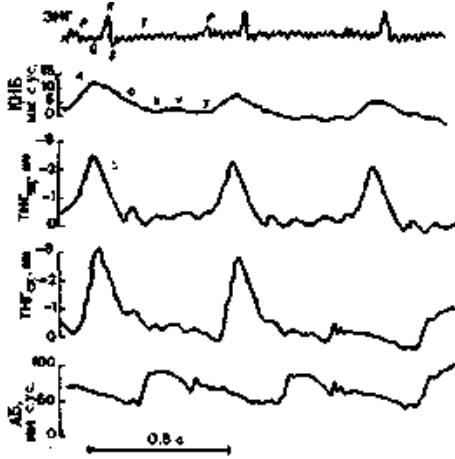
Миокардда импульсларни ўтказиш, хужайраларнинг ўзаро электрохимиявий таъсирланиши туфайли амалга оширилади. Бунинг натижасида импульслар бутун миокардда тарқалади ва гавданинг хоҳлаган жойидан ёзиб олиш мумкин бўлган интенсивликда электр юритувчи куч пайдо бўлади. Юракнинг электр юритувчи кучи таъсир этаётган вақтдаги ўзгаришини акс эттирувчи эгри чизик электрокардиограмма (ЭКГ) деб аталади (2.11 ва 2.12 – расмлар).

Юрак циклик равишда ишлайди. Синус тугунида импульслар пайдо бўлган вақт циклининг бошланиши ҳисобланади. Бўшаган бўлмача ва қоринчалар бу вақтда қонга тўлган бўлади. Импульслар таъсирида бўлмачалар қисқаради.

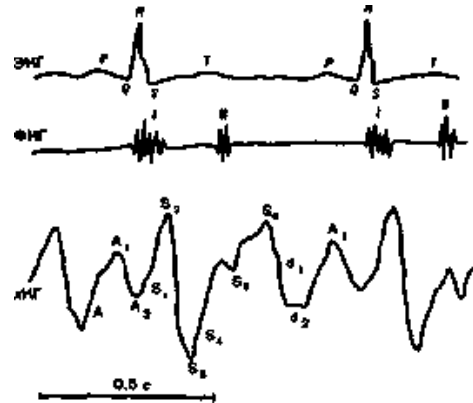
Натижада қоринчаларга қўшимча қон оқиб келади. Бундан улар таъсирлашади. Импульслар тарқалиши билан бўлажак қисқариш тўлқинлари ҳам ҳаракат қила бошлайди (*асинхрон қисқариш фазаси*). Қисқариш кучи кўпайган заҳоти қоринчалар босими бўлмачалар босимидан ошиб кетади ва тавақали клапанлар ёпилади. Шу ондан *изометрик қисқариш фазаси* бошланади. Бу фаза қоринчалар босими аорта ва юракдан чиққан бошқа томирлардаги босимдан ошгач, тугайди ва ярим ойсимон клапанлар очилади. Кейин *қонни ҳайдаш фазаси* бошланади, қон қоринчалардан томирларга отилиб чиқади. Изометрик ва асинхрон қисқариш фазалари ва қонни ҳайдаш фазаси юрак систолини ташкил этади. Қонни ҳайдаш фазасидан кейин юрак бўшашиб қолади, томирлардаги босим таъсирида ярим ойсимон клапанлар ёпилади. Юракнинг бўшашиши давом этади. Бу *изометрик бўшашиш фазаси* деб аталади. Қоринчалардаги босим бўлмачаларда шу вақтда йиғилган қон босимидан пастга тушганда тавақали клапанлар очилиб, қоринчаларга қон тўла бошлайди. Сўнгра кейинги цикллар бошланади. Изометрик бўшашиш,

қоринчаларнинг қонга тўлиш фазалари бўлмачалар диастоласи юрак диастоласини ташкил этади.

Юрак қонни томирларга маълум бир миқдорда ҳайдайди ва нормал ҳолда унинг максимал босими 120 мм симоб устунини ташкил этади. Катта ёшдаги одам организмида 5–6 л қон 1 минутда организмни тўла айланиб чиқади.



2.11–расм



2.12–расм

2.7. Юрак мушкуллари қисқаришининг механик кўрсаткичлари ҳисоби.

Турли адабиётларда юрак уришидаги ҳажм ва босим кўрсаткичлари бўйича юрак ишини ҳисоблашнинг ҳар хил усуллари ёритилган. Асосан, юракнинг уришида кўчишга сарфланадиган ташқи иши аниқланади. Бунга қуйидаги формула қабул қилинган.

$$W = Q \cdot P + \frac{mv^2}{2q} \quad (2.3)$$

бу ерда – Q – юрак уришидаги чап қоринча ҳажми; P – чап қоринчадаги ўртача систол босими; m – юрак уришидаги ҳажм массаси; v – юракдан чиқаётган қоннинг чизиқли ҳаракат тезлиги.

Бирлик вақт томонида юрак томонидан бажариладиган иш миқдори кўрсаткичи – самарали қувват ҳисоби бўлиши мумкин. Ушбу кўрсаткич аортадаги қон оқиш тезлиги ва қоринчадаги босимни узлуксиз ёзиб бориш билан аниқланади. Самарали қувват қийматига кўра чап қоринчадан ташқари қон томири тизимига энергияни ўтиш тезлигини баҳолаш мумкин. Эхокардиография усули юрак мушаклари қисқаришини ўрганишда катта имкониятларни очиб беради.

Ушбу усул ёрдамида систол ва диастол ҳолатидан юракни ички ҳажмларини, миокард даврий қисқариши тезлигини, чап қоринча девори қалинлигини аниқлаш ва юракни даврий ишлаши фазаси бўйича таҳлил қилиш имкониятлари бор. Бу усул фақат қоринчадаги систол ҳақида маълумот беради, аммо юрак мушаклари қисқариши механик фаоллиги кўрсаткичларини

хар бир фаза учун билиш муҳимдир. Бундай маълумотларни олиш мақсадида автоматик таҳлил қилувчи апекскардиограмма (АКГ) усули ишлаб чиқилган. АКГ ни қайд қилувчи «Biomedica» номли полиграфлар мавжуддир. Ушбу аппарат пьезокристалли датчиклар ёрдамида кўрак қафасидаги кўчишларни аниқлайди. Дастлабки аппаратларда қоғозни ўтиш тезлиги 50 мм/с бўлганда 4–7 АКГ мажмуалари қайд қилинган ва улар ЭХМ хотирасига ёзиб борилган. Аппаратлардаги сигналлар зўриқишлари таъсирини йўқотиш учун уларнинг амплитудалари меъёрлаштирилган, яъни қуйидаги формула орқали қайта ҳисоблаш билан бир бирликка яқинлаштирилган.

$$Z_i = \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}}, \quad (2.4)$$

бу ерда $Y_{\max}$ ва $Y_{\min}$ АКГ амплитудаларини энг катта ва энг кичик қийматлари.

Тасодифий хатолари натижасида ҳосил бўлган меъёрдан ошиб кетган амплитудалар тебраниши Z_i тўртинчи айирмалар усули билан текисланади. Бунда АКГ температураларининг иккита қўшни қиймат орасидаги айирма қуйидагича ифодаланади.

$$\sigma'Z_i = Z_i - Z_{i-1} \quad (2.5)$$

бу ерда $i = 2, 3, \dots$, биринчи ва бошқатартибли айирмалар ҳисоби

$$\begin{aligned} \sigma_2 Z_i &= \sigma'Z_i - \sigma'Z_{i-1} \\ \sigma^3 Z_i &= \sigma^2 Z_i - \sigma^2 Z_{i-1} \\ \sigma^4 Z_i &= \sigma^3 Z_i - \sigma^3 Z_{i-1} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Кейин қуйидаги формула ёрдамида амплитудалар текисланган :

$$X_i = Z_i - \frac{3}{35} \sigma^4 Z_i \quad (2.7)$$

Текисланган амплитуда қийматлари орқали АКГнинг биринчи R_1 ва иккинчи R_2 ҳосилалари кетма – кет бешта нуқтани эътиборга олган ҳолда ҳисобланади.

$$PR_1 = \frac{-2x_{-2} - x_{-1} + x_{+1} + 2x_{+2}}{10} \quad (2.8)$$

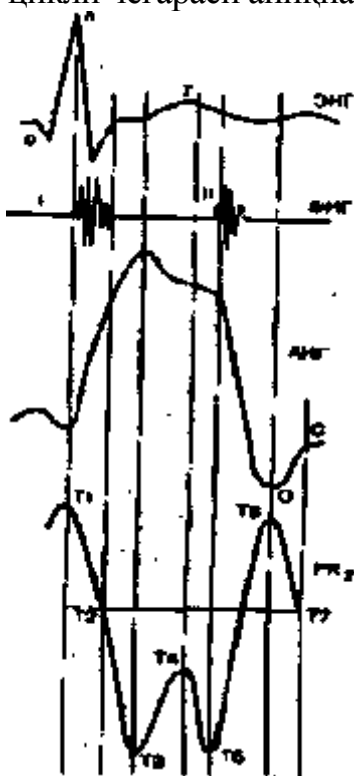
$$PR_2 = \frac{4x_{-4} - 4x_{-3} - 4x_{-1} - 10x_0 + 4x_1 + x_2 + 4x_3 + 4x_4}{100} \quad (2.9)$$

Биринчи ҳосилани физик маъноси шуки, бу мазкур функциянинг ўзгариш тезлигидир. Иккинчи ҳосила эса тезланишни билдиради. Ҳозирги даврда шунга ўхшаш кўплаб маълумотлар мавжуд бўлиб, улар яъни АКГ маълумотлари қоринча ичидаги босим (ҚИБ) ўзгариши динамикасини ёритиб беради. Бундан келиб чиқадики АКГ нинг биринчи ҳосиласи ҚИБ ўзгариши тезлиги ва иккинчи ҳосиласи ҚИБ ўзгариши тезланишини характерлайди. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан иккинчи ҳосила ҚИБ ни ўзгаришини ҳосил қилувчи кучни характерлайди. Бундан ташқари иккинчи ҳосила (PR_2) автоматик режимда юрак цикли фазаларини ажратишда қўлланилади. Бу фазалар юрак ичи гемодинамикасининг ўзгаришини ёритади.

Одатда юрак цикли фазалари ЭКГ, ФКГ, СГ (артерия учун) ва АКГ ларни биргаликда таҳлил қилиниб ажратилади. Ушбу физиологик эгри

чизиклар ва АКГ ни иккинчи ҳосиласни солиштириш 1.1–жадвалда ва 2.13–расмда келтирилган, яъни, бунда ЭКГ, ФКГ ва АКГ лар ўзаро солиштирилиб, уларнинг иккинчи ҳосилалари орқали юрак цикли фазалари аниқланади. Юрак цикли фазасини ахтариш 4.13–расмда Т6 билан белгиланган нуқтадан бошлаб АКГ ни алоҳида мажмуаларини ажратиш билан бошланади. Бунинг учун қуйидаги бир вақтдаги шартлар билан амплитудалар ажратилган:

1. Амплитудалар қиймати энг кичик бўлганда
 2. Бу амплитуда АКГ нинг иккинчи ҳосиласига мусбат чўққиси мос келади.
 3. АКГ да ундан оддин камида 3 нуқтада амплитудалар камайган бўлади
- Бундай амплитудага мос келувчи нуқта CD фазани охири ва БН фазани боши бўлиб, АКГ ни О нуқтаси деб бошланади. Кейин амплитудалар ичидан АКГ иккинчи ҳосиласи экстремумлари ва ноль орқали ўтиш жойи, яъни юрак цикли чегараси аниқланади.



2.13–расм. ЛеКГ, ЭКГ ва ФКГлар бўйича юрак циклининг фазавий структуралари ҳисобий схемаси.

АКГ ни ҚИБ динамикасининг ўзгаришини ёритаётганлигини эътиборга олиб, унинг амплитудалари абсолют қийматлари босим ўлчов бирлиги паскалда (Па)да ифодаланади.

Бунинг учун систол тўлқинлари ва аорта клапанлари очилиш нуқталарига мос келувчи АКГ амплитудалари фарқини пульс босимига пропорционал қилиб олинади. Бунда АКГ ҳосилалари ва амплитудалари дастурий ўлчовини ҳосил қилинади.

$$Y_1 = \frac{x_1 - x_2}{AD_c - AD_d} \quad (2.10)$$

$$PR'_{1i} = PR_{1i} \frac{x_1 - x_2}{AD_c - AD_d} \quad (2.11)$$

$$PR'_{2i} = PR_{2i} \frac{x_1 - x_2}{AD_c - AD_d} \quad (2.12)$$

бу ерда x_2 – систол тўлқинлари чўққисига мос келувчи АКГ амплитудаси; x_1 – аорта клапанлари очилиш нуқтасига мос келувчи АКГ амплитудаси; AD_c – систол босими; AD_d – диастол босими. Бундай услуб билан калибрланмаган босим датчиклари орқали олинган АКГ лари ўзаро солиштиради.

ҚИБ ва зўриқиш кучи ўзгаришларидан ташқари АКГ орқали миокард ривожлантирадаган қувват N_i ва иши A_i лар характерланади, яъни

$$N_i = PR'_{1i} \cdot PR'_{2i} \quad (2.13)$$

$$A_i = \left(\sum_{i=n\phi}^{k\phi} N_i \right) (k\phi - n\phi) \cdot t\phi \quad (2.14)$$

бу ерда ϕ – фаза бошланишива тугалланиши нуқталари; 1ϕ – фаза давомийлиги; N_i – i нуқтадаги қувват характеристикаси.

2.1–жадвал

Фаза	Фазалар чегараси (ҳисоб боши)	ЭКГ	ФКГ	АКГ	АКГни иккинчи хосиласи
ҚИБни ўсиши (БЎ)				Графикни кескин ўсиши	Энг катта мусбат қиймат
	T2	P	1 тон аорта компоненти		0 орқали ўтиш
Максимал қон ҳайдалиши (МХ1)	T3			Систол тўлқини чўққиси	Манфий энг катта қиймат (минимум)
Максимал қон ҳайдалиши (МХ2)	T4	Тўлқинни пасайиши			Мусбат энг катта қиймат (максимум)
Редияцияланган қон Ҳайдалиши (РХ)	T5		2тон аорта компоненти		Манфий энг катта қиймат (минимум)
ҚИБни пасайиши (БП)	T6			0 нукта	Мусбат энг катта қиймат (максимум)
Қонни тез тўлиши (ТТ)				С нукта	0 орқали ўтиш

Ҳар бир автоматик ажратилган юрак цикли учун миокарднинг механик фаоллиги куйидаги кўрсаткичлар билан характерланади:

- тезликнинг абсолют экстремал қиймати. ($V, 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}^{-1}$);
- ўртача тезликнинг нисбий қиймати (V_0);
- тезланишнинг абсолют экстремал қиймати ($a, 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}^{-2}$);
- тезланишнинг нисбий ўртача қиймати (a_0);
- қувватни абсолют экстремал миқдори (N);
- фаза давомидаги ишнинг абсолют миқдори ($A, 10^{-12} \text{ Па} \cdot \text{с}^{-2}$);
- фаза давомидаги нисбий иш (A_0);
- юрак цикли фазаси давомийлиги ($T, \text{с}$);
- РК циклга нисбатан фаза давомийлиги (T).

Бу ерда нисбий кўрсаткичлар фаза давомидаги кўрсаткични юрак цикли давомидаги ўрта кўрсаткичлар йиғиндисига нисбати билан аниқланади

Тажрибалар асосида олинган гемодинамик кўрсаткичлар иловадаги жадвалларда келтирилган.

126 та соғлом одамлар текширилиб, ушбу натижалар олинган, бунда одамларнинг ўртача ёши $27,2 \pm 2,8$ йил, ўртача юрак уриши 1 минутига $65,3 \pm 4,2$ ни ташкил этган ҳамда 218 та ЮИК билан касал одамлар текширилган. Касал одамларни икки гуруҳга бўлинган, яъни 126 таси 1–гуруҳ, ишемик касаллиги (ЮИК) (стенокордия) билан оғриган касаллар (1–2 функционал синфлар) ўртача ёши $51,6 \pm 26$ йил, юрак уриши 1 минутига $62,1 \pm 2,1$ ни ташкил этган.

Клиник амалиётида чап қоринча эгри чизиғини кайд қилиб олиш кенг қўлланилади. Ушбу эгри чизиқ чап олдинги деворини ҳаракати натижасида кўкрак қафаси девори ҳаракатини ёритади. ЛеКГ да юрак циклини турли фазаларини аниқ чегаралаб кўрсатиш мумкин. Унда юрак олди (девори) систол ва диастол тўлқинлари бўлади. Юрак олди мушакларини қисқариши ЛеКГ эгри чизиғида кичикроқ ва чўзилган тўлқин *a* кўринишида ифодаланади. Бу систолдан олдин қоринча тўлқини бўлиб, чап қоринчани қон билан тўлишига мос келади. Тўлқин *a* ни чўққиси тўртинчи тонга тўғри келади. Демак ЛеКГ даги *a* тўлқин чап қоринча хажмини катталашганлигини ва одд девори ҳаракатини ифодалайди. Кўплаб олинган нормал ва патологик эгри чизиқларни таҳлил қилинганда, шу нарса аниқланганки, *a* тўлқинни чўққиси ЭКГ даги Q тишчасига мос келади. ЛеКГ эфи чизиғида яна иккита характерли соҳалар мавжуд. Бунда d соҳа қоринча деворини ташкил этувчи ички тўғри ва ташқи қийшиқ мушаклар қисқариши билан боғлиқ ўзгаришларни ифодалайди.

ҚИБ ва ТТ (тез тўлиш) фазаларида диастол фаоллигини миокард мушакларининг қисқариши билан ЭКГ, ФКГ ва ЛеКГ ларни бир вақтда (синхрон) қайд қилишда кўриш мумкин. Диастол II тондан кейин бошланади ва ЭКГ эфи чизиғида V тишчаси билан характерланади ҳамда унинг тугаши ФКГ даги III тонга ва ЛеКГ даги $C_2(1)$ нуқтага мос келади. Бу ҚИБ да минималь кийматга мос келади (3–илова 3–жадвал).

Патологик шароитда мушакларнинг ўзаро функциональ боғлиқлиги ўзгаради. Веналарни бир вақтда қонга тўлиши билан диастол давомида миокардни ташқи мушаклари давом этади ва ТКГ эфи чизиғида «плато» ҳосил бўлади (3–илова 2–расм). «Плато» нинг ҳосил бўлиши диастолани бошидан охиригача давом этувчи ташқи қийшиқ ва ички тўғри мушакларни қисқаришини ифодалайди. Бунда қоринчалар бўшлиғини кенгайтириши ва уларни қонга тўлиши таъминланади.

ҚИБ эфи чизиқлари билан вена синусларидаги босим ва аортадаги босим эфи чизиқларини солиштириб таҳлил қилинганда улардаги ўзгариш динамикасини ва бир–бирига боғлиқмаслигини турлича эканлигини кўриш мумкин (3–илова 2.11–расмлар).

Иккинчи гуруҳга 92 та миокард инфаркти билан касалланган одамлар, ўртача ёши $48,3 \pm 1,8$ йил, юрак уриши 1 минутига $68,2 \pm 3,4$ ни ташкил этган. Реологик маълумотларни тетрополярсусулдан фойдаланиб юрак уриши ва минутлик хажмлар, умумий атроф қаршилиги, юрак индекси ва юрак уриши индекси ва солиштирма атроф қаршилиги аниқланган. (4–илова 1–жадвал). Қоринча ичида қонни кўчиш фазаси ЮИК билан оғриган касалларда биров чўзилади.

Ушбу фазага мос келувчи биомеханик кўрсаткичлар 4–иловани 2–

жадвалида келтирилган.

Фаза биомеханикаси қоринчалар миокарди механик фаоллигини бошланиши ҳисобланадиган субэндокардиаль ва субэпикардиаль қатламлар қисқариши билан таъминланади. Бу пайтда соғлом одамларда миокарднинг куч характеристикаларини тўла қайта тикланиши содир бўлади ва субэндокардиаль ҳамда субэпикардиаль қатламларни қон билан таъминланади. Венадан қон оқиб келиш жараёни камайиши билан бунда қайта тикланиш содир бўлмай қолади ва буни натижасида мушакларнинг фаоллиги пасайиб қолади. Фаза давомийлигини, қисқариш тезлигини ва бажарилган иш ҳажмини ошириш миокарднинг компенсацион – мослашув реакциясидир.

4-иловани 3-жадвалида ҚИБни ортиши фазасига мос келувчи беомеханик кўрсаткичлар келтирилган.

Бунда текширилган учала гуруҳда ҳам фаза давомийлиги ўртача 6 с. ни ташкил этган. Лекин ЮИК билан оғриган одамларда ушбу фаза давомийлиги нисбатан камроқ. Максимал ҳайдашнинг 1- фазасига тегишли биомеханик кўрсаткичлар 4-иловани 4- жадвалида келтирилган. Бунда фазани давомийлиги ҚИБ ни ортиш фазаси билан ҳамда касал ва соғлом одамлар учун бир хилдир.

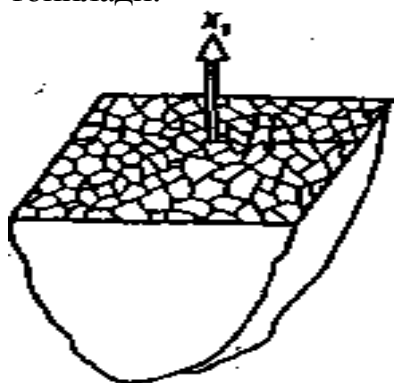
Максимал ҳайдашнинг 2- фазаси (МХ2)га тегишли биомеханик кўрсаткичлар 4-иловани 5-жадвалида келтирилган. Бу фазани давомийлиги бошқа барча фазалардан каттароқдир. Бунда миокарднинг ҳамма қатламларида қисқариш содир бўлади, уни қалинлиги энг катта қийматга эришади, қоринчалар бўшлиғи бўйлама ва кўндаланг йўналишларда кичраяди. Максимал ҳайдашнинг 2- фазаси биомеханикаси 1- фаза биомеханикасидан сезиларли даражада фарқ қилади. Соғлом одамлар учун абсолют қисқариши 2,5 марта стенокордия билан оғриган касалларда 3,74 марта, инфарктдан кейинги касалларда 5,64 марта камаяди. 4-иловани 6- жадвалида редуцирланган ҳайдаш (РХ) фазаси учун биомеханик кўрсаткичлар келтирилган. ЮИК билан оғриган касалларда фазаси давомида ортиб боради. РХ фазасида миокарднинг механик фаоллиги тугайди ва қон ҳаракати тўпланган потенциал энергия ҳисобига содир бўлади. ҚИБ ни пасайиш бўшашиш фазаси («БП» – босимни пасайиши) га тегишли биомеханик кўрсаткичлар 4-иловадаги 7 – жадвалда келтирилган диастолани ишчи фазаси ҳисобланади. Физиологик жиҳатдан ушбу фаза (БП) редуцирланган ҳайдаш фаза (РХ) фазаси билан бир хилдир, лекин кўрсаткичларнинг миқдорий қийматлари бўйича сезиларли фарқ қилади. Ушбу фазанинг абсолют давомийлиги 120 дан 140 мс. гача ўзгаради ва нисбий давомийлиги барча гуруҳлар учун бир хил бўлади.

4-иловани 8-жадвалида келтирилган маълумотлар сўнгги фазасига тегишли бўлиб, бу фаза қоринчаларни тез тўлиш (ТТ) фазаси деб юритилади.

2.8. Нафас олиш системаси механикаси ҳақида

Нафас олиш системаси юрак-қон томир системаси билан туташган ўта мураккаб шохланиб кетган томирлар туридан иборат. Ҳаво трахея орқали ўтиб, аввал 20–30 тагача шохланган томирларга, сўнггра эса юз миллионларгача майда томирчаларга тарқалади. Майда томирлар альвеолалар билан тугайди.

Нафас йўллари, ўпка ва кўкрак нафаси кенгайиши махсус мускуллар ёрдамида бажарилади. Бу система эгилувчан бўлиб, уларнинг математик ифодаси ўта мураккабдир. Қоннинг ўпкадаги микроциркуляциясини ўзига хос томони бор. Ўпка капиллярлари, икки альвеолани ажратиб турувчи пардаларда жойлашгандир. Бу юпка парда капиллярлар туридан ташкил топган мембранадир. У альвеолалардаги P_A босим остида осон деформацияланади. Капиллярдаги қон босими артериал (P_A) ва веноз P_v босимларини уни ўртачасига тенг, уларнинг фарқи капиллярлардаги қаршиликни ҳосил қилади. Альвеола мембраналари кўндаланг ва уринма йўналишларда юкланган бўлади. Улардаги кўчишлар ва зўриқишлар юпка мембраналар назарияси бўйича топилади.



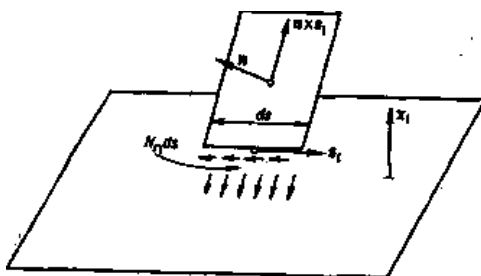
2.14–расм

Нафас олиш системаси механикасида алоҳида ўринни альвеолалар мажмуаси механикаси эгаллаган. Альвеолалар мажмуасини совун кўпигига ўхшаш фазовий қобиклар системаси деб қараш мумкин. Одатда, бу масала икки хил вариантда кўрилади. Биринчисида мембраналар чўзувчи зўриқиш кучлари мавжуд деб, уларни кесим юзаси бўйича интеграллаб макроскопик кучланиш векторини аниқлаш мумкин, яъни (2.15)

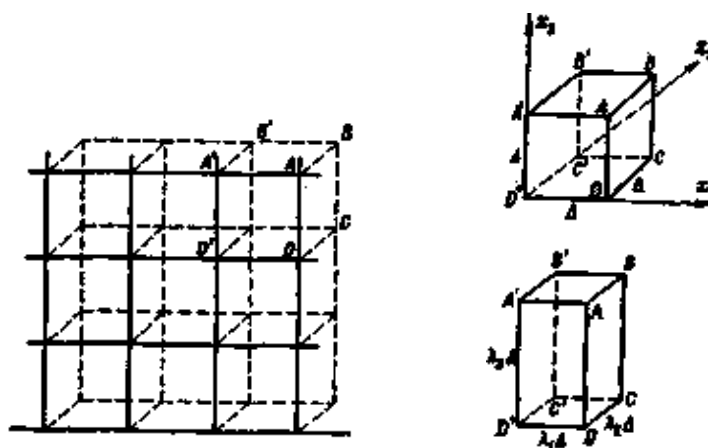
$$\begin{aligned}\sigma_{11} &= \int N_{n1} (n \cdot s) x_1 ds_1 \\ \sigma_{12} &= \int N_{n1} (n \cdot s_1) x_1 ds_1 + \int N_t S_1 x_2 ds_1 \\ \sigma_{13} &= \int N_{n1} (n \cdot s_1) x_1 ds_1 + \int N_t S_1 x_3 ds_1\end{aligned}\quad (2.15)$$

Иккинчи вариантда эса альвеолалар системасини фазовий ингичка призматик системадан иборат деб олинади. У бошланғич ҳолатида кубсимон бўлиб, деформациядан кейин параллелепипед кўринишига ўтади деб қаралади.

Бошланғич ҳолатда куб томонлари Δ бўлсин, деформациядан кейин x_1, x_2, x_3 ўқларига мос равишда $\lambda_1 \Delta; \lambda_2 \Delta; \lambda_3 \Delta$ бўлади. Бунда $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – мос равишда ўқлар бўйича узайиш даражаларидир.



2.15 – расм



2.16–расм

Расмда белгиланган ABCD каттакдаги кучланиш қуйидагича топилади:

$$\sigma_{11} = \int N_{n_1}^{(e)}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) ds_1 + 2\gamma \int ds_1 \quad (2.16)$$

бу ерда: $\int ds_1$ – ABCD кесим периметри. Ушбу кучланиш икки қисмдан иборат деб олинади.

$$\sigma_{11} = \sigma_{11}^{(e)} + \sigma_{11}^{(s)} \quad (2.17)$$

бу ерда: $\sigma_{11}^{(e)}$ – эластик тўқималардаги кучланиш қисми; $\sigma_{11}^{(s)}$ – сирт таранглашишидан ҳосил бўлган кучланиш. Уларнинг ифодалари

$$\sigma_{11}^{(e)} = \frac{1}{\Delta} \left[N_n^{(e)} \frac{1}{\lambda_2} + N_n^{(e)} \frac{1}{\lambda_3} \right] \quad (2.18)$$

$$\sigma_{11}^{(s)} = 2\gamma \frac{1}{\Delta} \left(\frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} \right) \quad (2.19)$$

Бу формулалар ифодаляётган боғланишлар ўпка материали механик хоссаларини аниқлайди. Агар γ – ўзгармас миқдор бўлса, $\sigma_{11}^{(s)}$ – узайиш даражаси λ_1 га боғлиқ бўлмайди ва кўндаланг узайиш даражалари λ_2, λ_3 ларни ўсиши $\sigma_{11}^{(s)}$ кучланишни камайтиради.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Юрак қандай орган?
2. Юрак қандай жойлашган?
3. Юрак тузилишини тушунтиринг.
4. Миокард нима?
5. Систол ва диастол қандай тушунчалар?
6. Юракка қандай факторлар таъсир этади?
7. Деформацияланмайдиган контейнер қандай тушунча?
8. Нафас олиш системаси қандай тузилган?
9. Альвеола нима?
10. ҚИБ миқдори кўтарилса нима бўлади?
11. ЭКГ қандай эгри чизик?

