

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI SOG‘LIQNI
SAQLASH VAZIRLIGI
FARG‘ONA JAMOAT SALOMATLIGI TIBBIYOT
INSTITUTI**

«TASDIQLAYMAN»

Sog‘liqni saqlash vazirligi

Ilmiy texnik kengashi raisi

_____ **Sh.K.Atadjanov**

« ____ » _____ 2026 y.

USMONOV SAIDJON ABDUSUBXON O‘G‘LI

**TIBBIYOT MUHANDISLARIGA YURAK
FAOLIYATINING FIZIKAVIY ASOSLARINI O‘QITISH
METODIKASI.**

(Monografiya)

Farg‘ona – 2026

Usmonov Saidjon Abdusubxon o‘g‘li

Monografiya, Farg‘ona: 2026 yil. 120 sahifa.

Mazkur monografiyada yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o‘qitish metodikasi tizimli yondashuv asosida yoritilgan. Unda yurakning biofizik, gemodinamik va bioelektrik jarayonlari fizik qonunlar asosida tahlil qilinib, zamonaviy diagnostik texnologiyalar bilan bog‘langan. Shuningdek, CLIL, STEAM, kompetensiyaga asoslangan ta‘lim, muammoli ta‘lim va virtual laboratoriyalar kabi innovatsion pedagogik yondashuvlar asosida o‘qitish modeli ishlab chiqilgan. Monografiya tibbiyot muhandisligi yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalar, o‘qituvchilar hamda ilmiy tadqiqotchilar uchun mo‘ljallangan.

Taqrizchilar:

Zaynolobiddinova S. M

FARDU, “Fizika-matematika” fakulteti dekani fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent.

Nosirov N. V

FJSTI “Biotibbiyot muhandisligi, biofizika va axborot texnologiyalari” kafedrasi pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori.

Mundarija:

KIRISH.....	6
Mavzuning dolzarbligi va ilmiy-amaliy ahamiyati.....	9
Tadqiqotning maqsadi, ob'ekti, predmeti va metodologiyasi.....	11
Mavzuning o'rganilganlik darajasi.	13
Tadqiqotning ilmiy yangiligi va nazariy asoslari.....	17

I-BOB. YURAK FAOLIYATINING FIZIKAVIY VA BIOFIZIK ASOSLARI

1.1	Yurakning anatomik-fiziologik asoslari	19
1.1.1	Yurak tuzilishi va gemodinamik funksiyalari	24
1.1.2	Yurak sikli va qon aylanish mexanizmlari	26
1.2	Yurak faoliyatining fizik jarayonlari	28
1.2.1	Qon oqimi fizikasi: Puazeyl qonuni asosida model	30
1.2.2	Qon bosimi va gemodinamik tizimlar	32
1.2.3	Yurak faoliyatida energiya va ish tushunchasi	34
1.3	Yurak faoliyatining bioelektrik asoslari	36
1.3.1	Miokard bioelektrik faolligi va ion mexanizmlari	38
1.4	Yurakning elektr modeli va potensiallar tarqalishi	41
1.4.1	Elektrokardiografiya (EKG) fizikasi	42
1.4.2	Fonokardiografiya va akustik signallar	45
1.4.3	Ultratovush diagnostikasi fizikasi	47

II-BOB. YURAK FAOLIYATINI O‘RGANISHDA BIOFIZIK USULLAR VA TEXNOLOGIYALAR

2.1	Yurak diagnostikasining fizik asoslari	52
2.1.1	EKG signalini olish va qayta ishlash	54
2.1.2	Yurak faoliyatini matematik modellashtirish	56
2.2	Elektrofizik usullar	58
2.2.1	Yurakning elektr modeli va signal tahlili	60
2.3	Bioelektrik signallarni raqamli qayta ishlash	62
2.3.1	Ultratovush va Doppler texnologiyalari	64
2.4	Doppler effekti asosida qon oqimini o‘lchash	67
2.4.1	Yurak klapanlari va gemodinamik ko‘rsatkichlar	70

III-BOB. TIBBIY QURILMALARDA YURAK FAOLIYATINING FIZIK MODELLARI

3.1	Diagnostik qurilmalar fizikasi	72
3.1.1	EKG apparatlari va signal transformatsiyasi	74
3.2	Ultratovush va EKO qurilmalar fizikasi	76
3.2.1	Biotibbiy sensorlar	78
3.3	Yurak ritmini o‘lchovchi sensorlar	80
3.3.1	Bioimpedans va optik sensorlar	82
3.3.2	Yurak monitoring tizimlari	85

IV-BOB. YURAK FAOLIYATINI MODELLASHTIRISH VA AMALIY TEXNOLOGIYALAR.

4.1	Yurakning fizik modeli va simulyatsiyasi	87
4.2	Sun'iy yurak va implant tizimlari fizikasi	89
4.3	Biotibbiyot muhandisligida yurak tizimini loyihalash	92

V-BOB. YURAK FAOLIYATINING FIZIKAVIY ASOSLARINI O'QITISH METODIKASI

5.1	O'qitishning zamonaviy yondashuvlari	94
5.2	CLIL, STEAM va integratsion ta'lim	97
5.3	Kompetensiyaga asoslangan yondashuv	101
5.4	Tibbiyot muhandislari uchun metodik model	102
5.5	Laboratoriya mashg'ulotlarini tashkil etish	110
5.5.1	Virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar	112
5.6	Problem-based learning va case-study	111
	Tadqiqot natijalari asosida umumiy xulosa	113
	Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati	118

KIRISH

Mustaqil O‘zbekistonimizda ilm-fan, jumladan sog‘liqni saqlash, fizika va texnika yo‘nalishlarini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylangan. Muhtaram prezidentimiz Shavkat Mirziyoyev Miromonovich tomonidan ilgari surilgan tashabbuslar asosida fizika fanini chuqur o‘qitish, ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish, hamda sun‘iy intellekt va tibbiyot amaliyoti bilan integratsiyalashga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Xususan, Mamlakatimizda ilm-fanni tizimli isloh qilishning ustuvor yo‘nalishlarini belgilash, fundamental va amaliy tadqiqotlar sifatini oshirish, oliy ta‘lim, ilm-fan va ishlab chiqarish o‘rtasidagi integratsiyani mustahkamlash hamda Fanlar akademiyasi ilmiy tashkilotlarining xalqaro miqyosda raqobatbardoshligini ta‘minlash maqsadida qarorlar shular jumlasidandir.¹

Sog‘liqni saqlash tizimini eng ilg‘or xorijiy tajriba asosida isloh qilish va aholiga ko‘rsatilayotgan tibbiy xizmatlar sifatini oshirish, birlamchi tibbiy-sanitariya yordami ko‘rsatishning zamonaviy tizimini shakllantirish, sohaga yangi boshqaruv tamoyillarini joriy qilish bo‘yicha ham qator muhim qarorlar qabul qilindi.² Bu qarorlar asosida tibbiyot muassasalarini yuqori texnologiyali diagnostika va davolash uskunalari bilan jihozlash, radiologiya, telemeditsina, sun‘iy intellekt asosidagi diagnostika tizimlarini joriy etish, shuningdek, tibbiyot muhandislarini tayyorlash sifatini oshirishga katta e‘tibor qaratilmoqda. Aynan shu jarayonda fizika fanining – xususan, biofizika, tibbiy optika, radiatsiya fizikasi, bioelektrik jarayonlar kabi yo‘nalishlarning ahamiyati yanada ortib bormoqda.

Zamonaviy tibbiyot muhandisligi sohasida chuqur bilimga ega, mustaqil fikrlaydigan va amaliy muammolarni ilmiy asosda hal qila oladigan

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 27-dekabrdaqi PQ-390-son “O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” qarori. <https://lex.uz/uz/docs/-7954065>

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 19-maydaqi PF-88-son “Respublikada sog‘liqni saqlash tizimini va aholiga tibbiy xizmat ko‘rsatish tamoyillarini takomillashtirish orqali sohani isloh qilishni izchil davom ettirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” Farmoni. <https://lex.uz/uz/docs/-7534275>

mutaxassislarni tayyorlash dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, fizika fanining tibbiyot bilan uzviy bog‘liq bo‘lgan yo‘nalishi – tibbiyot fizikasi bugungi kunda nafaqat nazariy bilimlar majmuasi, balki klinik va muhandislik muammolarini yechishda asosiy ilmiy poydevor vazifasini bajaradi. Shu sababli, biofizika fanini o‘qitishda an’anaviy nazariy yondashuv bilan cheklanib qolmasdan, uni amaliy masalalar, real tibbiy jarayonlar va zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiyalashgan holda o‘rgatish zarurati tobora ortib bormoqda.

Zamonaviy tibbiyot va muhandislik fanlarining kesishgan nuqtasida joylashgan tibbiyot muhandisligi bugungi kunda eng tez rivojlanayotgan yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ushbu sohaning asosiy vazifalaridan biri — inson organizmidagi murakkab biologik jarayonlarni fizik va texnologik yondashuvlar asosida tushuntirish hamda ularni diagnostika va davolash tizimlariga tatbiq etishdan iborat. Ayniqsa, yurak faoliyati kabi murakkab tizimni chuqur o‘rganish va uni ilmiy asosda talabalarga yetkazish masalasi alohida dolzarb ahamiyat kasb etadi. Yurak inson organizmidagi eng muhim organlardan biri bo‘lib, uning faoliyati uzluksiz ravishda qon aylanishini ta‘minlaydi. Yurakning ishlash mexanizmi nafaqat biologik, balki fizik jarayonlarga ham asoslanadi.³ Qon oqimi, bosim o‘zgarishlari, bioelektrik impulslar, akustik tebranishlar va ultratovush hodisalari yurak faoliyatining ajralmas qismi hisoblanadi. Shu sababli yurak faoliyatini to‘liq tushunish uchun fizika, biofizika va muhandislik bilimlari uyg‘un holda qo‘llanilishi zarur.

Bugungi kunda yurak faoliyatini o‘rganishda zamonaviy diagnostik texnologiyalar — elektrokardiografiya, ultratovush diagnostikasi, Doppler usullari, bioimpedans tizimlari va yurak monitoring qurilmalari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar fizik qonunlarga asoslangan holda ishlaydi va ular bilan

³ *Simaan M.A., Faragallah G., Wang Y., Divo E. Left Ventricular Assist Devices: Engineering Design Considerations // New Aspects of Ventricular Assist Devices. – InTech, 2011. – 10–12-betlar.*

samarali ishlash uchun tibbiyot muhandislarining chuqur nazariy va amaliy bilimga ega bo'lishi talab etiladi. Shu nuqtai nazardan qaraganda, yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini sifatli va zamonaviy metodlar asosida o'qitish muhim ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi.

Mazkur monografiyada aynan shu masala — tibbiyot muhandislariga yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitish metodikasi keng va tizimli ravishda yoritiladi. Unda yurak faoliyatining fizik va biofizik asoslari, diagnostik texnologiyalar, sensor tizimlari, matematik modellashtirish va simulyatsiya usullari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Shu bilan birga, ushbu bilimlarni talabalarga yetkazishning samarali pedagogik yondashuvlari ishlab chiqiladi.

Monografiyada zamonaviy ta'lim texnologiyalariga alohida e'tibor qaratilgan. Xususan, CLIL, STEAM, kompetensiyaga asoslangan yondashuv, muammoli ta'lim, case-study, laboratoriya mashg'ulotlari va virtual simulyatsiyalar orqali o'qitish metodlari asoslab berilgan. Bu yondashuvlar orqali talabalarda mustaqil fikrlash, amaliy ko'nikmalar va fanlararo tafakkur rivojlantiriladi.

Mazkur ishning asosiy maqsadi — yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitishda nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni uyg'unlashtirgan metodik modelni ishlab chiqishdan iborat. Ushbu model orqali talabalarni zamonaviy tibbiy texnologiyalar bilan ishlashga tayyorlash, ularning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish va innovatsion fikrlashini shakllantirish ko'zda tutiladi.

Mavzuning dolzarbligi va ilmiy-amaliy ahamiyati.

Bugungi kunda yurak-qon tomir kasalliklari dunyo miqyosida eng ko'p uchraydigan va o'limga olib keluvchi kasalliklar qatoriga kiradi. Shu sababli yurak faoliyatini chuqur, ilmiy asosda o'rganish va uni zamonaviy texnologiyalar yordamida diagnostika qilish masalasi nihoyatda dolzarb hisoblanadi. Ayniqsa, tibbiyot muhandisligi sohasining jadal rivojlanishi natijasida yurak faoliyatini fizik, biofizik va muhandislik yondashuvlari asosida o'rganish zarurati yanada ortib bormoqda. Bu esa yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini sifatli va zamonaviy metodlar asosida o'qitishni talab qiladi.

Mazkur mavzuning dolzarbligi shundaki, an'anaviy o'qitish usullari ko'pincha nazariy bilim berish bilan cheklanib qolmoqda. Holbuki, tibbiyot muhandisligi yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun bilimni amaliyot bilan bog'lash, fizik qonunlarni real tibbiy jarayonlarga tatbiq eta olish muhim hisoblanadi. Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini chuqur tushunmasdan turib, zamonaviy diagnostik qurilmalar — EKG, ultratovush, Doppler tizimlari yoki yurak monitoring apparatlari bilan samarali ishlash mumkin emas. Shu sababli ushbu mavzuni o'qitishda innovatsion pedagogik yondashuvlarni qo'llash dolzarb ilmiy muammo sifatida qaraladi.

Ilmiy jihatdan mazkur tadqiqot yurak faoliyatini o'rganishda fanlararo integratsiyaning muhimligini asoslaydi. Yurak faoliyati faqat biologik jarayon emas, balki murakkab fizik tizim bo'lib, unda mexanika, gidrodinamika, bioelektrika va akustika qonunlari bir vaqtning o'zida amal qiladi. Shu sababli bu jarayonlarni alohida-alohida emas, balki yagona tizim sifatida o'rganish zarur. Mazkur monografiyada aynan shu integratsion yondashuv asosida yurak faoliyatining fizik asoslari tahlil qilinadi va bu bilimlarni tibbiyot muhandislariga yetkazish metodikasi ishlab chiqiladi.

Amaliy ahamiyati jihatidan ushbu tadqiqot tibbiyot muhandislarini tayyorlash sifatini oshirishga xizmat qiladi. Zamonaviy tibbiy texnologiyalar —

yurak stimulyatorlari, diagnostik sensorlar, monitoring tizimlari va sun'iy yurak qurilmalari — aynan fizik qonunlarga asoslangan holda ishlaydi. Shu sababli bu texnologiyalarni yaratish va ulardan samarali foydalanish uchun mutaxassislar chuqur fizik bilimga ega bo'lishi zarur. Mazkur monografiyada ishlab chiqilgan metodik yondashuvlar talabalarni ana shunday bilim va ko'nikmalar bilan ta'minlashga qaratilgan. Shuningdek, ushbu mavzuning amaliy ahamiyati shundaki, u zamonaviy ta'lim texnologiyalarini o'quv jarayoniga joriy etishni nazarda tutadi. CLIL, STEAM, kompetensiyaga asoslangan ta'lim, muammoli ta'lim, case-study, virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar kabi metodlar orqali talabalar bilimini mustahkamlash va ularni real kasbiy faoliyatga tayyorlash imkoniyati yaratiladi. Bu esa ta'lim jarayonining samaradorligini oshiradi va talabalarni zamonaviy talablarga mos mutaxassis sifatida shakllantiradi.

Mazkur mavzuning yana bir muhim jihati — uning innovatsion xarakterga ega ekanligidir. Yurak faoliyatini o'rganishda raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt va simulyatsiya tizimlarining qo'llanilishi tobora kengayib bormoqda. Shu sababli tibbiyot muhandislarini tayyorlashda bu texnologiyalarni o'quv jarayoniga integratsiya qilish zarur. Mazkur monografiyada aynan shu masalalarga alohida e'tibor qaratilgan.

“Tibbiyot muhandislariga yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitish metodikasi” mavzusi zamonaviy tibbiyot, muhandislik va ta'lim tizimlari kesishgan nuqtada joylashgan dolzarb ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi. Ushbu yo'nalishda olib borilgan tadqiqotlar nafaqat nazariy bilimlarni boyitadi, balki amaliyotda qo'llash mumkin bo'lgan samarali metodik yechimlarni ham taklif etadi. Bu esa tibbiyot muhandisligi ta'limini yangi bosqichga olib chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqotning maqsadi, ob'ekti, predmeti va metodologiyasi

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — tibbiyot muhandislariga yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini samarali o'qitishning ilmiy-metodik tizimini ishlab chiqish va uni zamonaviy pedagogik yondashuvlar asosida takomillashtirishdan iborat. Ushbu maqsad doirasida yurak faoliyatiga oid fizik, biofizik va muhandislik jarayonlarini chuqur o'rganish, ularni ta'lim jarayoniga integratsiyalash va talabalar uchun amaliy yo'naltirilgan o'qitish modelini yaratish ko'zda tutiladi. Shuningdek, mazkur metodika orqali talabalar bilimini mustahkamlash, ularning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish va zamonaviy tibbiy texnologiyalar bilan ishlash ko'nikmalarini shakllantirish ham muhim vazifa sifatida belgilanadi.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida tibbiyot muhandisligi yo'nalishida yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitish jarayoni tanlangan. Ya'ni, bu yerda o'quv jarayonining tashkil etilishi, mazmuni, metodlari va vositalari, shuningdek, talabalar tomonidan bilimlarni o'zlashtirish jarayoni o'rganiladi. Ob'ekt doirasida yurak faoliyatiga oid bilimlarning ta'lim tizimidagi o'rni va ularni o'qitishning mavjud holati tahlil qilinadi.

Tadqiqotning predmeti esa yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitishda qo'llaniladigan metodik yondashuvlar, didaktik vositalar va pedagogik texnologiyalar hisoblanadi. Ya'ni, ushbu tadqiqotda aynan qanday usullar orqali talabaga bilim yetkazish, qanday vositalar yordamida tushuntirish va qanday shaklda baholash samaraliroq ekanligi aniqlanadi. Predmet doirasida CLIL, STEAM, kompetensiyaga asoslangan yondashuv, muammoli ta'lim, case-study, laboratoriya mashg'ulotlari va virtual simulyatsiyalar kabi metodlar chuqur o'rganiladi.

Tadqiqot metodologiyasi kompleks yondashuvga asoslanadi. Unda bir nechta ilmiy usullar qo'llaniladi. Avvalo, nazariy tahlil usuli yordamida yurak faoliyatining fizik asoslari, biofizik jarayonlar va mavjud pedagogik yondashuvlar

o'rganiladi. Tahliliy-solishtirma usul orqali turli o'qitish metodlari taqqoslanadi va ularning samaradorligi aniqlanadi. Modellash usuli yordamida yurak faoliyatini o'qitishning metodik modeli ishlab chiqiladi.

Tadqiqotda zamonaviy pedagogik yondashuvlar asosiy metodologik tayanch sifatida xizmat qiladi. Xususan, kompetensiyaga asoslangan ta'lim, fanlararo integratsiya, interfaol metodlar va raqamli texnologiyalardan foydalanish asosiy yo'nalish sifatida qaraladi. Bu yondashuvlar orqali ta'lim jarayonini samarali tashkil etish va talabalarni zamonaviy kasbiy faoliyatga tayyorlash maqsad qilinadi.

Mavzuning o'rganilganlik darajasi

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'rganish masalasi ilm-fan tarixida keng tadqiq etilgan yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Bu yo'nalishda olib borilgan ilmiy izlanishlar asosan fiziologiya, biofizika, tibbiyot va muhandislik fanlari kesishgan nuqtada rivojlangan. Yurak faoliyatining mexanik, elektr va gemodinamik jarayonlarini tushuntirishga qaratilgan dastlabki ilmiy ishlanmalar klassik fizika qonunlariga asoslangan bo'lsa, keyinchalik ular zamonaviy texnologiyalar va kompyuter modellashtirish usullari bilan boyitilgan.

Biofizika sohasida yurak faoliyatini o'rganishga oid tadqiqotlar miokardning bioelektrik xususiyatlari, ion almashinuvi va harakat potentsiallari bilan bog'liq jarayonlarni chuqur tahlil qilishga qaratilgan. Bu borada yurakning elektr faolligi, impulslarning hosil bo'lishi va tarqalishi masalalari keng o'rganilgan bo'lib, ular elektrokardiografiya asoslarini yaratishga xizmat qilgan. Shu bilan birga, gemodinamika sohasida qon oqimi, bosim o'zgarishlari va tomirlar qarshiligi kabi jarayonlar Puazeyl qonuni va boshqa gidrodinamik modellarga asoslanib tahlil qilingan.

Tibbiyot muhandisligi yo'nalishida yurak faoliyatini o'rganish asosan diagnostik va monitoring qurilmalarini yaratish bilan bog'liq holda rivojlangan. EKG, ultratovush, Doppler, bioimpedans va boshqa texnologiyalarni ishlab chiqish va takomillashtirish bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Bu tadqiqotlar natijasida yurak faoliyatini yuqori aniqlikda o'lchash va tahlil qilish imkonini beruvchi zamonaviy qurilmalar yaratilgan.

So'nggi yillarda yurak faoliyatini o'rganishda raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt va kompyuter simulyatsiyasi keng qo'llanilmoqda. Bu yo'nalishda yurak faoliyatini modellashtirish, EKG signallarini avtomatik tahlil qilish va yurak kasalliklarini erta aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar olib borilmoqda. Ayniqsa, tibbiyot muhandisligi va axborot texnologiyalari integratsiyasi asosida yangi ilmiy natijalar qo'lga kiritilmoqda. Mazkur yo'nalishda olib borilgan zamonaviy ilmiy

izlanishlar tahlili shuni ko'rsatadiki, yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'rganish bilan bog'liq tadqiqotlar nafaqat fundamental, balki didaktik va metodik jihatdan ham muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, Sharipov Sh.A. va Abdurahmonova L.Q.⁴ tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda yurak faoliyatining fizik asoslari hamda sun'iy qon aylanish apparatlarining ishlash prinsiplari batafsil yoritilgan bo'lib, unda yurakning nasos sifatidagi funksiyasi, qon oqimining bosim va qarshilikka bog'liqligi, shuningdek, bioelektrik jarayonlarning mexanizmlari ilmiy asosda tahlil qilingan. Ushbu ishning muhim jihati shundaki, unda biofizik qonuniyatlar amaliy tibbiyot texnologiyalari bilan bog'lab tushuntirilgan bo'lib, bu tibbiyot muhandisligi yo'nalishi uchun katta ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Ergashev A.J. va Habibullayeva M.I.⁵ tomonidan olib borilgan izlanishlarda esa biofizika fanini o'qitishda elektron ta'lim resurslarining didaktik imkoniyatlari ochib berilgan. Ular tomonidan virtual laboratoriyalar, animatsiyalar va interaktiv platformalardan foydalanish orqali murakkab biofizik jarayonlarni talabalarga tushunarli yetkazish metodikasi ishlab chiqilgan. Tadqiqotning yutuqli tomoni shundaki, unda raqamli texnologiyalar yordamida talabalarning kognitiv faolligini oshirish va mustaqil ta'limni rivojlantirish imkoniyatlari asoslab berilgan.

Teshaboyeva G.M.⁶ o'z tadqiqotlarida biofizika fanini o'qitishda zamonaviy pedagogik dasturiy vositalardan foydalanishning samaradorligini ko'rsatib bergan. Muallif tomonidan PhET, Labster kabi virtual platformalarning o'quv jarayoniga integratsiyasi orqali talabalarning amaliy ko'nikmalarini shakllantirish masalalari yoritilgan. Ushbu ishning afzalligi shundaki, unda nazariy bilimlarni vizual va interaktiv shaklda o'zlashtirish mexanizmlari ishlab chiqilgan.

⁴ Sharipov Sh.A., Abdurahmonova L.Q. *Yurak faoliyatining fizik asoslari. Sun'iy qon aylanish apparatlari* // "Экономика и социум". — 2026. — №2(141)-1. — B. 414–417.

⁵ Ergashev A.J., Habibullayeva M.I. *Tibbiyot oliy ta'lim muassasalarida biofizika fanini o'qitish samaradorligini oshirishda elektron ta'lim resurslarining didaktik imkoniyatlari*. — Samarqand, 2026. — B. 224–226.

⁶ Ergashev A.J., Habibullayeva M.I. *Tibbiyot oliy ta'lim muassasalarida biofizika fanini o'qitish samaradorligini oshirishda elektron ta'lim resurslarining didaktik imkoniyatlari*. — 2026. — B. 224.

Fayziyeva Z.X.⁷ tomonidan biofizikani o‘qitishda integratsion yondashuv masalalari keng yoritilib, fanlararo bog‘liqlik asosida o‘qitishning nazariy va metodologik asoslari ishlab chiqilgan. Muallif biofizikani biologiya, fizika, kimyo va matematika fanlari bilan uzviy bog‘lab o‘qitish orqali talabalarda tizimli fikrlashni shakllantirish zarurligini asoslab bergan. Ushbu yondashuvning ustun tomoni shundaki, u biofizik jarayonlarni kompleks tarzda anglash imkonini beradi.

Fayziyeva N.A.⁸ tomonidan olib borilgan ilmiy ishda esa tibbiy va biologik fizika fanini zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida o‘qitish metodikasi ishlab chiqilgan bo‘lib, unda interaktiv metodlar, muammoli ta‘lim, virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar orqali talabalarda klinik tafakkur va kasbiy kompetensiyalarni shakllantirish mexanizmlari asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari ushbu yondashuvning an‘anaviy usullarga nisbatan samaraliroq ekanligini ko‘rsatadi.

Kozimjonov N.A.⁹ o‘z tadqiqotida biofizika fanini kreativ yondashuv asosida o‘qitish metodikasini takomillashtirishga alohida e‘tibor qaratgan. Muallif gamifikatsiya, STEAM yondashuvi, vizual modellashtirish va mini-loyihalar asosida o‘qitish orqali talabalarning motivatsiyasi va ijodiy fikrlashini oshirish mumkinligini ilmiy jihatdan asoslab bergan. Ushbu ishning yutuqli jihati – biofizika kabi murakkab fanni o‘rganishda kreativ pedagogik texnologiyalarning samaradorligini tajriba asosida isbotlaganidir.

⁷ Fayziyeva Z.X. *Biofizikani o‘qitishda integratsion yondashuvdan foydalanish: muammolar va yechimlar* // Ta‘limda raqamli texnologiyalarni tadbiiq etishning zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish omillari. — 2025. — 48-to‘plam, 1-qism. — B. 236–240.

⁸ Fayziyeva N.A. *Tibbiy va biologik fizika fanini zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida o‘qitish metodikasi* // “Science and Education” Scientific Journal. — 2026. — Volume 7, Issue 2. — B. 390–400.

⁹ Kozimjonov N.A. *Kreativ yondashuv asosida biofizika fanini o‘qitish metodikasini takomillashtirish* // journalss.org. — 2025. — 58-qism, 1-tom. — B. 165–170.

Shuningdek, Tursunov Sh.Ch.¹⁰ tomonidan yaratilgan “Biofizika va agrometeorologiya” o‘quv-uslubiy majmuasida biofizika fanining metodologiyasi, tadqiqot usullari va asosiy qonuniyatlari tizimli ravishda bayon etilgan bo‘lib, bu manba biofizika fanini o‘qitishda muhim nazariy asos sifatida xizmat qiladi. Ushbu majmuaning afzalligi – unda biofizikaning fundamental tushunchalari bosqichma-bosqich va metodik jihatdan to‘g‘ri yoritilganidir.