III–БОБ. ФИЗИОЛОГИК АКУСТИКА.

3.1.Товушнинг табиати. Физик ҳарактеристикалари.

Товуш тебранишлари ва тўлқинлари– механик тебраниш ва тўлқинларнинг хусусий ҳолидир. Бироқ эшитув орқали сезишни баҳолашда акустик тушунчаларни муҳимлигини шу билан бирга унинг медицинадаги тадбиқларини назарда тутиб, айрим масалаларни махсус кўриб чиқиш мақсадга мувофиқдир. Қуйидаги товушларни бир–биридан фарқлаш қабул қилинган: 1) тонлар ёки музикаий товушлар; 2) шовқинлар; 3) товуш зарбалари.

Даврий жараёндан иборат бўлган товуш *тон* деб айтилади. Агар бу жараён гармоник бўлса, унда ток оддий ёки соф деб айтилади. Соф тоннинг асосий физик ҳарактеристикаси унинг частотасидир. Ангармоник тебранишларга мураккаб тон мос келади. Содда тонли товушни, масалан, камертон чиқаради, мураккаб тонли товушни музика асбоблари, нутқ аппарати (унли товушлар) ва ҳаказо ҳосил қилади.

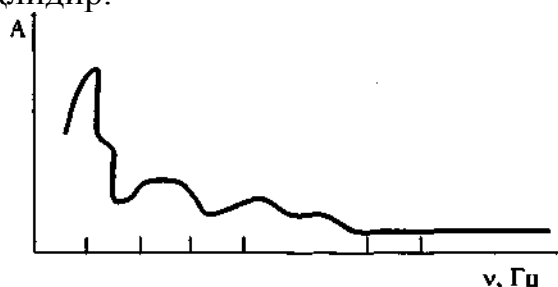
Мураккаб тон оддий тонларга ажратилиши мумкин. Ажратилган онларнинг энг кичик ω_0 частотаси асосий тонга мос келади, қолган гармоникалари (обертонлар), $2\nu_0$, $2\gamma_0$ ва ҳаказо частоталарга эга бўлади.

Нисбий интенсивликларини кўрсатувчи частоталар тўпламини *акустик спектр* дейилади. Мураккаб тон спектри чизиқлидир.

Шундай қилиб, акустик спектр–мураккаб тоннинг муҳим физик ҳарактеристикаси экан.

Вақт ўтиши билан такрорланмайдиган, ўзининг мураккаблиги билан фарқ қилувчи товушга *шовқин* деб айтилади.

Машиналарнинг вибрацияси, карсақлар, горелка алангасининг шовқини, шарпа, ғичиллаш, сўзлаганда чиқадиган ундош товушлар ва ҳаказолар шовқинга тааллуқлидир.



3.1–расм

Шовқинни тартибсиз ўзгариб турувчи мураккаб тонлар бирикмасидан иборат деб караш мумкин. Агар шовқинни бирор шартлилик даражасида спектрга ёйишга ҳаракат қилиб кўрилса, унда бу спектр узлуксиз бўлади, масалан, бензен газ горелкасининг (3.1–расм) ёниши пайтида шовқиндан ҳосил бўладиган спектр.

Товуш зарба – бу товушнинг қисқа муддатли таъсиридир: чапак чалинганда, портлаш юз берганда ва ҳаказоларда ҳосил бўлади.

Зарба тўлқинкар билан товуш зарбаларини бир–бири билан чалкаштириб

юбориш ярамайди

Товушнинг энергетик характеристикаси механик тўлқин каби унинг интенсивлиги ҳисоблагани. Умов вектори кўринишида ҳам ифодаланиши мумкин. Амалда товушни баҳолашда унинг интенсивлигидан эмас, балки товуш тўлкини суюқлик ва газ муҳитидан ўтаётганда ҳосил бўладиган қўшимча товуш босимидан фойдаланиш мумкин. Ясси тўлқин интенсивлиги, товуш товуш тўлкини босими билан қуйидаги кўринишда боғланган:

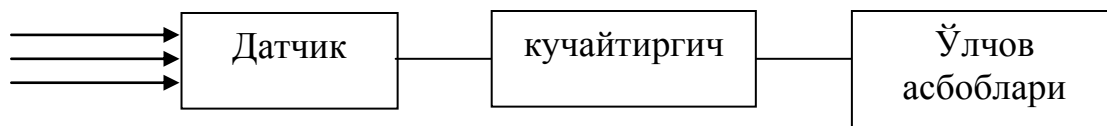
$$I = p^2 / (2\rho c)$$

Бу ерда ρ – муҳитнинг зичлиги; c – товушнинг тезлиги. Одамнинг нормал қулоғи етарлича кенг диапазондаги товуш интенсивликларини қабул қилади: масалан, 1 кГц частотада, $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ ёки $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$ (эшитиш бўсағаси) дан то $I_{\text{тах}} = 10 \text{ Вт/м}^2$ ёки $p_{\text{тах}} = 60 \text{ Па}$ (оғриқ сезиш бўсағаси) гача бўлган товуш интенсивликларини қабул қила олади. Бу интенсивликларнинг нисбати 10 га тенг, шу сабабли товуш интенсивликларни характерлашда логарифмик бирликлардан ва логарифмик шкалалардан фойдаланиш қулайлик. Товуш интенсивлиги даражаларининг шкаласи қуйидаги кўринишда тузилади. I_0 нинг қиймати шкаланинг бошланғич даражаси қилиб, бошқа ҳар қандай I интенсивликни эса унинг I_0 га нисбатининг ўнли логрифми орқали ифодалани:

$$L_B = \lg(I/I_0) \quad (3.1)$$

Товуш босими учун эса

$$L_B = 2\lg(p/p_0)$$



3.2 – расм.

Юқоридаги ифодаларни уларга мос бўлган децибелларда ифодалаб, қийдаги кўринишда ёзамиз:

$$L_{D_B} = 10\lg(I/I_0) \text{ ва } L_{D_B} = 20\lg(p/p_0) \quad (3.2)$$

Газларда товуш босимини ўлчаш акустик катталиклани электр сигналига айлантириб берувчи датчикдан, электрон кучайтиргичдан ва электр ўлчов микрофони (3.2–расм) ёрдамида ўлчанади. Бу схема газларда товуш босимини аниқловчи қурилма умумий тузилиши схемасини хусусий ҳолидир.

3.2. Товушнинг интенсивлиги. Товушнинг тарқалиши

Эластик муҳит бўйлаб товуш тарқалганда товуш тарқалмаган пайтдагига нисбатан ортиқча босим ҳосил бўлиб, уни *товуш босими* деб аталади. Товуш босими учун

$$p = \rho \omega A u \cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right) \quad (3.3)$$

ифодани (ясси тўлқин учун) келтириб чиқариш мумкин, бу ерда ρ —муҳит

зичлиги, ω – тебраниш (тўлқин) частотаси, A –тўлқин амплитудаси.

$$p_0 = \rho \omega A u \quad (3.4)$$

Катталиқ *товуш босимининг амплитудаси* деб аталади.

Товушнинг интенсивлиги (бирлик юза орқали 1с да олиб ўтиладиган энергия) учун

$$I = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 u = \frac{p_0^2}{2 \rho u} \quad (3.5)$$

ифода келиб чиқади. Бундан кўринадикки, ясси товуш тўлқинининг интенсивлиги товуш манбаигача бўлган масофага боғлиқ эмас экан. Амалда товуш тўлқинлари энергиясининг муҳит томонидан ютилиши натижасида товуш манбаидан узоклашиб борган сари тўлқин амплитудаси ва товуш интенсивлиги камайиб боради.

Муҳитда координатаси x бўлган нуқтада амплитудаси A_0 бўлган ясси товуш тўлқини тарқалаётган бўлсин. Амплитуданинг dx масофадаги dA камайиши dx га ва A_0 га пропорционал деб фараз қилайлик, яъни $-dA = \beta A_0 dx$ бўлсин, бу ерда β – сўниш коэффициентини. Мазкур тенгламани интеграллаб

$$A = A_0 e^{-\beta x} \quad (3.6)$$

ифодани ҳосил қиламиз, яъни ясси товуш тўлқини амплитудаси муҳитда экспоненциал қонун бўйича сўнади. (3) ифодани ҳисобга олсак

$$I = I_0 e^{-2\beta x} \quad (3.7)$$

формула келиб чиқади. Сўниш коэффициентини частотага боғлиқ бўлиб, товуш частотасининг квадратига пропорционал равишда ортиб боради. Кучли портлашлар одатда кенг частоталар спектрига эга. Лекин частотаси катта бўлган товуш тўлқинлари кучли ютилиб, узок масофага етиб бормайди. Паст частотали тўлқинлар эса кам ютилиб, узок масофаларга етиб боради. Шу туфайли портлаш бўлган жойдан узок бўлган масофада портлаш кучсиз ҳамда бўғиқроқ (паст частотали) эшитилади. Бундан ташқари, у муҳитнинг динамик қовушқоқлигига, температурасига ва бошқа катталиқларга ҳам боғлиқ.

Газдаги ультратовушнинг тўлқин узунлиги (частотаси 1МГц га яқин) атмосфера босимидаги молекулаларнинг ўртача эркин югуриш масофаси билан бир хил тартибда бўлади, шунинг учун бундай қисқа тўлқинларда ($\lambda \approx 3 \cdot 10^{-7}$ м) газни яхлит эластик муҳит деб ҳисоблаб бўлмайди.

Товушнинг ҳавода ютилишини ҳисоблаш шуни кўрсатадики, 20°C температурада частотаси 1000 Гц бўлган тўлқин тахминан 115 км масофада e марта сусаяди. Иссиқлик ўтказувчанлик ҳисобга олинганда бу масофа 81 км гача қисқаради. Лекин амалда товуш атмосферада бунга қараганда анача тез сусаяди. Бунинг сабаби шуки, шамол, ҳавонинг температураси ва намлиги, ҳар хил зичликка эга бўлган қатламларнинг борлиги товушнинг тарқалишига таъсир қилади. 165– расмда товушнинг тарқалишига шамол қандай таъсир кўрсатиши тасвирланган. Бир жинсли муҳитда нуқтавий манбадан тарқалаётган сферик тўлқин ҳамма йуналишларда бир хил тезликка эга бўлиши керак. Лекин шамол эсаётган бўлса, унинг тезлиги билан тўлқин тезлиги ўзаро геометрик тарзда қўшилади. Ер сиртида ишқаланиш бўлиши туфайли шамолнинг Ер сирти ёнидаги тезлиги кичик бўлиб, баландлик ортиши билан катталашиб

боргани сабабли, тўлқин фронтининг айрим қисмлари Ерга нисбатан ҳар хил тезлик билан ҳаракатланиб, товуш тўлқинларининг синиши кузатилади.

Тўлқин шамолга қарши бурчак остида тарқалганда, нурлар юқорига томон эгилади (а), қарама – қарши томонда эса ерга томон эгилади (б). Шунинг учун товуш шамолга рўпара томонга нисбатан шамолга тескари томонда узороқроқ масофада эшитилади.

Иссиқ ҳавода товуш совуқ ҳаводагига нисбатан каттароқ тезлик билан таркалади. Натижада товуш тўлқинидаги нурлар юқорига қараб эгилади. Ер сирти яқинидаги ҳаво қатламининг температураси юқоридаги қатламлар температурасига қараганда пастроқ бўлганда (бундай ўл кечалари, ҳаво очик бўлганда кузатилади, чунки бунда нурланиш туфайли Ер сирти ва унга яқин ҳаво қатламлари тезда совийди) нурлар Ер сиртига томон эгилади. Шунинг учун иссиқ кундагига нисбатан товуш ойдин кечада узороқ масофадан эшитилади.

Кўпчилик товуш манбалари паст частотадаги (инфратовуш) тўқинларни тарқатади. Портлашлар, двигатель шовқини, шамол ва бошқалар ана шундай манбаларга мисол бўла олади. Мазкур тўлқинлар частотаси паст бўлганидан, улар узок масофаларгача етиб бориши мумкин. Ҳаводаги ядро портлашларини қайд қилишда мазкур тўлқинларнинг ана шу хусусиятидан фойдаланилади. 50–70 км баландликда атмосферада озон қатлама бўлиб, мазкур қатлам иссиқлик нурланишини жуда кучли ютади, натижада унинг температураси (50–70°C) кескин ортади. Кучли портлашнинг товуши мазкур қатламга етиб боргач, ундан қайтиб, Ер сиртига қайтиб келади. Ер сирти бўйлаб тарқалаётган товуш сиртнинг ғадир–будурликлари ҳамда ҳавонинг турбулент оқими туфайли вужудга келадиган зичликнинг нотекисликларида сочилиб, жуда тез сўнади. Шунинг учун портлаш манбаи атрофида товуш яхши эшитиладиган соҳалар билан товуш эшитилмайдиган соҳалар навбатлашиб келади.

Ҳаводагига нисбатан товуш сувда узороқ масофаларга етиб боради. Сувда ёруғлик ва радио тўлқинлари жуда тез (амалда бир неча ўн метр масофада) сўнади, шу сабабли сув остида сигнал юборишнинг ягона усули сифатида товуш ва ультратовуш тўлқинларидан фойдаланилади. Мазкур тўлқинларнинг сувда тарқалишини ўрганадиган соҳа *гидроакустика* деб аталади.

3.3.Товушнинг объектив ва субъектив характеристикалари

Товуш икки хил турдаги: унинг киши томонидан хис қилиниши хусусиятларига боғлиқ бўлмаган (объектив) ҳамда киши томонидан хис қилинишига асосланган (субъектив) катталиклар билан характерланиши мумкин. Албатта, ҳар иккала турдаги катталиклар ўзаро муайян тарзда боғланган бўлади.

Товушнинг ν частотаси, спектрал таркиби ҳамда I интенсивлиги унинг объектив характеристикалари ҳисобланади. Товушнинг интенсивлиги товуш босими P_m амплитудасига тўғри пропорционал, акустик қаршиликка эса тескари пропорционал бўлади.

Товушнинг спектрал таркиби мазкур товуш қандай частотадаги тебранишлардан таркиб топганини ҳамда улар орасида амплитудалар қандай тақсимланганини кўрсатади. Масалан, мусикий товуш чизиқли спектрга, шовқин эса туташ спектрга эга.

Нормал ҳолатдаги кишининг қулоғи 20 Гц дан 20 кГц гача бўлган частотадаги товушларни сезади, лекин унинг турли частотадаги товушларга сезгирлиги ҳар хил. Расмда пастки график одам қулоғи сезадиган энг кичик босим P_0 (ёки интенсивлик I_0) ни ифодалайди. Мазкур катталиклар *эшитиш бўсағаси* дейилади. $\nu=3000$ Гц частота атрофида график минимумга эга бўлиб,

$$p_0 \approx 3 \cdot 10^{-5} \text{ Па}, I_0 \approx 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$$

га тенг.

Юқоридаги график қулоқда оғриқ ҳосил қиладиган босим (ёки интенсивлик)ни ифодалайди. Уни *оғриқ бўсағаси* деб аталади. Мазкур босим частотага деярли боғлиқ бўлмай,

$$p_{\max} \approx 30 \text{ Па}, I_0 \approx 10 \text{ Вт/м}^2$$

га тенг.

Иккала графиклар оралиғидаги тебранишларни қулоқ эшитиши мумкин. Одатдан мазкур соҳанинг унчалик катта бўлмаган қисмигина ишлатилади.

Киши қулоғи эшитадиган интенсивликлар нисбати $\frac{I_m}{I_0} = 10^{13}$ га тенг, кўпчилик

ўлчов асбоблари учун эса мазкур нисбатан $10^2 - 10^3$ тартибида бўлади.

Эшатиладиган ўртача интенсивликни (частота 1000 Гц бўлганда) 10^{-4} Вт/м² га тенг деб қабул қилиш мумкин. У ҳолда (3) тенглама асосида босим амплитудасини ҳисоблаб топсак,

$$p_m = \sqrt{2 \rho u I} \approx 0,3 \text{ Па}$$

яъни мазкур босим атмосферабосимининг $3 \cdot 10^{-6}$ қисминигана ташқил қилади.

Товуш интенсивлигини *товуш қаттиқлиги* деб аталадиган субъектив катталик билан характерлаш мумкин. Бирор частотада каттароқ интенсивликка эга бўлган товуш частотадаги кичикроқ интенсивликдаги товушдан кучсизроқ ҳис қилиниши мумкин.

Товушнинг қаттиқлигини товуш интенсивлигининг мазкур частотадаги эшитиш бўсағасига мос бўлган I_0 интенсивликка нисбатининг ўнли логарифми ифодалаш мақсадга мувофиқ, яъни товушнинг қаттиқлигини

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

Формула билан аниқлаш мумкин бўлиб, мазкур катталик товуш *қаттиқлиги даражаси* дейилади. Унинг ўлчов бирлиги *фон* деб аталади (баъзан дицибел деб ҳам юритилади).

Эшитилиш диаграммаси энг кенг жойида интенсивлик 10^{12} марта ўзгарсада, товушнинг қаттиқлик даражаси ўзгариши $L=120$ фонга тенг. Частота 100 Гц бўлганда эшитиш бўсағаси $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² бўлиб, максимал қаттиқлик даражаси $L=80$ фонга тенг бўлади.

Шундай қилиб, товушнинг каттиқлик даражаси муайян частотадаги товуш интенсивлиги ана шу частотадаги эшитиш бўсабасидан неча марта ортик эканини кўрсатади.

5—жадвалда баъзи товушларнинг баландликлари ва интенсивликлари кўрсатилган (1000 Гц учун).

Товушнинг объектив характеристикаси бўлган частотага товуш тонининг юксаклиги деб аталадиган субъектив характеристика мос келади. Товуш мураккаб бўлмаса, унинг юксаклиги миқдор жиҳатдан баҳолаш мумкин: частота қанча юқори бўлса, товуш шунчалик юксак бўлади. Товуш мураккаб бўлганда эса унинг юксаклигини фақат сифат жиҳатдангина баҳолаш мумкин. Чунки товуш манбалари бир эмас, бир катор частотадаги товушни чиқариб, энергия ҳар хил частотадаги тебранишлар орасида маълум тарзда тақсимланган бўлади. Муайян частотадаги тебранишга бошқа частоталардаги тебранишларга қараганда анча кўп энергия тўғри келса, мазкур частота асосий частота хисобланиб, товушнинг юксаклиги ана шу частота билан белгиланади.

Ниҳоят мураккаб спектрал таркибига тембр деб аталадиган субъектив характеристика мос келиб, уни миқдор жиҳатдан баҳолаб бўлмайди.

2—жадвал

	L, дБ	I Вт/м ²
Эшитиш бўсағаси	0	10 ⁻¹²
Пичирлаш	20	10 ⁻¹⁰
Қаттиқ гапириш	70	10 ⁻⁵
Оркестр товуши	100	10 ⁻²
Оғрик бўсағаси	130	10

Бир хил тондаги товуш чиқарадиган турли мусиқа асбоблари тембрлари билан фарқ қилади. Шундай қилиб, товушнинг тембри унинг гармоник спектри билан белгиланиб, унинг ўзига хос хусусиятларини характерлайди. Масалан, рояль билан ғижжак товушини бир—биридан осонгина ажратиш мумкин, чунки улар турлича обертоналарга эга бўлиб, гармоник спектрлари ҳар хил. Товушнинг тембрини аниқлаш учун уни гармоник ташқил этувчиларга ажратиш, яъни товушнинг спектрини аниқлаш керак.

Одам кулоғининг ажойиб хусусиятларидан бири шуки, у товушнинг юксаклиги ва амплитудасини сезади, лекин мураккаб товушдаги фазалар силжишини сезмайди. Бу хусусият Ом томонидан кашф қилинган. Товушнинг бу хусусиятини концерт залида ўтирган тингловчилардан турли мусиқа асбобларигача бўлган масофалар ҳар хил бўлишига қарамай, товушларнинг ҳамма тингловчилар томонидан бир хил хис қилинишида кўриш мумкин.

Кишининг кулоғи бўлган товуш манбаининг кишига нисбатан қандай йўналишда жойлашганини аниқлаш имконини беради. Бу ҳодиса *бинаурал эффект* дейилади. Товуш манбаининг ўрнини унғача бўлган масофа ва вертикал ҳамда горизонтал текисликлардаги бурчаклар билан аниқланади. Горизонтал текисликда киши бурчакни 3° гача аниқликда сезиши мумкин.

Вертикал текисликдаги бурчак ва манбагача бўлган мосафа нисбатан анча ноаниқ хис қилинади.

Муайян унли товушни чиқарганда (у қандай частотада айтилишига қарамай), унинг спектрида албатта шундай бир ёки иккита частота бўладики, паст тонлардан юқори тонларга ўтганда улар деярли ўзгармайди. Бу частоталар мазкур *унли товушнинг формантлари* дейилади. Ҳар бир унли товуш ўзининг формантларига эга бўлади.

Бирор (масалан, 33 айл/мин) тезликда товуш ёзилган граммпластинкани каттароқ (масалан, 45 айл/мин) тезликда айлантирилганда ҳамма частоталар, жумладан унли товушларнинг формантлари ҳам (келтирилган мисолда 1,35 марта) ортади. Мазкур ўзгариш унча катта бўлмаганда алоҳида товушлар бир оз юксакроқ эшитилсада, лекин нутқни тушунса бўлади. Пластинкани янада тезроқ (масалан, 78 айл/мин тезлик билан) айлантирилса, ҳамма тонларнинг юксаклиги ортиши билан бирга, нутқни умуман тушуниб бўлмай қолади, чунки формантларнинг частоталари жуда кучли ўзгарганидан, бир хил унли товушлар бошқа унлига айланади.

Киши нутқидаги товушларнинг ҳосил бўлиши жуда ҳам мураккаб жараён ҳисобланади: гапираётганда биз беихтиёр томоғимиздаги товуш пайчалари ҳолатини ўзгартириб, улар орқали ҳаво чиқарамиз. Оғиз бўшлиғига чиқаётган ҳаво оқими унда автотевранишларни ҳосил қилади. Оғиз бўшлиғининг хусусий частоталаритил, тишлаб ҳамда танглай ҳолатига боғлиқ бўлади. Оғиз бўшлиғида товуш резонанси содир бўлиб, кучли товуш чиқади.

3.4. Тўлқин қаршилик. Товуш тўлқинларининг қайтиши. Реверберация

Товуш босими p муҳит заррачалари тебранишларининг тезлиги v га боғлиқ. Ҳисоблашлар

$$\frac{p}{v} = \rho \cdot c \quad \text{ёки} \quad p = v \cdot c \rho$$

эканини кўрсатади, бу ерда ρ – муҳитнинг зичлиги; c – тўлқиннинг муҳитдаги тезлиги.

ρc кўпайтмани солиштира акустик импеданс дейилади, ясси тўлқин учун эса уни тўлқин қаршилик деб ҳам айтилади.

Тўлқин қаршилик – икки муҳит чегарасида тўлқиннинг синиши ва қайтиш шартларини аниқлашда муҳитнинг муҳим характеристикаларидан биридир.

Товуш тўлқини икки муҳитни ажратиб турувчи сирт чегарасига тушаётган бўлсин деб фараз қилайлик. Тўлқиннинг бир қисми қайтади, бир қисми эса – синади. Товуш тўлқинларининг қайтиши ва синиши ёруғлик тўлқинларининг синиши ва қайтишига ўхшашдир. Синган тўлқин иккинчи муҳитда ютилиши ва ундан чиқиши ҳам мумкин. Айтайлик, икки муҳит чегарасига ясси тўлқин нормал ҳолда тушаётган бўлсин. Тушаётган тўлқин интенсивлиги, I_1 синган (ўтган) тўлқиннинг иккинчи муҳитдаги интенсивлиги I_2 бўлсин. I_2 нинг I_1 га нисбатини β билан белгилаймиз:

$$\beta = \frac{I_2}{I_1}$$

бу нисбат товуш тўлқинларининг ўтувчанлик коэффициенти дейилади.

Релей товушнинг ўтувчанлик коэффициенти қуйидаги формула ёрдамида аниқланишини кўрсатди:

$$\beta = 4 \frac{c_1 \rho_1 / c_2 \rho_2}{[c_1 \rho_1 / (c_2 \rho_2) + 1]^2}.$$

Кўриниб турибдики, β нинг олиши мумкин бўлган энг катта қиймати 1 га тенг. Агар $c_1 \rho_1 = c_2 \rho_2$ бўлса, $\beta = 1$ эканини топамиз. Шундай қилиб. Икки мухитнинг тўлқин қаршилиги бир хил бўлганда сиртга нормал ҳолатда тушаётган тўлқин икки мухит чегарасидан қайтмасдан тўғри ўтади.

Агар иккинчи мухитнинг тўлқин қаршилиги биринчи мухитнинг тўлқин қаршилигидан жуда катта бўлса, у ҳолда қуйидаги ҳосил бўлади:

$$\beta = 4c_1 \rho_1 / (c_2 \rho_2)$$

чунки $c_1 \rho_1 / c_2 \rho_2 \ll 1$. Айрим моддаларнинг 20°C даги тўлқин қаршиликларини келтирамиз (3 –жадвал).

	$P, \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$		$P, \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$	Э— жадвал
Темир	40000000	Резина	60000	
Бетон	4800000	Ҳаво	400	
Сув	1440000	Мой	1350000	

товуш тўлқинини ҳаводан бетонга ва сувга ўтувчанлик коэффициентини аниқлаш учун:

$$\beta = \frac{4 \cdot 440}{4 \cdot 800000} 100\% = 0,037\%;$$

$$\beta = \frac{4 \cdot 440}{1440000} 100\% = 0,12\%.$$

бу маълумотлар бизда товуш тўлқинлари энергиясининг жуда оз қисмигина ҳаводан бетонга ва сувга ўтар экан, деган тасаввур ҳосил қилади.

Икки мухит чегарасида акустик тўлқинларни қайтиш ва синиш қонуниятлари дефектларини аниқлашда муҳим роль ўйнайди. Шу сабабли акустик тўлқинларни икки мухит чегарасида қайтиш ва синиш қонуниятларини кўриб ўтамиз.

Бизга маълумки, электромагнит тўлқинларини анализ қилганимизда учта тўлқин ҳисобга олинар эди, акустик тўлқинларда эса бешта тўлқинни кўриш лозим. Булар тушаётган тўлқин, қайтган, бўйланма ва кўндаланг тўлқинлар, ўтган кўндаланг ва бўйланма тўлқинлар.

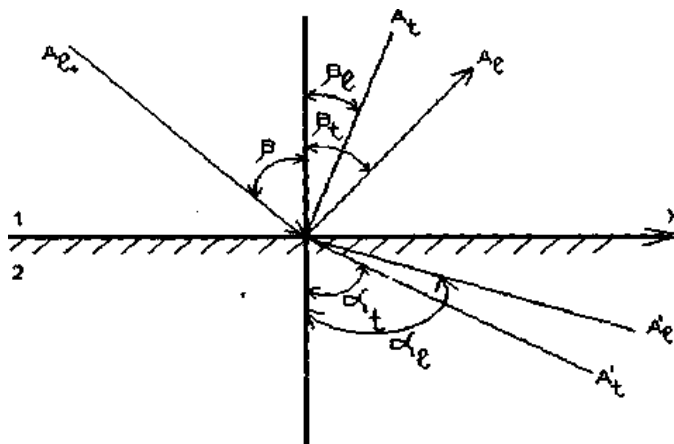
Агарда бирон мухит суюқлик ёки газ бўлса, кўндаланг тўлқинлар бўлмайди.

Тўлқинлар синиш ва қайтиш схемаси қуйидагича (расмН) кўрсатиш мумкин.

Қайтиш ва ўтиш коэффициентлар кўйидаги формулалар орқали аниқланади.

$$R=A_k/A_0; \quad D=A_y/A_0;$$

A_0 – тушаётган тўлқин амплитудаси; A_k – қайтаётган тўлқин амплитудаси; A_y – ўтган тулқин амплитудаси.



3.1–расм

Ҳар қандай берк хонада унинг девори, шипи, жихозлари ва хоказодан қайтган товуш бошқа деворлар, полларга ва хоказога тушади, яна қайтади ва ютилади ҳамда аста – секин сўнади. Шу сабабли товуш манбаи ўз таъсирини тўхтатгандан сўнг ҳам хонада товуш тўлқинлари ҳосил бўлиши узоқ вақт давом этиб, шовқин ҳосил қилади. Бу айниқса катта, кенг биноларда жуда сезиларли бўлади. Берк хоналарда манба тўхтатилгандан сўнг товуш тўлқинларининг секин – аста сўниб бориш жараёни *реверберация* дейилади. Реверберация, бир томондан, фойдалидир, чунки қайтган тўлқин энергияси ҳисобига қабул қилинаётган товуш кучаяди, лекин иккинчи томондан ҳаддан ташқари реверберация узоқ давом этса, нутқнинг, муסיқанинг эшитилишини анча ёмонлаштиради, чунки текстни ҳар бир янги қисми олдингиси билан устма – уст тушади. Шу сабабли одатда бирор оптимал реверберация вақти кўрсатиладики, бу дарсхоналар, театр ва концерт залларини ва хоказоларни кўришда ҳисобга олинади. Масалан, Москвадаги Союзлар уйининг Колонна зали тўла бўлганда реверберация вақти 1,70 с, шу зал бўш бўлганда реверберация вақти 4,55 с, Большой театр тўла бўлганда реверберация вақти 1,55 с, бўш ҳолда эса 2,05 с.