Yuqoridagi ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, biofizika va yurak faoliyatining fizik asoslari bo‘yicha muayyan ilmiy natijalarga erishilgan bo‘lsa-da, ushbu bilimlarni aynan tibbiyot muhandislari uchun metodik jihatdan tizimli o‘qitish masalasi yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Ayniqsa, “Tibbiyot muhandislariga yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o‘qitish metodikasi”ga bag‘ishlangan kompleks ilmiy tadqiqotlar, monografiyalar va maxsus metodik qo‘llanmalar deyarli kam uchraydi.

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini aynan tibbiyot muhandislariga o‘qitish metodikasi masalasi yetarli darajada chuqur o‘rganilmagan. Mavjud tadqiqotlarning aksariyati alohida fanlar doirasida olib borilgan bo‘lib, ular orasidagi integratsiya yetarli darajada ta‘minlanmagan. Ayniqsa, fizik qonunlarni tibbiy jarayonlar bilan uyg‘un holda o‘qitish, zamonaviy pedagogik yondashuvlar asosida metodik tizim yaratish masalalari kam tadqiq etilgan.

Shu bilan birga, ta‘lim jarayonida CLIL, STEAM, kompetensiyaga asoslangan ta‘lim, muammoli ta‘lim va virtual laboratoriyalar kabi zamonaviy yondashuvlarni yurak faoliyatining fizik asoslarini o‘qitishda qo‘llash bo‘yicha ilmiy ishlanmalar yetarli emas. Bu esa mazkur yo‘nalishda yangi ilmiy tadqiqotlar olib borish zaruratini yuzaga keltiradi.

¹⁰ Tursunov Sh.Ch. *Biofizika va agrometeorologiya fanining o‘quv-uslubiy majmuasi*. — Termiz, 2023. — B. 200.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi va nazariy asoslari

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini tibbiyot muhandislariga o‘qitish bo‘yicha kompleks va integratsiyalashgan metodik model ilk bor tizimli ravishda ishlab chiqildi. An’anaviy o‘qitish yondashuvlaridan farqli ravishda, ushbu tadqiqotda yurak faoliyati biologik jarayon sifatida emas, balki fizik, biofizik va muhandislik tizimlarining o‘zaro uyg‘unlashgan modeli sifatida qaraldi. Bu esa ta’lim mazmunini tubdan yangilash va uni amaliy yo‘naltirish imkonini beradi.

Tadqiqotning yana bir ilmiy yangiligi — yurak faoliyatining fizik asoslarini o‘qitishda zamonaviy pedagogik texnologiyalarni integratsiyalashgan holda qo‘llash tizimi ishlab chiqilganidadir. Xususan, CLIL, STEAM, kompetensiyaga asoslangan yondashuv, muammoli ta’lim va case-study metodlari yagona metodik tizimga birlashtirildi. Bu yondashuvlar orqali talabalar nafaqat nazariy bilimlarni egallaydi, balki ularni real amaliy vaziyatlarda qo‘llash ko‘nikmasini ham rivojlantiradi. Shuningdek, tadqiqot doirasida yurak faoliyatini o‘rganishda fizik modellashtirish va simulyatsiya texnologiyalarini o‘quv jarayoniga joriy etish bo‘yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqildi. Virtual laboratoriyalar va raqamli simulyatsiyalar yordamida talabalar murakkab biofizik jarayonlarni interaktiv tarzda o‘rganish imkoniga ega bo‘lishi ilmiy jihatdan asoslab berildi. Bu esa ta’lim samaradorligini oshirishda muhim yangilik hisoblanadi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi yana shundaki, unda yurak faoliyatini o‘rganish bilan bog‘liq fizik qonunlar (gidrodinamika, bioelektrika, akustika) va ularning tibbiy texnologiyalarda qo‘llanilishi o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlik metodik jihatdan asoslandi. Bu esa fanlararo integratsiyani kuchaytiradi va talabalarda tizimli fikrlashni rivojlantiradi.

Tadqiqotning nazariy asoslari bir necha ilmiy yo‘nalishlar uyg‘unligiga tayanadi. Avvalo, klassik fizika qonunlari — suyuqliklar dinamikasi, elektr zanjirlar nazariyasi, to‘lqinlar fizikasi yurak faoliyatini tushuntirishning asosiy

nazariy poydevorini tashkil etadi. Shu bilan birga, biofizika va fiziologiya fanlari yurakning biologik xususiyatlarini izohlashda muhim o‘rin tutadi.

Pedagogik nuqtai nazardan esa tadqiqot zamonaviy ta’lim nazariyalariga asoslanadi. Xususan, konstruktivistik yondashuv, kompetensiyaga asoslangan ta’lim konsepsiyasi, faol o‘qitish metodlari va fanlararo integratsiya nazariyalari ushbu tadqiqotning metodologik asosini tashkil etadi. Bu nazariyalar ta’lim jarayonini talaba markazli qilish va bilimni amaliy faoliyat bilan bog‘lashga qaratilgan. Shuningdek, tadqiqotda raqamli texnologiyalar va innovatsion ta’lim vositalarining nazariy asoslari ham inobatga olingan. Virtual laboratoriyalar, simulyatsiya dasturlari va raqamli platformalar yordamida o‘qitish jarayonini takomillashtirish imkoniyatlari ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Xulosa qilib aytganda, mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o‘qitish bo‘yicha yangi metodik yondashuvni ishlab chiqishda, nazariy asoslari esa fizika, biofizika, tibbiyot va pedagogika fanlari integratsiyasiga tayangan holda shakllantirilganidadir. Bu esa tibbiyot muhandislarini zamonaviy talablarga javob beradigan, yuqori malakali mutaxassis sifatida tayyorlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

I-BOB. YURAK FAOLIYATINING FIZIKAVIY VA BIOFIZIK ASOSLARI.

1.1 Yurakning anatomik-fiziologik asoslari.

Yurak inson organizmidagi eng muhim hayotiy a'zoldan biri bo'lib, u doimiy ravishda qon aylanishini ta'minlab turuvchi markaziy nasos vazifasini bajaradi. Uni oddiygina mushak organi deb qarash yetarli emas, chunki yurak murakkab tuzilishga ega bo'lgan, aniq tartibda ishlaydigan va fizik qonunlarga bo'ysunuvchi biologik tizimdir. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, yurakni "tirik nasos tizimi" sifatida tasavvur qilish eng to'g'ri yondashuv hisoblanadi. Chunki u mexanik, gidrodinamik va elektr jarayonlarning o'zaro uyg'unlashgan holda ishlashiga asoslanadi.

Anatomik jihatdan yurak ko'krak qafasining o'rta qismida, o'pka orasida joylashgan bo'lib, to'rtta asosiy bo'limdan tashkil topgan: o'ng va chap bo'lmacha (atrium), hamda o'ng va chap qorincha (ventrikul). Bu bo'limlar bir-biri bilan klapanlar orqali bog'langan bo'lib, qonning faqat bir yo'nalishda harakatlanishini ta'minlaydi. Yurak devori uch qatlamdan iborat: tashqi epikard, o'rta mushak qavati — miokard va ichki endokard. Aynan miokard yurakning asosiy ishchi qismi bo'lib, uning qisqarish xususiyati yurak faoliyatining markazida turadi.

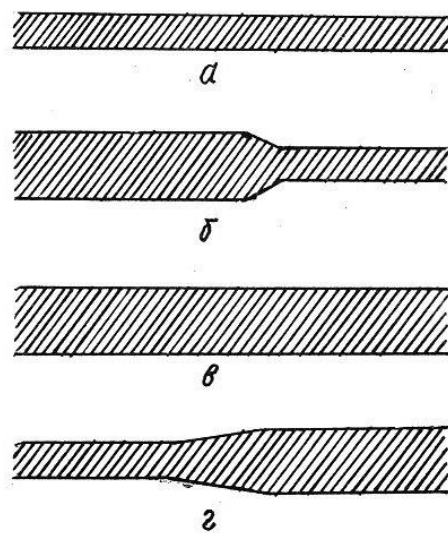
Fiziologik nuqtai nazardan yurakning asosiy vazifasi — organizm bo'ylab qon aylanishini ta'minlashdir. Bu jarayon ikki asosiy doira orqali amalga oshadi: katta qon aylanish doirasi (butun tana bo'ylab) va kichik qon aylanish doirasi (o'pka orqali). Yurakning o'ng qismi venoz qonni o'pkaga yuborsa, chap qismi kislorodga boy bo'lgan arterial qonni butun organizmga tarqatadi. Shu jihatdan yurak faoliyatini ikkita parallel ishlaydigan nasos tizimi sifatida ham tushuntirish mumkin.

Yurak muskullarining qisqarishida (sistola) qon yurakdan aortaga va undan tarqalib ketuvchi arteriyalarga siqib chiqarila boshlaydi. Agar bu tomirlar devorlari qattiq bo'lganda edi, qonning yurakdan chiqishi vaqtida vujudga kelgan bosim tovush tezligida chekkadagi qismlarga uzatilgan bo'lar edi. Qon tomirlarining

elastikligi shunga olib keladi-ki, sistola vaqtida yurak itarib chiqarayotgan qon aorta, arteriya va arteriolalarni choʻzadi, bunda katta qon tomirlari sistola vaqtida markazdan chetdagi qismlarga oqib boradigan qonga nisbatan koʻp qonni qabul qiladi. Odamning sistolik bosimi normada taxminan 16 kPa ga teng. Yurakning boʻshashishi (diastola) vaqtida choʻzilgan qon tomirlari pasayadi (boʻshashadi) va yurakning qon orqali ularga uzatgan potentsial energiyasi qonning oqishidagi kinetik energiyasiga aylanib, distolik bosimning taqriban 11 kPa atrofida tutib turilishiga yordam beradi. Sistolalar yuz berishi davrida qonning chap qorinchadan itarib chiqarilishi tufayli yuzaga kelgan va aorta hamda arteriyalar orqali tarqaluvchi yuqori bosimli toʻlqinga puls toʻlqini deyiladi.¹¹

Yurakning ishlashi ritmik sikllar asosida amalga oshadi. Har bir yurak urishi uch asosiy bosqichdan iborat: boʻlmachalar qisqarishi, qorinchalar qisqarishi va umumiy boʻshashish davri. Bu bosqichlarning har biri maʼlum vaqt oraligʻida va aniq ketma-ketlikda sodir boʻladi. Aynan shu ketma-ketlik buzilsa, yurak ritmi izdan chiqadi va turli patologik holatlar yuzaga keladi. Shu sababli yurak faoliyatini oʻrganishda vaqt, bosim va hajm kabi fizik kattaliklar alohida ahamiyat kasb etadi.

Puls toʻlqini 5-10 m/s va undan ortiqroq tezlik bilan tarqaladi. Demak, sistola davrida (0,3 s atrofida) u 1,5-3 m. masofaga tarqalishi lozim, bu masofa esa yurakdan qoʻl va oyoqlargacha boʻlgan masofadan ortiqroqdir. Bu shuni bildiradiki, puls toʻlqini fronti qoʻl va oyoqlarning oxirgi nuqtalariga aortada bosimning pasayishidan oldin yetib boradi. Arteriyaning yon tomonidan sxematik koʻrinishi

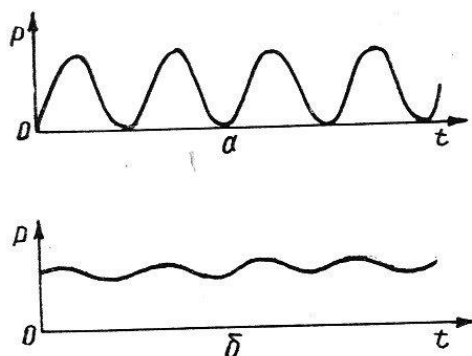


1.1.1-rasm

¹¹ Bazarbayev M.I. *Biofizika: darslik*. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2018. — 212 b.

1.1.1-rasmda ko'rsatidgan: a — puls to'liqini o'tgandan so'ng, b — arteriya orqali puls to'liqining o'tish payti, v — arteriyada puls to'liqini mavjudligi, g — ko'tarilgan bosimning pasaya boshlashi.

Katta arteriyalardagi puls to'liqiniga qon oqishining pulsatsiyalangan tezligi mos keladi, ammo qonning tezligi (eng katta qiymati 0,3-0,5 m/s) puls to'liqini tarqalish tezligidan sezilarli darajada kichikdir.



1.1.2-rasm Bosimning yurak yaqinidagi aortada (a) va arteriolalarda (b) tebranishi

Yurak ishi to'g'risidagi umumiy tushunchalardan va modellarda o'tkazilgan tajribadan ma'lum bo'lishicha puls to'liqini sinusoidal (garmonik) bo'la olmaydi. Puls to'liqini har qanday davriy jarayon kabi garmonik to'liqlarning yig'indisi kabi ko'rsatilishi mumkin. Shu sababli pulsi garmonik to'liqiga biror model kabi diqqatimizni jalb qilaylik.

Faraz qilaylik, garmonik to'liqin X o'qi yo'nalishi bo'ylab qon tomirida v tezlik bilan tarqalayotgan bo'lsin. Qonning qovushoqligi va qon tomirining elastiklik va yopishqoqlik xossasi to'liqin amplitudasini kamaytiradi. Ya'ni so'nish eksponentsial ko'rinishda bo'ladi deb hisoblash mumkin. Bunga asoslangan holda

$$p = p_0 e^{-\chi x} \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

pulsi garmonik to'liqin uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

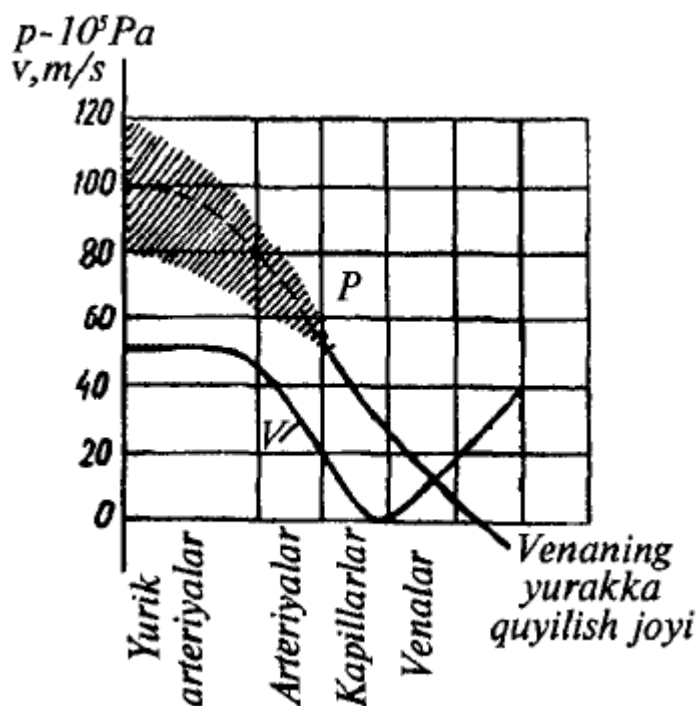
bu yerda p_0 - puls to'liqidagi bosim amplitudasi, x — tebranish manбайдan (yurakdan) ixtiyoriy olingan nuqttagacha bo'lgan masofa, t — vaqt, ω — tebranishlar siklik chastotasi; χ — to'liqinning so'nishini aniqlovchi biror

o'zgaras kattalik. Pulsli to'lqin uzunligini quyidagi formula yordamida topish mumkin:

$$\lambda = \frac{v}{\omega} = \frac{2\pi v}{\omega}$$

Bosim to'lqini biror "ortiqcha" bosimni ifodalaydi. Shu sababli "asosiy" bosim p_a ni hisobga olgan holda (p_a - atmosfera bosimi yoki qon tomirlarini o'rab olgan atrof muhitdagi bosim) bosimning o'zgarishini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$p = p_a + p_0 e^{-\alpha x} \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$



1.1.3-rasm Bosimning o'rtacha qiymatining va qon oqimi tezligining qon harakatlanuvchi tomirlar turiga bog'liq holda o'zgarishini

formuladan ko'rinib turibdiki, qon siljigani sari (x ortib borgan sari) bosimning tebranishi tekislanib boradi. Bosimning yurak yaqinidagi aortada (a) va arteriolalarda (b) tebranishi 1.1.3 rasmda sxematik ko'rinishda berilgan. Grafiklar garmonik pulsli to'lqinning modelini faraz qilib berilgan.

Bosimning o'rtacha qiymatining va qon oqimi tezligi v_{qon} ning qon harakatlanuvchi tomirlar turiga bog'liq holda

o'zgarishini ko'rsatuvchi grafiklar 1.1.3-rasmda berilgan. Qonning gidrostatik bosimi hisobga olinmaydi. Bosim atmosfera osimidan ortiqcha. Shtrixlangan soha bosim tebranishiga mos keladi (puls to'liqini).¹²

Katta tomirlarda puls to'liqining tezligi tomirlar parametrlariga quyidagi ko'rinishda bog'liq (Moens-Korteveg formulasi):

$$v = \sqrt{\frac{Eh}{\rho d}} \quad \text{bu erda } E \text{ — elastiklik moduli; } \rho \text{ — qon tomiri moddasining zichligi; } h \text{ — qon tomiri devorining qalinligi; } d \text{ — qon tomiri diametri.}$$

Yurak faoliyatini tushunishda uning qon tomirlari bilan bog'liqligini ham hisobga olish zarur. Qon tomirlar — arteriyalar, venalar va kapillyarlar — yurak bilan birgalikda yagona yopiq tizimni tashkil etadi. Bu tizimda qonning harakati bosim farqi va oqim qonunlariga asoslanadi. Demak, yurak nafaqat biologik, balki to'liq fizik tizim sifatida ham faoliyat yuritadi.

Yurakning yana bir muhim jihati — uning o'z-o'zidan qo'zg'alish xususiyatidir. Yurak mushaklari tashqi signalga muhtoj bo'lmasdan, o'z ichida hosil bo'ladigan impulslar orqali qisqaradi. Bu impulslar maxsus o'tkazuvchi tizim orqali tarqaladi va yurakning sinxron ishlashini ta'minlaydi. Aynan shu xususiyat yurakni oddiy mushaklardan farqlab turadi va uni murakkab biofizik tizim darajasiga olib chiqadi. Tibbiyot muhandislari uchun yurakning anatomik-fiziologik asoslarini bilish juda muhim hisoblanadi.¹³ Chunki ular yaratadigan har qanday diagnostik yoki davolovchi qurilma aynan shu bilimlarga asoslanadi. Masalan, EKG apparati yurakning elektr faolligini o'lchasa, ultratovush qurilmalari uning

¹² Bazarbayev M.I. *Biofizika: darslik*. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2018. — 212 b.

¹³ Simaan M.A., Faragallah G., Wang Y., Divo E. *Left Ventricular Assist Devices: Engineering Design Considerations // New Aspects of Ventricular Assist Devices*. — InTech, 2011. — 10–12-betlar.

mexanik harakatini tasvirlaydi. Demak, yurakni chuqur tushunish — bu nafaqat tibbiyot, balki muhandislik masalasidir.

1.1.1 Yurak tuzilishi va gemodinamik funksiyalari

Yurak tuzilishini chuqur tushunmasdan turib, uning qanday ishlashini yoki undagi fizik jarayonlarni to'g'ri tasavvur qilish qiyin. Shuning uchun bu masalaga oddiy anatomik tavsif sifatida emas, balki funksional va fizik tizim sifatida yondashish maqsadga muvofiq. Yurak aslida to'rtta bo'limdan iborat murakkab mushak nasos bo'lib, har bir bo'lim o'ziga xos vazifani bajaradi va umumiy qon aylanish tizimining uzluksiz ishlashini ta'minlaydi.

Yurakning yuqori qismida joylashgan o'ng va chap bo'lmachalar (atriumlar) qonni qabul qiluvchi bo'limlar hisoblanadi. O'ng bo'lmacha butun organizmdan kelgan venoz qonni yig'adi, chap bo'lmacha esa o'pkadan kelgan kislorodga boy arterial qonni qabul qiladi. Pastki qismda joylashgan qorinchalar (ventrikullar) esa asosiy ish bajaruvchi bo'limlar bo'lib, ular qonni yuqori bosim ostida harakatga keltiradi. Ayniqsa, chap qorincha kuchli rivojlangan bo'lib, u butun organizm bo'ylab qon haydash vazifasini bajaradi.

Yurak ichida qonning faqat bir yo'nalishda harakatlanishini ta'minlaydigan klapanlar tizimi mavjud. Bu klapanlar fizik nuqtai nazardan qaralganda “bir tomonlama oqimni ta'minlovchi mexanik qurilma” sifatida ishlaydi. Masalan, mitral va trikuspid klapanlar bo'lmacha bilan qorincha o'rtasida joylashgan bo'lsa, aorta va o'pka klapanlari qorinchalardan chiqishda joylashgan. Bu klapanlar yopilib-ochilib turishi orqali qonning ortga qaytib ketishiga yo'l qo'ymaydi, natijada tizimda yo'qotishlar kamayadi va energiya samaradorligi oshadi.

Gemodinamik jihatdan yurakning asosiy vazifasi — qon oqimini hosil qilish va uni kerakli bosim bilan ta'minlashdir. Bu jarayonni tushunishda yurakni nasos sifatida ko'rish juda qulay. Har bir qisqarish vaqtida yurak ma'lum hajmdagi qonni chiqaradi, bu hajm “zarba hajmi” deb ataladi. Bir minut davomida chiqarilgan

umumiy qon hajmi esa yurakning minutlik hajmini tashkil etadi. Bu ko'rsatkichlar organizmning fiziologik holatiga qarab o'zgarib turadi.

Yurak faoliyatida bosim va oqim o'rtasidagi bog'liqlik juda muhim. Qon tomirlar tizimida qon harakati bosim farqi hisobiga amalga oshadi. Yurak qisqarganda bosim oshadi va qon tomirlarga haydaladi, bo'shashganda esa bosim kamayadi. Shu tarzda tizimda pulsatsion oqim hosil bo'ladi. Bu jarayonni gidrodinamika qonunlari asosida tushuntirish mumkin, chunki qon ham suyuqlik sifatida ma'lum fizik qonunlarga bo'ysunadi.

Yurakning ishlashi davomida energiya almashinuvi ham sodir bo'ladi. Mushak qisqarishi uchun kimyoviy energiya (ATP) mexanik energiyaga aylanadi. Natijada qon harakatga keladi. Bu jarayonni samarali amalga oshirish uchun yurak tuzilishi optimal shakllangan: devor qalinligi, bo'limlar hajmi va klapanlarning joylashuvi barchasi funksional jihatdan moslashgan.

Yana bir muhim jihat — yurak va qon tomirlar tizimi yagona yopiq tizim sifatida ishlaydi. Agar tomirlarda qarshilik oshsa, yurak ko'proq kuch bilan ishlashga majbur bo'ladi. Aksincha, tomirlar kengaysa, yurak yuklamasi kamayadi. Shu sababli gemodinamika faqat yurak bilan emas, balki butun qon aylanish tizimi bilan bog'liq holda o'rganiladi. Tibbiyot muhandislari uchun yurakning tuzilishi va gemodinamik funksiyalarini bilish katta amaliy ahamiyatga ega. Chunki yurak faoliyatini o'lchaydigan yoki modellashtiradigan har qanday qurilma aynan shu jarayonlarga asoslanadi. Masalan, qon bosimini o'lchash qurilmalari, EKG apparatlari yoki sun'iy yurak tizimlari ishlab chiqishda yurakning anatomik va fizik xususiyatlarini chuqur tushunish talab etiladi.

Yurak tuzilishi va uning gemodinamik funksiyalari bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'lib, bu tizimni tushunishda biologik va fizik yondashuvni birgalikda qo'llash zarur. Aynan shunday integratsiyalashgan yondashuv tibbiyot muhandislarini real amaliy masalalarni hal qila oladigan yetuk mutaxassis sifatida shakllantiradi.

1.1.2 Yurak sikli va qon aylanish mexanizmlari

Yurakning ishlashini to‘liq tushunish uchun uning ritmik faoliyati — ya’ni yurak siklini aniq tasavvur qilish zarur. Yurak sikli deganda yurakning bir marta to‘liq qisqarishi va bo‘shashishi davomida sodir bo‘ladigan jarayonlar majmuasi tushuniladi. Bu jarayonlar juda tartibli, aniq vaqt oralig‘ida va ketma-ketlikda amalga oshadi. Oddiy qilib aytganda, yurak hech qachon tartibsiz ishlamaydi — har bir urish oldindan “rejalashtirilgandek” kechadi.

Yurak sikli uch asosiy bosqichdan iborat bo‘ladi: bo‘lmachalar sistolasi (qisqarishi), qorinchalar sistolasi va umumiy diastola (bo‘shashish davri). Avval bo‘lmachalar qisqarib, qonni qorinchalarga uzatadi. Bu bosqichda bosim nisbatan past bo‘ladi, lekin qonning keyingi harakatiga zamin yaratadi. Keyin qorinchalar kuchli qisqaradi va qonni katta bosim ostida arteriyalarga haydaydi. Aynan shu bosqich yurakning asosiy ish bajaruvchi fazasi hisoblanadi. So‘ngra yurak bo‘shashadi va yana qon bilan to‘lish jarayoni boshlanadi.

Fizik nuqtai nazardan qaraganda, yurak sikli bosim, hajm va vaqt o‘zgarishlari bilan ifodalanadi. Har bir qisqarish vaqtida yurak ichidagi bosim keskin oshadi va qon tomirlar bo‘ylab harakatlana boshlaydi. Bo‘shashish vaqtida esa bosim kamayadi va yurak yana qon bilan to‘ladi. Shu tarzda tizimda pulsatsion oqim hosil bo‘ladi. Bu jarayonni grafik tarzda tasvirlasa, bosim va hajmning doimiy ravishda o‘zgarib turishini ko‘rish mumkin bo‘ladi.

Yurak siklining muhim ko‘rsatkichlaridan biri — zarba hajmi hisoblanadi. Bu yurakning har bir qisqarishida chiqariladigan qon miqdorini bildiradi. Yana bir muhim ko‘rsatkich — yurakning minutlik hajmi bo‘lib, u bir daqiqada haydaladigan umumiy qon miqdorini ifodalaydi. Bu ko‘rsatkichlar organizmning ehtiyojiga qarab o‘zgaradi. Masalan, jismoniy harakat vaqtida yurak tezroq va kuchliroq ishlaydi, natijada qon aylanish tezlashadi.¹⁴

¹⁴ *Left Ventricular Assist Device (LVAD): Patient information booklet.* – Golden Jubilee University National Hospital. – 2022. – 9–12-betlar.

Qon aylanish mexanizmi yurak va qon tomirlar tizimining birgalikdagi faoliyati asosida amalga oshadi. Yurak tomonidan hosil qilingan bosim farqi qonning arteriyalar, kapillyarlar va venalar bo‘ylab harakatlanishini ta’minlaydi. Arteriyalarda bosim yuqori bo‘ladi, chunki ular bevosita yurakdan chiqadi. Kapillyarlarda esa qon oqimi sekinlashadi, bu esa modda almashinuvi uchun qulay sharoit yaratadi. Venalarda esa bosim yana pasayadi va qon yurakka qaytadi.

Bu jarayonda tomirlarning elastikligi ham katta rol o‘ynaydi. Arteriyalar devori elastik bo‘lgani uchun yurak qisqarganda kengayadi, bo‘shashganda esa yana torayadi. Natijada qon oqimi uzluksiz saqlanib turadi. Agar tomirlar qattiqlashsa yoki elastikligini yo‘qotsa, qon aylanish tizimida muammolar yuzaga keladi va yurak yuklamasi ortadi.

Yurak sikli va qon aylanish mexanizmlarini tushuntirishda “nasos va quvur tizimi” modeli juda qulay hisoblanadi. Bu modelda yurak — nasos, qon tomirlari esa suyuqlik harakatlanadigan quvurlar sifatida qaraladi. Bu yondashuv tibbiyot muhandislari uchun ayniqsa muhim, chunki ular yurak faoliyatini modellashtirishda aynan shu fizik tasavvurlardan foydalanadi.