3.5. Эшитув сезгисининг характеристикалари. Товушни ўлчаш.

Тонларни эшитганда, одам уларни баландликлари бўйича фарқлайди. Баландлик – даставвал асосий тон частотаси билан шартланган товушнинг субъектив характеристикасидир.

Баландлик тоннинг муракаблигим ва интенсивлигига жуда кам даражада

боғлиқ: интенсивлиги катта бўлган товуш бирмунча паст тонли товушга ўхшаб эшитилади.

Қаттиқлик – товушнинг яна бир субъектив баҳоси бўлиб, у эшитув сезгиси даражасини характерлайди.

Субъективлигига қарамасдан товушнинг қаттиқлигини икки манбадан чиқаётган товушнинг эшитув сезгисига кўрсатадиган таъсирларини таққослаш йўли билан микдорий жиҳатдан баҳолаш мумкин.

Товуш қаттиқлиги даражаларини шкаласини тузиш асосида Вебер–Фехнернинг муҳим психофизик қонуни ётади. Бу қонунга мувофиқ агар таъсирот геометрик профессия бўйича орттириб борилса, у ҳолда бу таъсиротнинг сезилиши арифметик прогрессия бўйича ўсиб боради. Бу қонунни товушга татбиқ этсак, товуш интенсивлиги қатор кетма–кет кийматларига эга бўлганда, масалан, aI_0 , $a^2 I_0$, $a^3 I_0$ (a – бирор коэффициент, $a>1$), уларга мос товуш қаттиқлигини сезилишлари E_0 , $2E_0$, $3E_0$ ва ҳ.к. бўлади.

Бунинг математик мазмуни товушнинг қаттиқлиги шу товуш интенсивлигининг логарифмига пропорционал демакдир. Агар интенсивликлари I ва I_0 (I_0 – эшитув бўсағаси) икки товуш таъсир қилаётган бўлса, Вебер–Фехнер қонунига биноан бирор товушнинг қаттиқлиги унга нисбатан интенсивлик билан қуйидагича боғланган:

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

Бу ерда k – пропорционаллик коэффициенти бўлиб, у частота ва интенсивликка боғлиқ. Агар k – пропорционаллик коэффициенти ўзгармас бўлганда эди, (3.1) ва (3.3) формулалардан товуш интенсивлигининг логарифмик шкаласи товуш қаттиқлиги шкаласига мос келиши келиб чиқар эди. Бу ҳолда товуш қаттиқлиги, интенсивлик каби белларда ёки децибелларда ифодаланган бўлар эди. Бирсқ k нинг частотага ва интенсивликка ҳаддан ташқари боғлиқлиги товуш қаттиқлигининг (3.3) формуладан фойдаланиб оддийгина аниқлашга имкон бермайди. Шартли равишда 1 кГц частотада товушнинг қаттиқлиги ва интенсивлиги бир–бирига тенг деб ҳисобланади, яъни $k=1$ ва

$$E_s = \lg \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

ёки (3.2) гаўхшаш ҳолда

$$E_{\phi} = 10 \lg(I/I_k)$$

Бу ерда k – пропорционаллик коэффициенти бўлиб, у частота ва интенсивликка боғлиқ.

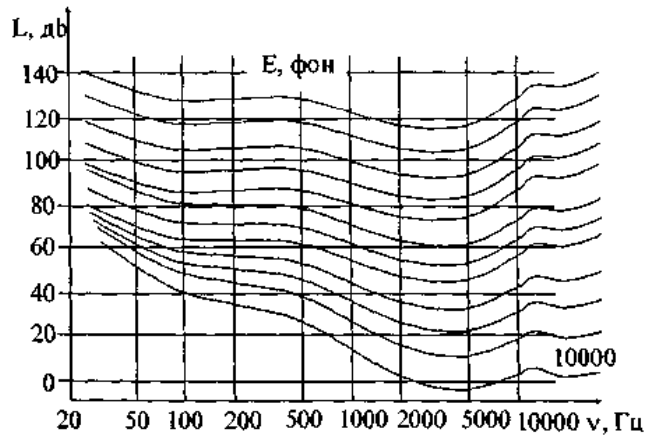
Агар k пропорционаллик коэффициенти ўзгармас бўлганда эди, (3.1) ва (3.3) формулалардан товуш интенсивлигининг логарифмик шкаласи мос келиши келиб чиқар эди. Бу ҳолда товуш қаттиқлиги, интенсивлик каби белларда ёки децибелларда ифодаланган бўлар эди. Бироқ k нинг частотага ва интенсивликка ҳаддан ташқари боғлиқлиги товуш қаттиқлигини (3.3) формуладан фойдаланиб оддийгина аниқлашга имкон бермайди.

Шартли равишда 1 кГц частотада товушнинг қаттиқлиги ва интенсивлиги бир–бирига тенг деб ҳисобланади, яъни $k=1$ ва

$$E_{\text{б}} = \lg \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

ёки (3.2.)га ўхшаш ҳолда $E_{\text{ф}} = 10 \lg(I/I_k)$

Товуш интенсивлиги шкаласидан фарқ қилиши учун товуш қаттиқлиги шкаласида децибеллар *фонлар* (фон) деб аталади.



3.3–расм

Бошқа частоталарда товуш қаттиқлигини ўлчаш учун текшириладиган товушни частотаси 1кГц бўлган товуш билан таққослаш лозим. Бунинг учун товуш генератори ёрдамида 1 кГц частотали товуш ҳосил қилинади. Бунда ҳосил бўлган эшитув сезгиси текшириладиган товуш қаттиқлиги ҳосил қилган эшитув сезгисига мос бўлгунча товуш интенсивлиги ўзгартириб борилади. Асбоб ёрдамида децибелларда ўлчаган 1 кГц частотали товушнинг интенсивлиги шу товушнинг фонларида ифодаланган қаттиқлигига тенг бўлади.

Турли хил частоталарда товуш интенсивлиги ва қаттиқлиги орасидаги мосликни топиш учун қаттиқлик қиймати тенг бўлган эгри чизиклардан фойдаланилади (3.3–расм). Бу эгри чизиклар юқорида баён қилинган усул асосида эшитув қобилияти нормал қобилияти нормал бўлган одамлардан олинган ўртача маълумотлар асосида қурилган.

Турлича характерли товушлар тўғрисида маълум бир фикрга эга бўлиш учун уларни физик характеристикаларини келтирамиз.

Пастки эгри чизик энг кучсиз эшитилаётган товушлар интенсивлиги – эшитувчанлик бўсағасига мос келади. Бунда ҳамма частоталар учун $E=0$ 1 кГц частотали товуш интенсивлиги $I_0=1$ пВт/м². келтирилган эгри чизиклардан кўриниб турибдики, одамнинг ўртача кулоғи нормал ҳолда 2500–3000 Гц частоталарда етарлича сезгирликка эга бўлар экан. Ҳар бир оралик эфи чизиклари бир товуш қаттиқлигига, лекин турли частоталарда турли хил интенсивликларга эга бўлади. Қаттиқликлари бир хил бўлган алоҳида эгри чизиклардан товуш частоталарининг муайян бир қийматида худди шундай қаттиқлик ҳосил қилувчи товуш интенсивлигини аниқлаш мумкин. Бир хил товуш қаттиқлигини ифодаловчи эгри чизиклар тўпламидан фойдаланиб, турли хил частотапардаги товуш қаттиқлигига мос келувчи

малум интенсивликдаги товушни топиш мумкин.

Товушнинг тахминий характери	Товуш интенсивлиги Вт/м ²	Товуш босими, Па	Эшитув бўсағасига нисбатан товуш интенсивлиги даражаси, дБ (ёки 1 кГц частота учун товуш қаттиқлиги даражаси, фон)
Эшитув бўсағаси			
Юрак тонлари	10 ⁻¹²	0,00002	0
стетаскон	10 ⁻¹¹	0,000064	10
орқали	10 ⁻¹⁰	0,0002	20
Шивирлаш	10 ⁻⁹	0,00064	30
Гаплашиш:			
Секин	10 ⁻⁶	0,002	40
Нормал	10 ⁻⁷	0,0064	50
Қаттик	10 ⁻⁶	0,02	60
Серқатнов кўча шовқини	10 ⁵	0,064	80
Қичқирик	10 ⁻⁴	1 0,2	80
Шовқин:			
Метро поезда	10 ⁻³	0,64	90
ичида	10 ⁻²	2	100
Мотоциклнинг	10 ⁻¹	6,4	110
(макс)	10 ⁰	20	120
Самолет			130
двигателининг			
Шунинг ўзи			
яқиндан Оғрик	10	64	
сезиш бўсағасида			

Келтирилган эгри чизиклардан кўриниб турибдики, одамнинг ўртача кулоғи нормал холда 2500–3000 Гц частоталарда етарлича сезгирликка эга бўлар экан. Ҳар бир оралик эгри чизиклари бир хил товуш қаттиқлигига лекин турли частоталарда турли хил интенсивликларга эга бўлади. Қаттиқликлари бир хил бўлган эгри чизиклардан товуш частоталарнинг муайян бир қийматида худди шундай қаттиқлик ҳосил қилувчи интенсивлигини аниқлаш мумкин. Бир хил товуш қаттиқлигини ифодалаовчи эгри чизиклар тўпламидан фойдаланиб, турли хил частоталардаги товуш қаттиқлигига мос келувчи маълум интенсивликдаги товушни топиш мумкин. Масалан, частотаси 100 Гц бўлган товуш интенсивлиги 60 Гц га тенг. Бу товушни қаттиқлиги нимага тенг. Бунинг учун 3.2–расмдан координаталари 100 Гц ва 60 дБ га тенг бўлган нуқтани топамиз. Бу нуқта эгри чизикнинг қаттиқлик даражаси 30 фон тенг бўлгане нуқтасида ётади. Демак товуш қаттиқлиги 30 фон экан.

Эшитиш ўткирлигини аниқлаш усулига *аудиометрия* дейилади.

Аудиометрияда махсус асбоб аудиометр ёрдамида турли хил частоталарда эшитиш сезгиси бўсағаси аниқланади; олинган эгри чизик аудиограмма дейилади. Бемор одам аудиограммасини нормал эшитув сезги бўсағасини эгри чиғи Билан солиштириш эшитув азолари касалликларига диагноз қўйишга ёрдам беради.

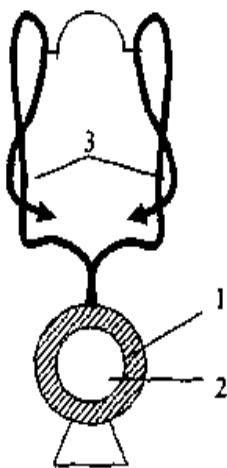
Шовқин қаттиқлик даражасини объектив ўлчаш учун шумомер қўлланилади. Тузилиши жихатидан у 3.3–расмда кўрсатилган схемага мос келади. Шумомернинг хоссалари одам кулоғини хоссаларига яқинлашади (3.3–расмдаги қаттиқликлари тенг эгри чизикларга қаранг), бунинг учун қаттиқлик даражасини турли диапазонлари учун тўғирловчи электр филтрларидан фойдаланилади.

Саволлар:

1. Тон деб нимага айтилади, қандай тонлар бор ?
2. Шовқин хақида тушунтиринг.
3. Аудиометрия нима ?

3.6. Клиникада товуш ёрдамидаги усуллар билан текширишнинг физик асослари.

Товушнинг энг асосий моҳияти шундаки, у ҳам ёруғлик каби ахборот манбаи ҳисобланади. Табиат товушлари, бизни атрофимиздаги одамларнинг гаплари, ишлаб турган машиналарнинг шовқини бизга кўп маълумотларни беради. Товушнинг одам учун қанчалик аҳамиятга эга эканлигини билиш учун кулоқни беркитиб, ўзнгизни товуш қабул қилиш имкониятидан маҳрум қилиш етарлидир. Табиийки, товуш одам учун органларининг ҳолати тўғрисида маълумот берувчи манбаа ҳам бўлиши мумкин.



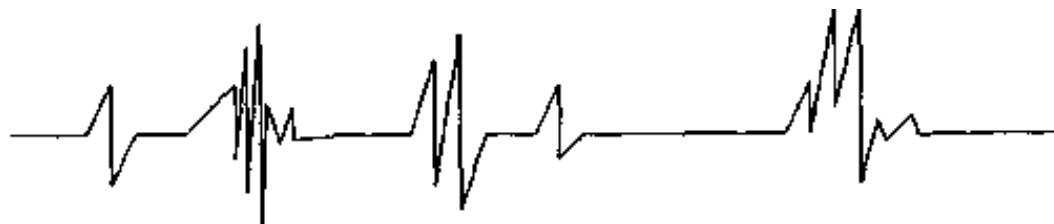
3.4–расм

Касалликни диагностика қилишнинг кенг тарқалган усулларида бири аускультация (эшитиб кўриш) – бизни эрамиздан олдинги II асрдаёқ маълум бўлган. Аускультация учун стетоскоп ёки фонендоскоп қўлланилади. Фонендоскоп (3.4–расм) ковак капсула 1дан ва товушни узатадиган мембрана 2 дан иборат. Мембрана бемор танасига қўйилади, ундан чиққан иккита трубка 3 врач кулоғига боради. Ички ковак капсула ичидаги ҳаво устунида резонанс ходисаси вужудга келиб, товуш чиқариш кучаяди ва аускультация яхшиланади.

Ўпкани аускультация қилишда нафас олиш пайтида ҳосил бўлган шовқинларни касаллик учун характерли бўлган турли хил хирриллашларни эшитиб кўрилади. Юрак тонларининг ўзгариши ва шовқинларнинг вужудга келишга қараб, юрак иш фаолиятининг ҳолати хақида фикр юритиш мумкин. Аускультациядан фойдаланиб, ошқозон ва ичакдаги тўлқинсимон қисқаришлардаги ортиқча кўзғалишларни ва она

корнидаги боланинг юрак уришларини аниқлаш мумкин.

Юрак иш фаолиятининг ҳолатини диагностика қилишда аускультация усулига ўхшаш бўлган фонокардиография (ФКГ) усули қўлланилади.



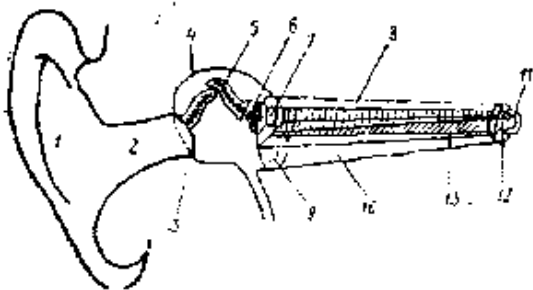
3.5-расм

Бу усулнинг мазмуни, юрак тонлари ва шовқинларини график кўринишда қайд қилиш ва уларни диагностик анализ қилишдан, тушунтиришдан иборатдир. Фонокардиографияни ёзиб олиш фонокардиограф ёрдамида амалга оширилади. Фонокардиограф, микрофон, кучайтиргич, частота филтрлардан ва қайд қилувчи қурилмадан иборат (4.2-расм).

3.7. Эшитув системаси физикаси

Эшитув системаси товуш тўлқинларини қабул қилувчи приёмникни бевосита бош мия билан боғлайди.

Кибернетика тушунчаларини қўлланиб, эшитув системаси қабул қилади, қайтадан ишлайди ва маълумотни узатади деб айтиш мумкин. Эшитув физикасининг кўриб чиқиш учун бутун эшитув системасидан ташқи ўрта ва ички қулоқни ажратамиз. Ташқи қулоқ 1 қулоқ супрасидан ва 2 ташқи эшитиш йўлидан иборат (4.3-расм).



3.5-расм.

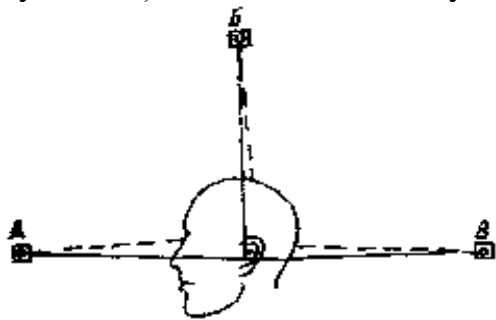
Одамда қулоқ супраси эшитувни таъминлашда жиддий рол ўйнайди. У сагиттал текислик бўйича жойлашган ҳолда, унинг товуш манбаига томон йўналтиришга имкон беради. Бунинг маъносини тушунтирайлик. Товуш манбаидан қулоқ супрасига тушади манбанинг вертикал тезлигидан жойлашишига (3.4-расм) қараб товуш

тўлқинлари қулоқ супрасида, унинг специфик тузилишига боғлиқ ҳолда турлича дифракцияланади. Бу эса эшитиш йўлига тушаётган товуш тўлқинлари спектрал таркибини турлича ўзгартиришига олиб келади.

Одам тажриба туфайли товуш манбаи томон ўз йўналишини ўзгартирса (4.5-расм, А, Б ва В йўналишлар), товуш тўлқинларининг спектри ўзгаришини хис қиладиган бўлди. 2 та товуш қабул қилиш системасига (қулоқларга) эга бўлган одамлар ва ҳайвонлар товуш манбаига томон йўналиш горизонтал текисликларда ҳам (бинаурал эффект) ўзгартиришга қодирдир.

Бунинг сабаби шундаки, товуш манбадан қулоқлар супрасига тушаётган тўлқинлар орасида фазолар фарқи пайдо бўлади. Горизонтал текисликдаги товуш манбаи томон турли йўналишларга қулоқ супрасига

келаётган товушларнинг (йўллар айримаси $\delta=0,15$ м, частота $\nu=1$ кГц бўлганда) 0° дан 180° гача бўлган фазалар фарқи мос келади.



3.6–расм

Нормал эшитиш қобилиятига эга бўлган одам, товуш манбаига нисбатан кулоқ супрасининг бурилишини 3° гача аниқликда сеза олади, бунда фазалар фарқи эса 6° га мос келади. Шу сабабли айтиш мумкинки, одам фазалар фарқи 6° гача ўзгарадиган товушларни фарқлаш қобилиятига эга. Бинаурал эффектга фазалар фарқидан ташқари турли хил кулоқларга тушаётган товуш интенсивлигининг турлича бўлиши

ва яна кулоқларнинг бирига бош томнидан «акустик соя» ҳосил бўлиши имконияти яратади.

Товуш тўлқини ташқи эшитиш йўли 2 орқали ўтади ва ногора парда 3 дан қисман қайтади. Тушаётган ва қайтаётган тўлқинларнинг интерференцияси натижасида акустик резонанс юз бериши мумкин. Бу ҳол тўлқин узунлиги ташқи товуш йўли узунлигидан тўрт марта катта бўлганда юз беради. Одам кулоғида эшитиш йўлининг узунлиги тахминан

2,3 см; демак, акустик резонанс частота
$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^2}{4 \cdot 2,3 \cdot 10^{-2}} = 3 \text{ кГц}$$
 бўлганда

вужудга келади.

Ўрта кулоқнинг энг муҳим қисмларидан бири ногора парда ва эшитиш суякчалари: болғача 4, сандон 5, узанги 6 ва уларга тегишли мускуллар, пайлар ва болғачалар ҳисобланади. Суякчалар механик тебранишларнинг ташқи кулоқ ҳаво муҳитидан ички кулоқ суюқлик муҳитига узатилишини амалга оширади. Ички кулоқнинг суюқлик муҳитининг тўлқин қаршилиги тахминан сувнинг тўлқин қаршилигига тенг. Ўрта кулоқнинг вазифаси – ички кулоққа товуш интенсивлигини кўпроқ ўтказишга ёрдам қилишди, товуш интенсивлиги катта бўлганда узатилаётган тебранишларни кучсизлантиришдан иборат.

Ташқи ва ўрта кулоқ товуш ўтказувчан системаларга киради. Ички кулоқ товуш қабул қилувчи система ҳисобланади.

Саволлар:

- 1.Товушнинг моҳияти Фонендоскоп.
- 2.Одам организмда эшитув системаси.

3.8. Ультратовуш ва унинг тиббиётда қўлланилиши.

Частоталари 20 кГц дан ортиқ бўлган тебранишлар ва тўлқинларга *ультратовуш* (УТ) дейилади.

Ультратовуш частоталарнинг юқори чегарасини тахминан 10^{-9} – 10^{10} деб ҳисоблаш мумкин. Бу чегара молекулалар орасидаги масофа

орқали белгилангани сабабли ультратовуш тарқалаётган модданинг агрегат ҳолатига боғлиқ бўлади.

Ультратовушни генерациялашда *нурлантиргичлар* деб аталадиган қурилмалардан фойдаланилади. Тескари пьезоэлектрик эффектга асосланиб асосланиб ишлайдиган электромеханик нурлантиргичлар жуда кенг тарқалган.

Пьезоэффект асосида ультратовуш приёмнигини яшаш мумкин. Бунда механик тўлқин (УТ) таъсирида кристалл деформацияси юз бериб, у эса пьезоэффект туфайли ўзгарувчан электр майдонини генерациялайди; бунга мос бўлган ўзгарувчан кучланишни ўлчаш мумкин.

Ультратовушнинг медицинада қўлланилиши унинг тарқалишидаги ва характерисдаги ўзига хос хоссалари билан боғлиқ.

Физик табиатига кўра УТ товуш каби механик (эластик) тўлқиндир. Бироқ ультратовуш тўлқин узунлиги товуш тўлқин узунлигидан айтарли даражада кичикдир. Масалан, сувда тўлқин узунлиги 1,4 м га тенг (1 кГц, товуш), 1,4 мм (1 МГц, УТ) ва 1,4 мкм *1ГГц, УТ). Тўлқин дифракцияси тўлқин узунликлари нисбатига ва тўлқин дифракцияланаётган жисмнинг ўлчамига боғлиқ. «Ношаффоф» 1 м ўлчамли жисм 1,4 м узунликдаги товуш тўлқини учун тўсик бўла олмайди, лекин тўлқин узунлиги 1,4 мм бўлган ультратовуш учун эса тўсик бўла олади, лекин жисм орқасида «ультратовуш соя» ҳосил бўлади. Шунинг учун бу айрим ҳолларда ультратовушнинг дифракция ходисасини ҳисобга олмасдан, бу тўлқинларнинг тушиши ва қайтиш ходисасини тушунтиришдаги каби бу тўлқинларни нур деб қарашимизга имкон беради.

Ультратовушнинг икки муҳит чегарасидан қайтиши шу муҳитларнинг тўлқин қаршиликлари нисбатига боғлиқ. Масалан, ультратовуш мускул суяк усти пардасида суяк чегарасидан, ички органлар сиртларидан ва х.к. лардан жуда ҳам яхши қайтади. Шу сабабали бир жинсли бўлмаган жисмлар (безлар), бўлиқлар, ички органларнинг ва х.к. ларнинг турган ўрни ва ўлчамларини аниқлаш мумкин (ультратовуш локация усули). Ультратовуш локация усулида узлуксиз ва импульсли нурланишлар қўлланилади. Биринчи ҳолда икки муҳит чегарасидан қайтган ва тушувчи тўлқинларнинг интерференциясидан ҳосил бўлган турғун тўлқинлар кузатилади. Иккинчи ҳолда қайтган импульс кузатилиб, ультратовушнинг текширилаётган текширилаётган объектга ва ундан қайтиб келиш вақти ўлчанади. Ультратовушнинг тарқалиш тезлигини билган ҳолда, объектнинг қандай чуқурликда жойлашгани аниқланади.

Биологик муҳитларнинг тўлқин қаршиликлари хавоникига нисбатан 3000 марта катта. Шу сабабли УТ–нурлантиргичлар одам танасига қўйилса, ультратовуш тана ичкарасига ўтмасдан нурлантиргич ва одам танаси орасида ҳосил бўлган юпқа ҳаво устунидан қайтади. Ҳаво қатлами ҳосил бўлмаслиги учун нурлантиргичнинг сирти юзасига юпқа мой қатлам суртилади.

Ультратовуш тўлқинларининг тарқалиш тезлиги ва уларнинг ютилиши муҳитнинг ҳолатига боғлиқ; шунга асосланиб моддаларнинг моле–

куляр хоссаларни ўрганишда ультратовушдан фойдаланилади. Бу турдаги тадқиқотлар молекуляр акустика фониға таалуклидир.

Тўлқинлар интенсивлиги доиравий частота квадратиға тўғри пропорционал, шунга асосланиб нисбатан кичик амплитудали тўлқинлардан ҳам катта интенсивликларға эға бўлган тўлқинларни ҳосил қилиш мумкин. Ультратовуш тўлқинлари таъсиридаги заррачалар тезланиши жуда катта бўлиши мумкин, бу эса катта таъсир кучлари пайдо бўлишини, биологик объектлар ультратовуш ёрдамида нурлантирилганда уларға ҳам заррачаларға шундай кучлар таъсир қилишини кўрсатади.

Ультратовуш тарқалишида ҳосил бўладиган зичланиш ва сийраклашишлар суюқликлар ичида узулишлар ҳосил қилади, бунга *кавитация* дейилади.

Кавитация узоқ вақт ушланиб қолмай, тез ёпилади, бунда унча катта бўлмаган ҳажмда кўп микдорда энергия ажралиб чиқиб, моддаларнинг исиши ва шу билан бирға молекулаларнинг ионизацияси ва диссоацияси юз беради.

Биологик объектларда ультратовуш таъсири билан боғлиқ ҳолда юз берадиган физик жараёнларнинг асосий эффектлари қуйидагилар:

- хужайра ва субхужайра даражасидаги микровибрациялар;
- биомакромолекулаларни парчалаш;
- биологик мембраналарини жараҳатлаш ва уларнинг жойланишларини ўзгартириш, мембраналар ўтувчанлигини ўзгартириш;
- иссиқлик таъсири;– хужайра ва микроорганизмларнинг бузилиши.

Ультратовушни тиббий–биологик қўлланишларини асосий икки йўналишға ажратиш мумкин: кузатиш ва диагностика усуллари, иккинчиси таъсир этиш услублари.

Биринчи йўналишдаги усулларға асосан импульсли нурланишлардан фойдаланувчи локацион усуллар киради. Бу эхоэнцефалография –бош мия ўсмалари ва шишларни аниқлаш; ультратовуш кардиографияси – юрак ўлчовларини динамикада ўлчаш; офтальмологияда – кўз муҳитлари катталикларини ўлчаш учун ультратовуш локацияси. **УЛЬТРАТОВУШНИНГ** Доплер эффектидан фойдаланиб юрак клапанлари харакатининг характери ўрганилади ва қон оқим тезлиги ўлчанади. Диагностика мақсадлари учун ультратовуш тезлигига асосан ўсиб чиққан ва жароҳатланган суякларнинг зичклари ҳисоблаб топилади. Иккинчи йўналишға, ультратовуш физиотерапияси таалуклидир. Ультратовуш терапиясининг бирламчи таъсири механизми унинг тўқимаға кўрсатган механик ва иссиқлик таъсиридир. Операцияларда ультратовуш ҳам юмшоқ ҳам суюқ тўқималарини кесишға қодир бўлган «ультратовуш скальпели» сифатида фойдаланилади. Ультратовушни суюқликлар ичидаги жисмларни парчалаб, эмулсия ҳосил қилиш қобилятидан фармацептика саноатида дори тайёрлашда фойдаланилади. У ультратовуш иштироқида тайёрланган турли хил дориворлар эмулсиялар ўпка касали юқори нафас йўллари қатори бронхиал астма каби касалликларни даволашда қўлланади.

Ҳозирги пайтда шикастланган ёки трансплантацияланувчи суяк тўқималарини «пайвандлаш»нинг янги усули яратилган.

Ультратовушнинг микроорганизмларга халокатли таъсир кўрсатишидан моддаларнинг стерилизация қилишда фойдаланилади. Ультратовушнинг кўрлар учун қўлланилиши кизиқарлидир.

Ультратовушнинг тиббиёт ва биологияда қўлланилиши борасида юқорида келтирилган мисоллар бу соҳада қилинган барча тадқиқотларни ўз ичига олмайди. Чунки ультратовушнинг қўлланиш яна ультратовуш голографиясининг тиббиётга кириб келиши ва ундан фойдаланиш янада янги диагностика усуллари пайдо бўлишига умид боғлайди.

3.7. Инфратовуш

Одам қулоғи қабул қилиши ва эшитиши мумкин бўлган частотадан (20 Гц дан) кичик частотали механик (эластик) тўлқинларга *инфратовуш* дейилади. Инфратовуш манбааларига табиий объектлар (денгиз, ер қимирлаши, момақалди роқ пайтидги разрядлар ва бошқалар) билан бир қаторда суний объектлар (портлашлар, автомашиналар, станоклар ва б.) мисол бўлади.

Инфратовуш деярли кўпчилик ҳолларда эшитилувчи шовқинлар билан биргаликда, масалан, автомашинада юз бериши кузатилади. Шу сабабли инфратовуш тўлқинларининг хусусий тезлигини аниқлашда қийинчиликлар вужудга келади.

Инфратовушни характерли хусусиятларидан бири унинг турли мухитлар томонидан турлича ютилишидир, шу сабабли у анча узок масофаларга тарқала олади. Ер шари бўйлаб инфратовушнинг бундай тарқалишлари туфайли кучли портлашларни манбаадан жуда узок масофаларда туриб ҳам билиш, ўлчанган инфрақизил тўлқинларига кўра синама бўлишини олдиндан билиш мумкин ва х.к. Инфратовушнинг турли узунлиги эшитиладиган товушларниқидан катта бўлгани сабабли улар дифракцияланади ва тўсинларни айланиб ўтиб бинолар ичига кира олади.

Инфратовуш организмни бир қатор системалари функционал ҳолатларга ёмон таъсир кўрсатади: чарчаш, бош оғриғи, уйқучилик, жахл чиқиши ва бошқалар пайдо бўлади. Инфратовушнинг организмга бирламчи таъсир кўрсатувчи механизми резонансли характерга эга деб фарз қилинади. Хусусий тебранишлар частотаси билан тебранишга мажбур этувчи кучларни частотаси бир-бирига яқин бўлганда резонанс ходисаси юз беради. Одам гавдасининг хусусий тебранишлар частотаси, гавданинг ётган ҳолида (3–4 Гц), турган ҳолда (5–12 Гц), кўкрак қафасининг хусусий тебранишлар частотаси (5–8 Гц), қорни бўлғиники (3–4 Гц) бўлиб, бу инфратовуш частоталарига мос келади. Инфратовуш интенсивлиги даражасини яшаша жойларида ишлаб чиқариш корхоналарида ва транспорт воситалари турар жойларида камайтириш гигиенанинг вазифаларидан биридир.

3.10. Вибрациялар

Техникада турлича механизм ва машиналарнинг механик тебранишлари вибрация деб ном олади.

Вибрация одамга ҳам таъсир кўрсатади, бу таъсир одам танасини вибрацияланувчи объектга тегиб турган жойи орқали узатилади. Бу таъсир ҳам хавфли ҳамда зарарли бўлиши ва маълум бир шароитда вибрация касаллигини келтириб чиқариши мумкин, фодйлани томони бўлиши, ундан даволаш мақсадларида (вибротерпапия ва вибромассаж) фойдаланиш мумкин.

Вибрацияларнинг асосий физик характеистиклари жисмларнинг механик тебранишлари характеистиклари билан мос келади улар қуйидагилар:

- тебранишлар частотаси ёки ангармоник тебранишнинг гармоник спектри;

- амплитуда, тезлик амплитудаси ва тезланиш амплитудаси;

- энергия ва тебранишларнинг ўртача қуввати. Бундан ташқари, вибрациянинг биологик объектга таъсирини билиш учун тўлқин тебранишларини жасмда тарқалиши ва сўнишини тасаввур қилиш муҳимдир. Бу масалани кузатишда инерцион массадан, эластик ва қовушоқ элементлардан иборат моделлар қўлланилади.

Вибрациялар эшитилувчи товушлар, ультратовушлар ва инфратовушлар манбаидир.

Саволлар:

- 1.Ультратовуш нима ва уни медицинада қўлланилиши.
- 2.Инфратовуш таърифланг.
- 3.Вибрациянинг таъсири.

IV. ТЎҚИМАЛАРНИ ТУЗИЛИШИ

4.1. Тўқималар ва уларнинг турлари.

Тўқималар – тарихдан шаклланган хужайра ва хужайрасиз жонли моддалардан иборат бўлиб, тузилиши, шакли, вазифаси ва ички мухит билан бирга яшайди. Шунинг учун ҳам эволюцион тараққиёт даврида организмда ташқи ва ички мухитга мосланган тўқималар пайдо бўлади. Бу хилдаги тўқималар моддалар алмашилиши ва муҳофаза вазифасини бажаришга мослашади. Махсус тўқималар (мускул ва нерв тўқималари) ҳам ривожланган. Мускул тўқималари организмни ҳаракатга келтиришга хизмат қилса, нерв тўқимаси уларни ўзаро функционал бирлаштиради, ташқи мухит билан алоқасини таъминлайди.

Шундай қилиб, одам организмни тўрт хил тўқималардан ташкил топган:

- 1) сирқи (қопловчи) ёки эпителий тўқимаси; 2) ички ёки бириктирувчи тўқима;
- 3) мускул тўқима; 4) нерв тўқима.

1. Қопловчи эпителий тўқимаси – кўпинча нукул хужайралардан тузилган бўлиб, тери устида ва ҳазм қилиш органлари шиллиқ қаватининг устки қисмида жойлашган, эмбрионнинг ташқи қавати (эктодерма)дан ривожланган.

1. *Ички ёки бириктирувчи тўқималар* организмнинг ички қисмида жойлашган бўлиб, ташқи мухит билан бевосита алоқада бўлмайди. Бу хилдаги тўқималарга мезенхима куртагидан ривожланган уч хил тўқимани киритиш мумкин:

1) Қон ва лимфа тўқималари– организмни химоя қилиш ва озиклантириш (трофик) вазифасини бажаради. Қон суюқ қисми – қон плазмаси ва шаклли элементлардан иборат. Қон плазмаси ёғ, углерод, оксил, минерал тузлар бўлиб, рангсиз ва ёпишқоқ бўлади. Қонда асосан уч хил шаклли элементлар бўлади:

а) қизил қон таначалари – эритроцитлар, 1 мм қонда ўртача 4500000–5000000 бўлади.

б) лейкоцитлар– оқ қон таначалари, 1 мм қонда ўртача 6000–7000 дона бўлади;

в) тромбоцитлар–қон пластинкалари, бир–бирларига ёпишадиган рангсиз эритроцитларга нисбатан уч–тўрт марта кичик тузилмалардир.

2) Лимфа суюклиги – қон сингари плазма ва шаклли элементлардан иборат бўлиб, эритроцитлар бўлмаганлигидан рангсиздир. Қон ва лимфа ҳолатидаги оралиқ моддаси билан бирга организмдаги моддалар алмашилишини тахминлайди.

3) Ретикула тўқималари узок бирлашиб, чалкашиб тузилган тўрсимон хужайралардан иборат бўлиб, уларни тўрлари орасида лимфоцитлар жойлашади ва лимфоит тўқималарни ҳосил қилади.

Бириктирувчи тўқималар хужайралар аро оралиқ моддалари кўпрок бўлиши билан фаркланади. Бу хилдаги тўқималар таркибида аморф (махлум тузилишга эга бўлмаган) моддалар коллаген ҳам эластик толалар бўлади.

4.2. Мускул тўқима.

Мускул тўқима толаларининг цитоплазмасида нерв системаси таъсирида қисқариш қобилятига эга бўлган дифференциаллашган махсус ингичка толалар (миофибриллар) бўлиши билан у организмдаги бошқа тўқималардан фарқ қилади. Организмда тузилиши ва жойлашишига қараб икки хил: силлиқ ва кўндаланг тарғил мускуллар мавжуд.

Силлиқ мускул тўқима ички органлар (меъда, ичаклар, сийдик йўлларида ва бачадон каби органларда), қон ва лимфа томирларининг деворларида жойлашган бўлиб, битта ядроли дуксимон хужайралардан тузилган. Хужайралар одатта бир–бирига жуда яқин жойлашган.

Силлиқ мускул тўқималарининг вегетатив нерв системаси иннервация қилади, бинобарин, кам энергия сарфлаб, секин қисқарадиган бўлади. Силлиқ мускул тўқималаридаги эластик ва коллоген толалар уларнинг хужайраларининг ўзаро бирлаштириб, таянч аппарати вазифасини бажаради.

Кўндаланг–тарғил мускуллар скелетни қоплаб жойлашади.

Ҳар бир мускул толасининг юзга яқин ўзаги ва цитоплазмаси бор бўлиб, юпка ва тиниқ парда билан ўралган. Бу ҳалдаги мускуллар ихтиёрий қисқаради. Шунинг учун бу мускуллар скелет ёки ихтиёрий равишда қисқарувчи мускуллар деб аталади. Ҳар хил мускул толасибир неча миллиметрдан 10–12 см гача боради, таркибидаги мускул толасининг бир учидан иккинчи учига тутамлар шаклида йўналади. Бу мускул толаларининг қисқарувчи моддаси микроскоп остида кўндаланг–тарғил бўлиб кўринади.

Чунки мускул толаси таркибидаги изотоп заррачалари нурини турлича синдиради натижада, мускул толалари кўндаланг тарғил бўлиб кўринади, унинг номи ҳам шундан келиб чиққан. Скелет мускуллари силлиқ мускул тўқималарига нисбатан тез ва кўп энергия сарфлаб қисқаради. Юрак мускул тўқимаси (миокард) кўндаланг–тарғил мускул тўқималаридан тузилган бўлса ҳам, гайри ихтиёрий қисқаради. Миокард скелет мускулига ўхшаш тутамлардан иборат бўлиб, унинг толалари турли томонларга бурилиб, толаларининг ядролари одатда толаларнинг ўртасида жойлашган.

4.3. Нерв тўқима.

Нерв (асаб) тўқима нейрон (neuron–грекча нерв) ва ёрдамчи элемент нейрология ёки глия (glia–грекча–елим) дан ташкил топган бўлиб, организмга ташки мухитдан ва организмнинг органлар (ички мухит) дан келадиган таъсиротлар ва сезгиларни ўтказиш вазифасини бажаради. Нейрон бир қанча қисқа тўсиклар – *дендрит* (dendrite–грекча дарахт) ва битта узун тўсиққа – аксон ёки нейритга эга нерв хужайрасидан ҳамда нерв учларидан иборат. Нерв хужайралари кўпинча юлдуз шаклида бўлади, баъзан ноксимон, юмалоқ ва бошқа турдаги шаклларда учрайди. Дендритлар одатда йўналтирилса, аксон ёки нейритлар аксинча хужайра танасидан бошқа нейтронларга ёки хизматчи

органларга олиб боради. Нерв хужайралари одатта битта ядрога эга. Ҳар бир ядрога эса 2–3 та ядроча бор. Нерв хужайраларининг цитоплазмасида умумий органлардан –ташқари, уларга хос бўлган тигроид модда Ниссель заррачалари нерв хужайраларининг танаси ва калта ўсик (дендрит) ларида бўлади.

Назорат саволлари.

- 1.Тўқималар нима?
- 2.Тўқималарнинг организмдаги роли қандай?
- 3.Бириктирувчи тўқиманинг турлари қайсилар?
- 4.Мускул тўқима ва унинг турлари ҳақида сўзлаб беринг.
- 5.Нерв тўқимаси ва унинг организмдаги вазифаси.
- 6.Рецепторлар нима?

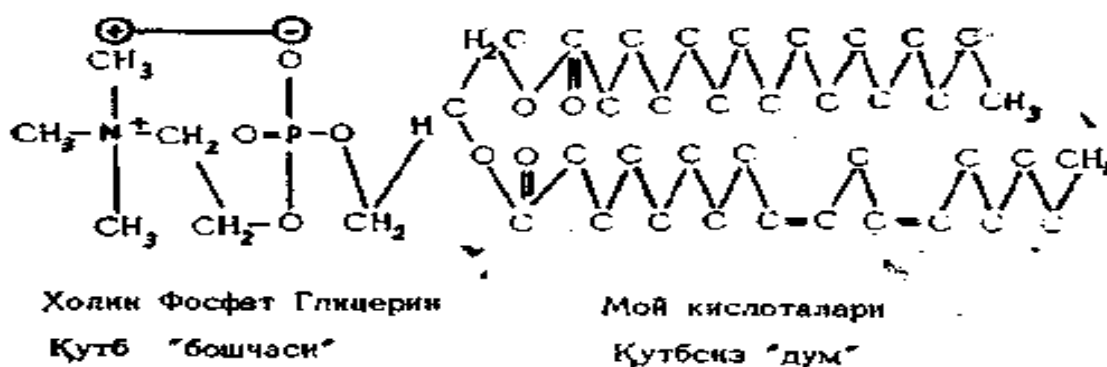
4.4. Мембрананинг тузилиши ва модели

Хужайраларнинг энг асосий қисми мембраналар ҳисобланади. Улар хужайрани атроф муҳитдан чегаралаб туради, уни зиён етказувчи ташқи таъсирлардан ҳимоя қилади, хужайра билан унинг атрофини ўраб турувчи муҳит орасидаги модда алмашинувини бошқаради, электр потенциалларини генерациялашга имконият яратади, митохондриялардаги универсал аккумуляторлар энергияси *АТФ* ни синтез қилишда ва ҳоказоларда иштирок этади. Аслини олганда мембраналар хужайраларнинг тузилиши шакллантиради ва унинг вазифасини бажаради. Кўпгина касалликлар (атеросклероз, захарланиш ва ҳоказолар) мембрана тузилиши ва иш фаолиятининг бузилиши билан боғлиқдир.

Ушбу маърузада биологик мембраналарнинг физик хоссалари ва уларда ўтадиган асосий физик жараёнлар кўриб ўтилади.

Ҳамма хужайраларни мембраналар ўраб туради (плазматик ёки хужайрали ташқи мембраналар). Мембрана бўлмаганда эди, хужайра ичидаги бор нарсалар «ёйилиб кетиб», диффузия эса термодинамик мувозанатга олиб келади, бу ҳол ҳаётнинг бўлмаслигини билдиради. Биринчи хужайра атроф муҳитдан мембрана орқали ажратилгандан сўнггина пайдо бўлган деб айтиш мумкин. Хужайрани хужайра ички мембранаси бир қатор берк бўлмаларга (компартаментларга) ажратиладики, уларнинг ҳар бири маълум вазифани бажаради. Мембраналарнинг қалинлиги бир неча нанометр чамасида бўлгани сабабли уни оптик микроскопда кўриб бўлмайди, лекин электрон микроскопда кўриш мумкин.

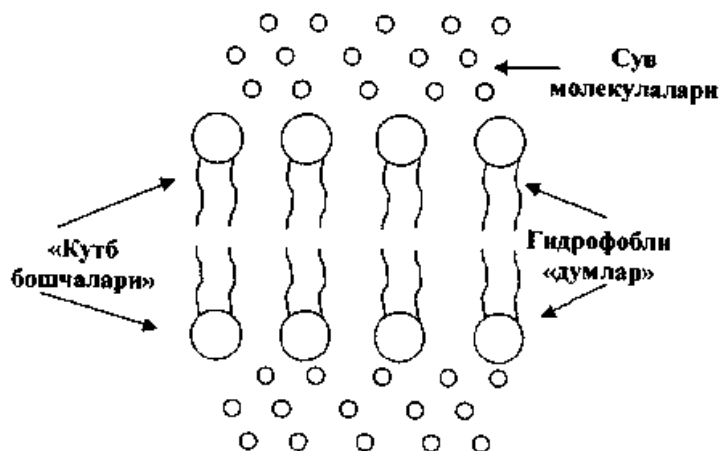
Ҳар қандай мембрананинг асосини иккиланган липид катлами (айтарли даражада фосфолипидлар) ташкил этади. Мембранани ҳосил қилувчи липид молекулалари, амфипатик бирикмалар ҳисобланади, яъни иккита турли хилдаги функционал қисмдан: кутбланган «бошча» ва нокутбий гидрофоб «дум»дан иборат (4.1–расм).



4.1-расм

Иккиланган липид катлами, липидларнинг монокатламидан шундай ташкил топадики, иккала катламнинг гидрофаб «думлари» ички томонга йўналган бўлади. Бунда гидрофаб қисмлардаги молекулаларнинг, сув билан бўладиган энг кичик контакти амалга оширилади (4.2-расм).

Аммо мембрана структурасини бундай тасаввур қилиш, оксилнинг мембранадаги жойлашш тартиби (айрим мембраналарда оксил масса бўйича унинг ярмидан ортиқроқ бўлади) ва гидрофиль заррачалар учун мембрананинг ўтказувчанлиги каби масалаларнинг ҳеч биронтасига жавоб беролмади.



4.2-расм

Кейинги пайтларда биологик мембраналарнинг тузилиши тўғрисида яна бир қанча гипотезалар айтиб ўтилган эди, лекин уларнинг ҳеч бири қўллаш учун умумий ҳолда қабул қилинмади. Ҳозирги пайтда бирмунча кенг ёйилган модель, 1972 йилда Синжер ва Николсон тақриф этган суюқ ҳолдаги мозаихадан иборат модель бўлиб, унинг асосида яна ўша иккита мой катламидан иборат мембрана ётади. Ушбу фосфолипиднинг негизини, оксиллари озми кўпми ботирилган ҳолда қалқиб юрувчи қандайдир бирор икки ўлчовли эритувчи ифодалайди. Бу оксиллар ҳисобига тўла ёки қисман миқдорда сингдирувчанлик, мембрана орқали модданинг актив

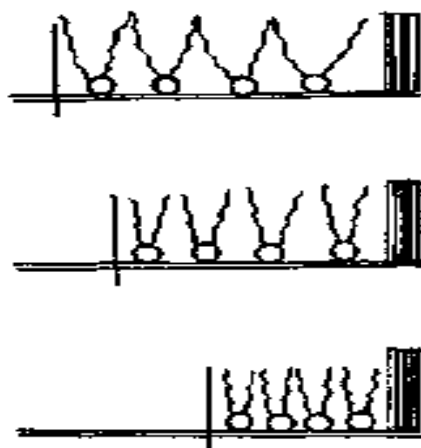
кўчириш, электр потенциалнинг генерацияси ва ҳоказолар, мембрананинг ўзига хос вазифалари амалга оширилади. Мембрананинг суяқ ҳолдаги мозаикадан иборат тузилиши чизма кўринишда 4.3–расмда тасвирланган. Бу ерда 1 – сирт катламдаги оксиллар, 2 – ярим ботирилган ҳолдаги оксиллар, 3 – тўла ботирилган (интегралли) оксиллар, 4 – оксиллар «ионли канал» 5 ни шакллантирувчи оксиллар.



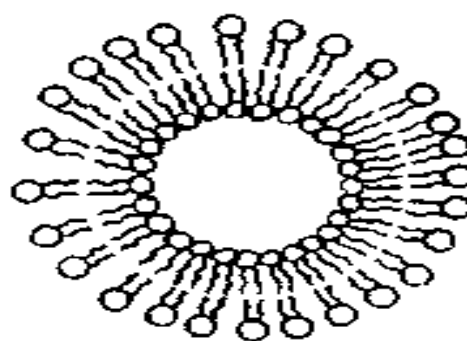
4.3–расм

Мембраналар кўзғалмайдиган «тинч» турувчи структуралар ҳисобланмайди. Липидлар ва оксиллар бир–бирлари билан ўрин алмаштириб, мембрана текислиги бўйлаб латерал диффузияни ҳосил қилиб ҳамда текисликка перпендикуляр – «Флип–флоп» деб аталувчи йўналишда кўчиб туради. Латерал диффузияга липидларнинг юксак даражадаги, «флип–флоп»га эса паст даражадаги кўзғалувчанлиги мос келади, яъни мембрананинг турли томонларидаги липидларнинг бир–бирлари билан ўрин алмаштиришлари жуда ҳам кам учрайдиган жараён дир.

Биологик мембраналарнинг тузилишини аниқлаштириш ва унинг хоссаларини ўрганиш, мембрананинг (сунъий мембрананинг) физик–химиявий моделларини қўллаш туфайлигина амалга оширилиши мумкин бўлади.



4.4–расм



4.5–расм

Сув–ҳаво ёки сув–мой ажралиш чегарасидаги фосфолипидлар моноқатламидан иборат биринчи моделни кўриб ўтамиз.

Бундай ажралиш чегараларида фосфолшгад молекулалари шундай жойлашганки, уларнинг гидрофилъ бошчалари сувда бўлиб, гидрофоб

«думлари» эса «ҳавода» ёки мойда бўлади. Агар секин–аста монокатлам эгаллаган юза камайтириб борилса, охирида мембрананинг бирор биокатламга ўхшаш молекулалари зич жойлашган монокатламни ҳосил қилиш мумкин (4.4–расм). Биомембрананинг, иккинчи, кенг тарқалган модели липосомалардир.

Бу билипид мембранасидан ташкил топган, сув ва фосфолипид аралашмасини ультратовуш билан қайта ишлаш ёрдамида ҳосил қилинган жуда кичкина пуфакчалар (физикулалар) ҳисобланади. Липосомалар ўзида оксил молекулалардан тўлиқ ажралган биологик мембраналарни намоён қилади. Кўпинча турлича факторларнинг таъсирини ўрганиш учун тажрибалар липосомаларда ўтказилади, масалан, фосфолипидлар таркибининг мембрана хоссаларига ёки бунинг тескариси, мембранани ўраб олган муҳитнинг унинг ичида ўрнатилган оксиллар хоссасига таъсири кабилар ўрганилади.

Биомембраналарнинг айрим хоссаларини тўғри ўрганишга имкон берувчи учинчи модель *биолипидли* (биокатламли липид) *мембрана*дир (БЛМ).

Биринчи марта бундай модели мембранани 1962 йил П. Моллер ходимлари билан ҳамкорликда кашф этган эди. Улар иккита сувли эритмани ажратиб турувчи тефлонли тўсикдаги тепакни гептанда эритилган фосфолипид билан тўлдирдилар. Эриткич ва ортиқча липидлар тефлон бўйлаб оқиб кетгандан сўнг тешикда диаметри тахминан 1 мм ва қалинлиги бир неча нанометр бўлган липидли биқатлам ҳосил бўлади. Мембрананинг икки томонига иккита электрод жойлаштириб, мембрананинг қаршилигини ёки унда генерацияланувчи потенциални ўлчаш мумкин.

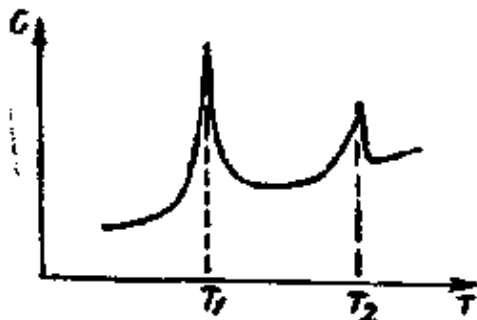
Мембраналар иккита муҳим вазифани: матрицали, яъни оксилларни ушлаб қолиш учун турли хилдаги вазифаларни бажарувчи матрица асос бўлиб ҳисобланади ва иккинчидан, тўсик хужайрани ва айрим компартаментларни кераксиз заррачаларнинг сизиб киришидан ҳимоя қилади. Агар мембраналарнинг ушбу вазифалари бузилса, у ҳолда хужайраларнинг нормал ишлаб туриши фаолиятида ўзгариш юз бериб, оқибатда организм касалланади.

4.5. Мембраналарнинг айрим физик хоссалари ва параметрлари

Мембрана молекулаларининг ҳаракатчанлигини ва мембрана орқали ўтувчи заррачаларнинг диффузиясини ўлчаш билипид катлами ўзини сув каби тутишидан далолат беради. Иккинчи томондан, мембрана тартибли ҳолдаги структурадир. Кўрсатилган бу иккала факт, мембранадаги фосфолипидлар унинг табиий ҳолдагидек ишлаб туришида суюқ кристаллик ҳолатида бўлади деб ўйлашга мажбур этади. Мембрананинг суюқлик хоссасигаэга эканлиги ЭПР ва ЯМР усуллари орқали тасдиқланади.

Мембраналар липид қатламининг қовушоқлиги сувнинг қовушоқлигидан тахминан 100 марта ортиқ, у $30\text{—}100\text{ мПа} \cdot \text{с}$ га тенг, бу эса тахминан ўсимлик мойининг қовушоқлигига мос келади.

Сирт таранглиги эса сувникидан юз ва минг марта кичик, яъни $0,03\text{—}1\text{ Н/м}$. Ҳарорат ўзгарганда мембранада фазовий ўтишларни, яъни иситилганда

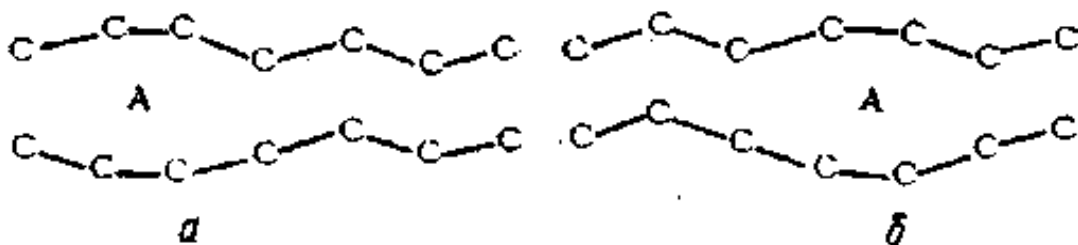


4.6-расм

липидларнинг эриши, совитилганда эса кристалланишини кузатиш мумкин. Фазовий ўтишлар энергиянинг ўзгариши билан боғлиқ; бўлгани туфайли уни, хусусан, ҳароратнинг ўзгаришида иссиқлик сизими C нинг ортишига қараб пайқаш мумкин (4.6-расм; T_1 ва T_2 ҳароратларда фазовий ўтишлар). Бикатламнинг суюқ кристаллик ҳолати кичик қовушоқликка ва қаттиқлик ҳолатига қараганда турли моддаларда катта эрувчанликка эга. Суюқ кристаллик

бикатламнинг қалинлиги қалинлигига қараганда кичик бўлади.

Молекулаларнинг қаттиқ ва суюқ ҳолатдаги конформация (структураси) турличадир, бунга рентгеноструктур анализ туфайли ишонч ҳосил қилиш мумкин. Суюқ фазада фосфолипид-молекулалари диффузияланувчи модда молекулаларини ишга киришиши имкониятига эга бўлган бўшлиқ («кинки») ҳосил бўлади.



4.7-расм

Бу ҳолатда «Кинки»нинг кўчиши молекулаларнинг мембранага кўндаланг ҳолда диффузияланишига олиб келади (4.7-а, б расм).

Фосфолипид қўш қатламни мембранани ҳар бир 1 мм^2 юзидаги электр сизими $5\text{—}13\text{ нФ}$ бўлган конденсаторга ўхшатилади.

Электр майдони материянинг кўринишларидан бири бўлиб, унинг ёрдамида шу майдонда турган электр зарядларига куч таъсири вижудга келтирилади. Биологик тузилишларда генерация қилинадиган электр майдонининг хоссаси шундаки, у организм ҳолатини аниқлаш ахборот манбаидир.

Саволлар:

1. Мембранани тузилишини тушунтиринг.
2. Иккиланган липид қатлами қандай ?
3. Мембранани физик хоссаларивапараметрлари

V. БИОЭЛЕКТРИК ХОДИСАЛАР

5.1. Биологик тўқималар ва суюкликларнинг узгармас токда электр ўтказувчанлиги

Биологик тўқималар ва органлар ҳар хил электр қаршиликларидан иборат бўлиб, турли тузилишга эга. Уларнинг қаршиликлари электр токи таъсирида ўзгариши мумкин. Бу ҳол тирик биологик системалар қаршиликларини ўлчаш ишини қийинлаштиради.

Бевосита тана устига қўйилган электродлар орасида турган организмнинг айрим участкаларининг электр ўтказувчанлиги тери ва тери ости қатламларнинг қаршилигига боғлиқ. Организм ичида ток асосан қон ва лимфатик томирлар, мускуллар, нерв устунларининг қобиклари бўйича тарқалади, терининг қаршилиги ўз навбатида, унинг ҳолати, қалинлиги, ёши, намлиги ва ҳоказога кўра аникланади. Тўқима ва органларнинг электр ўтказувчанлиги уларнинг функционал ҳолатига боғлиқ, демак, ундан диагностик кўрсаткич сифатида фойдаланиш мумкин. Масалан, яллиғланиш вақтида хужайралар шишганда, хужайралараро бирлашмаларнинг кесимлари камаяди ва электр қаршилиги катталашади. Кўп терлашга сабаб бўладиган физиологик ҳодисалар тери электр ўтказувчанлигининг ортиши билан бирга кузатиладива ҳ. к. Организмдаги турли тўқималар ва суюкликларнинг солиштирма қаршиликлари 5.1–жадвалда келтирилган.

5.1–жадвал

р, Ом • м		р, Ом • м	
Орқа миясуюқлиги	0,55	Ёғ тўқимаси	33,3
Қон	1,66	Қуруктери	10^5
Мускуллар	2	Суяк – пардасиз суяк	10^7
Мия ва нервтўқимаси..	14,3		

5.2. Газларда электр разряд. Аэроионлар ва уларнинг даволаш – профилактик таъсири.

Фақат нейтрал заррачалардан иборат бўлган газ изолятордир. Агар уни ионлаштирсак, у электр ўтказувчан бўлади.

Газ молекулаларини, автоматларини ионлаштириш қобилятига эга бўлган ҳар қандай қурилма, ҳодиса фактор *ионизатор* деб аталади.

Ёруғлик, рентген нурлари, аланга, радиактив нурланиш ва бошқалар ионизатор бўла олади. Ҳавода электр зарядини унда кутбли суюкликларни, яъни молекулалари доимий электр диполь моментига эга бўлган суюкликларни пуркаб юбориш йўли билан ҳам ҳосил қилиш

мумкин. Масалан, ҳавода парчаланганда сув зарядланган томчиларга бўлиниб кетади. Каттароқ томчилар зарядининг ишораси (тоза сув учун мусбат) жуда майда–майда заррачалар зарядининг ишорасига қарама–каршидир. Катта томчилар–нисбатан тез чўкади ва ҳавода сувнинг манфий зарядланган заррачалари қолади. Бундай ходисалар фонтан яқинида кузатилади.