Shuningdek, yurak siklining elektr boshqaruvi ham mavjud bo‘lib, u yurakning ritmik ishlashini ta’minlaydi. Elektr impulslar yurakning maxsus o‘tkazuvchi tizimi orqali tarqaladi va mushaklarning muvofiqlashgan holda qisqarishini ta’minlaydi. Agar bu tizimda nosozlik yuzaga kelsa, yurak ritmi buziladi va bu holat klinik jihatdan muhim muammolarga olib keladi.

Tibbiyot muhandislari uchun yurak siklini chuqur tushunish amaliy jihatdan juda zarur. Chunki EKG, yurak monitoring tizimlari yoki sun’iy yurak qurilmalarini ishlab chiqishda aynan shu siklik jarayonlar asos qilib olinadi. Yurakning qaysi fazasida qanday signal yoki bosim o‘zgarishi sodir bo‘lishini bilish qurilmalarni to‘g‘ri loyihalash imkonini beradi.

1.2 Yurak faoliyatining fizik jarayonlari

Yurak faoliyatini chuqur tushunish uchun uni faqat biologik organ sifatida emas, balki murakkab fizik tizim sifatida qarash zarur. Chunki yurakda sodir boʻladigan barcha jarayonlar — qisqarish, qon harakati, bosim hosil boʻlishi va energiya almashinuvi — maʼlum fizik qonuniyatlarga boʻysunadi. Shu nuqtai nazardan yurakni tirik organizmdagi eng mukammal “biologik nasos” sifatida tasavvur qilish mumkin.

Yurak faoliyatining markazida mexanik jarayonlar turadi. Miokard mushaklari qisqarganda yurak boʻshliqlarining hajmi kamayadi va ichki bosim ortadi. Natijada qon yuqori bosimdan past bosim tomon harakatlanadi. Bu jarayon oddiy fizik qoida — bosim gradienti asosida tushuntiriladi. Yurakning har bir qisqarishi aslida energiya sarfi hisobiga bosim hosil qilish va shu orqali suyuqlikni harakatga keltirishdan iborat.

Qonning yurak va tomirlar boʻylab harakatlanishi gidrodinamika qonunlariga asoslanadi. Qon — bu murakkab tarkibli suyuqlik boʻlsa-da, uning oqimi koʻplab hollarda suyuqliklar fizikasi qonunlari orqali tushuntiriladi. Masalan, qon oqimi tezligi tomir diametriga, yopishqoqligiga va bosim farqiga bogʻliq boʻladi. Tomir toraysa, qarshilik ortadi va yurak koʻproq kuch bilan ishlashiga toʻgʻri keladi. Aksincha, tomir kengaysa, oqim osonlashadi.

Yurak faoliyatida bosim va hajm oʻzgarishlari alohida ahamiyatga ega. Yurak qisqarganda (sistola) bosim keskin oshadi va qon arteriyalarga chiqariladi. Boʻshashganda (diastola) esa bosim pasayadi va yurak yana qon bilan toʻladi. Bu jarayonlar davomida yurak ichidagi bosim va hajm oʻrtasida uzviy bogʻliqlik mavjud boʻlib, ular birgalikda yurakning ish samaradorligini belgilaydi. Fizik nuqtai nazardan bu holat “bosim–hajm munosabati” orqali ifodalanadi.

Yurak faoliyatining yana bir muhim jihati — energiya almashinuvidir. Yurak mushaklari qisqarishi uchun zarur energiya kimyoviy manbalardan (asosan ATP) olinadi va mexanik ishga aylantiriladi. Bu jarayon energiyaning bir turdan

ikkinchi turga o'tishi bilan bog'liq bo'lib, fizikada bu holat energiyaning saqlanish qonuni bilan izohlanadi. Yurak har bir urishda ma'lum miqdorda ish bajaradi, bu ish esa qonning harakatiga sarflanadi.

Yurak faoliyatida elastiklik xususiyati ham muhim rol o'ynaydi. Yurak devorlari va qon tomirlar elastik bo'lgani uchun ular bosim o'zgarishlariga moslashadi. Masalan, arteriyalar yurak qisqarganda kengayadi va qon oqimini "yumshatadi", bo'shashganda esa yana torayib, oqimni davom ettiradi. Shu tufayli qon aylanish tizimi uzluksiz ishlaydi va pulsatsion harakat silliqlashadi.

Yurak faoliyatining fizik jarayonlari faqat mexanik va gidrodinamik hodisalar bilan cheklanmaydi. Bu yerda bioelektrik hodisalar ham muhim o'rin tutadi. Yurak mushaklarining qisqarishi elektr impulslar orqali boshqariladi. Bu impulslar yurakning maxsus o'tkazuvchi tizimi orqali tarqaladi va mushak tolalarining muvofiqlashgan holda qisqarishini ta'minlaydi. Natijada yurak bir butun tizim sifatida ishlaydi.

Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan bu jarayonlarni tushunish juda muhim. Chunki yurak faoliyatini o'lchovchi, nazorat qiluvchi yoki modellashtiruvchi barcha qurilmalar aynan shu fizik asoslar bilan bog'liq. Masalan, qon bosimini o'lchash, yurak urishini aniqlash yoki qon oqimini hisoblash kabi vazifalar fizik qonunlarga asoslanadi. Demak, yurakni o'rganish — bu nafaqat biologiya, balki amaliy fizika masalasidir.

1.2.1 Qon oqimi fizikasi: Puazeyl qonuni asosida model

Qon oqimini tushunishda eng muhim nazariy asoslardan biri — suyuqliklar oqimi fizikasi hisoblanadi. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, qon tomirlar tizimini turli diametrli quvurlar tizimi sifatida tasavvur qilish mumkin. Yurak esa bu tizimga bosim beruvchi nasos vazifasini bajaradi. Aynan shu model orqali qon oqimini fizik qonunlar asosida tahlil qilish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Qon oqimini tavsiflashda klassik gidrodinamika qonunlaridan biri — Puazeyl qonuni alohida ahamiyatga ega. Bu qonun yopishqoq suyuqlikning silindrik quvur bo‘ylab laminar oqimini ifodalaydi va qon oqimining asosiy parametrlar bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi.

$$Q = \pi r^4 \Delta P / 8 \eta l$$

Bu yerda:

Q — birlik vaqt ichida oqib o‘tadigan suyuqlik hajmi (oqim tezligi),

r — tomir radiusi,

ΔP — tomir uchlari orasidagi bosim farqi,

η — suyuqlikning yopishqoqligi,

l — tomir uzunligi.

Mazkur formuladan juda muhim xulosa kelib chiqadi: qon oqimi tomir radiusining to‘rtinchi darajasiga bog‘liq. Bu shuni anglatadiki, tomir diametrining kichikgina o‘zgarishi ham qon oqimiga juda katta ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, tomir radiusi ikki baravar kamaygan taqdirda, oqim 16 baravar kamayadi. Shu sababli klinik amaliyotda tomirlarning torayishi (stenoz) juda xavfli hisoblanadi.

Puazeyl qonuni orqali yana bir muhim fizik kattalik — gidravlik qarshilikni ham aniqlash mumkin. Qon tomirlar tizimida qarshilik qancha katta bo‘lsa, yurak shuncha ko‘p ish bajarishga majbur bo‘ladi.

$$R = 8 \eta l / \pi r^4$$

Bu yerda R — tomirning oqimga qarshiligi. Ushbu formuladan ko‘rinib turibdiki, qarshilik ham radiusga juda kuchli bog‘liq. Radius kichraygan sari

qarshilik keskin ortadi. Bu esa arterial gipertenziya kabi holatlarda yurak yuklamasining oshishiga olib keladi.

Amaliy jihatdan qaraganda, qon harakati har doim ham ideal laminar oqim bo'lib qolmaydi. Ba'zi hollarda, ayniqsa yuqori tezlik yoki tomir toraygan joylarda turbulent oqim yuzaga keladi. Bunday holatda Puazeyl qonuni to'liq amal qilmaydi, lekin u baribir boshlang'ich model sifatida juda muhim ahamiyatga ega.

Qonning o'zi ham oddiy suyuqlik emas, balki tarkibida eritrotsitlar, leykotsitlar va plazma bo'lgan murakkab tizimdir. Shu sababli uning yopishqoqligi doimiy emas, balki fiziologik holatga qarab o'zgarib turadi. Masalan, qon quyushsa (yopishqoqlik ortsa), oqim sekinlashadi va yurak ko'proq kuch sarflaydi.

Tibbiyot muhandislari uchun bu qonun juda katta amaliy ahamiyatga ega. Masalan, qon tomirlarida oqimni modellashtirish, sun'iy qon tomirlar yoki stentlar loyihalash, shuningdek diagnostik qurilmalar yaratishda aynan shu formulalar asos qilib olinadi. Bundan tashqari, qon bosimi va oqim tezligini hisoblashda ham Puazeyl modeli keng qo'llaniladi.

1.2.2 Qon bosimi va gemodinamik tizimlar

Qon bosimi — bu yurak tomonidan hosil qilinadigan va qonning tomirlar bo‘ylab harakatlanishini ta’minlovchi asosiy fizik kattaliklardan biridir. Uni oddiy qilib aytganda, qon tomir devoriga ta’sir etayotgan kuchning yuzaga nisbati sifatida tushunish mumkin. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, qon bosimi yurak-qon tomir tizimining “harakatlantiruvchi kuchi” hisoblanadi.

Qon bosimi fizik ma’noda quyidagicha ifodalanadi:

$$P=F/S$$

Bu yerda P — bosim, F — tomir devoriga ta’sir qiluvchi kuch, S — yuzaning maydoni. Yurak qisqarganda bu kuch ortadi va natijada qon yuqori bosim ostida arteriyalarga haydaladi.

Gemodinamik tizimni tushunishda yana bir muhim bog‘liqlik — qon oqimi, bosim farqi va qarshilik o‘rtasidagi munosabatdir. Bu elektr zanjiriga o‘xshash model orqali juda qulay tushuntiriladi: bosim — kuchlanish, oqim — tok, qarshilik esa tomir qarshiligi sifatida qaraladi.

$$Q=\Delta P/R$$

Bu yerda Q — qon oqimi, ΔP — bosim farqi, R — tomir qarshiligi. Ushbu formuladan ko‘rinib turibdiki, qon oqimi bosim farqi ortishi bilan oshadi, qarshilik ortishi bilan esa kamayadi. Shu sababli qon tomirlar torayganda yoki yopishqoqlik ortganda qon aylanishi qiyinlashadi.

Qon bosimi odatda ikki asosiy ko‘rsatkich bilan ifodalanadi: sistolik va diastolik bosim. Sistolik bosim yurak qisqargan paytdagi maksimal bosimni bildirsa, diastolik bosim yurak bo‘shashgan paytdagi minimal bosimni anglatadi. Bu ikki qiymat orasidagi farq puls bosimi deb ataladi va u tomirlarning elastikligi haqida muhim ma’lumot beradi.

Gemodinamik tizim yopiq tizim bo‘lib, unda yurak, qon va qon tomirlar yagona mexanizm sifatida ishlaydi. Bu tizimda bosim faqat yurak tomonidan emas, balki tomirlarning holati bilan ham belgilanadi. Masalan, tomir devorining

elastikligi yuqori bo'lsa, bosim tebranishlari yumshatiladi. Agar tomirlar qattiqlashsa, bosim keskin o'zgaradi va yurak yuklamasi ortadi.

Qon tomirlar tizimida qarshilikni aniqroq ifodalash uchun Puazeyl qonunidan kelib chiqadigan ifodadan ham foydalaniladi:

$$R=8\eta l\pi r^4$$

Bu formuladan ko'rinadiki, tomir radiusi kamayganda qarshilik keskin ortadi. Bu esa arterial bosimning oshishiga olib keladi. Shu sababli gipertenziya kasalliklarida tomirlarning torayishi muhim omil hisoblanadi.

Qon bosimi va oqim tizimini tushunishda yana bir muhim tushuncha — yurakning bajaradigan ishi hisoblanadi. Yurak har bir qisqarishda qon ustida mexanik ish bajaradi:

$$A=P\cdot V$$

Bu yerda A — bajarilgan ish, P — bosim, V — chiqarilgan qon hajmi. Demak, yurak qancha katta bosim hosil qilsa yoki ko'proq hajmda qon chiqarsa, shuncha ko'p ish bajaradi.

Amaliy jihatdan qaraganda, gemodinamik tizimni chuqur tushunish tibbiyot muhandislari uchun juda muhim. Chunki qon bosimini o'lchash qurilmalari, yurak faoliyatini monitoring qilish tizimlari, shuningdek sun'iy qon aylanish apparatlari aynan shu fizik qonunlarga asoslanadi. Har bir qurilma bosim, oqim va qarshilik o'rtasidagi bog'liqlikni aniq hisobga olishi kerak.

1.2.3 Yurak faoliyatida energiya va ish tushunchasi

Yurak faoliyatini faqat qisqarish va bo‘shashish jarayoni sifatida tushuntirish yetarli emas, chunki bu jarayonlarning asosida muhim fizik tushunchalar — energiya va ish yotadi. Yurak har bir urishda ma’lum miqdorda ish bajaradi va bu ish qonning harakatlanishiga, ya’ni organizm bo‘ylab tarqalishiga sarflanadi. Shu sababli yurakni biologik organ bilan bir qatorda mexanik ish bajaruvchi tizim sifatida ham qarash juda muhim.

Fizik nuqtai nazardan ish tushunchasi kuch ta’sirida jismning ma’lum masofaga siljishi bilan bog‘liq. Yurak faoliyatida esa bu jarayon biroz boshqacharoq ifodalanadi: yurak mushaklari qisqarib, qon ustida bosim hosil qiladi va shu bosim orqali qon tomirlar bo‘ylab siljiydi. Demak, yurak bajaradigan ish bosim va hajm o‘zgarishlari bilan ifodalanadi.

$$A=P \cdot V$$

Bu yerda A — bajarilgan mexanik ish, P — yurak hosil qilgan bosim, V — chiqarilgan qon hajmi (zarba hajmi). Bu formuladan ko‘rinib turibdiki, yurak qancha katta bosim hosil qilsa yoki ko‘proq qon haydasa, shuncha ko‘p ish bajaradi.

Yurak faoliyatida energiya tushunchasi ham juda muhim o‘rin tutadi. Yurak mushaklari qisqarishi uchun zarur energiya hujayralarda hosil bo‘ladigan kimyoviy energiya — asosan ATP molekulalari hisobiga ta’minlanadi. Bu kimyoviy energiya mexanik energiyaga aylanadi va natijada yurak qisqarib, qon harakatga keladi. Bu jarayon energiyaning saqlanish qonuni bilan izohlanadi, ya’ni energiya yo‘qolmaydi, faqat bir turdan boshqasiga o‘tadi.

Yurakning ish faoliyatini yanada aniqroq tushunish uchun quvvat tushunchasini ham ko‘rib chiqish lozim. Quvvat — bu bajarilgan ishning vaqtga nisbati bo‘lib, yurakning qancha tez va samarali ishlayotganini ko‘rsatadi.

$$N=A/t$$

Bu yerda N — quvvat, A — bajarilgan ish, t — vaqt. Yurak doimiy ravishda ishlaydigan organ bo'lgani uchun uning quvvati ham uzluksiz ravishda sarflanib turadi. Masalan, jismoniy yuklama vaqtida yurakning quvvati ortadi, chunki u ko'proq ish bajarishga majbur bo'ladi.

Yurak faoliyatida potensial va kinetik energiyalar ham muhim rol o'ynaydi. Qon yurakdan chiqayotganda ma'lum tezlikka ega bo'ladi (kinetik energiya), shuningdek, bosim ta'sirida ma'lum potensial energiya ham hosil qiladi. Bu energiyalar qon tomirlar bo'ylab harakat davomida asta-sekin sarflanadi. Aynan shu energiya almashinuvi tufayli qon butun organizm bo'ylab yetib boradi.

Yurak ishining samaradorligi ham muhim ko'rsatkich hisoblanadi. Yurak sarflagan umumiy energiyaning faqat bir qismi foydali ishga — ya'ni qon harakatiga sarflanadi, qolgan qismi esa issiqlik ko'rinishida yo'qotiladi. Shu sababli yurakni energiya jihatidan samarali ishlaydigan tizim sifatida o'rganish muhim ahamiyatga ega.

Tibbiyot muhandislari uchun bu tushunchalar ayniqsa zarur. Chunki sun'iy yurak qurilmalarini yaratishda yoki yurak faoliyatini modellashtirishda energiya va ish ko'rsatkichlarini to'g'ri hisoblash talab etiladi. Agar bu parametrlar noto'g'ri baholansa, qurilma samaradorligi pasayadi yoki hatto xavfli holatlar yuzaga kelishi mumkin.

1.3 Yurak faoliyatining bioelektrik asoslari

Yurak faoliyatini faqat mexanik va gidrodinamik jarayonlar orqali tushuntirish yetarli emas. Chunki yurak qisqarishini boshlovchi asosiy omil — bu bioelektrik hodisalardir. Ya'ni yurak avvalo elektr tizim sifatida ishlaydi, undan keyingina mexanik qisqarish yuz beradi. Shu sababli yurakni to'liq tushunish uchun uning bioelektrik asoslarini chuqur o'rganish zarur.

Yurak mushak hujayralari — kardiomyotsitlar — elektr jihatdan faol hujayralar hisoblanadi. Ularning membranasida ionlar (asosan Na^+ , K^+ va Ca^{2+}) notekis taqsimlangan bo'ladi. Bu notekislik natijasida hujayra ichki va tashqi muhiti o'rtasida elektr potensial farqi yuzaga keladi. Tinch holatda bu potensial “membrana potentsiali” deb ataladi va u odatda manfiy qiymatga ega bo'ladi.

Yurak faoliyatining boshlanishi aynan shu potensialning o'zgarishi — ya'ni depolyarizatsiya jarayoni bilan bog'liq. Tashqi yoki ichki impuls ta'sirida hujayra membranasida natriy ionlari tez kirib keladi va potensial keskin o'zgaradi. Natijada elektr impuls hosil bo'ladi. Bu impuls yurakning o'tkazuvchi tizimi orqali tarqalib, butun yurak mushaklarining muvofiqlashgan holda qisqarishini ta'minlaydi.

Yurakning bioelektrik faoliyatini tushuntirishda uning o'tkazuvchi tizimi alohida ahamiyatga ega. Bu tizim maxsus hujayralardan tashkil topgan bo'lib, ular elektr impulslarni hosil qiladi va tarqatadi. Asosiy markaz — sinus tuguni bo'lib, u yurakning “tabiiy generatori” vazifasini bajaradi. Shu yerda hosil bo'lgan impulslar bo'lmalchalarga, keyin esa atrioventrikulyar tugun orqali qorinchalarga o'tadi. Natijada yurak qismlari qat'iy ketma-ketlikda ishlaydi.

Bioelektrik jarayonlarni fizik nuqtai nazardan tok va kuchlanish orqali ifodalash mumkin. Elektr toki zaryadlangan zarrachalarning harakati bilan bog'liq bo'lib, yurakda bu rolni ionlar bajaradi. Tok kuchi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$I=q/t$$

Bu yerda I — tok kuchi, q — zaryad miqdori, t — vaqt. Yurakda bu jarayon ionlarning membrana orqali harakati bilan yuz beradi.

Yurak bioelektrik faoliyatini tushunishda Ohm qonuni ham qo'llaniladi. Bu qonun elektr tizimlarda kuchlanish, tok va qarshilik o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi:

$$U=I \cdot R$$

Bu yerda U — kuchlanish (potensial farqi), I — tok kuchi, R — qarshilik.

Yurak to'qimalarida ham ionlar harakati ma'lum qarshiliklarga duch keladi, bu esa signalning tarqalish tezligi va xususiyatlariga ta'sir qiladi. Yurak faoliyatining bioelektrik asoslari klinik jihatdan ham katta ahamiyatga ega. Masalan, elektrokardiografiya (EKG) aynan yurakdagi elektr signallarni qayd etish orqali uning holatini baholaydi. EKG grafigidagi har bir to'lqin yurakning ma'lum bosqichdagi elektr faolligini aks ettiradi. Demak, bioelektrik jarayonlar nafaqat nazariy, balki amaliy diagnostik ahamiyatga ham ega. Shuningdek, yurakning elektr faoliyati buzilganda turli aritmiyalar yuzaga keladi. Bu holatda impulslarning hosil bo'lishi yoki tarqalishi izdan chiqadi. Bunday muammolarni aniqlash va davolash uchun aynan bioelektrik asoslarni chuqur tushunish talab etiladi.

Tibbiyot muhandislari uchun bu bilimlar ayniqsa zarur. Chunki yurak stimulyatorlari (pacemaker), defibrillyatorlar yoki EKG apparatlari aynan yurakning elektr faoliyatiga asoslanib ishlaydi. Bu qurilmalarni yaratishda elektr signallarni to'g'ri o'lchash, qayta ishlash va boshqarish muhim ahamiyat kasb etadi.

1.3.1 Miokard bioelektrik faolligi va ion mexanizmlari

Yurakning bioelektrik faoliyatini chuqur tushunish uchun avvalo miokard hujayralarida sodir bo‘ladigan ion jarayonlarini aniq tasavvur qilish kerak. Chunki yurak mushaklarining qisqarishi bevosita elektr impulslar bilan boshqariladi, bu impulslar esa hujayra membranasi orqali ionlarning tartibli harakati natijasida yuzaga keladi. Shu jihatdan qaraganda, miokardni oddiy mushak emas, balki elektr faollikka ega bo‘lgan murakkab biofizik tizim sifatida ko‘rish to‘g‘ri bo‘ladi.

Miokard hujayralarining asosiy xususiyati — ularning membranasi elektr potensial farqining mavjudligidir. Tinch holatda hujayra ichki qismi tashqi muhitga nisbatan manfiy zaryadlangan bo‘ladi. Bu holat ionlarning notekis taqsimlanishi bilan bog‘liq: hujayra ichida asosan kaliy (K^+) ionlari ko‘p, tashqarisida esa natriy (Na^+) va kalsiy (Ca^{2+}) ionlari ustunlik qiladi. Natijada membrana potentsiali hosil bo‘ladi, u yurak mushaklarida odatda $-70 \div -90$ mV atrofida bo‘ladi.

Bu potentsialni umumiy ko‘rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$V_m = V_{\text{ichki}} - V_{\text{tashqi}}$$

Bu yerda V_m — membrana potentsiali bo‘lib, u hujayra ichki va tashqi muhitlari orasidagi elektr potensial farqini bildiradi.

Yurakning bioelektrik faolligi depolyarizatsiya jarayoni bilan boshlanadi. Bu jarayonda hujayra membranasi orqali natriy ionlari tez kirib keladi va ichki muhitning manfiy zaryadi kamayib, hatto musbatga aylanadi. Shu bilan elektr impuls hosil bo‘ladi. Keyinchalik kalsiy ionlari ham hujayraga kirib, qisqarish jarayonini qo‘llab-quvvatlaydi. So‘ngra repolyarizatsiya bosqichi boshlanadi, bunda kaliy ionlari hujayradan chiqib ketadi va membrana potentsiali yana dastlabki holatiga qaytadi.

Miokard hujayralaridagi bu jarayonlar “harakat potentsiali” deb ataluvchi murakkab elektr siklni tashkil etadi. Yurak mushaklarida harakat potentsiali bir necha bosqichdan iborat bo‘lib, ularning har biri muayyan ionlarning harakati bilan

belgilanadi. Bu jarayonlar vaqt bo'yicha juda aniq tartibda sodir bo'ladi va aynan shu tartib yurak qisqarishining muvofiqlashgan holda kechishini ta'minlaydi.

Ionlarning membrana orqali harakati elektr toki sifatida qaraladi. Fizik nuqtai nazardan bu jarayon zaryadlangan zarrachalarning harakati bilan bog'liq:

$$I = dq/dt$$

Bu yerda I — ion oqimi (tok), dq — harakatlanayotgan zaryad miqdori, dt — vaqt oralig'i. Demak, yurakdagi elektr faoliyat aslida ionlar oqimidan iborat.

Shuningdek, ionlarning membrana orqali o'tishi konsentratsiya gradienti va elektr maydon ta'sirida sodir bo'ladi. Bu jarayonni tushuntirishda Nernst tenglamasi muhim ahamiyatga ega bo'lib, u ma'lum ion uchun muvozanat potensialini aniqlash imkonini beradi:

$$E = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C_{tashqi}}{C_{ichki}}$$

Bu yerda E — muvozanat potensial, R — gaz doimiysi, T — mutlaq temperatura, z — ion zaryadi, F — Faraday doimiysi, C — ion konsentratsiyasi.

Miokard bioelektrik faolligining yana bir muhim jihati — uning avtomatikligi, ya'ni yurakning o'z-o'zidan impuls hosil qila olish xususiyatidir. Bu xususiyat ayniqsa sinus tugunida yaqqol namoyon bo'ladi. Bu yerda hujayralar tashqi ta'sirsiz ham depolyarizatsiyaga uchraydi va muntazam impulslar hosil qiladi. Shu sababli yurak ritmik va mustaqil ishlaydi.

Klinik jihatdan bu jarayonlar juda muhim ahamiyatga ega. Agar ion almashinuvi buzilsa yoki membrana potensialini noto'g'ri shakllansa, yurak ritmida buzilishlar — aritmiyalar yuzaga keladi. Shu sababli yurak kasalliklarini tushunishda aynan ion mexanizmlarini bilish zarur.

Tibbiyot muhandislari uchun bu bilimlar amaliy jihatdan ham muhimdir. Chunki yurak stimulyatorlari, defibrillyatorlar va EKG qurilmalari aynan miokardning bioelektrik faoliyatini o'lchash va boshqarishga asoslanadi. Bu

qurilmalarni yaratishda ion oqimlari va elektr potentsiallarini aniq hisobga olish talab etiladi.

1.4 Yurakning elektr modeli va potentsiallar tarqalishi

Yurak faoliyatini chuqur anglash uchun uni nafaqat biologik yoki mexanik tizim sifatida, balki elektr tizim sifatida ham tasavvur qilish zarur. Chunki yurakdagi har bir qisqarish avvalo elektr impuls bilan boshlanadi, so'ngra mexanik jarayon yuz beradi. Shu sababli yurakni "bioelektrik generator va o'tkazuvchi tizim" sifatida modellashtirish tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan juda muhim hisoblanadi. Yurakning elektr modeli deganda, uning elektr impulslarni hosil qilish, o'tkazish va tarqatish xususiyatlarini fizik qonunlar asosida ifodalash tushuniladi. Bu modelda yurakning turli qismlari elektr elementlar sifatida qaraladi: masalan, hujayra membranasi sig'im (kondensator), ion kanallari esa qarshilik (rezistor) vazifasini bajaradi. Shu orqali yurakni elektr zanjirga o'xshash tizim sifatida tahlil qilish mumkin bo'ladi.

Membrananing elektr xossalari quyidagi asosiy tenglama orqali ifodalanadi:

$$I = C \frac{dV}{dt} + \frac{V}{R}$$

Bu yerda I — umumiy tok, C — membrana sig'imi, V — potentsial farqi, R — qarshilik. Ushbu tenglama yurak hujayrasida ionlar oqimi va potentsial o'zgarishi o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi. Demak, yurakdagi bioelektrik jarayonlar oddiy elektr zanjir qonunlari orqali ham tushuntirilishi mumkin.

Yurakda elektr impulslar maxsus o'tkazuvchi tizim orqali tarqaladi. Bu tizim sinus tuguni, atrioventrikulyar tugun, Gis tutami va Purkinye tolalaridan tashkil topgan. Impuls dastlab sinus tugunida hosil bo'ladi va bo'lmachalarga tarqaladi, so'ngra qorinchalarga o'tadi. Natijada yurak qismlari aniq ketma-ketlikda qisqaradi. Bu jarayonni elektr to'lqinning tarqalishi sifatida ham ko'rish mumkin.