Газнинг электр ўтказувчанлиги иккиламчи ионланишига ҳам боғлиқ. Нейтрал атомни ионлаш учун электронни ажратиб олишга сарф қилинадиган бирорта иш A_u ни бажариш лозим, бу иш ионланиш энергиясига тенг. Физикада ионланиш энергиясини (ишини) ионланиш потенциали φ_u орқали ифодалаш қабул қилинган, у

$$\varphi = A_u / e \quad (5.1)$$

формула бўйича аниқланади. Шундай қилиб, вольтларда ифодаланган *ионланиш потенциали* сон жиҳатидан электрон–вольтларда ифодаланган ионланишга тенг.

Баъзи газлар учун ташқи электронларни узиб оладиган, энг кичик ионланиш потенциалининг кийматларини келтирамиз.

5.2–Жадвал

р, Ом ■ м	р, Ом ■ м
Натрий буги.....5,1	Азот.....5,5
Симоббуғи10,4	Водород15,6
Кислород.....12,5	Гелий.....21,5
Углерод (I I)–оксид _____	

Ички электронларнинг ионланиш потенциали анча юқори.

Ионланиш билан бир каторда тескари жараён ионларнинг рекомбинацияланиш (мусбат ва манфий ионларнинг бирикиш) жараёни ҳам кузатилади, бунда энергия ажралади. Газ разрядли трубканинг ёруғланиши бу ҳодисага мисол бўлади.

Агар ионизатор ўз таъсирини тўхтатса, электр майдони йўқлигида, рекомбинацияланиш натижасида газ нисбатан тезда «изолятор» бўлиб қолади. Ерда табиий ионизаторлар таъсирида асосан, тупроқдаги ва газлардаги радиоактив моддалар ва космик нурланишлар таъсирида – ҳавода доимо муайян миқдорда ионлар ҳосил бўлади. Ҳаводага ионлар ва электронлар нейтрал молекулаларга, муаллақ турган заррачаларга бирикиб кўпроқ мураккаб бўлган ионларни вужудга келтириши мумкин. Атмосферадаги бундай ионларга *аэроионлар* дейилади. Улар фақат ишоралари билан эмас, массаси билан ҳам фарқланади. Улар шартли равишда енгил (газ ионлари) ва оғир муаллақ турган зарядланган заррачалар чанг, нам ва тутун аррачалари) ионларга бўлинади.

Оғир ионлар организмга зарарли таъсир этади. Енгил ва асосан махфий аэроионлар фойдали таъсир килади. Улардан асосан беморларни даволаш

учун фойдаланилади (аэроионотерапия).

Табиий шароитда ҳавода ионланиш юқори бўлган (тоғлар, шар–шара ва хоказо жойларда) беморларнинг туриши билан боғлиқ бўлган табиий аэроионотерапияни – махсус курилмалар – *аэро–ионизаторлар* ёрдамида ўтказиладиган сунъий аэроионотерапиядан ажратишдир. Бундай курилма эса ҳавода ионлар ҳосил қилувчи исталган ионизатор бўлиши мумкин. Бирон сунъий аэроионотерапия даволаш мақсадида ишлатилганда организмга зарар келтирмайдиган бўлиши керак. Унинг турларидан бири электростатик душ (франклинизация)дир. Франклинизация вақтида юқори кучланишли (50 кВ гача) доимий электр майдон ишлатилади. Бу вақтда ҳосил бўладиган аэроионлар ва озгина азон даволаш таъсирини кўрсатади. Франклинизацияни умумий ва маҳаллий даволаш тадбирлари шаклида ўтказилади. Умумий франклинизация вақтида бемор изоляцияланган металл пластинкали ёғоч курсида ўтиради, металл пластинка аппаратнинг мусбат кутбига уланади. Бемор бошипинг тепасига 10–15 см масофада «ўргимчак» шаклидаги электрод жойланади, бу электрод аппаратнинг манфий кутбига уланади.

Саволлар:

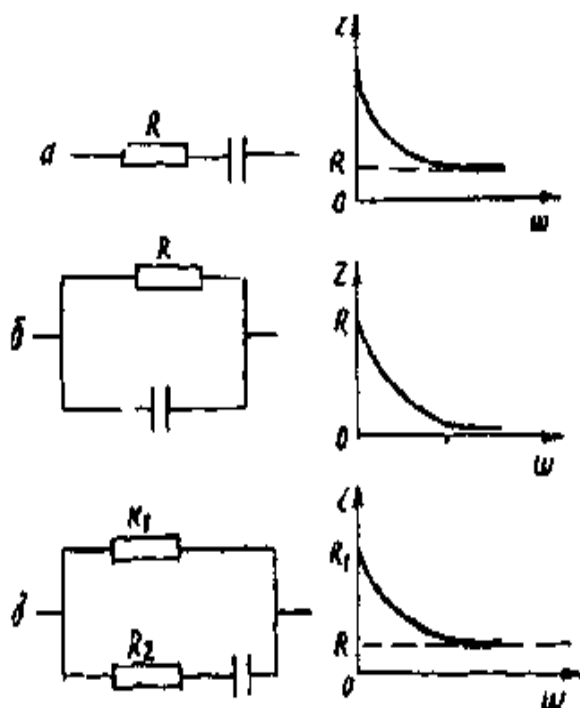
- 1.Организмда токнинг ўтиши.
- 2.Газнинг электр ўтказувчанлиги.
- 3.Аэроионлар.

5.3. Организм тўқималарининг тўла қаршилиги (импеданси). Реографиянинг физик асослари.

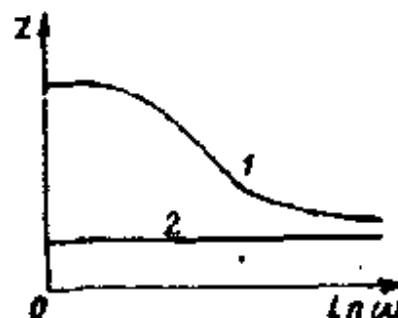
Организм тўқималари ўзгармас токдан ташкари узгарувчан токни ҳам ўтказди. Организмда индуктив ғалтакка ўхшаган системалар йўқ, шунинг учун индуктивлиги нолга яқин. Биологик мембраналар ва демак, бутун организм сиғим хоссаларга эга, шу туфайли организм тўқималарининг импеданси фаёшт Ом ва сиғим қаршиликлари билан белгиланади. Биологик истемаларда сиғим элементларнинг авжудлиги ток кучининг қўйилган кучланишдан фаза бўйича олдинда бўлиши билан тасдиқланади. Турли биологик объектлар учун фазалар силжиш бурчагининг 1 кгц частотадаги баъзи қийматларини келтирамиз (1–жадвал). Эквивалент электр схемалардан фойдаланиб тўқималарнинг Ом ва сиғим хоссалари моделини яшаш мумкин. Улардан баъзи бирларини кўриб чиқамиз (5.1–расм). 5.1а–расмда тасвирланган схема учун импедэнснинг частота боғланишини $L=0$ бўлганда:

$$Z = \sqrt{R^2 + 1/(C_{\omega})^2} \quad (5.1)$$

Графикдан ўринадики, $\omega \rightarrow 0$ ($Z \rightarrow 0$) бўлганда схема тажриба билан муҳим қарама–қаршиликка эга. Чунки, бунда қаршилик доимий токда чексиз катта бўлиб қолмоқда.



5.1–расм



5.2–расм

Эквивалент электр схема (5.1 б– расм) $\omega \rightarrow 0$ бўлганда тажрибага тўғри келмайди.

Ҳақиқатан ҳам катта частотада биологик тўқималар қаршиликка эга бўлади. Биринчи икки моделнинг қўшилишидан 5.1–расм. Ҳосил бўлган эквивалент электр схема энг қулай схемадир. (5.1–расм) да схема қаршилигини, қаршиликларни параллель улаш қондасидан топиш мумкин:

1–жадвал

	φ, град
Одам, қурбақанинг териси	55
Қурбақанерви	64
Қуён мускуллари	65

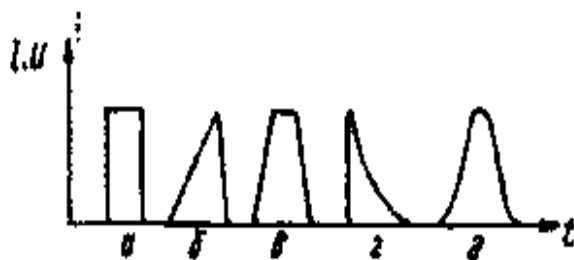
Импедансининг частотали боғланиши организм ўқималарининг ҳаёт қобилятини баҳолашга имкон беради, буни орган ва тўқималарни кесиб бошка жойга улашда (трансплантация қилишда) билиш муҳимдир. Буни графикда кўрсатамиз (5.2–расм). Бунда 1–эгри чизик, соғ, нормал тўқима учун, 2–эгри чизик ўлиқ— сувда қайнатиб ўлдирилган тўқима учун. Ўлиқ тўқимада мембраналар бузилган бўлиб «тирик конденсатор» ва тўқима фақат ом қаршиликка эга бўлади. Импедансининг частотавий боғланишидаги фарқ соғ ва касал тўқималарда ҳам ҳосил бўлади.

Организм тўқималарининг импеданси уларнинг физиологик ҳолатига

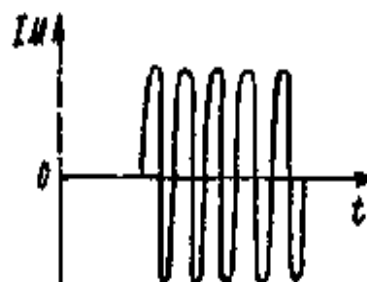
кўра ҳам аниқланади. Жумладан, томир қонга тўлганда импеданс юрак–томир фаолиятига кўра ўзгаради.

Юрак фаолияти жараёнида тўқималар импеданси ўзгаришини қайд қилишга асосланган диагностика услуги *реография* (импедансплетизмография) дейилади.

Бу усул ёрдамида бош мия (*реоэнцефалограмма*), юрак (*реокардиограмма*), магистрал томирлар, ўпка, жигар ва кўл–оёқларнинг реограммалари олинади. Ўлчаш одатда 30 кгц частоталарда кўприк схемаси бўйича олиб борилади.



5.3–расм



5.4–расм

Барча моддалар молекулалардан иборат, уларнинг ҳар бири зарядлар системасини ташкил этади. Шунинг учун жисмларнинг ҳолати улардан оқиб ўтувчи токка ва электромагнит майдон таъсирига бевосита боғлиқ. Биологик жисмларнинг электр хоссалари эса жонсиз объектларнинг хоссаларига қараганда анча мураккаб, чунки организм фазода ўзгарувчан концентратияли ионлар тўпламидир.

Тоқлар ва электромагнит майдонларнинг организмга таъсирининг бирламчи механизми — физик механизм бўлгани учун бу бобда уни тиббий даволаш услубларига қўллаш кўриб чиқилади.

Саволлар:

- 1.Импеданс.
- 2.Реографиянинг физик асосларини тушунтиринг.

5.4.Тоқ ва электромагнит майдонлар таъсиридатўқималарда кечадиган физик жараёнлар

Организм тўқималарига доимий тоқнинг бирламчи таъсири.

Гальванизация. Доривор моддаларнинг электрофорези.

Одам организмнинг аксарият қисми биологик суюқликлардан ташкил топган. Уларда ҳар хил алмашиш жараёнларида иштироқ этувчи ионлар мавжуд.

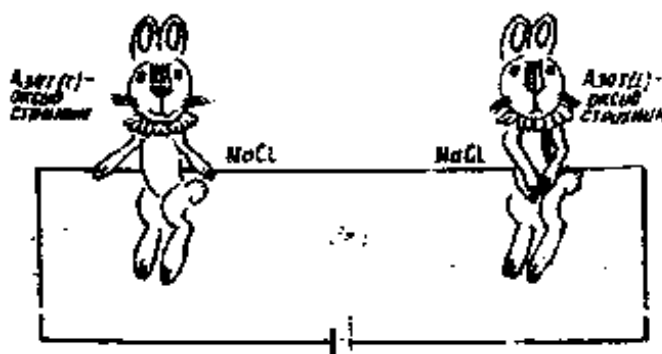
Электр майдони таъсирида ионлар турли тезлик билан ҳаракатланади ва

хужайра мембраналари ёнида тўпланиб, кутбланувчи майдон деб аталувчи қарши электр майдонини ҳосил қилади. Шундай қилиб, доимий токнинг бирламчи таъсири ионлар ҳаракатига, уларнинг тўқималарнинг турли элементларида ажралиши ва концентрациясининг ўзгаришига боғлиқ. Доимий токнинг организмга таъсири ток кучига боғлиқ, шунинг учун тўқималарнинг ва биринчи навбатда терининг электр қаршилиги жуда муҳимдир. Намлик тери қаршилигини анча камайтиради, бу ҳол ҳатто кичик кучланишларда ҳам организм орқали анча катта ток ўтишини юзага келтириши мумкин.

60–80 В кучланишдаги узлуксиз доимий токдан физиотерапиянинг даволаш услуби (*гальванизация*) сифатида фойдаланилади. Гок манбаи сифатида одатда икки ярим даврли тўғрилагич гальванизация аппарати хизмат қилади. Бунинг учун 0,3—0,5 мм қалинликдаги кўрғошин ёки станиолда ясалган электродлар ишлатилади. Тўқималар таркибидаги ош тузи эритмаси электролизининг маҳсулоти баданни куйдириши мумкин бўлгани учун электродлар билан тери орасига масалан, илиқ сув билан ҳўлланган гидрофилл кистирмалар қўйилади. Доимий токни миллиамперметр кўрсатишига қараб дозаланади, бунда албатта чегаравий рухсат этилган ток зичлиги

$$0,1 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2} - \text{эканлиги назарда тутилади.}$$

Даволаш амалиётида доимий ток ва тери ёки шилимшиқ пардалар орқали дори моддаларни киритишда ҳам ишлатилади. Бу усул *дори моддалар электрофорези* деб аталади. Бу мақсад учун ҳам гальванлаш вақтидагидек иш кўрилади, бироқ актив электрод кистирмаси тегишли модда эритмаси билан ҳўлланади. Дори қайси кутб зарядига эга бўлса, шу кутбдан киритилади: анионларни катоддан, катионларни – аноддан киритилади.



5.5 – расм

Дори моддаларнинг доимий ток ёрдамида киритилишини куйидаги тажриба асосида тушунтириш мумкин.

Икки куённинг ёнтомонидаги тукларини қирқиб ташлаб, фланель катламлар боғланади, улардан биттасини азот (1)–оксид стрихнин эритмаси, бошқасини – ош тузи эритмаси билан ҳўлланади (5.5–расм).

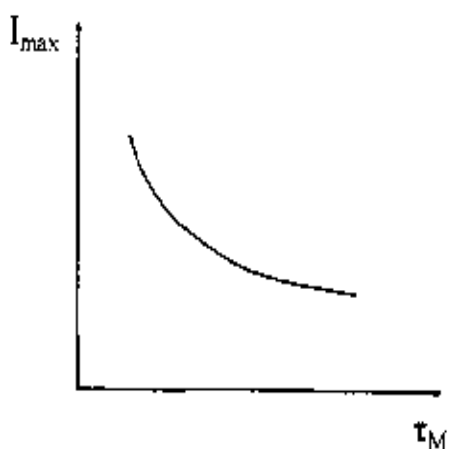
Фланель устига электродларни қўйиб, занжир бўйича 50 Ам ток

ўтказилади. Бир оздан сўнг анодида стрихнин бўлган қуён мазкур модда билан заҳарланишда рўй берадиган аҳволда ўлади. Катодида стрихнин бўлган иккинчи қуён эса соғ қолади, агарда ток йўналиши ўзгартирилса, у ҳам ўлади.

Дори моддалар гальванизацияси ва электрофорезни ванналар кўринишидаги суяқликли электродлар ёрдамида ҳам бажариш мумкин, бунда беморнинг оёқ-қўллари ваннадаги суяқлик ичига ботирилади.

5.5. Ўзгарувчан (импульсли) тоқпар билан таъсир этиш.

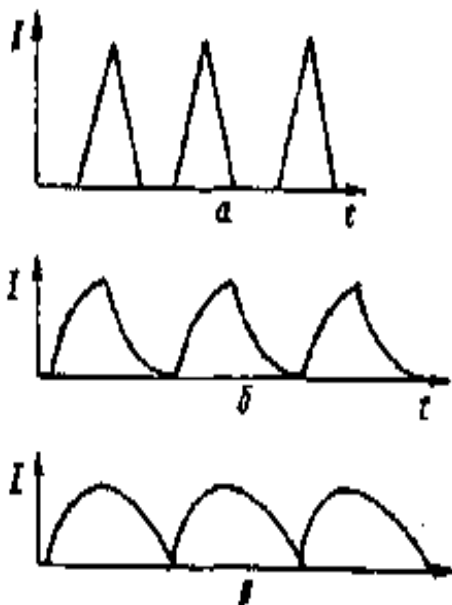
Организмга ўзгарувчан тоқнинг таъсири унинг частотасига бевосита боғлиқ. Паст товуш ва ультратовуш частоталардаги ўзгарувчан тоқ ўзгармас



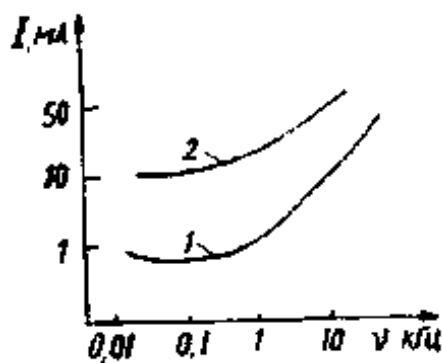
5.6-расм

ток каби биологик тўқималарга кўзгатиш таъсирини кўрсатади. Бунга электролитлар эритмаларидаги ионларнинг силжиши, уларнинг бўлиниши, хужайра ва хужайралараро муҳитда концентрацияларнинг ўзгариши сабаб бўлади. (Тўқималарнинг кўзғалиши импульсли тоқнинг шаклига, импульснинг давомийлигига ва унинг амплитудасига боғлиқ бўлади. Масалан, импульс fronti тиклигининг ортиши мускулларнинг қисқаришини чақирувчи бўсағавий тоқ кучини пасайтиради. Бу шундан

далолат берадики, мускуллар тоқ кучининг ўзгаршига мослаша олади ва ионли компенсацион жараён бошланади.



5.7-расм



5.8-расм

Тўғри бурчакли импульснинг тиклиги жуда катта (назарий жиҳатдан—чексиз), шунга кўра бундай импульслар учун бўсағавий ток кучи бошқаларга нисбатан анча кичик. Қитиқлаш таъсирини берувчи тўғри бурчакли импульснинг амплитуда бўсағаси $I_{\text{тах}}$ билан давомийлиги ўртасида маълум боғланиш мавжуд.

Эгри чизикнинг ҳар бир нуктасига ва ундан юқорида жойлашган нукталарга мускулларнинг кискаришини чақирувчи импульслар тўғри келади. Эгри чизикнинг пастки нукталари кўзғатиш уйғотмовчи импульсларни акс эттиради. Бу расмдаги эгри чизик уйғотиш характеристикаси дейилади. У ҳар қандай мускуллар учун ўзига хосдир. Электр токи физиологик таъсирининг ўзига хослиги импульсларнинг шаклига боғлиқ бўлгани учун, тиббиётда марказий нерв системасини (электр билан ухлатиш, электрнаркоз), нерв—мускул системаларини, юрак қон томир системаларини (кардиостимуляторлар, дефибрилляторлар) ва ҳоказоларни кўзғатиш мақсадида вақтга боғлиқлиги ҳар хил бўлган тоқлардан фойдаланилади.

Тўғри бурчак шаклдаги импульсли ток давомийлиги $t=0,1-1\text{мс}$ ва частоталар диапазони $5-150\text{ Гц}$ электр билан ухлатиш орқали даволашда ишлатилади, $\tau_n=0,8-3\text{мс}$ ва частоталар диапазони $1-1,2\text{ Гц}$ бўлган тоқларни юракнинг этига тикиладиган (имплантация қилинадиган) кардиостимуляторларда ишлатилади. Учбурчак шаклидаги импульсли ток частотаси 100 Гц), шунингдек импульслари секин ўсиб бориб, нисбатан тез пасайиб кетувчи экспоненциал 17.4–расм шаклдаги ток (5.7–расм; $\tau=3-60\text{мс}$, частотаси $8-80\text{ Гц}$), мускулларни кўзғатиш учун асосан электр бадан тарбияда ишлатилади. Турли хил электр билан даволаш мақсадида Бернер таклифётган динамик тоқдан фойдаланилади.

Организмга паст товуш ва ультратовуш частоталарида ўзгарувчан (гармоник) тоқнинг таъсири қуйидаги бўсага қийматлар билан аниқланади: сезиларли ток бўсағаси ва қўйиб юбормайдиган ток бўсағаси.

Сезиларли ток бўсағаси деб шундай энг кичик тоққа айтиладики, унинг қитиқлаш таъсирини одам сезади. Бу катталиқ тана билан кучланиш келтириб бериш контактининг жойи ва юзасига тоқнинг частотасига, одамнинг алоҳида хусусиятларига (жинси, ёши, организмнинг ўзига хос хусусияти) боғлиқ.

Синалаётган бир жинсли группалар учун сезиларли ток бўсағаси нормал тақсимот қонунига бўйсунди, эркакларда билак—қўл панжа қисми учун 50 Гц частотада 1 та – ўртача қийматга эга.

5.8–расмда (1–эгри чизик) синовдан ўтказилаётганларнинг бундай группаси учун сезиларли ток бўсағаси ўртача қийматининг тоқнинг частотасига боғлиқлиги кўрсатилган.

Агар ток кучини унинг сезиларли бўсағаси қийматидан оширилса, у ҳолда бўғинларининг шундай эгилшини ҳосил қилиш мумкинки, унда одам ўз ҳолича қўлини оча олмайди ва ўтказгичдан – кучланиш манбаидан ҳалос бўлолмайди. Бу тоқнинг минимал кучига *қўйиб юбормайдиган ток бўсағаси* дейилади. Тоқларнинг бундан кичик кучлари *қўйиб юборувчи* ҳисобланади.

Қўйиб юбормайдиган ток бўсағаси – муҳим параметр, унинг ортиши одам учун хавфлидир. Қўйиб юбормовчи ток бўсағасининг кийматлари ҳам нормал тақсимот қонунига бўйсунди. 5.8–расмда (2–эгри чизик) синовдан ўтказилаётган эркалар группаси учун қўйиб юбормовчи ток бўсағаси ўртача кийматининг частотага боғлиқлиги график равишда кўрсатилган. Ток юракка таъсир этганда қоринчаларининг фибрилляциясини ҳосил қилиши мумкин, бу эса одамнинг нобуд бўлишига олиб келади. Фибрилляцияни чакирувчи ток кучининг бўсағаси, юракдан окшб ўтувчи токнинг зичлиги, частотасигава унинг таъсир этиш муддатига боғлиқ.

Тахминан 500 кГц дан юқори частотада ионларнинг силжиши, уларнинг молекуляр–иссиқлик ҳаракати туфайли силжиши билан тенглаша олади, шунинг учун ток ёки электрмагнит тўлқин кўзғатиш таъсирини кўрсата олмайди. Бу ҳолда асосий бирламчи эффект иссиқлик таъсир ҳисобланади. Юқори частотали электрмагнит тебранишларининг иситиб даволаши грелкада амалга ошириладиган усулдан катор устунликларга эга. Ички органларни грелкада иситиш ташки тўқималар – тери ва тери ости ёғ ҳужайраларининг иссиқлик ўтказувчанлиги ҳисобига амалга ошади. Юқори частотадаги иситиш организмнинг ички қисмларида ҳосил бўлган иссиқлик ҳисобига содир бўлади, яъни уни қаерда керак бўлса, шу ерда вужудга келтириш мумкин.

Ажралиб чиқадиган иссиқлик тўқималарнинг диэлектрик синг–дирувчанлигига, уларнинг солиштира қаршилигига ва электрмагнит тебранишлар частоталарига боғлиқ. Керакли частотани танлаб олиб «термоселектив» таъсирни амалга ошириш, яъни керакли тўқима ва органларда кўпроқ иссиқликни ҳосил қилиш мумкин.

Юқори частотали тебранишлар билан иситишнинг қулайлиги шундаки, генератор қувватини сошлаб, ички органларда иссиқлик ажралишининг қувватини бошқариш, айрим муолажаларда эса иссиқликни дозалаш мумкин. Электрмагнит тебранишлар ва тўлқинлар иссиқлик таъсиридан ташқари, катта частоталарда айрим специфик таъсирга олиб келувчи, ички молекуляр жараёнларни ҳам уйғотади.

Тўқималарни иситиш учун катта ток юбориш лозим. Таъкидлаб ўтилишича, бундай ҳолларда ўзгармас ток ёки паст товуш ва, ҳатто, ультратовуш частотали ток электролизга ва тўқималарнинг бузилишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун ток билан иситишда юқори частотали токдан фойдаланилади.

Тўқималарни иситишга сарфланувчи ток қувватини $P=I^2R$ формула бўйича ҳисоблаймиз. Биологик тўқима юзаси S га тенг бўлиб, масофадаги икки ясси электродлар орасига зич жойлашган деб ҳисоблаб бу формулани ўзгартириб ёзамиз.

Ток зичлиги j тўқиманинг барча нуталарида бир хил ва электродлардаги ток зичлигига тенг бўлсин дейлик. $R=pl/S$ эканлигини назарда тутиб,

$$P=I^2R=j^2S^2\rho l/SI^2\rho \quad (5.2)$$

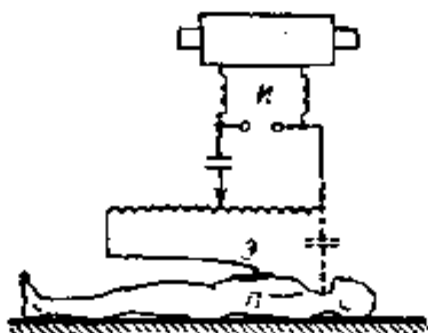
ни оламиз, бунда $V=Sl$ – тўқима ҳажми. (5.2) ни бу ҳажмга бўлиб, 1 с да 1 м^3 да ажралувчи иссиқлик миқдори q ни топамиз:

$$q=j^2 \quad (5.3)$$

Демак, я ток зичлигига ва тўқиманинг солиштирма қаршилигига боғлиқ экан.

Диатермия ва *маҳаллий дарсонвализация* деб аталувчи физиотерапевтик муолажаларда тўқима орқали юқори частотали ток ўтказишдан фойдаланилади.

Диатермияда кам сўнувчан тебранишли, частотаси 1 МГц га яқин, кучланиши 100–150 В; ток кучи бир неча амперга тенг бўлган ток ишлатилади.



5.9–расм

Тери, ёғ, суяклар, мускуллар энг катта солиштирма қаршиликка эга бўлгани учун улар кўп исийди. Қонга ёки лимфага бой органлар – ўпка, жигар, лимфатик тугунлар – энг исувчи органлардир.

Тери қатламида ва тери ости тўқимасида жуда кўп иссиқликнинг фойдасиз ажралиши диатермиянинг камчилигидир.

Ҳозирги вақтда диатермия терапевтик амалиётидан чиқиб бормоқда ва у бошқа юқори частотали таъсир услуги билан алмаштирилмоқда. Бунга сабаб диатермия ҳавфлилигининг юқори даражада эканлигидир: аппаратнинг бузуклиги, биологик объектнинг тўғридан тўғри иккала қутбига уриниши ва катта ток туфайли электродлар қўйилган жойда тасодифий бўладиган учқунланиш фожиали оқибатларга олиб келиши мумкин.

Маҳаллий дарсонвализация учун частотаси 100+400 кГц, кучланиши – ўнлаб киловольт, ток кучи эса кичик – 10+15 *mA* бўлган ток ишлатилади. Ток пациент *П* га юқори частотали тебранишлар манбаи *И* дан вакуумли ёки графит билан тўлатилган шиша электрод *Э* орқали ўтади (5.9–расм). Иккинчи электрод йўқ, чунки занжир – пациент танаси ва атрофдаги муҳит орқали силжиш тоқлари билан бекилган (пунктир билан тасвирланган конденсатор). Фақат юқори частотали ток импульси эмас, балки пациент териси билан электрод орасида ҳосил бўладиган электр разряд ҳам таъсир этувчи фактордир.

Юқори частотали тоқлар хирургияда ҳам (электрхирургияда) ишлатилади. Улар тўқималарни куйдириш, «пайвандлаш»га (диатермокоагуляция) ёки уларни кесиб ташлашга (диатермотомия) имкон беради.

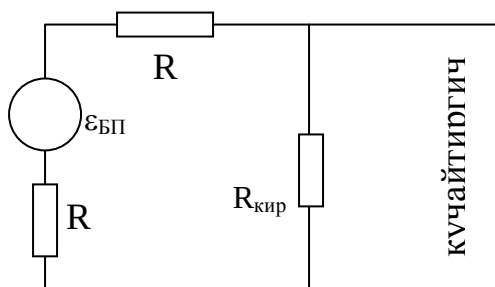
Диатермокоагуляцияда ток зичлиги 6–10 тА/мм^2 ишлатилиб, натижада тўқиманинг ҳарорати кўтарилади ва тўқима қуяди. Диатермотомияда ток зичлиги 40 тА/мм^2 гача етказилади, натижада ўткир электрод (электр пичок) ёрдамида тўқимани кесишга эришилади. Электрохирургик таъсир оддий хирургик таъсирдан бир қатор афзалликка эга

Саволлар:

1. Организм тўқималарига токнинг таъсири
2. Гальванизация.
3. Электрофарезни тушунтиринг.
4. Узгарувчан токнинг организмга таъсири қандай ?
5. Дарсонвализация.