Potensiallarning tarqalishi diffuziya va elektr o'tkazuvchanlik qonunlariga asoslanadi. Hujayralar o'rtasidagi bog'lanishlar orqali elektr signal bir hujayradan boshqasiga o'tadi. Bu jarayonni matematik jihatdan quyidagi tenglama orqali ifodalash mumkin:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = D \frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$$

Bu yerda V — potensial, t — vaqt, x — fazoviy koordinata, D — diffuziya koeffitsienti. Ushbu tenglama yurak to'qimalarida elektr impulslarning qanday tarqalishini tushuntiradi.

Yurakning elektr modelini tushunishda yana bir muhim jihat — uning tashqi yuzasida hosil bo'ladigan elektr maydonni hisobga olishdir. Yurakdagi bioelektrik jarayonlar natijasida tana yuzasida ham kichik potensiallar hosil bo'ladi. Aynan shu potensiallar elektrokardiografiya yordamida qayd etiladi. Demak, yurak ichidagi elektr jarayonlar tashqi muhitda ham aks etadi.

Potensiallarning tarqalish tezligi ham muhim parametr hisoblanadi. Bu tezlik yurak to'qimalarining elektr o'tkazuvchanligiga bog'liq bo'lib, turli qismlarda turlicha bo'ladi. Masalan, Purkinje tolalarida impulslar juda tez tarqaladi, bu esa qorinchalarning bir vaqtda qisqarishini ta'minlaydi. Agar bu tezlik buzilsa, yurak ritmi izdan chiqadi.

Tibbiyot muhandislari uchun yurakning elektr modeli juda katta amaliy ahamiyatga ega. Chunki yurak faoliyatini modellashtirish, EKG signallarini tahlil qilish yoki sun'iy yurak stimulyatorlarini yaratishda aynan shu model asos qilib olinadi. Elektr signalning qanday hosil bo'lishi va tarqalishini bilmasdan turib, samarali qurilmalar ishlab chiqish mumkin emas.

1.4.1 Elektrokardiografiya (EKG) fizikasi

Elektrokardiografiya — yurakning bioelektrik faoliyatini qayd etuvchi eng muhim diagnostik usullardan biri bo‘lib, u yurakda hosil bo‘ladigan elektr signallarni tana yuzasida o‘lchashga asoslanadi. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, EKG oddiy tibbiy tekshiruv emas, balki murakkab fizik va muhandislik tizimining natijasi hisoblanadi. Chunki bu usulda juda kichik amplitudali elektr signallar aniqlanadi, kuchaytiriladi va grafik ko‘rinishda tasvirlanadi. Yurak ishlaganda miokard hujayralarida elektr impulslar hosil bo‘ladi va ular butun yurak bo‘ylab tarqaladi. Bu impulslar natijasida tananing tashqi yuzasida ham potensial farqlar yuzaga keladi. EKG aynan shu potensial farqlarni elektrodlar yordamida o‘lchaydi. Demak, yurak ichidagi bioelektrik jarayonlar tashqi muhitda elektr signal sifatida namoyon bo‘ladi.

Fizik nuqtai nazardan, EKG signal — bu vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi elektr kuchlanishidir. U quyidagicha ifodalanadi:


$$U(t) = \varphi_1(t) - \varphi_2(t)$$

Bu yerda $U(t)$ — o‘lchanayotgan kuchlanish, φ_1 va φ_2 — tananing ikki nuqtasidagi potentsiallar. Elektrodlar aynan shu ikki nuqta orasidagi potensial farqni qayd etadi. EKG qurilmasining ishlash prinsipi elektr zanjir nazariyasiga asoslanadi. Yurakni elektr dipol sifatida qarash mumkin, ya‘ni unda musbat va manfiy zaryadlar markazi mavjud bo‘ladi. Yurak qisqarganda bu dipolning yo‘nalishi va kattaligi o‘zgaradi, natijada tashqi yuzada o‘lchanadigan signal ham o‘zgaradi. Bu signal maxsus kuchaytirgichlar orqali qayta ishlanib, grafik ko‘rinishda chiqariladi.

EKG tizimida tok va qarshilik tushunchalari ham muhim rol o‘ynaydi. Tana to‘qimalari elektr tokini o‘tkazuvchi muhit bo‘lib xizmat qiladi. Bu jarayonni Ohm qonuni orqali tushuntirish mumkin:

$$I = \frac{U}{R}$$

I 2.0 

R 6.0 

$$V = IR = 12$$



Bu yerda I — tok kuchi, U — kuchlanish, R — qarshilik. Tana to‘qimalarining elektr qarshiligi signalning kuchiga va sifatiga ta’sir qiladi. Shu sababli elektrodlarni to‘g‘ri joylashtirish va kontakt sifatini ta’minlash juda muhim.

EKG signali odatda juda kichik — millivolt darajasida bo‘ladi. Shu sababli uni o‘lchash uchun yuqori sezgir kuchaytirgichlar ishlatiladi. Signalni qayd etishda tashqi shovqinlardan himoyalanih ham muhim masala hisoblanadi. Masalan, elektr tarmoqlari yoki mushaklarning qo‘shimcha faolligi signalga xalaqit berishi mumkin. Bu muammolarni hal qilish uchun filtrlar va differensial kuchaytirgichlar qo‘llaniladi.

EKG grafigi bir necha asosiy qismlardan iborat bo‘lib, ularning har biri yurakning ma’lum bioelektrik bosqichini ifodalaydi. P to‘lqini bo‘lmachalar depolyarizatsiyasini, QRS kompleksi qorinchalar depolyarizatsiyasini, T to‘lqini

esa repolyarizatsiya jarayonini bildiradi. Bu to‘lqinlar orqali yurakning ritmi, o‘tkazuvchanligi va umumiy holati haqida muhim ma’lumotlar olinadi.

Tibbiyot muhandislari uchun EKG fizikasi juda katta ahamiyatga ega. Chunki ular bu signallarni nafaqat o‘lchashi, balki qayta ishlashi, filtrdan o‘tkazishi va tahlil qilishi kerak bo‘ladi. Zamonaviy qurilmalarda EKG signallari raqamlashtiriladi va sun’iy intellekt yordamida avtomatik tahlil qilinadi. Bu esa diagnostika aniqligini sezilarli darajada oshiradi.

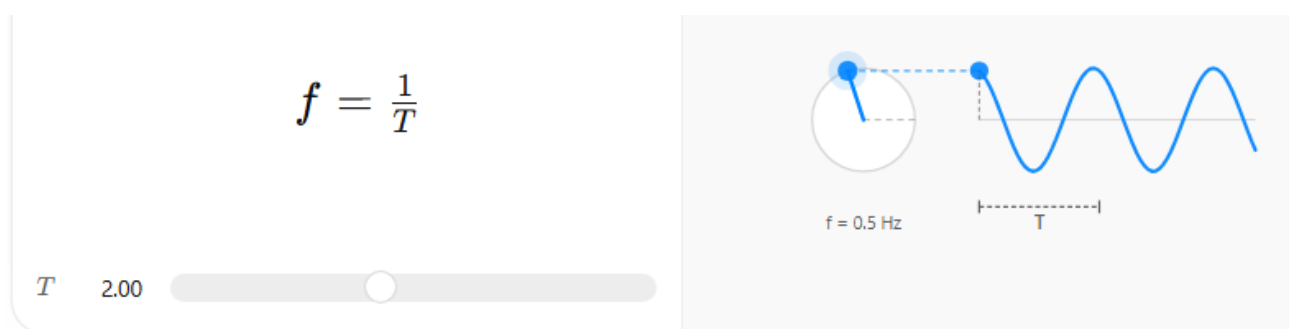
Elektrokardiografiya yurakning bioelektrik faoliyatini o‘rganishning eng muhim fizik usullaridan biri bo‘lib, u elektr potentsiallar farqini o‘lchashga asoslanadi. EKG fizikasi elektr zanjirlar nazariyasi, signalni qayta ishlash va bioelektrik hodisalar bilan chambarchas bog‘liq. Bu bilimlar tibbiyot muhandislariga yurak faoliyatini aniq tahlil qilish va zamonaviy diagnostik tizimlar yaratishda mustahkam ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

1.4.2 Fonokardiografiya va akustik signallar

Yurak faoliyatini o'rganishda faqat elektr signallarni emas, balki akustik — ya'ni tovush signallarini ham tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Chunki yurak ishlaganda unda mexanik jarayonlar sodir bo'ladi va bu jarayonlar tovush to'qlinlari ko'rinishida tashqi muhitga tarqaladi. Fonokardiografiya aynan shu tovushlarni yozib olish va tahlil qilishga asoslangan usul bo'lib, u yurak klapanlari va qon oqimi bilan bog'liq jarayonlar haqida muhim ma'lumot beradi.

Yurak tovushlari asosan klapanlarning yopilishi va ochilishi, shuningdek qon oqimining o'zgarishi natijasida hosil bo'ladi. Masalan, birinchi yurak tovushi (S1) bo'lmacha va qorincha orasidagi klapanlarning yopilishi bilan bog'liq bo'lsa, ikkinchi tovush (S2) arteriyalardagi klapanlarning yopilishi natijasida yuzaga keladi. Bu tovushlar mexanik tebranishlar bo'lib, ular havo orqali tarqaladigan akustik to'qlinlar sifatida qayd etiladi.

Fizik nuqtai nazardan tovush — bu elastik muhitda tarqaluvchi mexanik to'qlindir. Yurakda hosil bo'lgan tovushlar ham aynan shunday tebranishlar bo'lib, ular ko'krak qafasi orqali tashqariga chiqadi va maxsus sezgir mikrofonlar yordamida yozib olinadi. Tovush to'qlinining asosiy xususiyatlaridan biri uning chastotasi bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi:



1.4.2-rasm

Bu yerda f — chastota, T — tebranish davri. Yurak tovushlarining chastotasi odatda past diapazonda bo'ladi, shu sababli ularni aniqlash uchun maxsus filtrlash va kuchaytirish usullari qo'llaniladi.

Tovush to'liqining yana bir muhim parametri — uning intensivligi bo'lib, u tovush energiyasining tarqalish darajasini ifodalaydi:

$$I=P/S$$

Bu yerda I — intensivlik, P — tovush quvvati, S — tarqalish yuzasi. Yurak tovushlarining intensivligi klapanlarning holati va qon oqimining xususiyatlariga bog'liq ravishda o'zgaradi.

Fonokardiografiya yurak tovushlari vaqt bo'yicha grafik ko'rinishda yozib olinadi. Bu grafikda tovushlarning davomiyligi, amplitudasi va ritmi aniq ko'rinadi. Natijada oddiy eshitish orqali aniqlash qiyin bo'lgan nozik o'zgarishlarni ham aniqlash mumkin bo'ladi. Masalan, klapanlar yetishmovchiligi yoki stenoz holatlarida qo'shimcha shovqinlar (murmurlar) paydo bo'ladi va bu fonokardiogrammada yaqqol aks etadi.

Akustik signallarning tarqalishi organizm ichida murakkab muhit orqali sodir bo'ladi. Ko'krak qafasi, o'pka va boshqa to'qimalar tovush to'liqining amplitudasi va shakliga ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli signalni to'g'ri talqin qilish uchun bu muhitning fizik xususiyatlarini ham hisobga olish zarur. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan fonokardiografiya signallarni qayta ishlash masalasi bilan chambarchas bog'liq. Yurak tovushlari ko'pincha tashqi shovqinlar bilan aralashgan bo'ladi, shu sababli ularni ajratish uchun raqamli filtrlar, spektral tahlil va signalni kuchaytirish usullari qo'llaniladi. Zamonaviy tizimlarda bu signallar kompyuter orqali qayta ishlanib, avtomatik diagnostika qilish imkoniyati yaratilmoqda.

Fonokardiografiya EKG bilan birgalikda qo'llanganda yanada aniqroq natija beradi. Chunki EKG yurakning elektr faoliyatini, fonokardiografiya esa mexanik faoliyatini aks ettiradi. Bu ikki usul birgalikda yurak faoliyatini to'liq baholash imkonini beradi.

Fonokardiografiya yurakning mexanik faoliyatini akustik signallar orqali o'rganishga asoslangan muhim fizik usul hisoblanadi. Tovush to'liqlari, ularning

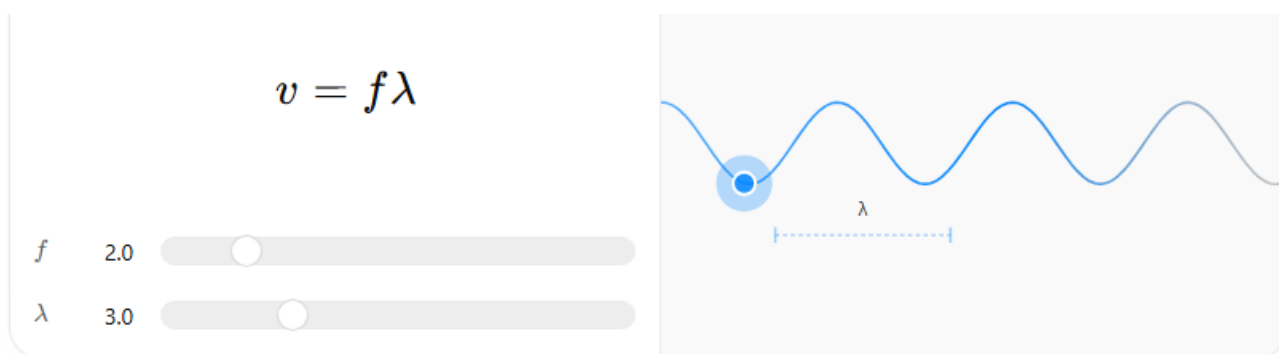
chastotasi va intensivligini tahlil qilish orqali yurak klapanlari va qon oqimidagi o'zgarishlarni aniqlash mumkin. Bu bilimlar tibbiyot muhandislariga yurak diagnostikasi uchun samarali va zamonaviy qurilmalar yaratishda muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

1.4.3 Ultratovush diagnostikasi fizikasi

Yurak faoliyatini o'rganishda eng muhim va keng qo'llaniladigan usullardan biri — ultratovush diagnostikasi hisoblanadi. Bu usul tibbiyotda ko'pincha exokardiografiya (EKO) nomi bilan tanilgan bo'lib, yurakning tuzilishi va harakatini real vaqt rejimida ko'rsatib berish imkonini beradi. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, ultratovush diagnostikasi fizik akustika, to'lqinlar nazariyasi va signalni qayta ishlash prinsiplari asosida ishlaydi.

Ultratovush — bu inson qulog'i eshita olmaydigan, ya'ni chastotasi 20 kHz dan yuqori bo'lgan tovush to'lqinlaridir. Tibbiyotda odatda 1–10 MHz diapazondagi ultratovush to'lqinlari qo'llaniladi. Bu to'lqinlar organizmga yuboriladi va turli to'qimalardan qaytgan aks sado (echo) signallari orqali ichki tuzilmalar haqida ma'lumot olinadi.

Ultratovush to'lqinining asosiy fizik parametrlari — tezlik, chastota va to'lqin uzunligidir. Ular quyidagi bog'lanish orqali ifodalanadi:



1.4.3.1-rasm

Bu yerda v — to‘lqin tezligi, f — chastota, λ — to‘lqin uzunligi. Inson to‘qimalarida ultratovushning o‘rtacha tarqalish tezligi taxminan 1540 m/s ga teng deb olinadi.

Ultratovush diagnostikasining asosiy prinsipi — to‘lqinlarning turli muhit chegaralarida aks etishiga asoslanadi. Har bir to‘qima o‘ziga xos akustik qarshilikka ega bo‘ladi. Bu qarshilik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$Z = \rho v$$

Bu yerda Z — akustik impedans, ρ — muhit zichligi, v — to‘lqin tezligi. Agar ikki muhitning akustik qarshiligi farq qilsa, ultratovush to‘lqinining bir qismi qaytadi, bir qismi esa o‘tadi. Aynan shu qaytgan signal qurilma tomonidan qayd etiladi va tasvirga aylantiriladi.

Yurak diagnostikasida ultratovushning yana bir muhim qo‘llanilishi — qon oqimini o‘lchashdir. Bu jarayon Doppler effekti asosida amalga oshadi. Agar ultratovush to‘lqini harakatlanayotgan qon hujayralaridan qaytsa, uning chastotasi o‘zgaradi. Shu o‘zgarish orqali qon oqimining tezligi aniqlanadi.

$$\Delta f = \frac{2f_0 v \cos \theta}{c}$$

Bu yerda Δf — chastota o‘zgarishi, f_0 — yuborilgan to‘lqin chastotasi, v — qon oqimi tezligi, θ — to‘lqin yo‘nalishi bilan oqim orasidagi burchak, c — to‘lqin tezligi.

Ultratovush qurilmalarida piezoelektrik effekt asosiy rol o‘ynaydi. Maxsus kristallar elektr signal ta’sirida tebranib, ultratovush to‘lqinlarini hosil qiladi. Aksincha, qaytgan to‘lqinlar kristallarga ta’sir qilib, yana elektr signalga aylanadi. Shu tariqa mexanik energiya elektr energiyaga va aksincha o‘tadi.

Ultratovush diagnostikasining katta afzalligi — uning xavfsizligi va invaziv emasligidir. Ya’ni u organizmga zarar yetkazmasdan, ichki tuzilmalarni aniq ko‘rsatib beradi. Ayniqsa yurak kabi doimiy harakatdagi organ uchun bu usul juda qulay, chunki u real vaqt rejimida ishlaydi.

Biologik muhitlarning to'liq qarshiliklari havonikiga nisbatan 3000 martakatta. Shu sababli UT-nurlatgichlar odam tanasiga qo'yilsa, ultratovush tanaichkarisiga o'tmasdan nurlatgich va odam tanasi orasida hosil bo'lgan yuqqa-havo ustunidan qaytadi. Havo qatlami hosil bo'lmasligi uchun nurlatgichning sirti yuzasiga yuqqa moy qatlami surtiladi.

Ultratovush to'liqlarining tarqalish tezligi va ularning yutilishi muhitning holatiga bog'liq; shunga asoslanib moddalarning molekular xossalari o'rganishda ultratovushdan foydalaniladi. Bu turdagi tadqiqotlar molekularakustika foniga taalluqlidir.

To'liqlar intensivligi doiraviy chastotakvadratiga to'g'ri proporsional, shunga asoslanib nisbatan kichik amplitudali to'liqlardan ham katta intensivliklarga ega bo'lgan to'liqlarni hosil qilish mumkin. Ultratovush to'liqlari ta'siridagi zarrachalar tezlanishi juda katta bo'lishi mumkin, bu esa katta ta'sir kuchlari paydo bo'lishini, biologik obyektlar ultratovush yordamida nurlantirilganda ularga ham zarrachalarga shunday kuchlar ta'sir qilishini ko'rsatadi.

Ultratovush tarqalishida hosil bo'ladigan zichlashish va siyraklashish suyuqliklar ichida uzilishlar hosil qiladi, bunga *kavitatsiya* deyiladi.

Kavitatsiya uzoq vaqt ushlanib qolmay, tez yopiladi, bunda uncha katta bo'lmagan hajmda ko'p miqdorda energiya ajralib chiqib, moddalarning isishi va shu bilan birga molekularlarning ionizatsiyasi va dissotsiatsiyasi yuz beradi.

Biologik obyektlarda ultratovush ta'siri bilan bog'liq holda yuz beradigan fizik jarayonlarning asosiy effektlari quyidagilardan iborat:

- hujayra va subhujayra darajasidagi mikrovibratsiyalar;
- biomakromolekulalarni parchalash;
- biologik membranalarini jarohatlash va ularning joylanishlarini o'zgartirish, membranalar o'tuvchanligini o'zgartirish;

— issiqlik ta'siri;

—hujayra va mikroorganizmlarning buzilishi. Ultratovushning tibbiy-biologikqo'llanishlarini asosan ikki yo'nalishga ajratish mumkin: birinchisi kuzatish va diagnostikausullari, ikkinchisi ta'sir etish uslublari.

Birinchi yo'nalishdagi usullarga asosan impulsli nurlanishlardan foydalanuvchilokatsion usullar kiradi. Bu exoensefalografiya — bosh miya o'smalari vashishlarini aniqlash (1.4.3.2 - rasmda “Angiodin EXO/U” ko'rsatilgan); ultratovush kardiografiyasi — yurak o'lchovlarini dinamikada o'lchash;oftalmologiyada — ko'z muhitlari kattaliklarini o'lchash uchun ultratovushlokatsiyasi. Ultratovushning Dopler effektidan foydalanib yurak klapanlariharakatining xarakteri o'rganiladi va qon oqish tezligi o'lchanadi. Diagnostikamaqsadlari uchun ultratovush tezligiga asosan o'sib chiqqan va jarohatlangansuyaklarning zichliklari hisoblab topiladi.



1.4.3.2 – rasm. “Angiodin EXO/U”

Tibbiyot muhandislari uchun ultratovush fizikasi juda muhim. Chunki ular bu tizimlarni loyihalashda to‘lqinlarning tarqalishi, aks etishi, signalni kuchaytirish va qayta ishlash jarayonlarini chuqur bilishi kerak. Zamonaviy ultratovush apparatlari yuqori aniqlikdagi tasvirlar hosil qilish uchun murakkab algoritmlar va raqamli ishlov berish usullaridan foydalanadi.¹⁵

Ultratovush diagnostikasi yurak faoliyatini o‘rganishda eng samarali fizik usullardan biri bo‘lib, u to‘lqinlar nazariyasi, akustik impedans va Doppler effektiga asoslanadi. Bu bilimlar tibbiyot muhandislariga yuqori aniqlikdagi diagnostik qurilmalarni yaratishda mustahkam ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

¹⁵ Bazarbayev M.I., Mullajonov E.Ya., Ermetov A.Z., Sobirjonov A.S., Abdujabborova U.M., Raximov B.T., Majimov F.B. Tibbiy va biologik fizika: tibbiyot oliy ta’lim muassasalari talabalari uchun darslik. – Toshkent: “Tibbiyot nashriyoti matbaa uyi” MCHJ, 2016. – 29–31-b.

2.1 Yurak diagnostikasining fizik asoslari

Yurak faoliyatini o'rganish va baholash zamonaviy tibbiyotning eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan yurak diagnostikasi oddiy klinik kuzatuv emas, balki murakkab fizik jarayonlarni aniqlash, o'lchash va tahlil qilishga asoslangan tizim sifatida qaraladi. Chunki yurakda bir vaqtning o'zida elektr, mexanik, akustik va gidrodinamik jarayonlar sodir bo'ladi va diagnostika aynan shu jarayonlarni fizik kattaliklar orqali baholashga tayanadi.

Yurak diagnostikasining fizik asosida "signal" tushunchasi yotadi. Yurak faoliyati natijasida turli xil signallar hosil bo'ladi: elektr signal (bioelektrik potentsiallar), mexanik signal (qisqarish va harakat), akustik signal (yurak tovushlari) va oqim signallari (qon harakati). Har bir diagnostik usul aynan shu signallarning ma'lum turini qayd etadi va tahlil qiladi. Demak, yurak diagnostikasi — bu turli fizik signallarni o'lchash va interpretatsiya qilish jarayonidir.

Elektr diagnostika usullarida yurakdagi potensial farqlar o'lchanadi. Bu yerda asosiy fizik kattalik — kuchlanish bo'lib, u tananing turli nuqtalarida paydo bo'ladi. Bu signallar juda kichik amplitudali bo'lgani uchun ularni aniqlashda yuqori sezgir kuchaytirgichlar qo'llaniladi. Shu bilan birga signalni tashqi shovqinlardan himoyalash ham muhim masala hisoblanadi.

Mexanik diagnostika usullarida yurakning harakati va deformatsiyasi o'rganiladi. Bu jarayonlarda bosim, kuch va hajm kabi fizik kattaliklar muhim ahamiyatga ega. Masalan, yurak qisqarganda bosim ortadi va qon tomirlarga chiqariladi. Bu jarayonni quyidagi umumiy fizik bog'lanish orqali ifodalash mumkin:

$$Q = \Delta P / R$$

Bu yerda Q — qon oqimi, ΔP — bosim farqi, R — qarshilik. Ushbu bog'lanish yurak-qon tomir tizimining asosiy ishlash prinsipini ko'rsatadi.

Akustik diagnostika usullarida yurakdan chiqadigan tovushlar tahlil qilinadi. Bu tovushlar mexanik tebranishlar bo'lib, ular elastik muhitda to'lqin sifatida

tarqaladi. Tovush signallarini o'rganish orqali klapanlarning holati va qon oqimidagi o'zgarishlarni aniqlash mumkin.

Ultratovush diagnostikasi esa to'liqlar fizikasi asosida ishlaydi. Bu usulda yuqori chastotali to'liqlar organizmga yuboriladi va qaytgan signal orqali ichki tuzilmalar tasviri hosil qilinadi. Bu yerda to'liq tezligi, chastota va aks ettirish koeffitsienti kabi fizik kattaliklar muhim rol o'ynaydi.

Yurak diagnostikasining yana bir muhim jihati — signalni qayta ishlash jarayonidir. Olingan signallar ko'pincha shovqin bilan aralashgan bo'ladi, shu sababli ularni filtratsiya qilish, kuchaytirish va raqamli qayta ishlash talab etiladi. Bu jarayonlar matematik va fizik metodlarga asoslanadi. Zamonaviy qurilmalarda signalni raqamlashtirish va kompyuter yordamida tahlil qilish keng qo'llanilmoqda.

Tibbiyot muhandislari uchun yurak diagnostikasining fizik asoslarini bilish juda zarur. Chunki ular ishlab chiqadigan qurilmalar aynan shu fizik jarayonlarga asoslanadi. Masalan, EKG apparatlari elektr signallarni, ultratovush qurilmalari esa mexanik va akustik signallarni qayd etadi. Har bir qurilma o'ziga xos fizik prinsipga asoslangan bo'lsa-da, ularning barchasini birlashtiruvchi jihat — yurak faoliyatini signal orqali baholashdir.

Yurak diagnostikasining fizik asoslari turli xil signallarni o'lchash va tahlil qilishga asoslangan bo'lib, u yurak faoliyatini chuqur va aniq baholash imkonini beradi. Bu jarayonlar fizik qonunlarga tayangan holda amalga oshiriladi va zamonaviy tibbiyot muhandisligi uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

2.1.1 EKG signalini olish va qayta ishlash

Yurakning bioelektrik faoliyatini aniqlashda elektrokardiografiya eng asosiy va ishonchli usullardan biri hisoblanadi. Ammo EKG signalini olish jarayoni oddiy o'lchash emas, balki murakkab fizik va muhandislik bosqichlaridan iborat tizimdir. Chunki yurakdan hosil bo'ladigan signal juda kichik amplitudaga ega bo'lib, tashqi shovqinlar bilan oson aralashib ketadi. Shu sababli signalni olish va uni qayta ishlash bosqichlari juda aniq va ehtiyotkorlik bilan tashkil etilishi kerak.

EKG signalini olish elektrodlar yordamida amalga oshiriladi. Elektrodlar inson tanasining ma'lum nuqtalariga joylashtiriladi va ular orqali yurak hosil qilgan elektr potensial farqlar o'lchanadi. Bu yerda muhim jihat shundaki, aslida mutlaq potensial emas, balki ikki nuqta orasidagi potensial farq qayd etiladi. Ya'ni EKG — bu differensial o'lchov tizimidir.

Signalni olish jarayonida tananing elektr qarshiligi muhim rol o'ynaydi. Tana to'qimalari orqali tok o'tganda u ma'lum qarshilikka uchraydi. Bu jarayonni Ohm qonuni asosida tushuntirish mumkin:

$$I=U/R$$

Bu yerda I — tok, U — kuchlanish, R — qarshilik. Elektrodlar va teri orasidagi kontakt sifati yaxshi bo'lmasa, qarshilik ortadi va signal sifati yomonlashadi. Shu sababli elektrodlar maxsus gel yordamida o'rnatiladi.