5.6. Тиббий биологик ахборотни олиш системаси Биоэлектрик сигнални олиш учун электродлар

Электродлар – бу ўлчаш занжирини биологик система билан бирлаштирувчи махсус шаклдаги ўтказгичлардир. Диагностикада электродлардан электр сигналларини олиш учун эмас, балки ташки электромагнит таъсирларни келтириб бериш учун фойдаланилади, масалан реорграфияда. Тиббиётда электродлардан даволаш мақсадида электромагнит таъсир кўрсатишда ва электр кўзгатишда фойдаланилади.



5.10–расм

Электродларга алоҳида талаблар қўйилади: улар тез маҳкамланиши ва олиниши, электр катталиклари юқори даражада барқарор бўлиш, мустаҳкам, ҳалакит бермайдиган, биологик тўқималарни кўзгатмаслиги керак ва ҳоказо. Биоэлектрик сигналларни олиш учун электродларга тегишли муҳим физик масала, у ҳам моу лмаса фойдали маълумотнинг йўқотилишини айниқса, электрод – тери ўтиш қаршилигини минимумга етказиш қўйилади. Биологик система ва электродларни ўз ичига олган электр занжирининг эквивалент электр схемаси 5.10–расмда тасвирланган.

$\varepsilon_{\delta\Pi}$ – биопотенциаллар манбаининг Э.Ю.К., r – биологик система ички тўқималарининг қаршилиги; K – тери ва электродларнинг қаршилиги; $R_{кпр}$ – биопотенциаллар кучайтиргичининг кириш қаршилги. Ом қонунига асосан

$$\varepsilon_{\delta\Pi} = I_r + IR + IR_{кпр} = IR_r + IR_{кпр} \quad (5.4)$$

кучайтиргичнинг чиқишидаги кучланиш тушишини шартли равишда «фойдали» дейиш мумкин, чунки кучайтиргич манбаи Э.Ю.К.нинг мана шу қисминигина катталаштириб беради. Бу маънода биологик системанинг ичидаги ва электрод – тери системасидаги кучланиш тушишларни «фойдасиз» дейиш мумкин. $\varepsilon_{\delta\Pi}$ берилганлиги учун I_r –ни камайтириш учун таъсир кўрсатиб бўлмайди, у ҳолда $R_{кпр}$ ни оширишни R ни камайтириш

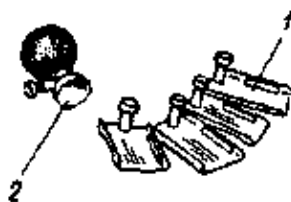
билан ва энг аввал электрод – тери контактининг қаршилигини камайтириш билан амалга оширилади.

Электрод – тери ўтиш қаршилигини камайтириш учун электрод ва тери орасидаги муҳитнинг электр ўтказувчанлигини оширишга уринадилар, бунинг учун физиологик эритмага ҳўлланган марли сочиқдан ёки электр ўтказувчи пастадан фойдаланилади. Бу қаршилиқни электрод–тери контактининг юзасини катталаштириш йўли билан ҳам камайтириш мумкин, яъни электроднинг ўлчамини катталаштириб, лекин бунда электрод бир канча эквипотенциал сиртларни эгаллайди ва бунда электр майдонининг қақиқий машараси бузилади.

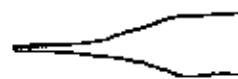
Вазифасига кўра биоэлектрик сигнални олиш учун электродлар куйидаги группаларга бўлинади: 1) функционал диагностика хоналарида қисқа муддат ичида, яъни масалан, электрокардиограммаларни бир марта олиш учун; 2) узок муддатда қўлланиладиган, масалан, узлуксиз терапия палаталари шароитларида оғир беморларни доимий кузатиб туришда; 3) ҳаракатдаги текширувларда қўлланиладиган, масалан, спорт ёки космик медицинада; 4) тезлик билан қўллашда, масалан, тез ёрдам бериш шароитларида қўлланиладиган электродлар.

Барча ҳолларда электродлар қўлланилишининг ўзига хос хусусиятини намоён бўлиши тушунарли. Агар биоэлектрик сигналларни кузатиш узок давом этса физиологик эритма қуриб қолиши мумкин ва бунда қаршилиқ ўзгаради. Бемор ҳушидан кетган пайтда игнасимон электродларни ишлатиш қулайдир ваҳоказо.

Электрофизиологик текширишларда электродлардан фойдаланишда иккита ўзига хос масала вужудга келади: улардан бири – электродларни биологик тўқима билан контактида гальваник Э.Ю.К.



5.10–расм



5.11–расм

ни ҳосил бўлиши ҳисобланади. Бошқаси, электродларнинг электролитик қутбланиши, у ток ўтганда, электродлардан реакция маҳсулотларини ажралшида намоён бўлади. Натижада асосийга нисбатан қарши келган Э.Ю.К вужудга келади.

Иккала ҳолда вужудга келадиган Э.Ю.К– электродлар ёрдамида олинадиган фойдали биоэлектрик сигнални бузади. Шундай усуллар мавжудки, улар шу сингари таъсирларни камайтиради ёка йўкотади, бироқ бундай усуллар электрохимияга алоқадор бўлиб, бу курсда уни кўриб чиқилмайди.

Ниҳоят, айрим электродларнинг тузилишини кўриб чиқамиз. Электрокардиограммани олиш учун электродлар, яъни тармоқлар

кабелларининг учлари кўйиладиган ва маҳкамланадиган 1–қисқичли металл пластинкалар (5.10–расмда) махсус резина ленталар билан оёқ–қўлларга маҳкамланади. Кабеллар электродларни электрокардиограф билан улайди. Беморнинг кўкрагига 2–кўкрак электрод ўрнатилади. У резина сўргичбилан ушлаб турилади. Бу электрод ҳам тармок кабелли каби клеммага эга.

Микроэлектродли практикада шишали микроэлектродлар ишлатилади. Бундай электроднинг профили (ён томондан кўриниши) 5.11–расмда тасвирланган, унинг учи 0,5 мкм диаметрда эга. Электроднинг корпуси изолятор бўлиб, ичида электролитга ўхшаш ўтказгичи бор. Микроэлектродларни тайёрлаш ва улар билан ишлаш маълум қийинчиликлар туғдиради, бироқ бундай микроэлектрод мембрана хужайрасига санчилиб хужайралар ичида текширишлар олиб боришга имкон беради.

5.7. Тиббий–биологик ахборот датчиклари

Кўпгина тиббий–биологик характеристикаларни электродлар билан «олиб» бўлмайди, чунки улар биоэлектрик сигналларда акс эттирилмайди: кон босими, температура, юрак товушлари ва ҳоказо. Айрим ҳолларда тиббий–биологик ахборот электр сигнал билан боғланган бўлади, бироқ унга ноэлектрик катталиқ сифатида ёндошиш қулайроқдир, масалан, пульслар. Бу ҳолларда датчиклардан фойдаланишда (ўлчов ўзгартирувчилар). Ўлчанувчи ёки текширилувчи катталиқни узатиш бундан кейин ўзгартириш ёки қайд қилиш учун қулай бўлган сигналга; айлантирувчи тузилма *датчик* деб айтилади. Ўлчанувчи катталиқ келтириб уланган, яъни ўлчов занжиридаги биринчи датчик–бирламчи дейилади.

Тиббиёт электроника учун фақат ўлчанувчи ёки текширилувчи ноэлектрик катталиқларни электр сигналга айлантирувчи датчиклар кўриб чиқилади.

Бошқа хилдагиларга қараганда электр сигналдан фойдаланиш энг қулайдир, чунки электрон тузилмалар уни нисбатан мураккаб бўлмаган ҳолда кучайтириб бериш, масофага узатиш ва қайд қилиш имконини беради.

Генераторли ва параметрик датчиклар мавжуд. Ўлчанувчи сигнал таъсирида бевосита кучланишни ёки токни генерациялайдиган датчиклар–*генераторли датчиклар* дейилади. Бундай датчикларнинг баъзи турларини ва улар асосидаги ходисаларни кўрсатамиз. 1) пьезоэлектрик датчиклар – пьезоэлектр эффекти; 2) термоэлектрик датчиклар термоэлектр ходисаси; 3) индукцион датчиклар электромагнит индукция; 4) фотоэлектрик датчиклар фотоэффект ходисаларга асослангандир.

Параметрик датчиклар – шундай датчикларки, уларда ўлчанувчи сигнал таъсирида бирорта параметр ўзгаради. Бундай датчикларнинг баъзиларини ва улар ёрдамида ўлчанувчи параметрни кўрсатамиз: 1) сиғимли датчик–сиғим; 2) реостатли датчик – омик қаршилик; 3) индуктивли датчик – индуктивлик ёки ўзаро индуктивлик ўлчайди.

Ахборотни ташувчи энергияга кўра датчиклар: механик, акустик, температура, электрик, оптик ва бошқа датчикларга бўлинади. Баъзи ҳолларда датчикларга ўлчанувчи катталиқ бўйича ном берилади, масалан, босим датчиги, тензометрик датчик (тензо–датчик) кўчишни ёки деформацияни ўлчайди ва ҳоказо.

Кўрсатиб ўтилган датчикларнинг мумкин бўлган тиббий–биологик қўлланишларини келтирамиз (5.1–жадвал).

5.1–жадвал

Датчик	Механик	Акустик	Оптик	Температуралн
Пьезоэлектрик	АБ	ФКГ	—	—
Термоэлектрик	—	—,	—	Т
Индукцион	БКГ	ФКГ	—	—
Фотоэлектрик	—	—	ОГГ	—
Сяғимли	ФКГ	—	—	—
Реостатли	АБ, БКГ	—	—	Т
Индуктив	МИБ	—	—	—

Белгилар: АБ – қоннинг артериал босими, Б.К.Г. – баллистокardiограмма, Ф.К.Г.– фонокардиограмма, ОГГ – оксигемография, Т – температура, МИБ – меъдаичак йулидаги босим.

Датчик чиқиш катталиги уни кириш катталиги X га функционал боғланишини ифодаладиган ўзгартирувчи функция билан характерланади, у аналогик ифода $Y=f(X)$ билан ёки графикда тасвирлайди. Энг содда ва қулай ҳол, $Y=kX$ тўғри пропорционаллик боғланиш хисобланади.

Кириш катталигининг ўзгариши чиқиш катталигига қанчалик таъсир этиши – датчикнинг сезгирлиги кўрсатади.

$$Z=\nabla Y/\nabla X$$

У датчикнинг турига қараб мм га Ом билан (Ом/мм), Кельвинга милливольт (мВ/К) билан ўлчанади ва ҳоказо.

Датчиклар кетма–кет тўпламининг сезгирлиги, барча датчиклар сезгирликларининг кўпайтмасига тенг. Датчикларнинг вақтий характеристикалари ҳам аҳамиятга эгадир. Аналитик равишда, бундай хусусият датчик сезгирлигининг – кириш катталиги тезлигига $-\frac{\alpha\chi}{\alpha i}$ ёки X

гармоник конун бўйича ўзгарганда, частотага боғлиқ бўлишига олиб келади.

Датчиклар билан ишлашда уларнинг ўзига хос бўлган хатоликларини хисобга олиш лозим. Хатоликларга олиб келувчи сабаблар: 1) ўзгартирувчи функциянинг температурага боғлиқлиги; 2) гистеризис – датчикда қайтмас процесслар натижасида рўй берадиган кириш катталигининг секин ўзгаришлари, ҳамда V ни X дан кечикиши; 3) ўзгартирувчи функциянинг вақт бўйича доимий бўлмаслиги. 4) кўрсатишни ўзгаришига олиб келадиган датчикнинг биологик системага

тескари таъсири; 5) датчикнинг инертлиги (унинг вақтий характеристикаларини ҳисобга олмаслик) ва бошқалар.

Тиббиётда ишлатиладиган датчикларнинг конструкцияси жуда хилма-хилдир, оддийлардан (терможуфт типдаги), то мураккаб датчикларигачадир. Мисол сифатида энг оддий–нафас олиш датчиги–реостатли (резистивли) датчикни баён этамиз.



5.12-расм

Бу датчик (5.12–расм) резина найча — 1 кўринишида килинган: бўлиб, у кўмир кукуни – 2 билан тўлдирилган. Трубканинг кесилган жойларига электродлар 3 бириктирилган. Кўмир орқали ташқи манба 4 дан ток ўтказиш мумкин. Трубка чўзилганида узунлиги ортади ва кўмир устунининг кўндаланг кесими қуйидаги формула бўйича камаяди:

$$R = \rho l / S$$

бу ерда ρ – кўмир кукунининг солиштирма қаршилиги. Шундай қилиб, агар трубка билан кўкрак қифаси боғланса ёки одатда қилинадигандек трубканинг учларига тасмани бирлаштирилса ва кўкрак қифасини ўраб олинса, нафас олишда трубка чўзилади, нафас чиқаришда сиқилади. Занжирда ток кучи нафас олиш частотасига кўра ўзгаради, буни эса мўлжалланган ўлчов схемасини қўллаб ёзиб бориш мумкин.

Хулоса қилиб айтганда датчиклар биологик системалар рецепторларининг техникавий ўхшашидир.

5.8. Сигнални узатиш. Радиотелеметрия

Олинган ва кучайтирилган электр сигнални қайд қилувчи (ўлчовчи) асбобга узатиш зарур. Кўпинча электродлар ёки датчиклар, кучайтиргич ва қайд қилувчи асбоб бир бутун тузилма сифатида конструктив ясалган бўлади, бироқ ўлчовчи қисм биологик системадан бирор масофада туриши мумкин, бундай ўлчашлар телеметрияга ёки бирмунча торроқ биотелеметрияга дахлдордир.



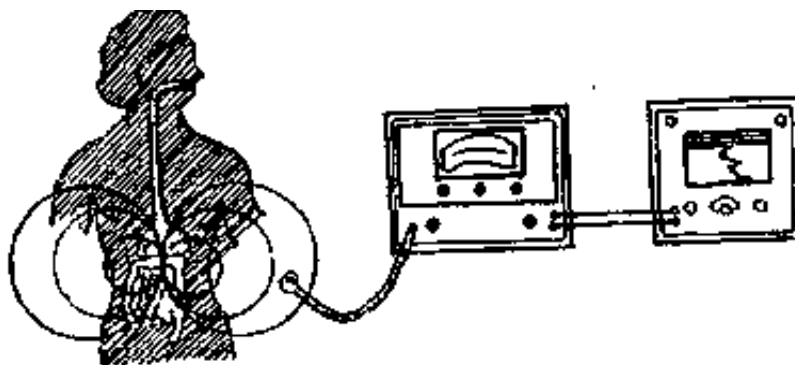
5.12-расм

Бундай ҳолларда датчик ва қайд қилувчи асбоб орасидаги алоқа, ё симлар, ёки радио орқали амалга оширилади. Телеметриянинг кейинги варианты *радиотелеметрия* дейилади. Бу хилдаги алоқада космик тадқиқотларда – космик кеманинг ва унинг экипажи ҳақидаги, спарт медицинасида – машғулот ўтказиб турган вақтда спортчининг физиологик ҳолати тўғрисидаги маълумотни олиш учун кенг равишда фойдаланадилар. Масалан, спортчи шлёмидаги, 300 – 500 м масофага (яъни стадион

чегарасида) радио тўлкинлар таркатувчи узатгич антеннаси ёрдамида унинг ахволи тўғриридаги маълумотларни белгилаб олиш мумкин.

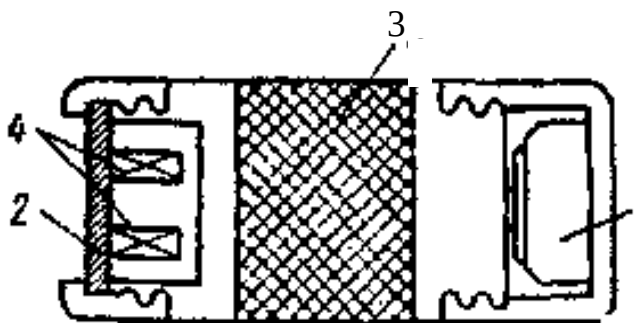
Радиотелеметрия овқат йўллари эндорадиозондлаш учун ҳам ишлатилади. Бу масалани мукамалроқ кўриб чиқамиз. Радиопередатчикли миниатюр (кичкинагина ҳажмдаги) капсула (эндорадиозонд, 5.13-расм) бемор томонидан ютилади (5.14-расм).

Узатувчи частотасининг ўзгариши бўйича бемор яқинига қўйилган приёмник билан капсула ўрнашган жойдаги босимни, кислота ёки ишқор даражасини, температура ва бошқа параметрларни ўлчаш мумкин.



5.14-расм

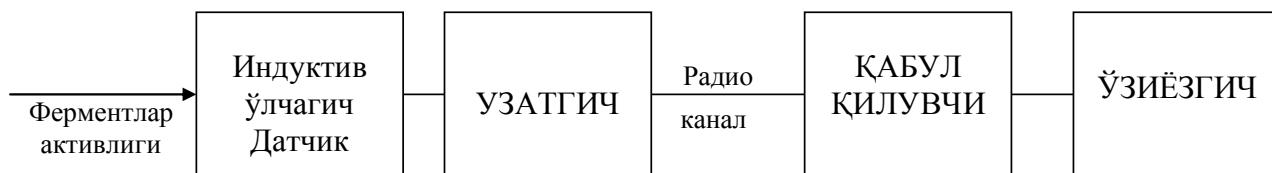
5.15-расмда овқат ҳазм қилиш ферментларининг активлигини аниқлаш учун ишлатиладиган эндорадиозонд схемаси кўрсатилган. У уч асосий қисмдан иборат: 1 – олинувчи, кийгизмага жойлашган кучланиш манбаи, 2 – фермент томонидан эритилувчи ферромагнит кукуни ва зарралардан прессланиб ясалган диск, 3 – ярим-ўтказгичли транзистор ва радиосхеманинг бошқа деталлари.



5.17-расм

Диск оливи кийгизма ичига жойлашган бўлиб, кучланиш манбаидек, бир марта ишлатилгандан сўнг бошқасига алмаштирилиши мумкин.

Диск индуктив галтак – 4 га қисилади ва у билан ёпиқ магнит ўтказгични ҳосил қилади. Диск овқатни ҳазм қилувчи ферментлар таъсирида эриган сари занжирнинг индуктивлиги камаяди ва генератор частотаси ортади. Шундай қилиб, қабул қилинаётган частота бўйича ферментлар активлиги ҳақида хулоса чиқариш мумкин.



18.8–расм

Эндорадиозонднинг тузилиш схемаси 5.16–расмда тасвирланган. Баъзан шундай кўп каналли тузилмалар ишлатиладики, улар бир вақтнинг ўзида бир йўла бир неча параметрларни олиш, узатиш ва қайд қилиш имконини беради. Тиббий–биологик характердаги бир вақтда тўпланган маълумот диагностика имкониятларини анча кенгайтиради. Хозирги вақтда бундай маълумотни қайд қилиш ҳисоблаш машиналари ёрдамида бажарилади.

5.9. Аналогли қайд қилувчи тузилмалар

Акс эттарув тузилмалари деб, шундай тузилмаларга айтиладики, улар маълумотни вақтинча кўрсатиб, янги маълумот ҳосил бўлиши билан олдинги маълумот изсиз йўқолиб кетади. Стрелкали асбоблар: амперметр, вольтметр ва бошқалар бунга мисол бўлади. Масалан, стрелкали амперметр ток кучини берилган вақт моментида кўрсатсада, уни белгиламайди. Занжирда ток кучининг ўзгариши билан олдинги қиймат тўғрисидаги маълумот қайтмасдан йўқолади. Бундай тузилмаларда акс эттириладиган маълумотни эса тушириш учун атайин уни ёзиб бориш керак, буни эса студентлар физика лабораторияларида бажарадилар.

Акс эттирувчи тузилмалардан каршилиқ электртермометри, пульс уришини ўлчагич ва бошқа шу каби тиббий асбоблар тайёрлашда фойдаланилади.

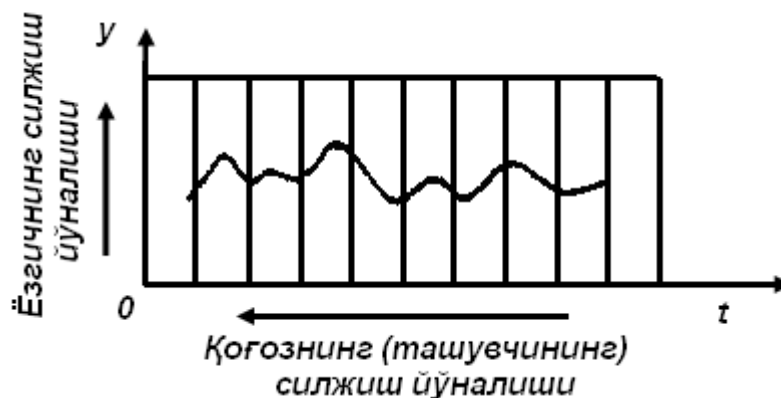
Тиббиёт электроникада *қайд қилувчи, асбоблар* кенг тарқалган бўлиб, улар маълумотни қандайдир ташувчида белгилаб боради. Бу олинган тиббий–биологик маълумотни ҳужжатга олиш, сақлаш кўп марта фойдаланиш, ишлаб чиқиш ва анализ қилиш имконини беради. Акс эттирувчи ва қайд қилувчи асбоблар *аналогли* – *узлуксиз, дискретли, аналогли* ва *дискретли* асбобларнинг имкониятларининг бирга қўшилишидан ташкил топган комбинациялиларга бўлинади.

Тиббий–биологик текширишлар амалиётида энг кўп тарқалган аналогли қайд қилувчи тузилмаларни мукамалроқ кўриб чиқамиз. Уларнинг баъзилари ўзи ёзувчи асбоблар ёки ўзи ёзгичлар деб аталади.

Тиббиёт, биология ва физиологияда асосан ташувчида маълумотни қайд қилишнинг қуйидаги усулларида фойдаланилади: а) модда қатламини (бўёқни) юрғазиш; сиёҳ–пероли ва оқизиб ёзадиган системалар; б) ташувчи моддаларнинг ҳолатини ўзгартириш: фоторегистрация, электркимоёвий, электрфотофафиявий (ксерография) ва магнитли ёзув; в) ташувчидан модда қатламини кўчириш: дудлаб қорайган юза, иссиқликни ёзиш.

Физиологик тажрибада ҳозирги кунда ҳам қўлланилаётган энг содда

Ўзиёзгичлардан бири буралган пружинадан ишловчи кимограф (5.17–расм) ёки электрокимограф ҳисобланади. Электрокимограф унинг барабанини бир текис айланиши электродвигатель ёрдамида амалга оширилади.



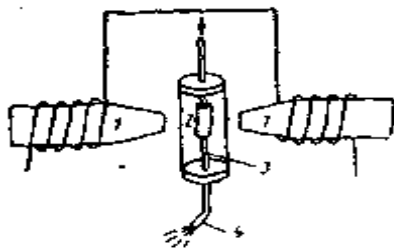
5.17–расм

Кимограф ғояси – текширилувчи катталиқнинг вақтга боғлиқлигини ўлчовчи ҳозирги замон аналогли қайд қилувчи асбобларнинг асосан кўпчилигида ташувчининг бир текис айланиши ёки сиртининг кўчиши сақланади. Қайд қилинувчи катталиққа пропорционал бўлган ёзгичнинг ёки ёруғ доғнинг y – силжиши олинган графикнинг (5.17–расм) ординатаси бўлади. Ташувчининг (қоғоз, фотоплёнка) бир текис кўчиши шуни билдирадики, абсциса – вақтга пропорционал экан. Натижада ҳосил бўлган эффи чизиқ ($Y=f(t)$) муносабатни акс эттиради.

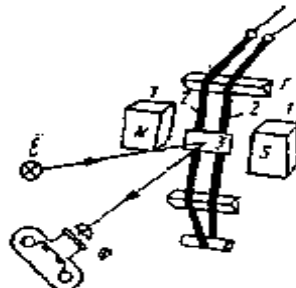
Тиббиёт аппаратурасида ишлатиладиган ўзиёзгич асбоблар элеур сигнални механик кўчиришга ўзгартириб беради. Физик нуқтаи назардан улар гальванометр бўлиб, жуда кичик ток кучига реакция берувчи юқори сезгирликдаги электр ўлчов асбоблари ҳисобланади. Бу асбобларда ғалтаклардан, симли рамка ёки ҳалқадан ўтувчи ток доимий магнитнинг магнит майдони билан ўзаро таъсирда бўлади. Бу ўзаро таъсир натижасида ҳаракатланувчи қисм (магнит, симли рамка ёки ҳалқа қисмлари) ток кучига пропорционал равишда, яъни электр сигналга пропорционал равишда оғади. Ҳаракатланувчи қисм билан ёзув элементи бирлаштирилган бўлиб, у кўзгалувчи ташувчида ёзув изини қолдиради, бу элемент алоҳида капилляр перо ёки оқизувчи ўзиёзгичдаги конус найчали шиша капилляр ёки ёруғлик нуруни қайтарадиган кўзгуча ёки бошқа нарса бўлиши мумкин. Мисол тариқасида 5.18–расмда ўзиёзгич тасвирланган. Бунда 1–электромагнит, унинг ўрамларида эса қайд қилинувчи электр сигнали ўтади; 5–цилиндр шаклдаги доимий магнит, у шиша капилляр, 3 билан маҳкам боғланган, 4 капиллярнинг конус найчасидан босим остида сиёҳ отилиб чиқади ва из қолдиради, у доимий магнитнинг оғишига ва шунингдек, электромагнитдаги ток кучига пропорционал бўлади. Ўзиёзгичнинг муҳим характеристикаси бўлиб қайд қилиб улгурадиган тебранишлар частоталари диапазони ҳисобланади. Ўзиёзгичнинг характерланувчи қисмининг инерция моменти канча катта

бўлса, ўлчанувчи катталикнинг ҳақиқий ўзгарипгага нисбатан қайд қилинишнинг кечикиши шунча катта бўлади, частотавий характеристика ёмон чиқади.

Энг кўп кенг частоталар имконияти аналогли қайд қилувчи асбобларда бўлиб, уларни ёруғ нурли (шлейфли) *осциллографлар* дейилади.



5.11–расм



5.19–расм

Ёруғ нурли осциллографнинг (5.19–расм) асосий қисмини шлейфли гальванометр – Г ташкил этади, у 1 – доимий магнитдан, 2–ҳалқа (шлейф) кўришдаги металл симдан, ундан эса қайд қилинувчи электр сигнали ўтади ва 3–кўзгудан иборат. Нур ёритиш манбаи 0 дан кўзгуга тушади, кайтиб фотографиявий қурилма - Φ га тушади, у фотопленкали ўрамдан ва лента тортувчи механизмдан таркиб топган. Электр сигнал ўзига пропорционал равишда гальванометр шлейфининг бурилишини ҳосил қилади. Фотопленканинг бир текис тортилиши вақт бўйича ёйишни амалга оширади. Махсус вақтни белгиловчидан фойдаланиб, фотопленкада белгиларни ҳосил қилиш мумкин.

Бундай осциллограф частотаси тахминан 0 дан 10 кГц гача бўлган жараёнларни қайд қилиш имконини беради, бу эса тиббий–биологик сигналнинг частотали характеристикаларини етарли даражада қоплайди. Асосан бир вақтнинг ўзида ўнлаб ўзгарувчан катталикларни қайд қилиш имконини берувчи кўп каналли ёруғ нурли осциллографлар ишлаб чиқарилади. Уларнинг энг катта камчилиги фотоқоғоз ёки фотоплёнкадаги суратни чиқариш заруриятидир. Ҳозирги вақтда ультрабинафша ёритишга сезгир бўлган махсус қоғоз ишлаб чиқаришмоқда. У махсус ишлаши талаб этмайди, бироқ ёритиш манбаи ультрабинафша нурларнинг қувватли дастасини нурлатиши лозим.

Ўзиёзувчи тузилмаларда ўлчов асбобларининг одатдаги хатоликлари билан бир қаторда ёзишда йўл кўйиладиган хатоликлар ҳам вужудга келади. Ёзишдаги хатоликларга сабаб қоғоз ёки фотоплёнкани кўчириш механизми ишидаги ноаниқлик, асбобнинг ёзиш системасининг инерцияси туфайли бўладиган кечикиш, ҳаво намлиги таъсирида қоғоз ўлчамларининг ўзгариши, вақтни белгилашдаги ноаниқлик ва ҳоказолар бўлиши мумкин.

Вақтга боғлиқликни белгиловчи бир координатали ўзиёзгичлардан ташқари, текшириш амалиётида, икки координатали ўзиёзгичлар кенг тарқалди.

Тиббиёт амалиётида маълумотларни қайд қилишда аналогли қайд қилувчи асбоблар билан бирга электрон нурли трубкалар каби инерцион бўлмаган, комбинациялаштирилган тузилмалар ҳам ишлатилади.

Масалан, вектор–кардиоскоп, (унинг асосий қисми *электрон нурли* трубка ҳисобланади) электр ва вектор–кардиограммани тасвирлаб кўрсатади.

Электрон–нурли трубка комбинациялаштирилган тузилмалар группасига киради, чунки у чиқишдаги маълумотни фақат аналогли эмас, балки дискрет (рақамлар, ҳарфлар) шаклда ҳам акс эттириши (кўпдамча равишда суратга туширишда қайд қилиши) мумкин.

5.10. Биопотенциалларни қайд қилувчи тиббиёт асбобларининг ишлаш қонунияти

Биоэлектрик потенциаллар кўпгина касалликларнинг муҳим диагностика кўрсаткичи ҳисобланади. Шунинг учун энг муҳими, биринчидан, бу потенциалларни тўғри қайд қила олиш билан, иккинчидан ўлчов натижаларидан керакли медицина маълумотини ажратиб олишни билишдир.

Клиника амалиётида биопотенциалларни тери устига қўйиладиган электродлар ёрдамида узатилади, ёзишни аналогли қайд қилувчи тузилмалар ёрдамида амалга оширилади. Бир тармоқдан бошқасига ўтишни алоҳида калит ёрдамида бажарилади.

Биопотенциаллар вақт бўйича деярли секин ўзгаргани учун асбобларда одатда доимий ток кучайтиргичлардан фойдаланилади.

Электрокардиографиядаги биопотенциалларнинг қиймати бир неча милливольт тартибда, элсктроэнцефалографияда эса микровольтда бўлади, бу сабабли қайд қилиш учун уларни бир неча минг марта кучайтирига керак бўлади, бунга эса кўп каскадли кучайтиргич ёрдамида эришилади.

Саволлар:

1. Электродлар хақида тушунчангиз.
2. Тиббиётда электродлардан қандай фойдаланилади ?
3. Тиббий–биологик ахборотли датчик.
4. Радиотелеметрияга таъриф беринг.
5. Акс эттирувчи тузилма.
6. Узиёзгичли асбобни тушунтиринг, осциллографни ишлаши.

VI БОБ. КЎРИШ ВА ЭШИТИШ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

Организм ташқи муҳит билан анализаторлар деб аталадиган структуралари йиғиндиси орқали муносабатда бўлади. Анализаторлар нерв системасида организмга таъсир қиладиган таасуротларни табақалаштиради, миқдор ва сифат жихатидан анализ қилади. Анализатор деган атамани 1909 йилда И.П. Павлов таклиф қилган. Барча анализаторларнинг бир хил таркибий қисмлари бўлади.

I – периферик қабул қиладиган қисми – муайян таасурот турини нерв импульсига айлантирадиган рецепторлар; II – қўзғалишни марказий нерв системасига узатадиган ўтказувчи йўллар; III – пўстлоқ проекция зоналари ёки анализаторлар пўстлоғининг учлари.

Анализаторлар ўзига хосдир, яъни уларнинг ҳар бири таасуротнинг фақат муайян турига жавоб беради. Анализаторлар ўзаро боғлиқ бўлиб, уларнинг ўзаро таъсири организмнинг мақсадга йўналтирилган жавоб реакцияларини тахминлайди. Масалан, ёруғ хонада товуш каттиклигининг кучайиши, ёруғ фонда тўқ рангли объектларнинг яхшироқ кўриниши, ёруғлик таъсири натижасида айрим кишиларда эшитиш сезгилари пайдо бўлиши пайқалган. Кўзи ожиз кишиларда сезги ва эшитув ривожланган бўлади. Нуқтали хатни пайпаслаб билиб олиб ўқишни ўрганиш мумкин. Кўзи ожиз қар – соқовларнинг хид билиш қобилияти кучли бўлади.

Рецепторларнинг бир қанча хоссалари бор. Улардан бири юксак сезувчанлик, яъни улар билинар – билинмас таъсирларга ҳам жавоб беради. Ёруғлик сезги пайдо бўлиши учун кўзга атиги 6–8 ёруғлик квантларининг таъсир қилиши кифоя. Қоронғи тунда ҳаво бутунлай мусаффо бўлганда кўз оддий шам ёруғлигини 25 – 27 км масофадан илғай олиши мумкин. Ҳаводаги хид таратувчи моддаларни ҳеч қандай физик ёки химиявий усуллар билан аниқлаб бўлмагани тақдирда ҳам одам хидни сезиши мумкин. Рецепторларнинг бошқа хоссаси уларнинг таъсир кучига мослашиш (адаптация) хусусияти ҳисобланади. Биз ўзимиз узоқ муддат ишлатилган атирнинг ҳидини, кўлдаги соатни сезмаймиз, ёруғ хонадан қоронғи хонага кирганимизда тўқ рангли буюмларни бир оз вақт ўтгач, қоронғига "ўрганиб" бўлгандан кейингина фарқ қила бошлаймиз ва ҳоказо. Мувофиқлашган рецепторлар борлигига кўра, кўриш, эшитиш, вестибуляр, ҳидлаш, тахм билиш, ҳаракатланиш, интероцептив, етри, проприоцептив, макон, нутқини ҳаракатлантирувчи, нутқ – эшитув анализаторлари мавжуд бўлади.

6.1. Кўриш анализаторлари.

Кўриш анализаторларининг вазифаси кўришдир. Бунда кўз рецепторлари ёруғликни сингдиради ва қувватни нерв импульсига, яъни фоторецепцияга айлантиради. Кўришда ёруғлик ва рангнинг сезиш, буюмнинг шакли ва маконни идрок қилишнинг фарқи борилади. Чунончи, масалан, қоронғида ва ёруғда ёруғликни сезиш турлича бўлади ва бу кўз адаптациясида, яъни

ёруғликни сезишни ёритилишнинг конкрет даражасига мослаштиришда акс этади. Кўриш одамнинг ташки муҳит билан алоқасининг муҳим воситаси ҳисобланади, чунки у энг кўп микдордаги ахборот тутатишини таҳминлайди. Кўриш анализаторларининг периферик бўлими – кўз, рецептор звеноси унинг тўр пардасидаги фоторецепторлар ҳисобланди. Кўз тўр пардаси хужайраларидан жамланганда кўриш нервлари ҳосил қиладаиган нерв толалари чиқади. Калла суяги асосида иккала нерв учрашади ва қисман толалари билан алмашилиб, тарқалади ва гипоталамуснинг ҳамда оралик миянинг кўриш бўртигига, сўнгра бош мия пўстлоғи энса соҳасида жойлашган кўриш марказларига боради.

Кўз – жуфт кўриш органидир. У кўз соккаси ва мускуллар, ковоклар, қошлар, кўз ва ёғ безлари, конъюнктивани ўз ичига олган ёрдамчи аппаратдан иборат. Уларнинг ҳар бири кўзни шикастланишидан қуриб қолишдан ҳимоя қилиб, ўз вазифасини бажаради. Мускуллар кўз сокқасини ҳаракатлантиради.

Ёруғлик тўр пардага тушишидан олдин оддинги камера, гавҳар, орқа камера, шишасимон танадан иборат кўз оптик аппарати орқали ўтади. Кўзга ёруғлик нур оқимининг кўп – озлигига кўра эни рангдор парда мускулларидан ўзгара оладиган корчиқ орқали ўтади. Равшан кўришга мослашишда гавҳар асосий ўринда туради. Бу иккала томони кавариқ линза шаклида бўлган тиниқ эластик тузилмадир. Унинг четларидан циклиар мускуллар – юпқа, кайишқоқ, эластик толалар чиқади ва киприксимон танага ёпишади. Гавҳарнинг шакли ўзгариши мумкин ва бу шу толаларнинг таранглик даражасига боғлиқ. Чунончи, одам узоқдаги буюмни кўрайгганда улар бўшашади ва гавҳар яссилашади. Буюмдан яқин масофада толалар таранглашади ва гавҳар кавариқ шаклга киради. Буюм нечоғлиқ яқин бўлса, улар шу қадар таранглашади. Бу *аккомодация* ҳодисаси номини олган ва бош мия пўстлоғининг кўриш марказлари иштироқида вужудга келади. Тўр пардадаги кўз оптик системасида ёруғлик нурларининг синиши натижасида буюмнинг тескари ва кичрайтирилган тасвири ҳосил бўлади. Бироқ одам бир қанча анализаторларнинг ўзаро таъсири, шунингдек ҳаёт тажрибаси натижасида ҳамма нарсани табиий ҳодда кўради. Кўриш анализаторларининг мослашув жараёни бола ҳаётининг дастлабки ойларида бошланади.

6.2. Эшитиш ва мувозанат анализаторлари.

Эшитиш анализаторининг функцияси товуш таъсирини қабул қилиш, эшитиш сезгилари ва образларини шакллантиришдан иборат. Эшитиш анализаторининг периферик учи ташки, ўрта, ички қулоқ ва сўнгги бўлимида ётган фонорецепторлардан ташкил топган. Анализаторнинг марказий звеноси узунчок, ўрта, оралик мияда ва катта яримшарлар пўстлоғининг чакка бўлакларида жойлашган кўп сонли ядролардан иборат. Ядроларнинг ҳар биридан эшитиш канали чегараларида юқорига кўтариладиган ва пастга тушадиган йўлларгина шаклланиб қолмасдан, балки

мия дастасининг тўрсимон тузилмалари ва ҳаракат ядролари билан кўп сонли боғланишлар ҳам ҳосил бўлади. Боғланишларнинг бундай турли-туманлиги эшитиш анализаторининг бўшлиқдаги мўлжалида, мувозанатни сақлашда, равон чиқадиган нутқ қобилятини таъм инлашда катта аҳамиятга эга. Эшитиш анализатори муайян оҳангдош товушни эшитишга мослашган. Чунончи, узок вақт мобайнида кучли товушлар эшитилиб турса, унинг кўзғалувчанлиги пасаяди, жимжитликдан кейин эса кучаяди. Ўта кучли товушлар кулоқнинг оғир ёки батамом қар бўлиб қолишига, иш қобилятининг пасайишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун болалар наушниклар орқали каттик товушларни тинглаши тавсия этилмайди. Туғилгандан сўнг эшитиш анализатори ривожланишда давом қилади ва иккинчи ой охирида бола яхши эшита бошлайди, у ҳаётнинг иккинчи йили бошланишида товушларни ажрата бошлайдиган бўлади.

6.3. Тери анализатори.

Тери анализаторларининг периферик учлари бир-биридан фарқ қиладиган рецепторларнинг кўп сонли гуруҳидан иборат бўлиб, уларни тактил, оғриқ сезиш, температура рецепторларига бирлаштириш мумкин. 1см^2 терига ўрта ҳисобда 100–200 оғриқ рецептори, 10–15 совуқ сезиш рецептори ва тахминан 25 та тактил рецепторлар тўғри келади. Улар таъсирни қабул қилишни таъм инлайди ва тана ташқи қопламларининг бекаму кестлиги, ташқи таъсирнинг характери тўғрисида хабар беради.

Тери анализаторларининг миядаги учи шикастланганда терининг механик таъсирга сезувчанлиги бузилиши кузатилади ва ҳатто қисман тикланиш бўлганда ҳам таъсирнинг типини ва жойини фарқлаш батамом йўқолади. Терига кучли ёки шикастловчи температура, механик, химиявий таъсир бўлганда оғриқ сезилади.

Оғриқ сезгиси организмнинг мослашув хоссаси бўлиб, у организмнинг ички муҳити доимийлигини сақлаш учун назоратни таҳминлаб туради. Оғриқ рецепторлари теридан ташқари, бўғимлар, мускуллар, ички органларда жойлашган. Оғриқ анализаторининг марказий қисми оралиқ мия кўриш бўртигининг ядроларида бўлади.

6.4. Ҳид ва таъм билиш анализаторлари.

Таъм билиш ва ҳид билиш анализаторларининг периферик қисми химиявий моддалар таъсирини қабул қиладиган хеморецепторлардан бошланади. Ҳид билиш анализатори атроф-муҳитдаги газсимон химиявий бирикмалар ҳидини сезишга имкон беради, бу ҳақда марказий нерв системасига хабар қилади, улар одам овқат ейишида катта аҳамиятга эга. Ҳид билиш рецепторлари бурун бўшлиғи орқасининг юқори қисмида бўлади. Улардан чиқадиган нерв толалари ҳид билиш нерви толалари шаклида калланинг галвирсимон суяғи орқали унинг бўшлиғига ўтади.

Ҳид билиш рецепторлари турли ҳидларни ва уларнинг таркибий қисмларини сезади. Ишга киришган рецепторлар сонидан ва уларнинг ҳар

биридан олинадиган сигналлар интенсивлигидан бош мия пўстлоғидаги хид билиш марказида муайян ҳидга тааллуқли манзара пайдо бўлади, бирор хидни билиш сезгиси шаклланади. Таъсирлар анализи ва сезги синтези учун секунднинг улушлари, тахминан 200–300 миллисекунд кифоя. Ҳид билиш анализаторига, одатда, мураккаб хидлар билан иш кўришга тўғри келади. Чунончи, бадан терисидан 50 га яқин айрим хид таратадиган бирикмалар, ковурилган гўштда 30 дан зиёд, ёртутда 100 дан зиёд бирикмалар бўлади. Ҳид билиш ўткирлиги хид кўзғата оладиган модданинг энг кам миқдори билан белгиланади ва унга хаво намлиги, температура, босим, бурун шиллик пардасининг ҳолати таъсир кўрсатади.

Таъм билиш анализатори туфайли одам турли–туман моддалар таҳмини фарқ қилади, овқатнинг таъм сифатларига баҳо беради. Таҳм билиш анализаторининг қабул қилувчи аппарати тил юзасида, оғиз бўшлиғи шиллик пардасида бўлади ва озиқ–овқат моддаларининг таъм билиш хоссаларини қабул қиладиган рецепторлардан иборат. Таъм сезгиларини ажрата олиш рецепторларданоқ бошланади, чунки улар ширин, бошқалари шўр таомга реакция беради. Рецепторларнинг кўп қисми таҳмининг барча асосий турлари ҳақида ахборот бериш хусусиятига эга. Таъм сезгилари шаклланишига кўпгина омиллар таъсир қилади. Бу аввало меҳданинг ҳолатидир. Таъм сезгилари кучи оч одамда энг яққол ифодааланган бўлади, тўқ одамда у камаяди, овқат ейишдан олинадиган лаззат сезгиси ҳам пасаяди. Таъм сезгилари шаклланишига кўриш ва хид билишдан кўра кучли таъсир қиладиган омил бўлмаса керак. Ёқимсиз ҳиди бўлган таом асло мазали бўлиб туюлмайдди. Овқатнинг ташки кўриниши, айниқса у дастурхонга дид билан тортилса, иштаҳани очади.

Назорат саволлари.

- 1.Анализаторлар ҳақида сўзлаб беринг.
- 2.Кўриш анализатори кандай анализатор?
- 3.Кўз кандай орган?
- 4.Эшитиш ва мувозанат анализаторлари ҳақида нималарни биласиз?
- 5.Тери ва тери анализаторининг организмдаги роли нималардан иборат?
- 6.Ҳид ва таъм билиш анализаторлари ҳақида сўзлаб беринг.

VII. ТИРИК ОРГАНИЗМНИНГ БИОФИЗИКАСИ

7.1. Организмнинг ички мухити хақида.

Организмнинг ички мухити қон ва лимфа тўқималаридан ташкил топган бўлиб, организмни ҳимоя қилиш ва трофик (озиклантириш) вазифасини бажаради. Улар организмга кирган микроблар ва ёт оксиллар билан курашда муҳим роль ўйнайди.

Қон организмнинг ички мухити – суюқлик ва қон таначаларидан тузилган йиғинди бўлиб, ички мухит ҳужайраларини ювади ва улардаги моддалар алмашинуви учун зарур бўлган озиқларни етказиб беради.

Организмнинг ички мухити ташқи мухитдан махсус тузилма–бархерлар (тери, шиллик қобиклар, хазм системаси эпителиysi) орқали ажралиб туради. Организмнинг ташқи мухити тинмай ўзгарувчан бўлса, ички мухити таркиби ва физик–химиявий хоссалари (осмотик босими, реакцияси ва температура) жихатидан ўзгармайди. Ички мухитнинг бундай доимийлиги организмнинг яшаши учун зарур омилдир. Жумладан атроф– мухит температурасининг ҳар қандай ўзгаришидан катҳий назар ички мухит температурасининг доимийлиги организмдаги ва системалар ҳаёт фаолиятининг доимий бўлишини таҳминлаб туради.

Қон органларининг ҳужайралари билан (суяк илиги ва талокдан ташқари) бевосита қўшилмайди, улар қон плазмасидан ажралган тўқима суюқлиги (интерстициал суюқлик) орқали овқатланади. Интерстициал суюқлик ҳар бир орган учун ўзига хос таркибдаги суюқлик бўлади. Қон таркибининг бир хилда сақланиб туриши учун унинг доимий айланиб юриши шарт. Юракнинг тўхтаб қолиши қонни айланмай қолишига ва организм дарҳол ҳалок бўлишига сабаб бўлади.

Кичик қон айланиш системаси орқали ўпкага бориб тўқималардан олиб келган карбонат ангидрид газини ажратади ва нафас олиш жараёнида ўпкага йиғилган кислородни қабул этиб катга қон айланиш системасининг артерияси орқали тўқималарга тарқатади. Озиқ моддалар эса хазм қилиш системаси орқали қонга шимилади. Қондаги ортикча ва ҳаёт учун кераксиз ҳамда зарарли моддалар эса организмдан ажратиш органлари орқали чиқариб ташланади. Шундай қилиб қон транспорт вазифасини бажаради.

Қонни таркибий қисми организми нормал ва касаллик ҳолатларига қараб ўзгариб туради, бинобарин, қон организмнинг ойнаси ҳисобланади. Қон моддалар алмашинуви жараёнида (мускуллар, жигарда) исиб, иссиқликни бошқа органларга тери орқали ташқарига чиқиб кетади, натижада, организмдаги (соғлиқ пайтида) гавда температурасининг доим бир хилда бўлишини таъминлайди. Бундан ташқари, қон организмга кириб қолган касаллик туғдирувчи микробларни йўқотишда, организмларни касалликларга қарши иммунитет ҳосил қилишда муҳим вазифани бажаради. Қонни учдан бир қисмини йўқолиши организмни ўлимга олиб келади.

7.2. Қоннинг таркибий қисми.

Одам организмида (70 кг келадиган одамда) ўртача 4,5– 5 л қон бўлади. Қон суюқ қисми (плазма) ва қон таначалари (эритроцитлар), оқ қон таначалари (лейкоцитлар) ва тромбоцит (қон пластинка) лардан иборат. Қон плазмаси 55 %, шаклли элементлар эса 45% ни ташкил этади. Қоннинг доимий қизил рангда бўлиши (плазма сарғиш рангда бўлишидан қатъий назар) қизил рангли эритроцитлар туфайлидир. Катта ёшдаги одамлар қонининг солиштира оғирлиги 1,050–1,060, плазмасининг солиштира оғирлиги 1,025–1,034, эритроцитларнинг солиштира оғирлиги 1,090.

Агар сувнинг қовушоқлигини 1 деб олинса, қоннинг ёпишқоқлиги сувга нисбатан ўртача 5, плазманинг ёпишқоқлиги 1,7–2,2 га тенгдир.

Қоннинг осмотик босими моддалар (оксиллар, турли тузлар) нинг қондан тўқималарга, тўқималардан қонга ўтиб туришидан пайдо бўлади. Қон плазмаси–мураккаб тузилма бўлиб, организм тўқима суюқликлари билан алоқада бўлади. Осмотик босим доимий бўлади. Қон плазмаси мураккаб бирикма бўлиб, организм тўқима суюқликлари билан алоқада бўлади. Плазма сув (90–92 %), оксиллар (7–8%), тузлар (0,9%) ва глюкозадан (0,15%) иборат доимий тузилма бўлиб кучсиз ишқор реакцияга (рН 7,36) эгадир. Плазма оксиллари таркибида альбуминлар (4,5%) бўлади. Оксиллар қон ёпишқоқлигини сувга нисбатан 3 барабар ошириб, томирлардаги қон босимининг доимий бўлишини тахминлайди. Қон оксилларини капиляр деворидан ўтказмайди. Шу билан у тўқима билан қон ўртасидаги сув тақсимотида қатнашади. Қон оксиллари қон реакциясини бир хилда сақлаш организмнинг химоя қилишда касалликка қарши кўрсатиш кучини ошириб иммунитет ҳосил бўлишини таъминлайди. Қон плазмасида оксиллардан ташқари, азот қолдиғи (30–40 мг%) ва глюкоза (80–120%), фермент (протромбин, профибриннолизин) ва анорганик моддалар ҳам бўлади.

Буйрақлар функцияси бузилган тақдирда қонда азот микдори ортади. Меҳда ости беэинсулин гармонини кам чиқарганда қонда глюкоза микдори кескин (диабет–қанд касаллиги) кўпаяди. Аксинча, глюкоза микдори плазмада 80–120 мг% дан 40 мг % га қадар камайганда нерв системаси хужайралари кўзғатиб, одам талвасага тушади. Глюкоза янада камаядиган бўлса, одам хушидан кетади (қон айланиши ва нафас олиши бузилади), ҳатто одам ўлиши ҳам мумкин. Плазма таркибидаги ферментлар қон ивишида иштирок этади.

7.3. Қонни шаклли элементлари.

Қизил қон таначалари (эритроцитлар), оқ қон таначалари (лейкоцитлар) ва қон пластинкалари (тромбоцитлар) дан иборат.

Қизил қон таначалари (эритроцитлар) одамда диаметри 7–8 мкм, калинлиги 1 –2 мкм бўлган икки томони ботиқ юмшоқ, ядросиз бўлиб, 1 мм³ қонда ўртача 4500000–5000000 дона бўлади.

Эритроцитлар аблларда (4500000), ёши улуг (қари) одамларда

4000000) бир оз камроқ бўлса, чакалоқларда, аксинча, кўпроқ (6000000) гача бўлади. Эритроцитлар сони одамларнинг ташқи ва ички мухити ўзгарганда (иш жараёнида, кўп терлаганда ва ҳаказо) у ҳам ўзгаради. Эритроцитларнинг ўртача умри 120 кун бўлиб, сўнгга жигар ва галокда парчаланади, уларнинг ўрнига кизил кўмикда ҳар секундда 10000000 гача янги эритроцитлар пайдо бўлади. Баҳзан касалликлар вақтида эритроцитлар сони камайиб (анимия ва эритропения) кетади. Натижада умумий гемоглабин миқдори (хатто, эритроцитлар таркибидаги гемоглабинлар ҳам) камаяди. Аксинча баъзи вақтларда эритроцитлар сони (эритроцитоз) кўпаяди. Эритроцитлар организмда нафас олиш озиқ моддалар билан тахминлаш ва ҳимоя вазифаларини бажаради.

Гемоглабин – эритроцитлар таркибида бўлиб, глобин оксигени ва таркибида темир сақлаган гемдан иборат. Одатта 100 мг қонда 13–14 г% (эркакларда аёлларга нисбатан биров кўпроқ) гемоглабин бўлади.

Гемоглабиннинг химиявий таркиби баъзи касалликларда ўзгаради. Агар гемоглабин эритроцитлардан ажралиб плазмага кўшилса (гемоглобинеми), ундан гемоглабин парчаланиб буйрак орқали (гемоглобинурия) чиқариб юборилади. Агар гемоглабин плазмада ҳаддан ташқари ошиб кетса, қоннинг қовушқоқлиги ошади. Тўқима суюқлигининг ажралиши эса бузилади.

Гемоглабиннинг буфер хоссалари қоннинг кислота ишқор мувозанатини бошқариб туради. Гемоглабин қислородга тўйиб оксигемоглабинни тўқималарга беради, улардан карбонат ангидрид газини қабул қилиб (карбогемоглабин) ўпкага узатади. Гемоглабин ис газини (СО) билан ҳам бириктириб қобилятига эга бўлиб, бунга карбоксигемоглабин деб аталади. Натижада, ис газини организмни заҳарлайди. Заҳарланган организмда гемоглабиндаги қислород молекуласи гемоглабиннинг темирига бириктириб, уни оксидлайди. Шу сабабли қислородни тўқимага ташиш қобиляти йўқолиб, одам ҳалок бўлади.

Лейкоцитлар оқ қон таначалари ва протоплазмага эга бўлган, 8–20 мкм катталиқдзги рангсиз хужайра бўлиб, 1 мм³ қонда 6000–8000 дона бўлади. Лейкоцитлар қонда амёбага ўхшаш ҳаракат қилади. Қонда лейкоцитларнинг ошиши–лейкоцитоз, камайиши эса лейкопения дейилади.

Қондаги лейкоцитлар шароитга қараб ўзгариб боради. Эрталаб наҳорда кам бўлса, овқатланганда, жисмоний меҳнатдан кейин ва касаллик вақтида лейкоцитлар миқдори кўпаяди. Аксинча нур касаллигидан лейкоцитлар кесики камаяди. Лейкоцитлар ҳаддан ташқари (1мм³ да 500 дан кам бўлса) камайса одам ўлади.

Тромбоцитлар (қон пластинкалари) овал ва доира шаклидаги ядросиз таначалар бўлиб, улар 1 мм³ одам қонидида ўртача 180000–320000 бўлади. Тромбоцитларнинг кўпчилик қисми жигар, ўпка ва талокца сақланиб уларга эритроцитларга нисбатан 3 барабар (диаметри 2–4 мкм) кичикдир.

Тромбоцитлар миқдори жисмоний меҳнат, овқат ейиш вақтида ортиб боради. Тромбоцитларнинг умри ўртача 4 кунга тенгдир. Қон томирлар жароҳатланган вақтда тромбоцитлар, фибрин иплари ва эритроцитлардан тромб (қон лахтаси) ҳосил қилиб қон томирини жароҳатланган жойини

беркитиб қон оқишини тўхтатади. Тромбоцитлардан ажралган ретрактозим моддаси тромбни қисқастириб зичлаштиради ва жароҳатланган қон томирнинг девор четларини бир–бирга тортилиб яқинлаштиради. Тромбоцитлардан ажралган серотонин мода эса қон тамирлар деворлари торайишига ва шу билан бир босимни ошишига хизмат қилади.

7.4. Қон группалари.

Қадим замонларда бир одамни қонини иккинчи одамга қуйилганлиги маълум. Аммо қон қуйилгандан сўнг ўлим содир бўлгани ҳам маълум. Олимларнинг текшириб аниқлашларига қараганда бир одамнинг эритроцитлари иккинчи одамнинг қонига аралашганда улар бир–бири билан ёпишиб эримайдиган заррачалар пайдо бўлиши аниқланади. Эритроцитлар ўзаро ёпишишига уларнинг рақибдаги ёпишадиган модда (агглютиноген)лар қон плазмасидаги эритроцитларни ёпиштирадиган модда (агглютинин)лар сабабчи бўлади. Натижада, қон гемолизи (парчаланиши) содир бўлиб, шок (одамнинг хушдан кетиши) юз беради, хатто қон қуйилган одам оғир ахволга тушиб ўлиши ҳам мумкин. Кейинги текширишлардан одам қонидан (А ва В) иккита агглютиноген ва қон харфлари (альфа) ва (бетта) билан ифодаланган агглютиниН борлиги аниқланади. Агар қон қуйилганда агглютиноген А Билан агглютинин а бки агглютиноген В Билан (агглютинация) бўлиб, кейинчалик ёпишиб қолган эритроцит заррачалари парчаланадиган қон гемолиз бўлади. Натижада одам хушдан кетиб (шок) оғир ахволга тушади. Аммо одам қонидиги эритроцитларда ҳеч қачон бир турли агглютиногенлар, плазмада эса бир турли агглютининлар учрамайди. Физиологларнинг текширишлари натижасида одамлар қонида агглютиниинларнинг учраш тартибига қараб қонининг 4 та гуруппаси фарқланадиган бўлади.

Биринчи ёки «О» гуруппа қонидаги эритроцитлар таркибадаги агглюногенлар билан агглютитинлар бўлмайди. Иккинчиси ёки А гуруппа қондаги эритроцитлар А, плазмада агглютинин В бўлади. Учинчи ёки В гуруппа қондаги эритроцитлар таркибидаги игглютиноген В, плазмасида агглютитин А бўлади, плазмасида эса ҳеч қанака агглютитинлар бўлмайди. Қон группалари қон қуйишда муҳим аҳамиятга эга бўлиб, у аниқлангандан сўнги қон қуйиш мумкин бўлаби. Қон группасини аниқламасдан қон қуйилса, қуйиладиган қон эритроцитларининг агглютиногенлари қабул қилувчи (рецапиент) одам қондаги эритроцитлар ўзига қондош агглютининларга дучор бўлиб, бир–бирига ёпишиб қолади ва қон гемолизга учрайди. Қуйиладиган (донор) қон агглютининларига унчалик аҳамият берилмайди, чунки улар қон қуйилган одам қонида анча суйилади ва ўзининг териципиент эритроцитларини агглютинанциялаш хусусиятини йўқотишга сабабчи бўлади. Қоннинг анашу хусусиятларига қараб, 1–гуруппа (универсал донирлар) қонни ҳамма (I, II, III ва IV) гуруппага қуйса ҳам бўлади. Иккинчи гуруппа қонини эса III ва IV группаларга қуйиш мумкин. Ниҳоятта қони IV гуруппа бўлган одамларга ҳар қандай гуруппа қонини қуйиш мумкин. Шунинг учун қони IV гуруппа бўлган одамларни универсал реципентлар дейилади.

Қон ғурппаларнинг номлари	Эритроцитлар таркибидаги агглютиногенлар	1 Плазмадаги агглютиногенлар
1(0)	–	α ва β
II (A)	A	
III (B)	B	
IV (AB)	AB	

Назорат саволлари.