EKG signali odatda juda kichik — millivolt darajasida bo'ladi. Shu sababli uni qayd etish uchun kuchaytirgichlardan foydalaniladi. Bu bosqichda differensial kuchaytirgichlar qo'llaniladi, chunki ular foydali signalni kuchaytirib, umumiy shovqinlarni kamaytirishga yordam beradi. Kuchaytirish jarayoni quyidagi bog'lanish bilan ifodalanadi:

$$U_{chiqish} = K \cdot U_{kirish}$$

Bu yerda K — kuchaytirish koeffitsienti. Demak, juda kichik signal bir necha yuz yoki ming barobar kuchaytiriladi.

Signalni qayta ishlashning keyingi bosqichi — filtratsiya hisoblanadi. EKG signali turli shovqinlar bilan aralashgan bo‘lishi mumkin: elektr tarmog‘i shovqini, mushaklar faolligi, harakat artefaktlari va boshqalar. Shu sababli signalni tozalash uchun yuqori va past chastotali filtrlar qo‘llaniladi. Bu filtrlar foydali signal diapazonini ajratib beradi.

Zamonaviy EKG tizimlarida analog signal raqamli ko‘rinishga o‘tkaziladi. Bu jarayon analog-raqamli o‘zgartirgich (ADC) yordamida amalga oshiriladi. Raqamlashtirish signalni kompyuterda qayta ishlash, saqlash va tahlil qilish imkonini beradi. Bu bosqichda diskretlash chastotasi muhim ahamiyatga ega bo‘lib, u signalni to‘liq aks ettira oladigan darajada tanlanadi.

Signalni qayta ishlashda matematik usullar ham keng qo‘llaniladi. Masalan, filtratsiya, differensiallash, integral olish yoki spektral tahlil orqali signalning xususiyatlari aniqlanadi. Bu usullar yordamida yurak ritmi, impuls orasidagi vaqt, to‘lqin shakllari kabi muhim parametrlar hisoblanadi.

EKG signalini qayta ishlashning yana bir muhim bosqichi — interpretatsiya qilishdir. Ya’ni olingan signalni tibbiy ma’noda tushuntirish. Masalan, P, QRS va T to‘lqinlarining shakli va davomiyligi yurakning turli holatlari haqida ma’lumot beradi. Zamonaviy tizimlarda bu jarayon sun’iy intellekt yordamida avtomatlashtirilmoqda.

Tibbiyot muhandislari uchun EKG signalini olish va qayta ishlash juda muhim amaliy bilim hisoblanadi. Chunki ular signalni faqat o‘lchabgina qolmay, balki uni tozalash, kuchaytirish va to‘g‘ri talqin qilishni ham bilishi kerak. Bu esa yuqori aniqlikdagi diagnostik tizimlarni yaratishda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Xulosa qilib aytganda, EKG signalini olish va qayta ishlash murakkab fizik va muhandislik jarayonlari majmuasi bo‘lib, u elektr signallarni o‘lchash, kuchaytirish, filtratsiya qilish va tahlil qilish bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Bu jarayonlarni chuqur tushunish tibbiyot muhandislariga zamonaviy va samarali diagnostik qurilmalarni yaratish imkonini beradi.

2.1.2 Yurak faoliyatini matematik modellashtirish

Yurak faoliyatini chuqur o'rganishda faqat kuzatish va tajribalar bilan cheklanib qolish yetarli emas. Zamonaviy tibbiyot muhandisligida yurakni matematik modellar orqali ifodalash muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki matematik modellashtirish yordamida yurakdagi murakkab jarayonlarni soddalashtirib, ularni aniq hisoblash, bashorat qilish va turli sharoitlarda qanday o'zgarishini oldindan ko'rish mumkin bo'ladi.

Yurak faoliyatini modellashtirishda bir nechta asosiy yondashuvlar mavjud: mexanik model, elektr model va gemodinamik model. Bu modellar yurakdagi turli jarayonlarni alohida-alohida yoki birgalikda o'rganishga imkon beradi. Masalan, gemodinamik model qon oqimi va bosim o'zgarishlarini ifodalasa, elektr model yurak impulslarining tarqalishini tushuntiradi.

Yurakni eng sodda ko'rinishda nasos sifatida modellashtirish mumkin. Bu holatda yurak chiqaradigan qon oqimi bosim va qarshilik bilan bog'lanadi:

$$Q = \frac{\Delta P}{R}$$

Bu model yurak-qon tomir tizimining umumiy ishlash prinsipini tushuntiradi. Ammo real yurak faoliyati bundan ancha murakkab bo'lib, vaqtga bog'liq o'zgarishlarni ham hisobga olishni talab qiladi.

Yurak siklini matematik jihatdan ifodalashda bosim va hajm o'rtasidagi bog'liqlik muhim rol o'ynaydi. Bu bog'lanish yurakning elastik xususiyatini ko'rsatadi:

$$P = E (V - V_0)$$

Bu yerda P — bosim, V — hajm, V_0 — boshlang'ich hajm, E — elastiklik koeffitsienti. Ushbu model yurak devorining cho'ziluvchanligini hisobga oladi va yurakning mexanik xususiyatlarini tushuntirishga yordam beradi.

Yurak faoliyatining elektr tomonini modellashtirishda differensial tenglamalar keng qo'llaniladi. Elektr impulslarning vaqt bo'yicha o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dV}{dt} = f(V, t)$$

Bu yerda V — membrana potentsiali, t — vaqt, f — tizimning xususiyatlarini ifodalovchi funksiya. Bu tenglama yurakdagi bioelektrik jarayonlarning dinamikasini tushuntirishga yordam beradi.

Yurakni elektr zanjir sifatida modellashtirish ham keng qo'llaniladi. Bu modelda yurak elementlari rezistor va kondensatorlar orqali ifodalanadi. Natijada yurak faoliyati quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$I = C \frac{dV}{dt} + \frac{V}{R}$$

Bu tenglama yurak hujayralaridagi tok va potensial o'zgarishlarini birgalikda ko'rsatadi.

Zamonaviy tibbiyot muhandisligida kompyuter modellashtirish usullari ham keng qo'llanilmoqda. Matlab, Python yoki boshqa dasturiy vositalar yordamida yurak faoliyatining murakkab modellari yaratiladi. Bu modellar orqali turli patologik holatlar, masalan, aritmiyalar yoki qon oqimi buzilishlari simulyatsiya qilinadi. Matematik modellashtirishning yana bir muhim jihati — u real klinik ma'lumotlar bilan bog'lanadi. Masalan, EKG signallari yoki qon bosimi ko'rsatkichlari model parametrlarini aniqlashda ishlatiladi. Natijada model yanada aniq va ishonchli bo'ladi.

Tibbiyot muhandislari uchun matematik modellashtirish juda katta ahamiyatga ega. Chunki bu yondashuv yordamida ular yurak faoliyatini chuqur tahlil qilish, yangi diagnostik usullar ishlab chiqish va hatto sun'iy yurak tizimlarini loyihalash imkoniyatiga ega bo'ladi.

Yurak faoliyatini matematik modellashtirish murakkab biologik jarayonlarni fizik va matematik tenglamalar orqali ifodalashga asoslangan bo'lib, u tibbiyot muhandisligining eng muhim ilmiy yo'nalishlaridan biridir. Bu usul orqali yurak

faoliyatini nafaqat tushunish, balki uni boshqarish va takomillashtirish imkoniyati ham paydo bo‘ladi.

2.2 Elektrofizik usullar

Yurak faoliyatini o‘rganishda elektrofizik usullar alohida o‘rin tutadi, chunki yurakning ishlashi avvalo elektr impulslar hosil bo‘lishi va ularning tarqalishiga asoslanadi. Shu sababli yurakdagi bioelektrik jarayonlarni aniqlash, o‘lchash va tahlil qilish tibbiyot muhandisligi uchun muhim ilmiy va amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Elektrofizik usullar aynan shu vazifani bajarib, yurakning elektr faolligini chuqur o‘rganish imkonini beradi.

Elektrofizik yondashuvning asosida yurak to‘qimalarida hosil bo‘ladigan elektr potentsiallar va toklar yotadi. Miokard hujayralarida ionlar harakati natijasida elektr impulslar yuzaga keladi va ular yurak bo‘ylab tarqaladi. Bu jarayonni fizik nuqtai nazardan elektr toki sifatida qarash mumkin. Tok kuchi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I = dq/dt$$

Bu yerda I — tok kuchi, dq — harakatlanayotgan zaryad miqdori, dt — vaqt. Yurakda bu zaryadlar ionlar orqali tashiladi va ular bioelektrik signallarni hosil qiladi.

Elektrofizik usullar yurakning turli darajadagi elektr faoliyatini o‘rganishga imkon beradi. Masalan, makro darajada elektrokardiografiya yordamida butun yurakning elektr faolligi qayd etiladi. Mikro darajada esa alohida hujayralardagi potensial o‘zgarishlar o‘rganiladi. Bu usullar birgalikda yurak faoliyati haqida to‘liq tasavvur beradi.

Yurakni elektr tizim sifatida modellashtirishda Ohm qonuni keng qo‘llaniladi. Bu qonun yurak to‘qimalarida kuchlanish, tok va qarshilik o‘rtasidagi bog‘liqlikni tushuntiradi:

$$U = I / R$$

Bu yerda U — potensial farqi, I — tok, R — qarshilik. Yurak to'qimalarining elektr o'tkazuvchanligi turlicha bo'lgani uchun signal tarqalish tezligi va xususiyatlari ham har xil bo'ladi.

Elektrofizik usullarning muhim yo'nalishlaridan biri — yurak ritmini va o'tkazuvchanlik tizimini o'rganishdir. Yurakning sinus tuguni impulslar generatori sifatida ishlaydi va u muntazam ravishda signal hosil qiladi. Bu signal yurak bo'ylab tarqalib, muvofiqlashgan qisqarishni ta'minlaydi. Agar bu jarayon buzilsa, yurak ritmida o'zgarishlar — aritmiyalar yuzaga keladi. Shuningdek, elektrofizik usullar yurak to'qimalarining elektr xossalarini aniqlash imkonini ham beradi. Masalan, bioimpedans usuli yordamida to'qimalarning qarshiligi o'lchanadi. Bu ma'lumotlar yurak holatini baholashda qo'llaniladi. Elektr qarshilik va sig'im kabi parametrlar yurakning fiziologik va patologik holatini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

Zamonaviy tibbiyot muhandisligida elektrofizik usullar signalni qayta ishlash texnologiyalari bilan uyg'unlashgan holda qo'llaniladi. Olingan bioelektrik signallar raqamlashtiriladi, filtrlanadi va matematik tahlil qilinadi. Bu jarayonlar yordamida yurak faoliyatidagi eng kichik o'zgarishlarni ham aniqlash mumkin bo'ladi.

Elektrofizik usullar nafaqat diagnostika, balki davolash jarayonida ham qo'llaniladi. Masalan, yurak stimulyatorlari elektr impulslar berish orqali yurak ritmini boshqaradi. Defibrillyatorlar esa kuchli elektr zarbasi yordamida yurak ritmini tiklaydi. Bu qurilmalar to'liq elektrofizik qonunlarga asoslangan holda ishlaydi.

Tibbiyot muhandislari uchun elektrofizik usullarni bilish juda zarur, chunki ular yurak faoliyatini o'lchash va boshqarishga mo'ljallangan qurilmalarni ishlab chiqishda asosiy rol o'ynaydi. Bu bilimlar orqali nafaqat mavjud texnologiyalarni tushunish, balki yangi innovatsion yechimlar yaratish ham mumkin.

Elektrofizik usullar yurak faoliyatining elektr asoslarini o'rganishga xizmat qiluvchi muhim ilmiy yo'nalish bo'lib, ular bioelektrik signallarni aniqlash, tahlil qilish va boshqarish imkonini beradi. Bu usullar tibbiyot muhandisligining rivojlanishida muhim o'rin tutadi va yurak kasalliklarini aniqlash hamda davolashda keng qo'llaniladi.

2.2.1 Yurakning elektr modeli va signal tahlili

Yurak faoliyatini chuqur o'rganishda uni elektr tizim sifatida modellashtirish va hosil bo'ladigan signallarni tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Chunki yurakdagi barcha mexanik jarayonlar avvalo elektr impulslar bilan boshlanadi. Shu sababli yurakni elektr model orqali tushuntirish tibbiyot muhandislari uchun eng qulay va samarali yondashuvlardan biri hisoblanadi.

Yurakning elektr modeli odatda elektr zanjirga o'xshash tarzda tasvirlanadi. Bu modelda yurak hujayralari membranasi kondensator (sig'im), ion kanallari esa rezistor (qarshilik) sifatida qaraladi. Natijada yurakdagi bioelektrik jarayonlar oddiy elektr zanjir qonunlari orqali ifodalanadi. Bu yondashuv yurakdagi potentsiallar qanday hosil bo'lishi va vaqt bo'yicha qanday o'zgarishini tushunishga yordam beradi.

Yurak hujayrasidagi tok va potentsial o'rtasidagi bog'liqlik quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$I = C \frac{dV}{dt} + \frac{V}{R}$$

Bu yerda I — umumiy tok, C — membrana sig'imi, V — potentsial, R — qarshilik. Ushbu tenglama yurak hujayrasida ionlar oqimi va potentsial o'zgarishlari o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi. Demak, yurakdagi bioelektrik jarayonlar vaqtga bog'liq dinamik tizim sifatida qaraladi.

Yurakning elektr modelini tushunishda uni dipol tizim sifatida tasavvur qilish ham muhimdir. Yurak qisqarish jarayonida musbat va manfiy zaryadlar o'rtasida potensial farq hosil bo'ladi va bu farq vaqt davomida o'zgarib turadi. Natijada tashqi yuzada o'lchanadigan signal paydo bo'ladi. Bu signal elektrokardiografiya orqali qayd etiladi. Signal tahlili esa yurakdan olingan elektr signallarni qayta ishlash va ularni ma'lumotga aylantirish jarayonidir. EKG signali vaqtga bog'liq funksiya sifatida qaraladi:

$$U(t) = f(t)$$

Bu yerda $U(t)$ — vaqt bo'yicha o'zgaruvchi signal. Signal tahlili yordamida bu funksiyaning asosiy xususiyatlari aniqlanadi: amplituda, chastota, davriylik va shakl.

Signalni tahlil qilishda uning chastotaviy tarkibini aniqlash ham muhim. Buning uchun spektral tahlil usullari qo'llaniladi. Signalning chastota tarkibi uning qanday jarayonlardan iborat ekanligini ko'rsatadi. Masalan, yurak ritmining buzilishi signalning chastota xususiyatlarida aks etadi.

Signalni qayta ishlash jarayonida filtratsiya muhim rol o'ynaydi. EKG signali ko'pincha turli shovqinlar bilan aralashgan bo'ladi. Shu sababli foydali signalni ajratib olish uchun filtrlar qo'llaniladi. Bu filtrlar past chastotali va yuqori chastotali shovqinlarni kamaytiradi.

Yurak signallarini tahlil qilishda yana bir muhim parametr — vaqt oralig'lari hisoblanadi. Masalan, yurak urishlari orasidagi vaqt (RR interval) yurak ritmining barqarorligini ko'rsatadi. Bu parametrlarni hisoblash orqali yurak faoliyati haqida muhim xulosalar chiqarish mumkin.

Zamonaviy tibbiyot muhandisligida signal tahlili raqamli texnologiyalar bilan uyg'unlashgan holda amalga oshiriladi. Signal analog ko'rinishdan raqamli ko'rinishga o'tkaziladi va kompyuter yordamida qayta ishlanadi. Bu jarayonda matematik algoritmlar va hatto sun'iy intellekt usullari qo'llaniladi.

Tibbiyot muhandislari uchun yurakning elektr modeli va signal tahlilini bilish juda muhim. Chunki ular ishlab chiqadigan barcha diagnostik tizimlar aynan signalni to'g'ri qayd etish va tahlil qilishga asoslanadi. Agar signal noto'g'ri talqin qilinsa, diagnostika xatolarga olib kelishi mumkin. Yurakning elektr modeli va signal tahlili yurak faoliyatini tushunishda asosiy vositalardan biri bo'lib, u bioelektrik jarayonlarni matematik va fizik asosda tahlil qilish imkonini beradi. Bu bilimlar tibbiyot muhandislariga yuqori aniqlikdagi diagnostik va monitoring tizimlarini yaratishda muhim poydevor bo'lib xizmat qiladi.

2.3 Bioelektrik signallarni raqamli qayta ishlash

Yurak faoliyatidan olinadigan bioelektrik signallar, xususan EKG signali, o'z tabiatiga ko'ra analog ko'rinishda bo'ladi. Ya'ni bu signal uzluksiz vaqt funksiyasi sifatida o'zgarib turadi. Ammo zamonaviy tibbiyot muhandisligida bunday signallarni saqlash, uzatish va chuqur tahlil qilish uchun ularni raqamli ko'rinishga o'tkazish zarur bo'ladi. Shu sababli bioelektrik signallarni raqamli qayta ishlash yurak diagnostikasining ajralmas qismiga aylangan.

Raqamli qayta ishlash jarayoni bir nechta bosqichlardan iborat: signalni olish, diskretlash, kvantlash, filtratsiya va tahlil qilish. Avvalo analog signal maxsus qurilma — analog-raqamli o'zgartirgich (ADC) yordamida raqamli shaklga o'tkaziladi. Bu jarayonda signal ma'lum vaqt oralig'ida o'lchanadi, ya'ni diskret nuqtalarga ajratiladi.

Diskretlash jarayoni quyidagicha ifodalanadi:

$$x[n] = x(nT_s)$$

Bu yerda $x[n]$ — diskret signal, T_s — diskretlash oralig'i. Demak, uzluksiz signal ma'lum vaqt oralig'ida olingan nuqtalar ketma-ketligiga aylanadi. Bu jarayonda diskretlash chastotasi juda muhim bo'lib, u signalning barcha muhim xususiyatlarini saqlab qolishi kerak.

Signalni raqamlashtirishda Nyquist sharti bajarilishi zarur, ya'ni diskretlash chastotasi signalning maksimal chastotasidan kamida ikki baravar katta bo'lishi kerak. Aks holda signal buziladi (aliasing hodisasi yuzaga keladi).

Raqamli qayta ishlashning keyingi bosqichi — kvantlash hisoblanadi. Bu bosqichda signal amplitudasi ma'lum darajalarga ajratiladi. Natijada analog signal sonli qiymatlar ketma-ketligiga aylanadi. Bu jarayon ma'lum aniqlik bilan amalga oshiriladi va kvantlash xatoligi mavjud bo'lishi mumkin.

Bioelektrik signallarni qayta ishlashda filtratsiya muhim rol o'ynaydi. EKG signalida turli xil shovqinlar bo'lishi mumkin: elektr tarmog'i shovqini, mushak faolligi yoki harakat artefaktlari. Shu sababli signalni tozalash uchun raqamli filtrlar qo'llaniladi. Masalan, past chastotali filtrlar yuqori chastotali shovqinlarni kamaytiradi, yuqori chastotali filtrlar esa past chastotali siljishlarni bartaraf etadi. Signalni tahlil qilishda matematik usullar keng qo'llaniladi. Masalan, signalning vaqt bo'yicha o'zgarishi quyidagi umumiy ko'rinishda ifodalanadi:

$$y[n] = \sum_{k=0}^N a_k x[n - k]$$

Bu tenglama filtrlangan signalni ifodalaydi, bu yerda a_k — filtr koeffitsientlari. Bu usul orqali signalni silliqlash, shovqindan tozalash va kerakli komponentlarni ajratish mumkin.

Raqamli signalni tahlil qilishda spektral tahlil ham muhim ahamiyatga ega. Bu usul signalning chastotaviy tarkibini aniqlash imkonini beradi. Yurak faoliyatidagi o'zgarishlar ko'pincha signalning chastota tarkibida aks etadi, shu sababli bu tahlil usuli diagnostikada keng qo'llaniladi.

Zamonaviy texnologiyalarda bioelektrik signallarni qayta ishlash sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish usullari bilan uyg'unlashgan. Bu usullar yordamida signal avtomatik ravishda tahlil qilinadi va patologik holatlar aniqlanadi. Masalan, aritmiyalarni aniqlashda bunday tizimlar yuqori aniqlik bilan ishlaydi.

Tibbiyot muhandislari uchun bioelektrik signallarni raqamli qayta ishlash bilimlari juda muhim. Chunki ular diagnostik qurilmalar yaratishda signalni to'g'ri olish, qayta ishlash va talqin qilishni bilishi kerak. Bu bilimlar orqali nafaqat mavjud qurilmalarni tushunish, balki yangi innovatsion tizimlar ishlab chiqish ham mumkin.

Bioelektrik signallarni raqamli qayta ishlash yurak diagnostikasining zamonaviy va muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, u signalni raqamlashtirish, filtratsiya qilish va tahlil qilish jarayonlarini o'z ichiga oladi. Bu jarayonlar tibbiyot muhandislariga yurak faoliyatini aniq va ishonchli baholash imkonini beradi.

2.3.1 Ultratovush va Doppler texnologiyalari

Yurak faoliyatini o'rganishda Doppler texnologiyasi alohida va fizik mazmunga ega bo'lgan usullardan biri hisoblanadi. Agar oddiy ultratovush asosan yurakning morfologik tuzilishini ko'rsatishga xizmat qilsa, Doppler usuli bevosita yurak-qon tomir tizimidagi dinamik jarayonlarni — ya'ni qon oqimining tezligi, yo'nalishi va xarakterini aniqlash imkonini beradi. Bu esa tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan aynan harakatdagi biologik muhitlar fizikasi, to'lqinlar va signal transformatsiyasi bilan bog'liq murakkab masalalarni yechishni talab qiladi.

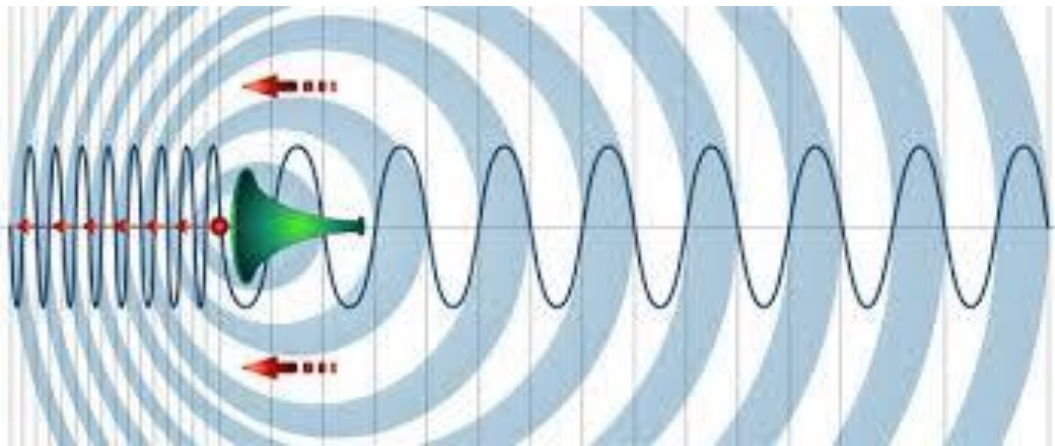
Doppler texnologiyasining fizik asosi — Doppler effekti bo'lib, u harakatlanayotgan obyektlardan qaytgan to'lqin chastotasining o'zgarishi hodisasini ifodalaydi. Yurak diagnostikasida bu obyekt sifatida qon tarkibidagi eritrotsitlar qaraladi. Transduser tomonidan yuborilgan ultratovush to'lqini harakatlanayotgan qon hujayralariga urilib qaytganda, qaytgan signal chastotasi boshlang'ich chastotadan farq qiladi. Aynan shu farq Doppler siljishi deb ataladi va u orqali qon oqimi tezligi hisoblanadi.

Doppler effektining yurak diagnostikasidagi asosiy matematik ifodasi quyidagicha beriladi:

$$\Delta f = \frac{2f_0 v \cos \theta}{c}$$

bu yerda (Δf) — qaytgan signal chastotasining o‘zgarishi (Doppler siljishi), (f_0) — yuborilgan ultratovush chastotasi, (v) — qon oqimi tezligi, (θ) — ultratovush nuri bilan qon oqimi orasidagi burchak, (c) — to‘lqin tezligi (biologik to‘qimalarda taxminan 1540 m/s).

Ushbu formuladan ko‘rinadiki, Doppler signali bir nechta muhim fizik omillarga bog‘liq. Birinchidan, chastota siljishi to‘g‘ridan-to‘g‘ri qon oqimi tezligiga proporsional bo‘lib, bu yurak ichidagi gemodinamik jarayonlarni aniq baholash imkonini beradi. Ikkinchidan, burchak omili ($\cos \theta$) katta ahamiyatga ega: agar ultratovush nuri qon oqimi yo‘nalishiga parallel bo‘lsa ($\theta \approx 0^\circ$), Doppler signali maksimal bo‘ladi, aksincha, ($\theta = 90^\circ$) bo‘lsa, signal deyarli yo‘qoladi. Shu sababli diagnostikada probani to‘g‘ri joylashtirish muhim muhandislik va amaliy vazifa hisoblanadi.



2.3.1.1-rasm

Doppler usulining yana bir muhim jihati — chastota o‘zgarishining juda kichik bo‘lishidir. Amaliyotda bu o‘zgarishlar kHz diapazonda bo‘ladi, shuning uchun ularni aniqlash uchun yuqori aniqlikdagi signalni qayta ishlash algoritmlari qo‘llaniladi. Zamonaviy ultratovush tizimlarida bu jarayonlar raqamli spektral tahlil, tez Fourier transformatsiyasi (FFT) va adaptiv filtrlash orqali amalga

oshiriladi. Natijada Doppler spektri hosil bo'lib, unda vaqt bo'yicha qon oqimi tezligining o'zgarishi grafik tarzda aks etadi.

Doppler texnologiyasi yurak kasalliklarini aniqlashda ayniqsa muhim rol o'ynaydi. Masalan, yurak klapanlari torayganda (stenoz) qon oqimi tezligi keskin ortadi va bu Doppler formulasi orqali aniqlanadi. Aksincha, klapan yetishmovchiligida (regurgitatsiya) qonning teskari oqimi kuzatiladi va bu chastota siljishining belgisi orqali darhol aniqlanadi. Shu bilan birga, Doppler yordamida bosim farqlari ham hisoblanishi mumkin, chunki Bernulli tenglamasi asosida tezlikdan bosimga o'tish mumkin:

$$\Delta P \approx 4v^2$$

Bu esa yurak klapanlaridagi bosim yuklanishini baholashda keng qo'llaniladi.

Tibbiyot muhandislari uchun Doppler texnologiyasi faqat diagnostik vosita emas, balki murakkab fizik-matematik tizim sifatida qaraladi. Bu yerda to'lqinlarning tarqalishi, harakatlanuvchi muhit bilan o'zaro ta'siri, chastota modulyatsiyasi va signalni qayta ishlash jarayonlari bir butun tizimni tashkil etadi. Ayniqsa, Doppler signallaridagi shovqinlarni kamaytirish, aliasing hodisasini oldini olish va yuqori aniqlikdagi tezlik o'lchovlarini ta'minlash muhim muhandislik muammolaridan hisoblanadi.

Doppler texnologiyasi yurak faoliyatini o'rganishda eng muhim fizik asoslangan usullardan biri bo'lib, uning markazida Doppler effektining matematik va fizik qonuniyatlari yotadi. Aynan shu effekt orqali yurakdagi qon oqimi real vaqt rejimida, yuqori aniqlikda va miqdoriy jihatdan baholanadi. Bu esa tibbiyot muhandisligi sohasida yurak-qon tomir tizimini chuqur tahlil qilish va zamonaviy diagnostik qurilmalarni yaratishda asosiy ilmiy poydevor hisoblanadi.