1. Организмнинг ички муҳити ҳақида нималарни биласиз?
2. Қон нима?
3. Қоннинг таркибий қисми нималардан иборат?
4. Қоннинг осмотик босими деганда нимани тушунасиз?
5. Қоннинг шаклли элементлари нималардан тузилган?
6. Гемоглабин нима?
7. Лейкоцитлар ва уларнинг миқдори қандай?
8. Тромбоцитлар нима?
9. Қон ғурппалари ҳақида гапириб беринг.

7.5. Қон томирлар системаси ва уларнинг турлари.

Қон томирлар системаси *юрак, артерия, вена ва капилляр* сингари мураккаб тизимлардан ташкил топган.

Юрак қон томирлар системасини марказий органи бўлиб, нерв регуляциясининг таъсирида доимо бир хилда қисқариб, организмдаги ҳамма қон томирлар орқали хужайрапарга ва тўқималарга овқат моддаларини олиб боради ва вена қон томирлари орқали юракка қайтиб келади, шунинг учун қон томирлар икки турга ажралади;

1. Марказий орган – юракдан чиқиб гавдага тарқаладиган ҳамма томирларга (ичидаги оқаётган қоннинг қандайлигидан қатъий назар) *артерия қон томирлари* деб аталади.

2. Хужайралардан, тўқималардан марказий орган – юракка қараб қонни олиб келадиган томирларни эса *вена қон томирлари* деб аталади.

Юракдан чиқадиган артерия қон томирлари (аорта, ўпка артериялари) марказдан узоқлашган сари шахобчалар чиқариб аста–секин кичиклашиб торайиб боради. Нихоят, органлар микроскоп остида кўринадиган жуда ингичка артерия толалари артериола толаларига, улар эса капиллярларга айланади. Артериола толалари деворларининг таркибида қисқариш қобилиятига эга бўлган элемент тузилмалар бўлиб, ўша жойдаги қон босимни тартибга солиб туриш учун хизмат қилади ва шу билан

капиллярлардан фарқланади.

Капилляр “соч толаси” сўзидан олинган бўлиб, унинг узунлиги ўртача 0,5 мм, кенглиги эса 3 –3,5 микрон, яъни одам туканинг диаметридан 50 марта кичик бўлиб, девори ундан ҳам юпқа бўлади. Шунинг учун уларда қон секин оқади, натижада хужайраларнинг ва оралдик моддаларнинг керак бўлган кислород ва бошқа моддалардан ҳаммаси капиллярлар девори орқали кискарларга сурилиб диффузия бўлиб ўтиши учун имконият туғилади.

Тўқималарга эса карбонат ангидритни ва модда алмашинуви натижасида вужудга келган чиқинди моддаларни капиллярларга ўтказиб беради. Шундай қилиб, капиллярлар артерия қисмидан вена капиллярлар қисмига, ундан венгулага ўтади. Венуладан эса вена қон томирлари бошланади. Вена томирлари аста–секин йириклашиб, охирида иккита (пастки ва юқориғи) ковак вена қон томирларини ташкил қилади ва юракнинг ўнг бўлмачасига қуйилади.

Қон ўнг бўлмачадан ўнг қоринчага ва ундан ўпка артериялари орқали ўпкага боради. Ўпка артериясининг тармоқлари пировардида капиллярларга айланади ва нафас альвеолалари (халтачалари) ни ўраб олади. Нафас олиш жараёнида карбонат ангидридга бойийди. Кислородга бой бўлган тоза (артерия) қон ўпка веналари орқали юракнинг чап бўлмачасига қуйилади, у ерда чап қоринчага ўтиб, аорта орқали юқорида айтилганидек, организмга тарқалади. Натижада, тўла доира – қон айланиш системаси вужудга келади.

7.6. Қон айланиш системаси.

Қон айланиш системаси қуйидаги икки бўлакка айланади: 1. Катта қон айланиш доираси юракнинг чап қоринчасидан бошланиб, аорта ва унинг тармоқлари орқали ҳамма органлар, хужайралар ва оралик моддаларга тарқалади, кейин вена қон томирларига айланиб, юракнинг ўнг бўлмачасига қуйилади.

1. Кичик ёки ўпка қон айланиш доираси юракнинг ўнг қоринчасидан бошланиб ўпка артериялари орқали ўпкага боради ва у ердан қон тазаланиб, ўпка веналари орқали чап юрак бўлмачасига қуйилади. Кичик қон айланиш системасидаги қон томирларининг уларнинг ичидаги қон таркибига тўғри келади.

Юқорида кўрсатилган катта ва кичик қон айланиш доираларидан ташқари яна учинчи – юрак қон айланиш доираси бўлиб, у юрак артерия ва вена қон томирларидан тузилган. Юрак деворининг веналари тўғридан–тўғри юракнинг ўнг бўлмачасига қуйилади.

Қон томирларининг деворлари уч қават бўлиб тузилган: биринчи ташқи қават эластик қўшувчи тўқималардан тузилган. Ўрта қавати бошқа қаватларга қараганда қалинроқ бўлиб, силлиқ мускуллардан тузилган.

Учинчи ёки ички қавати эндотелийдан тузилган. Вена қон томирларининг деворлари артерия қон томирларининг деворига ўхшаш тузилган бўлса ҳам улардан ўзининг юпқа ва эндотелийдан ҳосил бўлган ярим ойсимон клапнларининг бўлиши билан фарқ қилади. Қон томир юпқа

кўшимча тўқима билан ўралиб туради ва деворларини қон билан таъминлайдиган ўзига хос артерия ва вена қон томирлари ва марказий нерв системасига боғлаб турадиган нерв толалари ва уларнинг охириги қисмлари рицепторлари бўлади. Улар қон томирлар ишини тартибга солиб туриш вазифасини бажаради.

7.7. Юрак.

Юрак – кўкрак қафасида жойлашган мускулдан тузилган орган. Юрак одам ҳаётининг охириги дақиқасигача ҳамма вақт (қисқа паузалардан ташқари) мунтазам ҳаракатланиб, қисқариб (цистола), кенгайиб (диастола) туради ва организмнинг барча қисмларига қон етказиб беради. Ўрта яшар одамнинг юраги бир минутда ўртача 70–75 марта бир суткада эса 100000 марта қисқаради. Бу эса шу вақт ичида 20 т юкни бир метр баландликка кўтариш қувватига тенг ҳисобланади. Ўрта ёш одамнинг юраги олдиндан орқага қараб бир оз сиқилган конус шаклида бўлиб ҳажми тахминан ҳар бир шахснинг ўртача сиқилган ўз муштига тенг.

Юракнинг ўртача оғирлиги 300г га тенг. Юрак 4 бўлимдан иборат бўлиб, унинг асоси томонидан жойлашган иккита юрак бўлимлари ва уларнинг остида жойлашган иккита юрак қоринчалари тафовут қилинди.

Юрак девори уч қаватдан тузилган ички қавати – *эндокард*, ўрта қавати – *миокарт* ва ташқи — *эпикарт* дейилади.

Юракнинг ўтказувчи системаси. Юрак бўлмалари ва қоринчаларининг миокардлари алоҳида тузилмалардан иборат бўлишига қарамасдан уларнинг ўтказувчи йўли Пуркинье толалари ёрдамида ўзаро бирлашиб туради.

Пуркинье толалари махсус тузилган мускул толалари комплексидан иборат бўлиб, уларнинг таркибида миофибриллар кам, сарқоплазма кўпроқ бўлади. Шунинг учун бу толалар оқишроқ кўринади ва оддий мускул толаларидан хийла каттароқ.

Юрак ўтказувчи йўли тугун ва тутамлардан ташкил топган.

1. *Синус тугуни Кис ва Фляк тутами* – юракнинг ўнг қулоғи билан юқори ковак венанинг ўртасида эпикард остида жойлашган. Бу тугун юрак бўлмаларининг мускул толалари бўлмача қоринча тугуни билан туташган бўлиб, бўлмаларининг қисқариш ритмини тартибга солиб туради. 2. *Бўлмача–қоринча тутами* – ўнг бўлманинг деворида уч табақали клапаннинг яқинроғида жойлашган Ашоф–Тавар тугунидан бошланади. Тугун толалари юқори бўлмача мускуллари билан туташса, қоринчаларда Гис тутами билан давом этади. Гис тутами қоринчалар орасида тўсиқ орқали пастга томон йўналади ва иккита (ўнг ва чап томонлари) оёқчаларга бўлинади ва мускул қаватга тарқалади. Бу тутамлар орқали бўлмаларнинг қисқариш (систола) тўлқинлари қоринчаларга ўтади. Юракнинг ўтказиш йўли юракнинг бўлмачалари билан қоринчалари ўртасидаги систола ҳамда диастола жараёнларидаги ритмни тартибга солиб туради. Шундай қилиб, юрак ўтказиш йўли юракнинг ҳамма бўлақларини бир–бирига бирлаштирадиган ягона ўтказувчи йўл бўлиб, марказий нерв системаси билан туташган. Юрак қоринчалари қисқарган (систола) да таъсирланса жавоб бўлмайди. Юрак

бутунлай бўшашига (диастолага) улгурмай туриб таъсирланса, у холда навбатдан ташқари қисқариш–экстрасистола пайдо бўлади.

7.8. Лимфа системаси.

Одам организмида артерия ва вена қон томирларининг таркибий қисми бўлган лимфа системаси ҳам бор. Лимфа системаси тузилиши ва вазифасига кўра вена системасига яқинроқ туради. Лимфа системаси қуйидаги қисмлардан иборат:

- 1. Лимфа системаси хужайра ва қискар оралигидан бошланувчи боши берк қопчалар;**
- 2. Лимфа капилярлари ва лимфа томирлари;**
- 3. Лимфа безлари;**
- 4. Йирик лимфа йўллари.**

Лимфа томирлари хужайра ва қискар оралигидаги боши берк ёпик йўллардан бошланиб капилярларга, кейин майда лимфа томирчаларига, сўнггра лимфа томирларига ўтиб, охири энг катта кўкрак лимфа йўлини ҳосил қилади. Бу лимфа йўли юракка қуйилувчи юқори ковак вена бурчагига қуйилади. Лимфатик томирлари ва капилярлари жуда кенг тармокланиб, ўзаро бой анастомоз ҳосил қилади. Улар терида, шиллиқ каватларда ва барча органларда жойлашган. Лимфа томирларида оқиб юрган лимфа суюқлиги рангсиз бўлиб, таркибида лимфоцитлар, моноцитлар мавжуд.

Лимфа томирлар ички деворида клапанлар бўлиши билан фарқ қилади. Лимфа томирлари икки хил бўлиб, органлар ичида жойлашган ички лимфа томирлар ўзаро қўшилиб лимфа турини ҳосил қилади. Йириклашиб орган ташқарисига чиққан ташки лимфа томирларига ўтади. Лимфа томирларининг деворлари уларнинг катта кичиклигига қараб тузилган. Кичик диаметрли лимфа томирлари деворлари худди вена томирлари деворларига ўхшаб тузилган. Лхни улар уч (ички, ўрта ва ташқи) каватдан иборат бўлиб, ички томондан клапанлар кўп жойлашган. Клапанлар лимфани факат бир томонига йўналтириш учун хизмат қилади.

Лимфа томирлари гавданинг турли қисмларида жойлашар экан, лимфа тугунлари (безлари) орқали сезилиб туради. Лимфа тугунлари якка–якка тўда–тўда бўлиб жойлашади.

Лимфа тугунлари мошдан нўхатгача катталиқда бўлиб, улар уст томондан фибраз парда билан ўралган. Пардадан йўналган тўсиқлар безни бўлакчаларга ажратади. Лимфа тугунга кирувчи лимфа томирлари орқали келиб, без ичида тозаланади. Лимфа трабекулалари организмга кераксиз нарсаларни ёки микробларни ушлаб (филтрлаб) лимфани тозалаб беради. Тозаланган лимфа бездан чикувчи лимфа томири орқали оқади. Лимфа системасида лимфа безларидан ташқари, яна ичаклар шиллиқ каватида жойлашган лимфоид тугунлар ва томоқда жойлашган лимфатик бодомча безлари киради. Лимфоид тугунларда, лимфа безлари сингари кирадиган томирлар бўлмасдан, факат чиқадиған томирлар бўлади.

Назорат саволлари.

1. Қон томирлар системаси ва унинг вазифаси нималардан иборат?
2. Қон айланиш системаси неча турга бўлинади?
3. Юрак қандай орган?
4. Юракни қон томирлар системасидаги роли қандай?
5. Юрак тузилиши ва жойлашиш ўрни ҳақида гапириб беринг.
6. Вена қон томири ҳақида нималарни биласиз?
7. Артерия қон томирининг организмдаги вазифаси нималардан иборат?
8. Лимфа системаси ва унинг қисмлари ҳақида гапириб беринг.

7.9. Нафас олишнинг биофизикаси.

Нафас олиш организмнинг асосий функцияларидан бири бўлиб, организмга кислород киришини, ундан оксидланиш–қайтарилиш жараёнларида фойдаланиш, шунингдек, организмдан моддалар алмашинувининг охириги маҳсулоти бўлган карбонат ангидрид газини ва бошқа баҳзи бирикмалар чиқарилишини тахминлайдиган жараёнлар йиғиндисидан иборат. Нафас олишнинг икки тури: ташқи ва тўқима орқали, нафас олиш бўлади. Ташқи нафас олиш нафас олиш органларидаги қон билан ташқи муҳит ўртасидаги газлар алмашинувини, кислороднинг қон билан барча органлар ва тўқималарга ўтишини, улардан эса карбонат ангидрид газининг тескари йўналишда ўтишини тахминлайди. Тўқима орқали нафас олиш тўқима хужайраларининг кислород истъмоли қилишига асосланади ва бу оксидланиш–қайтарилиш реакцияларининг йиғиндисидан иборат бўлиб, моддалар алмашинувининг охириги маҳсулоти ҳосил бўлиши ва физиологик функциялар амалга ошириши учун фойдаланиладиган энергия ажратиш билан кечади.

Ташқи нафас олиш газлари алмашинуви учун мослашган органларда амалга ошади, улар оғиз бўшлиғи, ҳалқум, ҳикилдоқ, тахейя, бронхлар ва ўпкадан ташкил топган. Булар одатда кислородни ўпка альвеолаларига етказиб берувчи ҳаво йўли ҳасобланади. Клиника шароитида бурун бўшлиғи, бурун ва ҳикилдоқ юқори нафас йўли дейилади.

7.10. Бурун бўшлиғи.

Бурун бўшлиғи (сауип пазл)– нафас йўлининг бошланиш қисми бўлиб, олдинда ноксимон тешик орқали ҳаво кириб, орқа томонидан хона орқали бурун–ҳикилдоқ йўлига очилади. Бурун бўшлиғи юқоридан калла бўшлиғи юқоридан калла бўшлиғи пастидан оғиз бўшлиғи, икки ён бошидан кўз қосалари ва юқори жағ суяги коваклари билан чегараланиб туради. Бурун бўшлиғи бурун тўсиғи билан иккига бўлинади. Бурун бўшлиғи қон томирлар ва безларга бой бўлган шиллиқ қават билан қопланган. Бундан ташқари, бурун бўшлиғи шиллиқ қаватида киприкли эпителий ҳам учрайди.

Шунинг учун бурун бўшлиғига кирган ҳаво қон томирлари ёрдамида

исиб, безларнинг суюқликларидан намланади, киприклар ёрдамида ушланган ҳаво таркибидаги чанг заррачаларини безлар қамраб олади. Шиллиқ қавати остида қон томирлар айникса, вена чигаллари яхши ривожланган. Бурун бўшлигининг юқори қисмидаги шиллиқ қаватда (хидлаш зонаси) хидлаш нервларининг охирлари жойлашган. Бурун бўшлиғи шиллиқ қавати шамоллаб шишадиган бўлса, қон томирлар девори йиртилиб қон оқиши, нафас олиш қийинлашади. Одатда бурун бўшлигининг ўрта ва пастки қисми нафас олиш бўлаги дейилиб, ундаги чиганоқлар, бурун бўшлиғи атрофидаги коваклар бурун юзасининг ошириб бурунга кирган ҳавонинг тозаланишини, намланишини ва илишини тахминлайди. Бунга кириш қисми – ноксимон тешик олдидан бурун суюқлари ва тоғайлар билан чегараланиб, бурунни ҳосил қилади. Буруннинг қанот тоғайлар бурун қаватларини пастда бурун киррасини ҳосил қилади. Тоғайлар тузилган ўрта девор бурун тешигини иккига ажратади.

Буруннинг Эфи–бугри девори шиллиқ пардасида ҳаво таркибидаги турли хил ёт заррачаларнинг 40% гача қисми тутилиб қолади, бунда ўлчами 50 микрометрдан йирикроқ бўлган нисбатан, йирикроқ бўлган заррачаларгина тутилиб қолади. Бурун шиллиқ пардаси остидаги қават қон томирларига бой бўлади ва бу ердаги ҳаво намланади ҳамда исийди. Бурун бўшлиғи кўз ёши–бурун йўли орқали кўз косаси билан туташади ва кўз ёши суюқлиги уни доим намлаб туради.

Бурун – ҳалқум пастга давом этиб, ҳиқилдоққа ўтади. У ҳаракатчан бириккан тоғайлардан иборат, энг каттаси қалқонсимон тоғай дейилади. Унинг юкорисида ҳиқилдоқ устида қопқоғи ва чўмичсимон тоғайлар, қуйироқда узуксимон тоғай етади. Ҳиқилдоқ усти қопқоғи овқат ютиш пайтида ҳиқилдоққа кириш қисмини бекитиб туради.

Ҳиқилдоқ трахеяга томон давом этиб, трахея бўйиннинг олдинги юзаси бўйлаб ўтади ва бешинчи – олтинчи кўкрак умурткаси сатҳида иккита бронхга бўлинади. У парда билан бириккан тоғай ярим ҳалқаларидан иборат. Трахея ва бронхлар ички томондан киприкли эрителий билан қопланган, у юқорида жойлашган ҳаво ўтказувчи йўлларда қандай функцияни бажарса, шундай функцияни бажаради.

7.11. Бронхлар.

Бронхлар ўпка тўқимасига киради. Бу – шакл бўйича учи кесилган конуснинг ярим палласига ўхшайдиган жуфт орган. Уларнинг бирмунча юмалоқлашган учи ўмровлар сатҳидан 2–3 см юқорида жойлашади. Қовурғаларга ёпишиб турадиган ташқи юзаси каварик, юракка йўналган ички қисми эса ботик бўлади. Ҳар қайси ўпканинг ботик юзаси ўртасида чуқурча бўлиб, у *ўпка дарвозаси* дейилади, дарвоза орқали унга бош бронх, ўпка артерияси, нерв толалари, бронхиал артерия киради ва ўпка веналари, лимфа томирлари чиқади. Бу барча органлар биргаликда *ўпка илдизи* дейилади. Чап ўпканинг ички юзасидан қуйироқда юрак тегиб туриши натижасида ҳосил

бўлган сезиларли ўйик – юрак каттаги кўриниб туради.

Ҳар бир ўпка сероз парда – плевра билан қопланган, у ўпка илдизи соҳасида кўкрак бўшлиғининг ички юзасига ўтиб, плевра халтаси ҳосил қилади. Унда озроқ миқдорда сероз суюқлиги бўлади ва ҳаво мутлақо бўлмайди. Чап ва ўнг ўпкада ёриқлар бўлади, улар ўпкани бўлақларга бўлиб туради, натижада чап ўпка учта, ўнг ўпка эса иккита бўлақдан иборат бўлади.

Бўлақчада бронх тармокланишда давом қилади ва унинг ҳаво ташувчи йўлларидаги диаметри тобора кичраиб боради. Бронхиолалардан ундан ҳам майда альвеоляр йўллар чиқади, улар микроскопик юпка деворли пуфакчалар уюмлари билан қопланган бўлиб, газлар алмашинуви шулар ёрдамида амалга ошади.

7.12. Альвеолалар.

Альвеолалар девори жуда юпка, чунки альвеоляр эпителий хужайралар қаватидангина ҳосил бўлган ва куюқ капилярлар тўри билан ўралган. Альвеолаларга қон томирлар бўйлаб карбонат ангидрид газига тўйинган вена қони доим оқиб келади. Юпка альвеоляр капилярлар мембранаси орқали альвеолалардаги кислороднинг қондаги карбонат ангидрид газига билан алмашинуви рўй беради.

Нафас олиш вақтида барча альвеолалар ҳам атмосфера ҳавоси билан тўлиқ тўйинавермайди. Тинч ҳолатда одам минутига тахминан 16 марта нафас олиш ҳаракатлари қилади, нафасга олинadиган ва нафас орқали чиқариладиган ҳаво ҳажми 6–9 л ни ташкил қилади.

Ўпканинг функционал ҳолатига баҳо бериш учун *ўпканинг тириклик сизими* тушунчасидан фойдаланилади. Унга олдин максимал нафас олингандан кейин максимал нафас чиқарилгандаги ҳаво ҳажми кўрсаткичлари киради. Бу эрақларда 3,5–5 л, аёлларда 3,5–4 л ни ташкил этади. Болаларда ўпканинг тириклик сизими 3–4 ёшдан бошлаб белгиланади ва 6–7 ёшда, сўнгра 15–16 ёшда унда талайгина ўзгаришлар рўй беради.

Нафас олиш марказлари хужайралари функционал жиҳатдан табақалашган бўлиб, нафас олиш (инспирация) марказлари кўзғалиши нафас чиқариш (экспирация) марказларини тормозлайди. Мускуллар қисқарганда қовурғалар кўтарилади ва бирмунча горизонтал ҳолатда бўлади, диафрагма гүмбазсимон шаклга киради ва ҳажми кичраиб қоладиган кўкрак қафасига киради. Ўпка эластиклиги туфайли осонликча пучайиб ва ёзилиб, кўкрак қафаси ҳаракатлари орқасидан пассив эргашади.

Атмосфера ҳавоси одамлар нафас олишида ажраладиган газсимон моддалар, тупроқ, кийимбош, пойабзал, турли корхоналар чанги ўз–ўзидан тозалаб турадиган табиий кучлар кифоя қилмайди, юқори нафас йўлларида ва ўпкада нафас билан бирга олинadиган ҳаводаги чанг ва микроорганизмларнинг маълум қисми тутилиб қолади.

Назорат саволлари.

1. Нафас аъзолари системаси ҳақида гапириб беринг
2. Нафас аъзолари системаси қайси аъзолардан ташкил топган?
3. Нафас аъзоларининг вазифалари ҳақида гапириб беринг.
4. Бурун бўшлиғи тузилиши қандай?
5. Бурун бўшлиғи юқори шиллиқ қаватининг вазифаси нма?
6. Хиқилдок ва бронхлар нима?
7. Ўпка қандай орган?
8. Ўпка илдизи ва ўпка дарвозаси тушунчаларини тушунтиринг.
9. Альвеолалар нима?
10. Ўпканинг тириклик сиғими деганда нимани тушунаси?

АДАБИЕТЛАР

1. Волькенштейн М.В. Биофизика: учеб. Руководство, 2 изд. М: Наука, 1988.
2. Губанов Н.И. Медицинская биофизика. –М., Медицина, 1978.
3. Рубин А.Б. Биофизика. В 2 кн: Учеб. для биологических вузов М–Вқсшая школа, 1987.
4. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб.для медицинских специальностей вузов. М: Вқсшая школа, 1999.
5. Биофизика и др. Под.ред. В.Ф.Антонова, 2002.
6. Рубин А.Б. Лекции по биофизике: Учеб.пособие. –М: изд. МГУ, 2004.
7. Ясуо Кагава. Биомембранк. М: Вқсшая школа, 1985.
8. Артюханов В.Г., Коволева Т.А., Шмелев В.П. Биофизика: учеб.пособ – Ворониж: изд–во ВГУ.
9. Ильясов Т.Н. «Лучевая диагностика», Т, 1995 г.
- 10.«Моделирование физиологических систем организма» п/р Б.В. Петровского, М., Медицина, 1991 г.
- 11.«Физические и физико–химические методк исследования биожидкостей» Шр Е.П. Попечителява, Л., 1988 г.
- 12.В.М.Бооголюбов и др. Обўая физиотерапия. М., СЛП, 1996, –480 с
- 13.Александр Р. Биомеханика, М., Мир, 1970,339с.
14. Ремизов. Тиббий ва биологик физика. – Тошкент, Ибн Сино, 1992, 615

МУНДАРИЖА

СЎЗ БОШИ.....	4
КИРИШ.....	5
I-БОБ. МОЛЕКУЛЯР БИОФИЗИКА АСОСЛАРИ.....	6
1.1. Суюқликларнинг қовушқоқолиги. Ньютон тенгламаси. Ньютон ва Ньютон суюқликлари.....	6
1.2. Қовушқоқ суюқлик ичида жисмлар ҳаракати. Стокс қонуни.....	7
1.3. Суюқлик қовушқоқлигини аниқлаш усуллари. Қон қовушқоқлигини аниқлашнинг клиник усули.....	8
1.4. Термодинамиканинг асосий тушунчалари. Термодинамиканинг биринчи қонуни.....	9
1.5. Термодинамиканинг иккинчи қонуни. Энтропия.....	15
1.6. Термометрия ва калориметрия.....	21
1.7. Даволаш учун қўлланиладиган иситилган ва совук муҳитларнинг физик хоссалари.....	24
II-БОБ. БИОМЕХАНИКАНИНГ БАЎЗИ БИР МАСАЛАЛАРИ.....	26
2.1. Одам танасининг функционал мустаҳкамлиги ҳақида тушунча.....	26
2.2. Юмшоқ тўқималар структураси ва таркиби.....	28
2.3. Юмшоқ биологик тўқималар деформацияланишини ўзига хослиги.....	29
2.4. Қаттиқ тўқималарни биомеханик хоссалари.....	30
2.5. Юрак қон-томир ва нафас олиш системалари механикаси.....	32
2.6. Юрак мушакларининг қисқариши.....	34
2.7. Юрак мускуллари қисқаришининг механик кўрсаткичлари ҳисоби...	36
2.8. Нафас олиш системаси механикаси ҳақида.....	41
III-БОБ. ФИЗИОЛОГИК АКУСТИКА.....	44
3.1. Товушнинг табиати. Физик характеристикалари.....	44
3.2. Товушнинг интенсивлиги. Товушнинг тарқалиши.....	45
3.3. Товушнинг объектив ва субъектив характеристикалари.....	47
3.4. Тўлқин қаршилиқ. Товуш тўлқинларининг қайтиши. Реверберация....	50
3.5. Эшитув сезгисининг характеристикалари. Товушни ўлчаш.....	52
3.6. Клиникада товуш ёрдамидаги усуллар билан текширишнинг физик асослари.....	56
3.7. Эшитув системаси физикаси.....	57
3.6. Ультратовуш ва унинг тиббиётда қўлланилиши.....	58
3.9. Инфратовуш.....	61
3.10. Вибрация.....	62

IV-БОБ. ТЎҚИМАЛАРНИ ТУЗИЛИШИ.....	63
4.1. Тўқималар ва уларнинг турлари.....	63
4.2. Мускул тўқима.....	64
4.3. Нерв тўқима	64
4.4. Мембрананинг тузилиши ва модели.....	65
4.5. Мембраналарнинг айрим физик хоссалари ва параметрлари.....	68
V-БОБ. БИОЭЛЕКТРИК ХОДИСАЛАР.....	70
5.1. Биологик тўқималар ва суюқликларнинг ўзгармас тоқда электр ўтказувчанлиги.....	70
5.2. Газларда электр разряд. Аэроионлар ва уларнинг даволаш – профилактик таъсири.....	70
5.3. Организм тўқималарининг тўла қаршилиги (импеданси). Реографиянинг физик асослари.....	72
5.4. Ток ва электромагнит майдонлар таъсирида тўқималарда кечадиган физик жараёнлар.....	74
5.5. Ўзгарувчан (импульсли) тоқпар билан таъсир этиш.....	76
5.6. Тиббий биологик ахборотни олиш системаси.....	80
5.7. Тиббий–биологик ахборот датчиклари.....	82
5.8. Сигнални узатиш. Радиотелеметрия.....	84
5.9. Аналогли қайд қилувчи тузилмалар.....	86
5.10. Биопотенциалларни қайд қилувчи тиббиёт асбобларининг ишлаш қонунияти.....	89
VI-БОБ. КЎРИШ ВА ЭШИТИШ АНАЛИЗАТОРЛАРИ.....	90
6.1. Кўриш анализаторлари.....	90
6.2. Эшитиш ва мувозанат анализаторлари.....	91
6.3. Тери анализатори.....	92
6.4. Ҳид ва таъм билиш анализаторлари.....	92
VII-БОБ. ТИРИК ОРГАНИЗМНИНГ БИОФИЗИКАСИ.....	94
7.1. Организмнинг ички муҳити ҳақида.....	94
7.2. Қоннинг таркибий қисми.....	95
7.3. Қонни шаклли элементлари.....	95
7.4. Қон группалари.....	97
7.5. Қон томирлар системаси ва уларнинг турлари.....	98
7.6. Қон айланиш системаси.....	99
7.7. Юрак.....	100
7.8. Лимфа системаси.....	101
7.9. Нафас олишнинг биофизикаси.....	102

7.10. Бурун бўшлиғи.....	102
7.11. Бронхлар.....	103
7.12. Альвеолалар.....	104
АДАБИЁТЛАР.....	106
МУНДАРИЖА.....	107