2.4 Doppler effekti asosida qon oqimini o'lchash

Doppler effekti asosida qon oqimini o'lchash zamonaviy tibbiyot muhandisligidagi eng muhim fizik usullardan biridir. Bu usulning markazida to'lqin manbai va kuzatuvchining nisbiy harakati tufayli qabul qilingan to'lqin chastotasining o'zgarishi haqidagi Doppler hodisasi yotadi. Tibbiyotda bu hodisa ultratovush to'lqinlari yordamida amalga oshiriladi.

Jarayon davomida ultratovush datchigi tanaga qisqa va yuqori chastotali tovush to'lqinlarini yuboradi. Bu to'lqinlar qon tomirlari ichida harakatlanayotgan qizil qon tanachalariga yetib borgach, ulardan qaytadi. Aynan qon tanachalarining harakati tufayli qaytgan to'lqinning chastotasi yuborilgan to'lqin chastotasiga nisbatan o'zgaradi. Agar qon tanachalari datchik tomon harakatlanayotgan bo'lsa, qaytgan to'lqin chastotasi yuqoriroq; agar datchikdan uzoqlashayotgan bo'lsa, chastota pastroq bo'ladi. Aynan shu chastota farqi qon oqimining tezligi va yo'nalishi haqida fizik ma'lumot beradi.

Fizik nuqtai nazardan, qaytgan signal ikki marta Doppler siljishiga uchraydi: birinchi marta ultratovush manbadan harakatlanuvchi qon tanachasiga yetib borganda, ikkinchi marta esa harakatlanuvchi tanachadan qaytib statsionar datchikka kelganda. Natijada hosil bo'lgan chastota siljishi qon oqimi tezligiga, ultratovushning boshlang'ich chastotasiga va tovushning to'qimalardagi tezligiga bog'liq. Bundan tashqari, ultratovush nuri bilan qon oqimi yo'nalishi orasidagi burchak muhim rol o'ynaydi: agar bu burchak to'g'ri burchakka yaqin bo'lsa, chastota siljishi juda kichik yoki umuman kuzatilmaydi. Shuning uchun amalda datchikni shunday yo'naltirish kerakki, ultratovush nuri qon oqimiga imkon qadar parallel yoki unga ma'lum burchak ostida tushsin.

Qon tanachalari ultratovush to'lqin uzunligidan ancha kichik bo'lgani uchun ulardan qaytgan signal Reley sochilishi qonuniga bo'ysunadi. Bu degani, sochilgan signal kuchi to'lqin chastotasining to'rtinchi darajasiga proporsional ravishda oshadi. Shu sababli klinik amaliyotda nisbatan yuqori chastotali ultratovushlardan

foydalaniladi, ammo bu to'qimalarda to'lqinning tez so'nishiga ham olib keladi. Shuning uchun chuqur joylashgan tomirlarni o'lchashda chastotani muvozanatlash zarur.

O'lchash jarayonida ikki asosiy fizik rejim qo'llaniladi. Uzlüksiz to'lqinli Doppler usulida datchik doimiy ravishda ultratovush nurlatadi va qabul qiladi, bu esa juda yuqori tezliklarni o'lchash imkonini beradi, lekin qayerdan, qaysi chuqurlikdan signal kelayotganini aniqlay olmaydi. Impulsi Doppler usulida esa qisqa muddatli ultratovush impulslari yuboriladi va ularning qaytish vaqtiga qarab signal aniq chuqurlikdan olinadi. Impulsi usulda esa Nyquist nomi bilan ma'lum bo'lgan fizik cheklov mavjud: agar qon oqimi tezligi juda yuqori bo'lsa, chastota siljishi impuls takrorlanish chastotasining yarmidan oshib ketadi va natijada o'lchov noaniq bo'lib qoladi. Bu hodisa "aliasing" deb ataladi va uni bartaraf etish uchun maxsus signalni qayta ishlash usullari qo'llaniladi.

Qaytgan ultratovush signallari faqat qon tanachalaridan iborat emas, balki tomir devori va atrofdagi harakatsiz to'qimalardan ham kuchli aks-sadolar beradi. Ushbu past chastotali, katta amplitudali signallar (klutter) maxsus elektron filtrlash orqali olib tashlanadi. Shundan so'ng qolgan signal asosan harakatlanuvchi qon tanachalariga tegishli bo'ladi va bu signalning chastota spektri tahlil qilinadi. Spektrning kengligi qon oqimining qanchalik tartibli yoki turbulent ekanligini ko'rsatadi. Keng spektr tartibsiz, girdobli oqimga ishora qiladi, bu esa patologik holatlarda kuzatiladi.

Tibbiyot muhandisligidagi ahamiyati. Doppler effekti asosida qon oqimini o'lchash tibbiyot muhandisligida invaziv bo'lmagan diagnostikaning eng muhim yutuqlaridan biridir. Ushbu usul yurak-qon tomir tizimining funksional holatini real vaqt rejimida, bemorga hech qanday zarar etkazmasdan baholash imkonini beradi. Tibbiyot muhandislari ushbu fizik tamoyilga asoslangan ultratovush apparatlarini loyihalash, ularning signalni qayta ishlash algoritmlarini optimallashtirish va turli xalaqitlarni bartaraf etish usullarini ishlab chiqish bilan

shugʻullanadi. Aynan shu usul yordamida qon tomirlaridagi torayishlar, qon ivakchalari, qopqoq apparatining yetishmovchiligi va arterial oqimdagi buzilishlar aniqlanadi. Shuningdek, rangli Doppler kartirovkasi kabi ilgʻor texnologiyalar yordamida qon oqimining tomirlar ichidagi fazoviy taqsimotini vizual koʻrish mumkin. Bu esa jarrohlik aralashuvlarni rejalashtirish, dori terapiyasi samaradorligini kuzatish va reabilitatsiya davrida qon aylanishini nazorat qilishda muhandislik yechimlarini talab qiladi. Shu sababli Doppler oqim oʻlchash texnologiyalari tibbiyot muhandisligining asosiy yoʻnalishlaridan biri boʻlib, bu sohada yangi datchiklar, signallarni qayta ishlash protsessorlari va klinik qarorlarni qoʻllab-quvvatlash tizimlarini yaratish dolzarb vazifa hisoblanadi.

2.4.1 Yurak klapanlari va gemodinamik ko'rsatkichlar

Yurak faoliyatini to'g'ri baholashda klapanlarning holati va gemodinamik ko'rsatkichlar alohida ahamiyatga ega. Chunki yurak klapanlari qon oqimining yo'nalishini boshqaruvchi asosiy mexanik elementlar bo'lib, ular butun qon aylanish tizimining samaradorligini ta'minlaydi. Agar klapanlar normal ishlasa, qon faqat bir yo'nalishda harakatlanadi; aks holda, oqim buziladi va yurak yuklamasi ortadi.

Yurakda to'rtta asosiy klapan mavjud: mitral, trikuspid, aorta va o'pka klapanlari. Bu klapanlar ochilib-yopilib turishi orqali qonning ortga qaytib ketishiga yo'l qo'ymaydi. Fizik nuqtai nazardan qaraganda, klapanlar bir tomonlama oqimni ta'minlovchi mexanik "ventil" sifatida ishlaydi. Ularning ishlashi bosim farqi asosida amalga oshadi: qaysi tomonda bosim yuqori bo'lsa, qon shu tomondan past bosimli tomonga harakatlanadi.

Gemodinamik jihatdan yurak faoliyatini tushunishda bosim, oqim va qarshilik o'rtasidagi bog'liqlik muhim rol o'ynaydi. Bu bog'lanish quyidagi asosiy tenglama orqali ifodalanadi:

$$Q = \frac{\Delta P}{R}$$

Bu yerda Q — qon oqimi, ΔP — bosim farqi, R — tomir yoki klapan qarshiligi. Demak, klapanlarda torayish (stenoz) yuzaga kelsa, qarshilik ortadi va qon oqimi kamayadi. Natijada yurak bu qarshilikni yengish uchun ko'proq ish bajarishga majbur bo'ladi.

Yurak klapanlari holatini baholashda oqim tezligi ham muhim ko'rsatkich hisoblanadi. Qon oqimining tezligi klapan orqali o'tish jarayonida o'zgaradi. Agar klapan toraygan bo'lsa, oqim tezligi ortadi. Bu jarayonni uzluksizlik tenglamasi orqali tushuntirish mumkin:

$$Q = v \cdot S$$

Bu yerda v — oqim tezligi, S — kesim yuzasi. Agar kesim yuzasi kichraygan bo'lsa (masalan, stenozda), tezlik ortadi. Shu sababli Doppler ultratovush yordamida tezlikni o'lchash orqali klapan holatini aniqlash mumkin.

Gemodinamik ko'rsatkichlardan yana biri — bosim gradientidir. Bu klapan oldi va orqasidagi bosim farqini bildiradi. Bosim gradienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

Bu yerda P_1 va P_2 — klapaning ikki tomonidagi bosimlar. Agar bu farq juda katta bo'lsa, demak klapan orqali qon o'tishi qiyinlashgan bo'ladi.

Yurak klapanlari yetishmovchiligi (regurgitatsiya) holatida esa qon ortga qaytadi. Bu holatda oqim yo'nalishi buziladi va tizim samaradorligi pasayadi. Fizik nuqtai nazardan bu energiya yo'qotilishiga olib keladi, chunki qonning bir qismi foydali yo'nalishda emas, balki ortga harakatlanadi.

Yurak faoliyatini baholashda zarba hajmi va minutlik hajm ham muhim gemodinamik ko'rsatkichlar hisoblanadi. Ular yurakning qancha qon haydayotganini ko'rsatadi. Bu parametrlar klapanlarning holatiga bevosita bog'liq, chunki klapanlar noto'g'ri ishlasa, chiqarilayotgan qon hajmi kamayadi.

Tibbiyot muhandislari uchun yurak klapanlari va gemodinamik ko'rsatkichlarni bilish juda muhim. Chunki ular diagnostik qurilmalar, ultratovush tizimlari va hatto sun'iy klapanlar yaratishda aynan shu fizik va fiziologik qonunlarga tayanadi. Klapanlarning ishlash mexanizmini tushunish orqali ularni modellashtirish va takomillashtirish mumkin bo'ladi.

Yurak klapanlari va gemodinamik ko'rsatkichlar yurak faoliyatining samaradorligini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi. Ular bosim, oqim va qarshilik kabi fizik kattaliklar bilan chambarchas bog'liq bo'lib, yurak-qon tomir tizimini chuqur tushunishda muhim o'rin tutadi.

3.1 Diagnostik qurilmalar fizikasi.

Yurak faoliyatini o'rganishda qo'llaniladigan diagnostik qurilmalar oddiy texnik vositalar emas, balki murakkab fizik jarayonlarga asoslangan tizimlar hisoblanadi. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, har bir diagnostik qurilma yurakda sodir bo'ladigan ma'lum fizik hodisani — elektr, mexanik, akustik yoki gidrodinamik jarayonni — aniqlash va uni o'lchashga xizmat qiladi. Shu sababli bu qurilmalarni tushunish uchun avvalo ularning fizik asoslarini bilish zarur.

Diagnostik qurilmalar ishlashining markazida “signalni o'lchash va qayta ishlash” prinsipi yotadi. Yurak faoliyati natijasida hosil bo'ladigan signallar juda kichik bo'lgani uchun ularni bevosita kuzatish qiyin. Shu sababli qurilmalar ushbu signallarni sezadi, kuchaytiradi, filtrlaydi va oxirida inson tushunadigan ko'rinishga — grafik, raqam yoki tasvir shakliga keltiradi.

Yurak diagnostikasida qo'llaniladigan qurilmalarni fizik xususiyatlariga ko'ra bir nechta guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruh — elektr signallarni o'lchovchi qurilmalar (masalan, EKG). Bu qurilmalar yurakdagi bioelektrik potentsiallarni qayd etadi. Bu jarayonda kuchlanish, tok va qarshilik kabi fizik kattaliklar muhim rol o'ynaydi. Elektr signalni aniqlashda differensial o'lchov prinsipi qo'llaniladi, ya'ni ikki nuqta orasidagi potentsial farq o'lchanadi.

Ikkinchi guruh — akustik va mexanik signallarni o'lchovchi qurilmalar. Bu yerda yurakning mexanik harakati yoki tovushlari aniqlanadi. Masalan, fonokardiografiya qurilmalari yurakdan chiqadigan tovushlarni qayd etadi. Bu jarayon tovush to'lqinlari fizikasi asosida amalga oshadi. Yurak tovushlari tebranish sifatida tarqaladi va sezgir sensorlar yordamida aniqlanadi.

Uchinchi guruh — ultratovush qurilmalari bo'lib, ular to'lqinlar fizikasi asosida ishlaydi. Bu qurilmalar yuqori chastotali to'lqinlarni yuborib, qaytgan signal orqali yurakning ichki tuzilishini aniqlaydi. Bu yerda asosiy rolni akustik impedans, to'lqin tezligi va aks ettirish hodisalari o'ynaydi.

Diagnostik qurilmalar fizikasi signalni kuchaytirish jarayonini ham o'z ichiga oladi. Chunki yurakdan kelayotgan signal juda kichik bo'ladi. Shu sababli kuchaytirgichlar yordamida signalning amplitudasi oshiriladi:

$$U_{chiqish} = K \cdot U_{kirish}$$

Bu yerda K — kuchaytirish koeffitsienti. Signalni kuchaytirishda uning shaklini buzmaslik juda muhim hisoblanadi.

Signalni qayta ishlashda filtratsiya jarayoni ham muhim o'rin tutadi. Diagnostik qurilmalarda turli shovqinlar mavjud bo'lishi mumkin, shu sababli foydali signalni ajratib olish uchun filtrlar qo'llaniladi. Bu jarayon signalning sifatini oshiradi va aniq natija olish imkonini beradi.

Diagnostik qurilmalar ishlashida yana bir muhim jihat — sensorlar hisoblanadi. Sensorlar fizik kattaliklarni (bosim, harorat, elektr potensial, tovush va boshqalar) elektr signalga aylantiradi. Bu signal keyinchalik qayta ishlanadi. Demak, sensor — bu fizik hodisa va elektron tizim o'rtasidagi asosiy bog'lovchi elementdir.

Zamonaviy tibbiyot muhandisligida diagnostik qurilmalar raqamli texnologiyalar bilan uyg'unlashgan. Signal analog ko'rinishdan raqamli shaklga o'tkaziladi va kompyuter yordamida tahlil qilinadi. Bu esa aniqlikni oshiradi va avtomatik diagnostika qilish imkonini beradi.

Tibbiyot muhandislari uchun diagnostik qurilmalar fizikasi juda muhim bilim hisoblanadi. Chunki ular qurilmaning qanday ishlashini tushunibgina qolmay, uni takomillashtirish va yangi texnologiyalar yaratishda ham faol ishtirok etadi. Har bir qurilma ortida muayyan fizik qonun yotadi va uni chuqur tushunish innovatsion yechimlar uchun asos bo'ladi. Diagnostik qurilmalar fizikasi yurak faoliyatini o'rganishda asosiy ilmiy yo'nalishlardan biri bo'lib, u signalni o'lchash, kuchaytirish, filtratsiya qilish va qayta ishlash jarayonlarini o'z ichiga oladi. Bu bilimlar tibbiyot muhandislariga samarali va yuqori aniqlikdagi diagnostik tizimlar yaratishda muhim poydevor bo'lib xizmat qiladi.

3.1.1 EKG apparatlari va signal transformatsiyasi.

Yurak faoliyatini aniqlashda elektrokardiograf (EKG) apparatlari eng asosiy diagnostik vositalardan biri hisoblanadi. Bu qurilmalar yurakda hosil boʻladigan bioelektrik signallarni qabul qilib, ularni qayta ishlaydi va grafik koʻrinishda aks ettiradi. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, EKG apparati — bu signalni qabul qilish, kuchaytirish, filtrlash, transformatsiya qilish va chiqarish bosqichlaridan iborat murakkab tizimdir.

EKG apparatining birinchi bosqichi — signalni qabul qilishdir. Bu jarayon elektrodlar yordamida amalga oshiriladi. Elektrodlar tananing maʼlum nuqtalariga oʻrnatilib, yurakdan hosil boʻlayotgan potensial farqlarni oʻlchaydi. Bu yerda muhim jihat shundaki, EKG apparati mutlaq potensialni emas, balki ikki nuqta orasidagi potensial farqni qayd etadi. Shu sababli bu tizim differensial oʻlchov prinsipiga asoslanadi.

Olingan signal juda kichik boʻlgani sababli (odatda millivolt darajasida), uni kuchaytirish zarur boʻladi. Bu bosqichda differensial kuchaytirgichlar qoʻllaniladi.

Keyingi bosqich — signalni filtrlash hisoblanadi. EKG signali turli xil shovqinlar bilan aralashgan boʻlishi mumkin: elektr tarmogʻi (50 Hz), mushaklarning bioelektrik faolligi yoki harakat artefaktlari. Shu sababli past chastotali va yuqori chastotali filtrlar yordamida foydali signal ajratib olinadi. Bu bosqich signal sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Signal transformatsiyasi — EKG apparatining eng muhim bosqichlaridan biridir. Bu jarayonda analog signal raqamli shaklga oʻtkaziladi. Bu vazifani analog-raqamli oʻzgartirgich (ADC) bajaradi. Raqamli signal olish uchun diskretlash amalga oshiriladi. Signal transformatsiyasining keyingi bosqichi — matematik qayta ishlashdir. Bu yerda signalni silliqlash, differensiallash, integrallash yoki spektral tahlil qilish mumkin. Masalan, filtrlangan signal quyidagicha ifodalanadi:

$$y[n] = \sum_{k=0}^N a_k x[n - k]$$

Bu tenglama orqali signalni shovqindan tozalash va kerakli komponentlarni ajratish amalga oshiriladi.

EKG apparatlarida signal transformatsiyasi faqat texnik jarayon emas, balki diagnostik ahamiyatga ham ega. Chunki signalni to'g'ri qayta ishlash orqali yurak ritmi, impulslar orasidagi vaqt, to'lqin shakllari kabi muhim parametrlar aniqlanadi. Bu ma'lumotlar shifokorga yurak holati haqida aniq xulosa chiqarishga yordam beradi.

Zamonaviy EKG apparatlari raqamli texnologiyalar bilan jihozlangan bo'lib, ular signalni avtomatik tahlil qilish imkoniyatiga ega. Ba'zi tizimlarda sun'iy intellekt algoritmlari qo'llanilib, aritmiyalar va boshqa yurak kasalliklari avtomatik aniqlanadi.

Tibbiyot muhandislari uchun EKG apparatlari va signal transformatsiyasini bilish juda muhim. Chunki ular bu qurilmalarni loyihalashda signalni to'g'ri olish, kuchaytirish va qayta ishlash bosqichlarini mukammal tushunishi kerak. Bu bilimlar orqali yuqori aniqlikdagi va ishonchli diagnostik tizimlar yaratish mumkin. EKG apparatlari yurakning bioelektrik faoliyatini o'lchovchi murakkab tizim bo'lib, unda signal transformatsiyasi asosiy o'rin tutadi. Bu jarayon analog signalni raqamli shaklga o'tkazish va uni tahlil qilish orqali yurak faoliyatini chuqur baholash imkonini beradi.

3.2 Ultratovush va EKO qurilmalar fizikasi

Yurak faoliyatini vizual va funksional jihatdan baholashda ultratovush va exokardiografiya (EKO) qurilmalari eng samarali diagnostik vositalardan biri hisoblanadi. Bu qurilmalar yurakning ichki tuzilishini, klapanlar harakatini va qon oqimini real vaqt rejimida ko'rsatib berish imkonini beradi. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, EKO qurilmalari akustika, to'liqlar fizikasi, piezoelektrik effekt va signalni qayta ishlash prinsiplari asosida ishlaydi.

Ultratovush diagnostikasining asosi — yuqori chastotali tovush to'liqlarini organizmga yuborish va qaytgan aks signallarni qabul qilishdir. Bu to'liqlar maxsus transduser yordamida hosil qilinadi. Transduser tarkibidagi piezoelektrik kristallar elektr signal ta'sirida tebranadi va ultratovush to'liqlarini hosil qiladi. Qaytgan to'liqlar esa yana shu kristallar tomonidan elektr signalga aylantiriladi. Shu tarzda mexanik energiya elektr energiyaga va aksincha o'tadi.

Ultratovush to'liqlinining asosiy fizik bog'lanishi quyidagicha ifodalanadi:



Bu yerda v — to'liqlin tezligi, f — chastota, λ — to'liqlin uzunligi. Inson to'liqlimlarida ultratovushning tezligi deyarli doimiy bo'lgani uchun, bu parametrlar o'zaro bog'liq holda ishlaydi.

EKO qurilmalarida masofani aniqlash ham muhim fizik jarayon hisoblanadi. Qaytgan signalning vaqtiga qarab to'liqlin qaysi chuqurlikdan qaytgani aniqlanadi:

$$d = \frac{c \cdot t}{2}$$

Bu yerda d — masofa, c — to'liqlin tezligi, t — signalning qaytish vaqti. 2 ga bo'linish sababi — signalning borib kelish vaqtini hisobga olishdir.

EKO qurilmalari turli rejimlarda ishlashi mumkin. Masalan, B-rejim (brightness mode) yurakning ikki o'lchamli tasvirini beradi, M-rejim esa yurak harakatini vaqt bo'yicha ko'rsatadi. Doppler rejimi esa qon oqimini aniqlash uchun qo'llaniladi. Bu rejimlar birgalikda yurak faoliyatini to'liq baholash imkonini beradi.

Signalni qayta ishlash EKO qurilmalarining muhim bosqichlaridan biridir. Qaytgan ultratovush signallari juda zaif bo'lishi mumkin, shu sababli ular kuchaytiriladi va filtrlanadi. Keyinchalik bu signallar raqamli shaklga o'tkazilib, tasvir hosil qilinadi. Zamonaviy qurilmalarda murakkab algoritmlar yordamida yuqori aniqlikdagi tasvirlar olinadi.

Tibbiyot muhandislari uchun ultratovush va EKO qurilmalarining fizik asoslarini bilish juda muhim. Chunki ular bu qurilmalarni loyihalashda to'lqinlarning tarqalishi, aks etishi, signalni qayta ishlash va tasvir hosil qilish jarayonlarini hisobga oladi. Bu bilimlar orqali yanada aniq va samarali diagnostik tizimlar yaratish mumkin bo'ladi.

Utratovush va EKO qurilmalari yurak faoliyatini o'rganishda asosiy vositalardan biri bo'lib, ular to'lqinlar fizikasi va akustik xususiyatlarga asoslanadi. Bu qurilmalar yordamida yurakning tuzilishi va funksional holatini aniq baholash mumkin bo'ladi va bu tibbiyot muhandisligi uchun muhim ilmiy asos hisoblanadi.

3.2.1 Biotibbiy sensorlar

Yurak faoliyatini zamonaviy darajada kuzatish va baholashda biotibbiy sensorlar alohida ahamiyatga ega. Chunki har qanday diagnostik qurilmaning “ko‘zi va qulog‘i” aynan sensor hisoblanadi. Sensor — bu fizik yoki biologik kattalikni aniqlab, uni elektr signalga aylantiruvchi qurilma bo‘lib, u yurak faoliyatini o‘lchashda asosiy bog‘lovchi bo‘g‘in vazifasini bajaradi.

Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, yurak faoliyatini o‘lchash uchun qo‘llaniladigan sensorlar turli fizik prinsiplarga asoslanadi. Ular elektr potensialni, bosimni, haroratni, mexanik harakatni yoki optik signallarni aniqlashi mumkin. Masalan, EKG elektrodlarini oddiy sensor sifatida qarash mumkin, chunki ular yurakdagi bioelektrik potentsiallarni qayd etadi.

Biotibbiy sensorlarning ishlash prinsipi fizik kattalikni elektr signalga aylantirishga asoslanadi. Bu jarayonni umumiy ko‘rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$S = k \cdot X$$

Bu yerda S — chiqish signali, X — o‘lchanayotgan fizik kattalik, k — sezgirlik koeffitsienti. Demak, sensor chiqish signali o‘lchanayotgan parametrga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi.

Yurak faoliyatini o‘rganishda eng ko‘p qo‘llaniladigan sensorlardan biri — bioelektrik sensorlardir. Bu sensorlar yurakdagi elektr signallarni aniqlaydi. Ular yuqori sezgirlikka ega bo‘lishi kerak, chunki yurakdan kelayotgan signal juda kichik amplitudaga ega bo‘ladi. Shu bilan birga, tashqi shovqinlardan himoyalangan bo‘lishi ham muhim.

Bosim sensorlari ham yurak diagnostikasida keng qo‘llaniladi. Ular qon bosimini o‘lchash uchun ishlatiladi. Bu sensorlar odatda elastik membranaga asoslangan bo‘lib, bosim ta‘sirida deformatsiyalanadi va bu o‘zgarish elektr signalga aylantiriladi. Bosim va kuch orasidagi bog‘lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \frac{F}{S}$$

Bu yerda P — bosim, F — kuch, S — yuzaning maydoni.

Optik sensorlar ham yurak faoliyatini monitoring qilishda muhim o‘rin tutadi. Masalan, pulsoksimetr qurilmalarida optik sensorlar yordamida qon tarkibidagi kislorod miqdori aniqlanadi. Bu sensorlar yorug‘likning yutilishi va aks etishiga asoslanadi.

Zamonaviy biotibbiy sensorlar kichik o‘lchamli va yuqori aniqlikka ega bo‘lib, ular wearable (taqiladigan) qurilmalarda keng qo‘llanilmoqda. Masalan, aqlli soatlar yurak urish tezligini doimiy ravishda o‘lchab boradi. Bu esa yurak faoliyatini uzluksiz monitoring qilish imkonini beradi.

Biotibbiy sensorlarning yana bir muhim jihati — ularning tezkorligi va aniqligidir. Sensor signalni tez qabul qilishi va uni minimal xatolik bilan uzatishi kerak. Shu sababli sensorlar ishlab chiqishda materiallar fizikasi, elektronika va signalni qayta ishlash usullari chuqur hisobga olinadi. Tibbiyot muhandislari uchun sensorlar bilan ishlash asosiy bilimlardan biri hisoblanadi. Chunki ular yangi diagnostik tizimlar yaratishda sensorlarni to‘g‘ri tanlash, joylashtirish va kalibrlashni bilishi kerak. Sensorning xususiyatlari butun qurilmaning aniqligiga bevosita ta’sir qiladi.

Biotibbiy sensorlar yurak faoliyatini o‘lchash va monitoring qilishda asosiy element bo‘lib, ular fizik kattaliklarni elektr signalga aylantirish orqali ishlaydi. Ularning to‘g‘ri ishlashi diagnostik tizimlarning samaradorligini belgilaydi va zamonaviy tibbiyot muhandisligining ajralmas qismi hisoblanadi.

3.3 Yurak ritmini o'lchovchi sensorlar

Yurak ritmini aniqlash va monitoring qilish zamonaviy tibbiyotda eng muhim diagnostik yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, yurak urish tezligi va ritmining barqarorligini kuzatish orqali turli kasalliklarni erta aniqlash mumkin. Shu sababli yurak ritmini o'lchovchi sensorlar tibbiyot muhandisligida keng qo'llaniladigan asosiy texnologiyalardan biri hisoblanadi.

Yurak ritmini o'lchashning fizik asosida yurak qisqarishi natijasida hosil bo'ladigan davriy signallar yotadi. Bu signallar elektr (bioelektrik impulslar), mexanik (qon tomir pulsatsiyasi) yoki optik (qon oqimining o'zgarishi) ko'rinishda bo'lishi mumkin. Sensorlar aynan shu signallarni qabul qilib, ularni o'lchovli kattalikka aylantiradi.

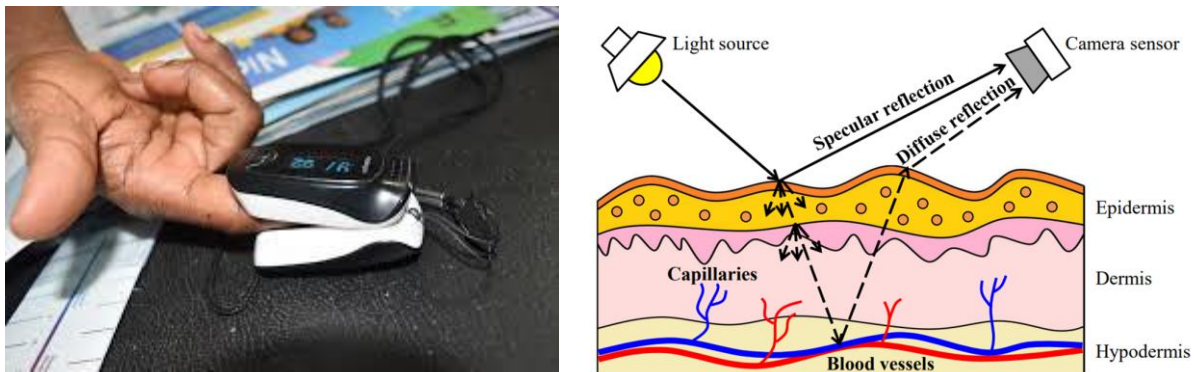
Yurak ritmini aniqlashda eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri — EKG asosidagi sensorlardir. Bu sensorlar yurakdagi bioelektrik impulslarni qayd etadi va ular orasidagi vaqt oralig'ini aniqlaydi. Yurak urish chastotasi quyidagicha hisoblanadi:

$$HR = \frac{60}{T}$$

Bu yerda HR — yurak urish tezligi (urish/minut), T — ikki ketma-ket yurak urishi orasidagi vaqt (sekund). Demak, yurak ritmi vaqt oralig'ini aniqlash orqali hisoblanadi.

Yana bir keng tarqalgan usul — optik sensorlar asosidagi pulsni o'lchashdir. Bu usul fotopletizmografiya (PPG) deb ataladi (3.3.1-rasm). Bu yerda yorug'lik nuri teri orqali yuboriladi va qon oqimi o'zgarishiga qarab yutilish darajasi o'zgaradi. Natijada puls signali olinadi. Bu usul ayniqsa wearable qurilmalarda (aqlli soatlar, fitnes-trekerlar) keng qo'llaniladi.

Mexanik sensorlar ham yurak ritmini aniqlashda qo'llaniladi. Ular qon tomirlarining pulsatsiyasini aniqlaydi. Masalan, bosim sensorlari tomir devoridagi tebranishlarni sezadi va ularni elektr signalga aylantiradi. Bu signal orqali yurak urish tezligi aniqlanadi.



3.3.1-rasm

Yurak ritmini o‘lchashda signalni qayta ishlash muhim bosqich hisoblanadi. Olingan signal odatda shovqinlar bilan aralashgan bo‘ladi, shu sababli filtratsiya va silliqlash usullari qo‘llaniladi. Keyinchalik signalning cho‘qqi nuqtalari (masalan, EKGda R-to‘lqinlar) aniqlanadi va ular orasidagi vaqt oralig‘i hisoblanadi. Sensorlarning aniqligi va sezgirligi juda muhim. Chunki yurak ritmidagi kichik o‘zgarishlar ham diagnostik jihatdan katta ahamiyatga ega bo‘lishi mumkin. Shu sababli sensorlar yuqori sezgirlikka ega bo‘lishi va minimal xatolik bilan ishlashi talab etiladi.

Zamonaviy texnologiyalarda yurak ritmini o‘lchovchi sensorlar sun‘iy intellekt tizimlari bilan integratsiyalashgan. Bu tizimlar signalni avtomatik tahlil qilib, aritmiyalar yoki boshqa patologik holatlarni aniqlash imkonini beradi. Bu esa diagnostika jarayonini tezlashtiradi va aniqligini oshiradi.

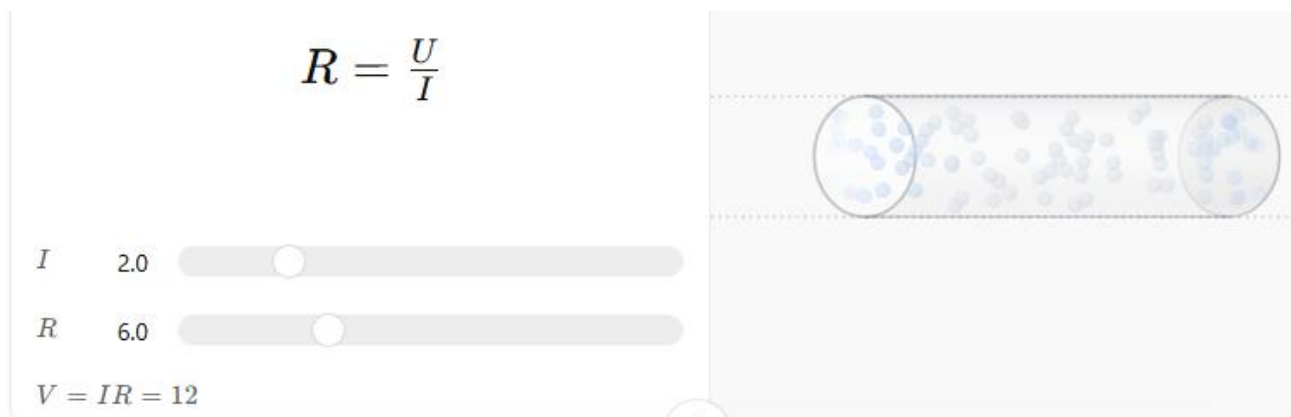
Tibbiyot muhandislari uchun yurak ritmini o‘lchovchi sensorlarni tushunish juda muhim. Chunki ular bu sensorlarni ishlab chiqishda signalni aniqlash, qayta ishlash va talqin qilish bosqichlarini hisobga olishi kerak. Bu bilimlar orqali zamonaviy monitoring tizimlari va portativ qurilmalar yaratish mumkin bo‘ladi. Xulosa qilib aytganda, yurak ritmini o‘lchovchi sensorlar yurak faoliyatini monitoring qilishda asosiy vositalardan biri bo‘lib, ular bioelektrik, optik va mexanik signallarni aniqlashga asoslanadi. Bu sensorlar yordamida yurak ritmi doimiy nazorat qilinadi va bu tibbiyot muhandisligi uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

3.3.1 Bioimpedans va optik sensorlar

Yurak faoliyatini monitoring qilishda bioimpedans va optik sensorlar zamonaviy va keng qo'llanilayotgan texnologiyalar qatoriga kiradi. Bu sensorlar organizmda sodir bo'layotgan fiziologik jarayonlarni bevosita kuzatish imkonini beradi va ayniqsa yurak urish ritmi, qon oqimi va qon tarkibi haqidagi muhim ma'lumotlarni olishda samarali hisoblanadi. Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, bu sensorlar turli fizik prinsiplarga asoslangan bo'lib, ular biologik tizimlarni fizik kattaliklar orqali tahlil qilish imkonini beradi.

Bioimpedans sensorlarining ishlash prinsipi organizm to'qimalarining elektr qarshiligini o'lchashga asoslanadi. Ma'lumki, inson tanasi elektr tokini o'tkazadi, lekin bu o'tkazuvchanlik to'qimalarning tarkibiga, qon miqdoriga va suyuqlik darajasiga bog'liq holda o'zgaradi. Yurak faoliyati davomida qon tomirlaridagi hajm o'zgaradi, natijada to'qimalarning elektr qarshiligi ham o'zgarib turadi. Aynan shu o'zgarishlar bioimpedans sensorlari yordamida aniqlanadi.

Elektr qarshilik quyidagi formula bilan ifodalanadi:



$$R = \frac{U}{I}$$

$I = 2.0$

$R = 6.0$

$V = IR = 12$

Bu yerda R — qarshilik, U — kuchlanish, I — tok. Bioimpedans o'lchovlarida odatda past kuchlanishli va xavfsiz tok qo'llaniladi. Yurak urishi bilan bog'liq qon hajmi o'zgarishi natijasida qarshilik davriy ravishda o'zgaradi va bu orqali yurak ritmi aniqlanadi.

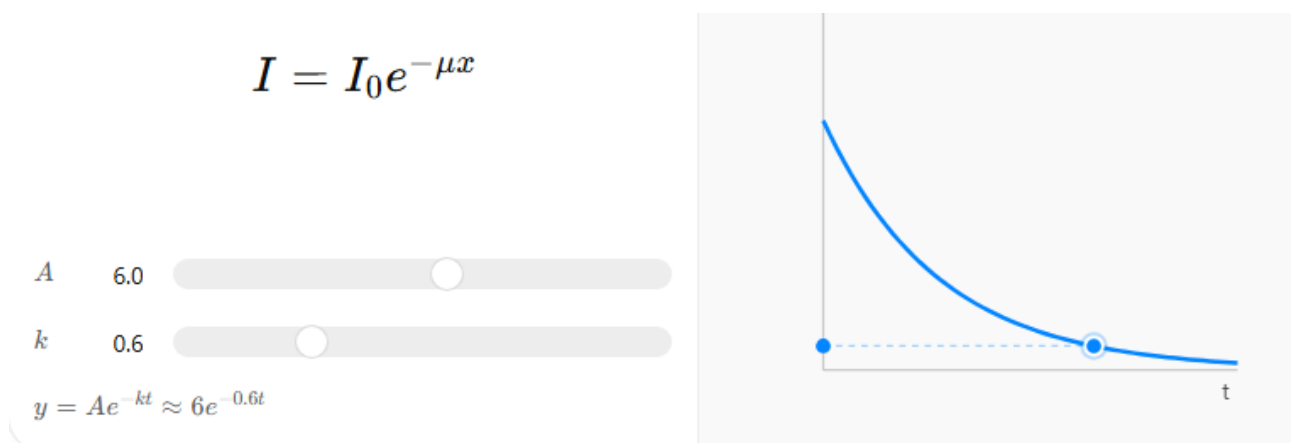
Bioimpedansning yana bir muhim jihati — uning kompleks kattalik ekanligidir, ya'ni u faqat qarshilikdan iborat emas, balki reaktiv komponentni ham o'z ichiga oladi:

$$Z = R + jX$$

Bu yerda Z — to‘liq impedans, R — aktiv qarshilik, X — reaktiv qarshilik. Bu model to‘qimalarning elektr xususiyatlarini yanada aniqroq ifodalash imkonini beradi.

Optik sensorlar esa butunlay boshqa fizik prinsipga asoslanadi — yorug‘likning yutilishi va aks etishi. Bu sensorlar, odatda, fotopletizmografiya (PPG) usulida ishlaydi. Bu usulda teriga ma‘lum to‘lqin uzunligidagi yorug‘lik yuboriladi va qaytgan yoki o‘tgan nur intensivligi o‘lchanadi. Qon hajmi o‘zgarganda yorug‘lik yutilishi ham o‘zgaradi va shu orqali puls signali hosil qilinadi.

Yorug‘lik intensivligi va yutilish o‘rtasidagi bog‘lanish quyidagicha ifodalanadi:



Bu yerda I — o‘tgan yorug‘lik intensivligi, I_0 — boshlang‘ich intensivlik, μ — yutilish koeffitsienti, x — muhit qalinligi. Demak, qon hajmi oshsa, yorug‘lik ko‘proq yutiladi va sensor signalida o‘zgarish yuz beradi.

Optik sensorlar ayniqsa wearable qurilmalarda keng qo‘llaniladi. Masalan, aqlli soatlar yurak urish tezligini aniqlash uchun PPG sensorlaridan foydalanadi. Bu sensorlar kichik o‘lchamli, energiya tejankor va foydalanish uchun qulay hisoblanadi.

Bioimpedans va optik sensorlar bir-birini to‘ldiruvchi texnologiyalar hisoblanadi. Bioimpedans sensorlari to‘qimalarning elektr xususiyatlarini, optik

sensorlar esa qon oqimi va hajm o'zgarishini aniqlaydi. Bu ikki usulni birgalikda qo'llash orqali yanada aniq va ishonchli natijalar olish mumkin.

Tibbiyot muhandislari uchun bu sensorlarning ishlash prinsipini tushunish juda muhim. Chunki ular yangi diagnostik tizimlar yaratishda signalni to'g'ri o'lchash, qayta ishlash va interpretatsiya qilishni bilishi kerak. Bu bilimlar orqali yuqori aniqlikdagi va zamonaviy monitoring tizimlarini ishlab chiqish mumkin bo'ladi.

Bioimpedans va optik sensorlar yurak faoliyatini monitoring qilishda muhim o'rin tutadi. Ular turli fizik prinsiplarga asoslangan bo'lsa-da, yurak va qon aylanish tizimidagi o'zgarishlarni aniqlashda samarali vosita bo'lib xizmat qiladi. Bu sensorlar zamonaviy tibbiyot muhandisligining ajralmas qismi hisoblanadi.

3.3.2 Yurak monitoring tizimlari

Zamonaviy tibbiyotning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, yurak kasalliklari ko‘pincha kutilmagan holatlarda yuzaga kelishi sababli, bemorning holatini uzluksiz kuzatib borish katta ahamiyat kasb etadi. Shu maqsadda yurak monitoring tizimlari ishlab chiqilgan bo‘lib, ular yurakning bioelektrik, mexanik va gemodinamik ko‘rsatkichlarini real vaqt rejimida o‘lchash va tahlil qilish imkonini beradi.

Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan qaraganda, yurak monitoring tizimi bir nechta asosiy komponentlardan iborat: sensorlar, signalni qayta ishlash bloki, uzatish tizimi va foydalanuvchi interfeysi. Sensorlar yurakdan signalni qabul qiladi, qayta ishlash bloki esa uni kuchaytiradi, filtrlaydi va tahlil qiladi. So‘ngra bu ma‘lumotlar displeyga chiqariladi yoki masofaviy tizimlarga uzatiladi.

Yurak monitoring tizimlarida eng ko‘p qo‘llaniladigan signal — bu EKG signalidir. Bu signal yurakning elektr faoliyatini aks ettiradi va uning asosida yurak ritmi aniqlanadi.

Monitoring tizimlarida signalni qayta ishlash muhim bosqich hisoblanadi. Olingan signal turli shovqinlar bilan aralashgan bo‘lishi mumkin, shu sababli filtratsiya va silliqlash usullari qo‘llaniladi. Keyinchalik signalning muhim nuqtalari (masalan, R-to‘lqinlar) aniqlanadi va ular asosida yurak faoliyati tahlil qilinadi.

Zamonaviy yurak monitoring tizimlari real vaqt rejimida ishlaydi. Bu degani, bemorning yurak faoliyati doimiy ravishda kuzatib boriladi va har qanday o‘zgarish darhol qayd etiladi. Agar yurak ritmida xavfli o‘zgarish yuz bersa, tizim avtomatik ravishda signal beradi yoki shifokorga xabar yuboradi.

Monitoring tizimlari ikki turga bo‘linadi: statsionar va portativ tizimlar. Statsionar tizimlar asosan kasalxonalarda qo‘llaniladi va ular yuqori aniqlikda ishlaydi. Portativ tizimlar esa bemor bilan birga harakatlanadi. Masalan, Holter monitorlari yoki aqlli soatlar yurak faoliyatini kun davomida kuzatib boradi.

Yurak monitoring tizimlarida ma'lumotlarni uzatish ham muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy tizimlar simsiz texnologiyalar (Bluetooth, Wi-Fi) orqali ishlaydi va ma'lumotlarni masofadan turib kuzatish imkonini beradi. Bu telemeditsina rivojlanishida muhim o'rin tutadi.

Signalni tahlil qilishda matematik va algoritmik usullar keng qo'llaniladi. Masalan, yurak ritmining o'zgaruvchanligi (HRV) quyidagicha baholanadi:

$$HRV = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (RR_i - \overline{RR})^2}$$

Bu yerda R — yurak urishlari orasidagi interval, N — o'lchovlar soni. Bu ko'rsatkich yurak faoliyatining barqarorligini aniqlashda muhim hisoblanadi.

Tibbiyot muhandislari uchun yurak monitoring tizimlarini tushunish juda muhim. Chunki ular bu tizimlarni ishlab chiqishda sensorlar, signalni qayta ishlash va ma'lumot uzatish jarayonlarini mukammal bilishi kerak. Bu bilimlar orqali yuqori aniqlikdagi va ishonchli monitoring tizimlarini yaratish mumkin bo'ladi.

Xulosa qilib aytganda, yurak monitoring tizimlari yurak faoliyatini uzluksiz kuzatish va tahlil qilish imkonini beruvchi muhim texnologiya hisoblanadi. Ular bioelektrik signallarni o'lchash, qayta ishlash va real vaqt rejimida uzatish orqali yurak holatini nazorat qiladi. Bu tizimlar zamonaviy tibbiyot muhandisligining ajralmas qismi bo'lib, bemor xavfsizligini ta'minlashda katta ahamiyatga ega.

4.1 Yurakning fizik modeli va simulyatsiyasi

Yurak faoliyatini chuqur o'rganishda uni matematik yoki fizik model orqali ifodalash muhim ahamiyatga ega. Chunki real biologik tizim juda murakkab bo'lib, barcha jarayonlarni to'g'ridan-to'g'ri kuzatish yoki tajribada to'liq qayta yaratish qiyin. Shu sababli tibbiyot muhandisligida yurakning fizik modeli ishlab chiqiladi va bu model asosida turli jarayonlar simulyatsiya qilinadi. Bu yondashuv yurak faoliyatini tushunish, diagnostika qilish va yangi texnologiyalar yaratishda katta imkoniyat beradi.

Yurakning fizik modeli odatda uch asosiy komponentni o'z ichiga oladi: mexanik model, gemodinamik model va elektr model. Mexanik model yurak mushaklarining qisqarishi va bo'shashishini ifodalaydi. Bu yerda yurak elastik tizim sifatida qaraladi. Yurak devorining cho'zilishi va bosim o'rtasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$P = E (V - V_0)$$

Bu yerda P — bosim, V — hajm, V_0 — boshlang'ich hajm, E — elastiklik koeffitsienti. Bu model yurakning mexanik xususiyatlarini tushuntirishga yordam beradi.

Gemodinamik model esa qon oqimi va bosim o'zgarishlarini ifodalaydi. Bu modelda yurak nasos, qon tomirlar esa quvurlar tizimi sifatida qaraladi. Qon oqimi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$Q = \frac{\Delta P}{R}$$

Bu yerda Q — qon oqimi, ΔP — bosim farqi, R — qarshilik. Bu model yurak-qon tomir tizimining umumiy ishlash prinsipini tushuntiradi.

Yurakning elektr modeli esa bioelektrik impulslarning hosil bo'lishi va tarqalishini ifodalaydi. Bu modelda yurak hujayralari elektr zanjir elementlari sifatida qaraladi. Natijada yurak faoliyati quyidagi tenglama orqali tavsiflanadi:

$$I = C \frac{dV}{dt} + \frac{V}{R}$$

Bu tenglama yurakdagi tok va potensial o'zgarishlarini tushuntiradi.

Yurak faoliyatini simulyatsiya qilish bu modellarni kompyuter dasturlari yordamida amalga oshirishni anglatadi. Simulyatsiya orqali yurakning turli sharoitlarda qanday ishlashi oldindan aniqlanishi mumkin. Masalan, yurak ritmi buzilganda yoki qon bosimi o'zgarganda tizim qanday javob berishini modellashtirish mumkin.

Zamonaviy tibbiyot muhandisligida Matlab, Python, Simulink kabi dasturiy vositalar yordamida yurak simulyatsiyalari keng qo'llaniladi. Bu dasturlar orqali murakkab differensial tenglamalar yechiladi va yurak faoliyatining grafik tasviri olinadi. Natijada yurak sikli, bosim o'zgarishi, signal shakllari aniq ko'rinishda ifodalanadi.

Simulyatsiyaning yana bir muhim afzalligi — xavfsizlikdir. Ya'ni real bemor ustida tajriba o'tkazmasdan turib, turli holatlarni tekshirish mumkin. Bu esa yangi diagnostik usullarni ishlab chiqishda va tibbiy qurilmalarni sinovdan o'tkazishda katta yordam beradi.

Tibbiyot muhandislari uchun yurakning fizik modeli va simulyatsiyasini bilish juda muhim. Chunki ular sun'iy yurak qurilmalari, monitoring tizimlari va diagnostik apparatlarni yaratishda aynan shu modellar asosida ishlaydi. Model qanchalik aniq bo'lsa, qurilma ham shunchalik samarali bo'ladi.

Yurakning fizik modeli va simulyatsiyasi murakkab biologik jarayonlarni fizik va matematik tenglamalar orqali ifodalashga asoslangan bo'lib, u tibbiyot muhandisligining muhim yo'nalishlaridan biridir. Bu yondashuv orqali yurak faoliyatini chuqur tushunish va uni amaliyotda samarali qo'llash imkoniyati yaratiladi.

4.2. Sun'iy yurak va implant tizimlari fizikasi.

Sun'iy yurak va implant tizimlari deganda, biz aslida bir nechta asosiy fizik tamoyillarning tirik organizmda amalga oshirilishini tushunamiz. Avvalo shuni aytish kerakki, tabiiy yurak o'z mohiyatiga ko'ra mexanik energiyani gidravlik energiyaga aylantiruvchi nasosdir. Yurak mushagi qisqarganda, unda to'plangan kimyoviy energiya mexanik ishga aylanadi, bu ish esa qonni bosim ostida tomirlarga haydash uchun sarflanadi. Sun'iy yurakning vazifasi aynan shu energiya almashinuvini sun'iy vositalar yordamida takrorlashdir.

Sun'iy yurak tizimlarining ishlashida gidrodinamikaning asosiy qonunlari markaziy o'rinni egallaydi. Qon harakatini tavsiflashda biz suyuqliklarning uzluksizlik tenglamasiga va energiyaning saqlanish qonuniga tayanamiz. Qon tomirlar ichida harakat qilganda, uning bosimi, tezligi va potensial energiyasi o'zaro bog'liq holda o'zgaradi. Sun'iy yurak konstruksiyasini yaratishda eng muhim masalalardan biri qon oqimining laminar (qatlamli) bo'lishini ta'minlashdir. Agar oqim turbulent (aylanmali) bo'lib ketsa, qon hujayralari bir-biriga va qurilmaning devorlariga urilib shikastlanadi. Turbulentlikning paydo bo'lishi Reynolds soni deb ataladigan o'lchamsiz kattalikka bog'liq. Bu son suyuqlikning zichligi, oqim tezligi, tomir diametri va suyuqlikning yopishqoqligi bilan aniqlanadi. Muhandislar sun'iy yurakning ichki kanallarini shunday loyihalaydiki, Reynolds soni kritik qiymatdan oshib ketmasin.

Magnit levitatsiyasi printsipli zamonaviy sun'iy yurak tizimlarida keng qo'llanilmoqda. Bu yerda fizikaning elektromagnetizm bo'limidagi Lorens kuchi va magnit maydonlarning o'zaro ta'siri haqidagi qonunlar amalga oshadi. Magnit levitatsiyali nasoslarning aylanuvchi qismi (rotori) hech qanday mexanik tayanch nuqtasiga ega emas. U doimiy magnitlar yoki elektromagnitlar yordamida hosil qilingan maydon ichida muallaq holda ushlab turiladi. Buning natijasida mexanik ishqalanish butunlay yo'qoladi. Ishqalanishning yo'qligi ikki tomondan muhim: birinchidan, energiya isrofi kamayadi; ikkinchidan, qon hujayralarining mexanik

shikastlanishi deyarli nolga tushadi. Mexanik ishqalanish bo‘lmaganda, rotorning aylanishi faqat qonning o‘ziga ta’sir qiluvchi yopishqoqlik kuchlari va bosim farqi bilan cheklanadi.

Implant tizimlarining materiallari fizikasi alohida e’tiborga loyiq. Organizm ichiga joylashtiriladigan har qanday qurilma atrofdagi biologik muhit bilan doimiy aloqada bo‘ladi. Materiallarning mustahkamligi, elastiklik moduli, korroziyaga chidamliligi va issiqlik kengayish koeffitsiyenti kabi fizik xossalari bu yerda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Masalan, titan qotishmalari o‘zining yuqori mustahkamligi va past korroziyasi tufayli keng qo‘llaniladi. Biroq titanning elastiklik moduli inson suyagi yoki yurak to‘qimasining elastiklik modulidan ancha yuqori. Bu farq implant va tirik to‘qima chegarasida mexanik moslashmovchilikka olib keladi. Agar ikki materialning qattiqliklari bir-biridan keskin farq qilsa, yuklama ta’sirida ularning chegarasida kuchlanishlar to‘planib, to‘qimaning shikastlanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu sababli zamonaviy tadqiqotlar elastiklik moduli bo‘yicha biologik to‘qimalarga yaqin bo‘lgan materiallarni yaratishga qaratilgan.

Sun’iy yurak klapanlarining fizikasi ham o‘ziga xosdir. Klapaning vazifasi qonni faqat bir yo‘nalishda o‘tkazish va teskari oqimni butunlay to‘xtatishdir. Buning uchun klapan qopqog‘ining inertsiyasi, uning ochilish-yopilish dinamikasi va qon bosimining o‘zgarish tezligi o‘rtasidagi muvozanatni hisobga olish kerak. Klapan ochilganda, qon oqimining bosimi klapan qopqog‘iga ta’sir qiluvchi kuchlardan oshib ketishi lozim. Klapan yopilganda esa, teskari oqim hosil qiladigan bosim klapaning o‘z og‘irligi va prujina xususiyatlaridan kelib chiqadigan kuchlardan kichik bo‘lishi shart. Bu jarayonlar garmonik tebranishlar va sönümlü harakat qonunlariga bo‘ysunadi.

Qonning o‘ziga xos fizik xususiyatlarini ham unutmash kerak. Qon Nyuton bo‘lmagan suyuqlikdir. Oddiy suyuqliklarda (masalan, suv) yopishqoqlik kesish tezligiga bog‘liq emas. Qonda esa yopishqoqlik qanchalik tez oqayotganiga qarab

o'zgaradi. Qon sekin oqganda, undagi qizil qon tanachalari bir-biriga yopishib agregatlar hosil qiladi va yopishqoqlik ortadi. Qon tez oqganda esa, bu agregatlar parchalanadi va yopishqoqlik kamayadi. Bu xususiyat sun'iy yurak konstruksiyasini hisoblashda qo'shimcha murakkablik tug'diradi, chunki yopishqoqlik o'zgaruvchan kattalik sifatida qaralishi kerak.

Implant tizimlarining uzoq muddatli ishonchliligi ularning materiallarining charchash (fatigue) xususiyatlari bilan bog'liq. Yurak sikli har bir daqiqada o'rtacha yetmish marta takrorlanadi. Bu degani, sun'iy yurak bir yil ichida qariyb qirq million marta qisqaradi va bo'shashadi. Materiallarning bunday takroriy yuklamalarga bardosh berish qobiliyati ularning charchash chegarasi bilan belgilanadi. Har bir siklda materialning ichki tuzilishida mikroskopik yoriqlar paydo bo'lishi mumkin. Vaqt o'tishi bilan bu yoriqlar kattalashib, konstruksiyaning butunlay sinishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli implant materiallari charchashga qarshi yuqori chidamlilikka ega bo'lishi shart.

Issiqlik fizikasi ham bu sohada muhim rol o'ynaydi. Sun'iy yurak ishlaganda, uning ichidagi elektr motor yoki pnevmatik tizim ma'lum miqdorda issiqlik ajratadi. Bu issiqlik atrofdagi to'qimalarga o'tadi. Organizmning issiqlik muvozanati juda nozik mexanizmdir. Agar sun'iy yurak haddan tashqari qizib ketsa, uning atrofidagi to'qimalarning oqsillari denaturatsiyaga (o'z tuzilishini yo'qotishga) uchraydi. Bu esa to'qimalarning nobud bo'lishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli sun'iy yurak tizimlarini loyihalashda issiqlik tarqalishini modellashtirish va sovutish tizimlarini ta'minlash muhim vazifa hisoblanadi.

Tibbiyot muhandisligi nuqtai nazaridan, sun'iy yurak va implant tizimlari fizikasini chuqur bilish bir necha sabablarga ko'ra muhimdir. Birinchidan, muhandis ushbu fizik qonunlarni bilmasdan turib ishonchli va xavfsiz qurilma loyihalay olmaydi. Ikkinchidan, implant tizimlarining klinik sinovlari davomida yuzaga keladigan muammolarni (masalan, qonning ivib qolishi yoki qurilmaning haddan tashqari qizib ketishi) fizika tilida tahlil qilish va ularni bartaraf etish

yo‘llarini topish kerak. Uchinchidan, yangi avlod implant tizimlarini yaratish uchun fizikaning so‘nggi yutuqlaridan – masalan, magnit levitatsiyasi, yangi kompozit materiallar, nano qoplamalar va boshqalardan foydalanish zarur. Nihoyat, to‘rtinchidan, tibbiyot muhandisi fizika qonunlarini klinitsistlarga (shifokorlarga) tushunarli tilda izohlab bera olishi kerak, chunki implant tizimlarining ishlash tamoyillarini bilish ularni to‘g‘ri qo‘llash va asoratlarni oldini olish uchun juda muhimdir. Shu sababli sun‘iy yurak va implant tizimlari fizikasi biotibbiyot muhandisligi ta‘limining asosiy va ajralmas qismi hisoblanadi.

4.3 Biotibbiyot muhandisligida yurak tizimini loyihalash

Yurak faoliyatini chuqur tushunish va uni texnologik jihatdan qayta yaratish tibbiyot muhandisligining eng murakkab va mas‘uliyatli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Yurak tizimini loyihalash — bu oddiy mexanik qurilma yaratish emas, balki biologik tizimni fizik va muhandislik qonunlari asosida modellashtirib, uni real sharoitda ishlaydigan texnologiyaga aylantirish jarayonidir. Bu jarayonda mexanika, gidrodinamika, bioelektrika va materialshunoslik kabi fanlar o‘zaro uyg‘unlashadi.

Yurak tizimini loyihalashning asosiy maqsadi — organizm uchun zarur bo‘lgan qon aylanishini barqaror va samarali ta‘minlashdir. Shu sababli loyihalash jarayonida eng avvalo gemodinamik talablar hisobga olinadi. Ya‘ni yurak tomonidan hosil qilinadigan qon oqimi va bosim real fiziologik ko‘rsatkichlarga mos bo‘lishi kerak. Loyihalanayotgan qurilma aynan shu bog‘lanishni ta‘minlay olishi kerak.

Yurak tizimini loyihalashda mexanik tuzilma muhim o‘rin tutadi. Qurilma qon oqimini silliq va uzluksiz ta‘minlashi zarur. Shu sababli oqim kanallari, klapanlar va nasos mexanizmlari aerodinamik va gidrodinamik jihatdan optimal shaklda ishlab chiqiladi. Agar oqim notekis yoki turbulent bo‘lsa, bu qon hujayralariga zarar yetkazishi mumkin.

Energiya ta'minoti ham loyihalash jarayonining muhim qismi hisoblanadi. Yurak tizimi doimiy ishlaydigan qurilma bo'lgani uchun u energiyani samarali ishlatishi kerak. Qurilmaning bajaradigan ishi quyidagicha ifodalanadi:

$$A = P \cdot V$$

Bu yerda A — bajarilgan ish, P — bosim, V — qon hajmi. Demak, qurilma minimal energiya sarfi bilan maksimal samaradorlikka erishishi kerak.

Loyihalash jarayonida bioelektrik boshqaruv tizimlari ham muhim rol o'ynaydi. Zamonaviy yurak tizimlari sensorlar yordamida organizmdagi o'zgarishlarni kuzatadi va shunga mos ravishda ishlash rejimini o'zgartiradi. Masalan, jismoniy faollik oshganda qurilma qon oqimini ko'paytiradi, dam olish holatida esa kamaytiradi. Bu jarayon avtomatik boshqaruv tizimlari orqali amalga oshiriladi.

Material tanlash ham juda muhim masala hisoblanadi. Qurilma inson organizmi bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqada bo'lgani uchun u biologik mos materiallardan tayyorlanishi kerak. Material qon bilan reaksiyaga kirishmasligi, allergik ta'sir ko'rsatmasligi va uzoq muddat ishlay olishi zarur. Shu sababli maxsus polimerlar va biokompatibil metallardan foydalaniladi.

Yurak tizimini loyihalashda kompyuter simulyatsiyasi keng qo'llaniladi. Bu usul yordamida qurilmaning ishlashini oldindan tekshirish, oqim dinamikasini tahlil qilish va optimal parametrlarni aniqlash mumkin. Bu esa real sinovlar sonini kamaytiradi va qurilma xavfsizligini oshiradi.

Tibbiyot muhandislari uchun yurak tizimini loyihalash bilimlari juda muhim. Chunki bu sohada ishlash uchun nafaqat nazariy bilim, balki amaliy ko'nikmalar ham talab etiladi. Muhandis yurakning biologik xususiyatlarini chuqur tushunishi va ularni fizik modelga to'g'ri o'tkaza olishi kerak.

Xulosa qilib aytganda, biotibbiyot muhandisligida yurak tizimini loyihalash murakkab va ko'p bosqichli jarayon bo'lib, u fizik, biologik va muhandislik bilimlarini birlashtiradi. To'g'ri loyihalangan yurak tizimi bemor hayotini saqlab qolish va uning hayot sifatini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega.

5.1 O‘qitishning zamonaviy yondashuvlari

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini tibbiyot muhandislariga o‘qitish oddiy nazariy bilim berish bilan cheklanmaydi. Bu jarayon murakkab, integratsiyalashgan va amaliy yo‘naltirilgan yondashuvni talab qiladi. Chunki talabalar nafaqat fizik qonunlarni bilishi, balki ularni tibbiy jarayonlar bilan bog‘lay olishi, real muammolarni hal qilishda qo‘llay olishi kerak. Shu sababli zamonaviy o‘qitish metodlari bu yo‘nalishda alohida ahamiyat kasb etadi.

Zamonaviy yondashuvlarning asosiy xususiyati — talabani passiv tinglovchidan faol ishtirokchiga aylantirishdir. An‘anaviy darslarda o‘qituvchi asosiy manba bo‘lsa, zamonaviy metodlarda talaba mustaqil izlanadi, tahlil qiladi va xulosa chiqaradi. Bu ayniqsa yurak faoliyati kabi murakkab tizimni o‘rganishda juda muhim, chunki bu yerda nazariya va amaliyot o‘zaro chambarchas bog‘liq.

Yurak fiziologiyasi va biofizikasini o‘qitishda interfaol metodlar keng qo‘llaniladi. Masalan, muammoli ta‘lim (problem-based learning) usulida talabalar real klinik vaziyatlar asosida fikrlashga o‘rgatiladi. Masalan, “bemorda yurak ritmi buzilgan, bu holatni fizik nuqtai nazardan qanday tushuntirish mumkin?” kabi savollar orqali talaba bilimini amaliyot bilan bog‘laydi.

Zamonaviy o‘qitishda vizualizatsiya ham muhim rol o‘ynaydi. Yurakdagi fizik jarayonlar ko‘pincha murakkab bo‘lgani uchun ularni grafiklar, diagrammalar va simulyatsiyalar orqali tushuntirish samarali bo‘ladi. Masalan, qon oqimi, bosim

o'zgarishi yoki EKG signallari grafik ko'rinishda berilganda talaba mavzuni tezroq anglaydi.

Raqamli texnologiyalar zamonaviy ta'limning ajralmas qismiga aylangan. Virtual laboratoriyalar, simulyatsiya dasturlari va interaktiv platformalar yordamida talabalar murakkab jarayonlarni mustaqil o'rganish imkoniga ega bo'ladi. Masalan, yurak faoliyatining kompyuter modeli orqali turli holatlarni ko'rib chiqish mumkin.

Shuningdek, integratsiyalashgan yondashuv ham muhim hisoblanadi. Yurak faoliyatini o'rganishda fizika, biologiya va muhandislik fanlari bir-biri bilan bog'liq holda o'qitilishi kerak. Bu esa talabaga tizimli fikrlashni rivojlantirishga yordam beradi. Masalan, qon oqimini o'rganishda nafaqat fizik qonunlar, balki fiziologik jarayonlar ham birgalikda tushuntiriladi.

Zamonaviy metodlardan yana biri — loyihaviy ta'limdir. Bu yondashuvda talabalar ma'lum bir muammoni hal qilish uchun loyiha ustida ishlaydi. Masalan, "yurak monitoring tizimini loyihalash" kabi topshiriq orqali talabalar nazariy bilimlarini amaliyotda qo'llashni o'rganadi.

O'qitishda differensial yondashuv ham muhim. Har bir talabaning bilim darajasi va qiziqishi turlicha bo'lgani uchun o'qituvchi individual yondashuvni qo'llashi kerak. Bu esa ta'lim samaradorligini oshiradi.

Baholash tizimi ham zamonaviy yondashuvlarga mos bo'lishi kerak. Faqat test yoki yozma ishlar emas, balki amaliy topshiriqlar, loyiha ishlari va taqdimotlar orqali ham talabalar bilimini baholash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Tibbiyot muhandisligi yo'nalishida o'qituvchi nafaqat bilim beruvchi, balki yo'naltiruvchi va motivator rolini bajaradi. U talabalarni mustaqil fikrlashga, muammoni tahlil qilishga va yechim topishga undashi kerak. Bu esa zamonaviy pedagogik yondashuvlarning asosiy maqsadi hisoblanadi.

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitishda zamonaviy yondashuvlar talabaning faol ishtirokini, amaliy ko'nikmalarni va integratsiyalashgan bilimni

rivojlantirishga qaratilgan. Bu yondashuvlar orqali tibbiyot muhandislarini yuqori malakali va zamonaviy bilimga ega mutaxassis sifatida tayyorlash mumkin.

5.2 CLIL, STEAM va integratsion ta'lim

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitishda zamonaviy pedagogik yondashuvlardan samarali foydalanish ta'lim sifatini sezilarli darajada oshiradi. Ayniqsa, CLIL, STEAM va integratsion ta'lim kabi yondashuvlar tibbiyot muhandisligi yo'nalishida o'qiyotgan talabalar uchun juda muhim hisoblanadi. Chunki bu yondashuvlar orqali talabalar nazariy bilimlarni real amaliyot bilan bog'lashni o'rganadi.

CLIL (Content and Language Integrated Learning) yondashuvi mazmun va tilni birgalikda o'qitishga asoslanadi. Bu usulda talabalar bir vaqtning o'zida ham fan bilimlarini, ham xorijiy tilni o'zlashtiradi. Masalan, yurak faoliyati, EKG, qon oqimi kabi mavzular ingliz tilidagi terminologiya bilan birgalikda o'rganiladi. Bu esa talabalarning xalqaro ilmiy adabiyotlardan foydalanish imkoniyatini kengaytiradi. Ayniqsa tibbiyot muhandisligi kabi global sohada bu yondashuv juda dolzarb hisoblanadi.

CLIL yondashuvida asosiy e'tibor tushunishga qaratiladi, ya'ni talaba murakkab fizik yoki biologik tushunchalarni xorijiy til orqali anglashni o'rganadi. Bu jarayonda o'qituvchi oddiy va tushunarli izohlar, vizual materiallar va interfaol metodlardan foydalanadi. Natijada talaba nafaqat bilim oladi, balki uni erkin ifodalashni ham o'rganadi.

STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) yondashuvi esa fanlararo integratsiyaga asoslangan. Bu yondashuvda fizika, matematika, biologiya va muhandislik fanlari birgalikda o'qitiladi. Yurak faoliyatini

o'rganishda bu juda muhim, chunki bu jarayon bir nechta fanlarning kesishgan nuqtasida joylashgan.

Masalan, yurak faoliyatini STEAM asosida o'rganishda quyidagi integratsiya yuz beradi: fizika qon oqimi va bosimni tushuntiradi, biologiya yurak tuzilishini izohlaydi, muhandislik esa diagnostik qurilmalarni yaratishga yo'naltiradi. Hatto san'at elementi ham vizual modellar va dizayn orqali namoyon bo'ladi. Bu yondashuv talabalarda ijodiy fikrlashni rivojlantiradi.

STEAM yondashuvining muhim jihatlaridan biri — amaliy faoliyatga yo'naltirilganligidir. Talabalar faqat nazariy bilim bilan cheklanmay, balki loyiha ishlari, tajribalar va modellashtirish orqali bilimlarini mustahkamlaydi. Masalan, "yurak monitoring tizimini yaratish" yoki "EKG signalini modellashtirish" kabi topshiriqlar orqali talaba real muammolarni hal qilishni o'rganadi.

Integratsion ta'lim esa turli fanlar o'rtasidagi uzviy bog'liqlikni ta'minlaydi. Bu yondashuvda bilimlar alohida-alohida emas, balki yagona tizim sifatida beriladi. Yurak faoliyatini o'rganishda bu juda muhim, chunki bu yerda fizik, biologik va texnologik jarayonlar birgalikda sodir bo'ladi.

Integratsion yondashuv yordamida talaba masalaga kengroq qarashni o'rganadi. Masalan, qon oqimini o'rganishda u nafaqat fizik formulani, balki uning biologik ahamiyatini ham tushunadi. Bu esa bilimni yanada chuqurroq o'zlashtirishga yordam beradi.

Zamonaviy ta'limda ushbu uch yondashuvni birgalikda qo'llash eng samarali natija beradi. CLIL talabaning til kompetensiyasini rivojlantiradi, STEAM esa fanlararo fikrlashni shakllantiradi, integratsion ta'lim esa bilimlarni tizimli ravishda o'zlashtirishni ta'minlaydi.

Tibbiyot muhandisligi yo'nalishida bu yondashuvlar ayniqsa dolzarb, chunki bu soha ko'p fanli bilimlarni talab qiladi. Talaba bir vaqtning o'zida fizik qonunlarni tushunishi, biologik jarayonlarni bilishi va texnologik yechimlarni ishlab chiqishi kerak. CLIL, STEAM va integratsion ta'lim yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini

o'qitishda zamonaviy va samarali yondashuvlar hisoblanadi. Ular orqali talabalar nafaqat bilim oladi, balki uni amaliyotda qo'llash, mustaqil fikrlash va innovatsion yechimlar yaratish ko'nikmalariga ega bo'ladi.

5.3 Kompetensiyaga asoslangan yondashuv

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitishda kompetensiyaga asoslangan yondashuv alohida ahamiyatga ega. Chunki zamonaviy ta'lim tizimida faqat nazariy bilim berish yetarli emas, balki talabani real amaliy vaziyatlarda mustaqil ishlay oladigan, muammolarni hal qila oladigan mutaxassis sifatida tayyorlash asosiy maqsad hisoblanadi. Ayniqsa tibbiyot muhandisligi yo'nalishida bu yondashuv juda dolzarb, chunki bu sohada bilim bilan birga amaliy ko'nikma va tahliliy fikrlash ham zarur.

Kompetensiyaga asoslangan yondashuvning mohiyati shundan iboratki, talaba o'rgangan bilimni amaliy faoliyatda qo'llay olishi kerak. Masalan, yurak faoliyati fizikasi bo'yicha talaba nafaqat qon oqimi yoki EKG signali haqida bilishi, balki bu bilimlarni real diagnostik vaziyatda qo'llay olishi zarur. Bu esa bilim, ko'nikma va malakaning birlashgan tizimini shakllantirishni talab qiladi.

Bu yondashuvda asosiy e'tibor quyidagi kompetensiyalarni rivojlantirishga qaratiladi: ilmiy-tahliliy fikrlash, muammoli vaziyatlarni hal qilish, texnologik qurilmalar bilan ishlash, signalni tahlil qilish va interpretatsiya qilish. Masalan, talaba EKG signalini o'rganayotganda uning fizik asoslarini tushunish bilan birga, uni amaliy jihatdan tahlil qilishni ham o'rganadi.

Kompetensiyaga asoslangan ta'limda dars jarayoni ham boshqacha tashkil etiladi. O'qituvchi faqat ma'lumot beruvchi emas, balki yo'naltiruvchi rolini bajaradi. Talabalar esa mustaqil izlanadi, tajriba o'tkazadi va xulosa chiqaradi. Bu jarayonda amaliy mashg'ulotlar, laboratoriya ishlari va loyiha topshiriqlari muhim o'rin tutadi.

Masalan, “yurak monitoring tizimini yaratish” yoki “qon oqimini modellashtirish” kabi topshiriqlar talabanning nazariy bilimini amaliyot bilan bog‘laydi. Bunday topshiriqlar orqali talaba real muammolarni hal qilishni o‘rganadi va o‘z bilimini mustahkamlaydi.

Kompetensiyaga asoslangan yondashuvda baholash tizimi ham o‘ziga xos bo‘ladi. Bu yerda faqat test yoki yozma ishlar emas, balki talabanning amaliy faoliyati, loyiha ishlari, muammoli vaziyatlarda yechim topish qobiliyati ham baholanadi. Bu esa talabanning haqiqiy bilim darajasini aniqlashga yordam beradi.

Yana bir muhim jihat — integratsiya hisoblanadi. Talaba turli fanlardan olgan bilimlarini birlashtirib, kompleks muammolarni hal qilishi kerak. Masalan, yurak faoliyatini o‘rganishda fizika, biologiya va muhandislik bilimlari birgalikda qo‘llaniladi. Bu esa talabanning tizimli fikrlashini rivojlantiradi.

Zamonaviy texnologiyalar ham kompetensiyaga asoslangan yondashuvni qo‘llab-quvvatlaydi. Virtual laboratoriyalar, simulyatsiya dasturlari va raqamli platformalar yordamida talabalar murakkab jarayonlarni mustaqil o‘rganish imkoniga ega bo‘ladi. Bu esa ularning amaliy ko‘nikmalarini yanada rivojlantiradi. Tibbiyot muhandislari uchun bu yondashuv ayniqsa muhim, chunki ular nafaqat nazariy bilimga ega bo‘lishi, balki real qurilmalar bilan ishlay olishi, signalni tahlil qilishi va yangi texnologiyalar yaratishi kerak. Kompetensiyaga asoslangan ta‘lim aynan shu maqsadga xizmat qiladi. Kompetensiyaga asoslangan yondashuv yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o‘qitishda samarali metod bo‘lib, u talabanning bilimini amaliy ko‘nikmaga aylantirishga qaratilgan. Bu yondashuv orqali zamonaviy, mustaqil fikrlaydigan va yuqori malakali tibbiyot muhandislarini tayyorlash mumkin.

5.4. Fanni muammoli o‘qitishdagi ustuvor jihatlar.

Muammoli o‘qitishda fizika o‘qituvchisi murakkab tushunchalarni tushuntirishda muntazam ravishda muammoli vaziyatlar hosil qilib boradi va talabalarning bilish faoliyatlarini shunday tashkil qiladiki, ular mustaqil ravishda faktlarni tahlil qilib, hodisalarni kuzatib xulosa chiqaradilar va umumlashtiradilar, tushuncha va qonunlarni ta’riflaydilar, bilimlarini yangi muammoli vaziyatlarga qo‘llaydilar, masala yechadilar, laboratoriya ishlarini bajaradilar. Ko‘p yillardan buyon muammoli o‘qitish usullari samara berib kelayotganligini hisobga olib, fizika fanini muammoli o‘qitishdagi ustuvor jihatlarini bo‘lajak tibbiyot muhandislarini o‘qitish misolida ko‘rib chiqilsin.

Ma’lumki oliy ta’lim muassasalarida fizika fanini o‘qitishda talabalar tomonidan fizik hodisalarning sabablari, mohiyatini chuqurroq bilish, fizik qonunlarning mazmunini tushunib olishga erishish katta ahamiyatga egadir. Chunki egallangan mukammal bilim mutaxassislik fanlari uchun poydevor bo‘lib xizmat qilsa, bilimlarni amalda qo‘llash ko‘nikmalarining egallanganligi bo‘lajak mutaxasislarning amaliy faoliyati uchun zarurdir. Tabiiy fanlar, jumladan fizika fani bo‘yicha an’anaviy usulda olib borilayotgan mashg‘ulotlar talaba-o‘quvchilar uchun zerikarli bo‘lib, bilimlarni egallashda ular “passiv” pozitsiyada bo‘ladilar. Tayyor ravishda olingan ma’lumot, axborotlar tinglovchilar, o‘quvchilar xotiralarida uzoq saqlanmaydilar va ularning bilim egallashga nisbatan ijodiy yondoshuv ko‘nikmalari rivojlanmay qolaveradi.

Fizika fani rivojlanishining hozirgi bosqichida egallanishi kerak bo‘lgan bilimlar hajmi va ko‘lamining keskin oshib borishi ham bilim jarayonida talaba-

o'quvchilarning faollik darajasini oshirishni taqazo qiladi. Bilim berishning faol usullaridan biri muammoli o'qitishdir. Muammoli o'qitishning asosiy vazifasi o'quvchi-talabalar tomonidan ijodiy faoliyat, ilmiy izlanish usullarini asta-sekin egallab borishlariga erishish va ularda mustaqil fikrlash qobiliyatlarini uyg'otish hamda rivojlantirib borishdan iboratdir. Muammoli o'qitishda o'qituvchi muntazam ravishda muammoli savollar, masalalar, vazifalar yordamida muammoli vaziyatlarni yaratib, o'rganilayotgan mavzuga tegishli o'quv muammolarini hal qilishda o'quvchilarning mustaqil faoliyatini to'g'ri tashkil qilib, kerakli bilimlarni o'quvchilarga berib borish lozim. Muammoli vaziyat muammoli o'qitishning asosiy elementi bo'lib, yangi fikrlar paydo bo'lishiga, talabalarning bilim olishga ehtiyoj sezishiga fikr-mulohazalarini faollashtirishga yordam beradi.

Biror mavzuni yoki bo'limni muammoli o'qitishni rejalashtirishda o'rganilayotgan materialning mazmuni, mohiyati, murakkablik darajasi axborot xarakterini e'tiborga olish lozim. Bundan tashqari o'rganilayotgan mavzu bo'yicha talabalarning bilim darajasi, intellektual imkoniyatlari, ongining rivojlanish darajasini aniqlash muhim ahamiyatga ega.

Muammoli ta'lim texnologiyalari o'quvchi faoliyatini faollashtirish va jadallashtirishga asoslangan. Muammoli ta'lim texnologiyasining asosi – insonning fikrlashi muammoli vaziyatni hal etishdan boshlanishi hamda uning muammolarni aniqlash, tadqiq etish va yechish qobiliyatiga ega ekanligidan kelib chiqadi. Muammoli ta'lim o'quvchilarning ijodiy tafakkuri va ijodiy qobiliyatlarini o'stirishda jiddiy ahamiyatga ega.

Muammoli ta'limning bosh maqsadi – o'quvchilarning o'rganilayotgan mavzuga doir muammolarni to'liq tushunib yetishiga erishish va ularni hal eta olishga o'rgatishdan iborat. Muammoli ta'limni amaliyotda qo'llashda asosiy masalalardan biri o'rganilayotgan mavzu bilan bog'liq muammoli vaziyat yaratishdan iborat.

Turli o'quv fanlari bo'yicha o'qituvchilar darslar jarayonida muammoli vaziyatlar hosil qilishni va ularni yechish usullarini oldindan ko'zda tutishlari kerak.

Muammoli ta'lim texnologiyasi juda qadim zamonlardan shakllanib kelmoqda. Jumladan, qadimgi Grestiyada muammoli savol-javoblar, qadimgi Hindiston va Xitoyda muammoli bahs-munozaralardan keng foydalanilgan. Muammoli ta'limni amerikalik psixolog, faylasuf va pedagog Dj. Dyui 1894 yilda Chikagoda tashkil etgan tajriba maktabida qo'llagan. XX asrning 60-yillarida bu yo'nalishda tadqiqotlar olib borildi. 70-80-yillarga kelib, amaliyotga keng joriy etildi.

Muammoli ta'limning asosiy g'oyasi bilimlarni o'quvchilarga tayyor holda berish emas, ular tomonidan dars mavzusiga tegishli muammolar bo'yicha o'quv-tadqiqotlarini bajarish asosida o'zlashtirilishini ta'minlashdan iborat.

O'zbekistonda muammoli ta'limni qo'llash bo'yicha bir necha asrlar davomida maktab va madrasalarda suqrotona savol-javob usulidan keng foydalanish asosida o'quvchilarda ziyraklik, hozirjavoblik sifatlari hamda go'zal nutq tarkib toptirilgan. Suqrotona savol-javob usuli hozirgacha eng samarali ta'lim usullaridan biri sifatida qo'llaniladi. Bunda o'quvchi chuqur mantiqiy fikrlashga, ziyraklikka, aniq va to'g'ri so'zlashga, nutqning mantiqiyliigi va ravonligiga hamda tanqidiy, ijodiy fikrlashga o'rgatilgan. Masalan, suqrotona suhbatlar deganda o'qituvchining o'quvchini mustaqil va faol fikrlash jarayoniga olib kirishi hamda uning fikrlashidagi noto'g'ri jihatlarni ziyraklik bilan aniqlagan holda ularni tuzatish yo'liga olib chiqishdan iborat usullar nazarda tutiladi.

Muammoli o'qitish talabalarning fikrlash qobiliyatlarini aktivlashtiruvchi muammoli vaziyat hosil qilish bosqichidan boshlanadi. Keyingi bosqichlari: muammoni aniqlash, uni hal qilish usullarini aniqlash, muammoni hal qilish, xulosani ta'riflash va yakun yasashdan iborat. Muammoli vaziyat qiyinligi talabalar tomonidan uni hal etishga kuchlari yetadigan bo'lsin va bu qiyinchilikni

yengishga ularda qiziqish uyg'ota olsun. Masalan, kutilmagan muammoli vaziyatlarni quyidagicha hosil qilish mumkin: issiq xonada efirni bug'latib suvni muzlatamiz (bug'lanish hodisasi), kuchli bo'ronda uyning tomi ajrab yuqoriga ko'tarilib ketishi (Bernulli qonuni). Bularni fizika nuqtayi nazaridan qanday tushuntiriladi?

Muammoli o'qitish bir necha xil bo'lishi mumkin.

1. O'qituvchi muammoni o'rta qo'yib, uni o'zi hal qiladi yoki u fanda qanday qilinganini ko'rsatadi (muammoli bayon qilish).
2. O'qituvchi muammoli vaziyatni hosil qilib, uni hal qilishga o'quvchilarni ham jalb qilib boradi (evristik suhbat).
3. O'qituvchi muammoni ta'riflab, uni hal etishni talabalarning o'zlariga tavsiya etadi (eksperimental masala, uy vazifasi va kuzatish ko'rinishida).
4. O'qituvchi muammoni talabalarning o'zlariga qo'yishlariga va uni hal etish yo'llarini topishga undaydi.

Endi muammoli vaziyatlarni hosil qilish yo'llarini ko'rib chiqaylik.

A. O'rganiladigan hodisaning fan, texnika va hayotdagi ahamiyatini ochish orqali muammoli vaziyat hosil qilish:

O'rganiladigan materialning texnika va hayotda qo'llanilishini juda ko'p mavzularda aytib, o'quvchilarning fikrlashlarini faollashtirishga imkoniyat juda katta, chunki fizika texnikaning asosini tashkil qiladi. Shuni ham aytish kerakki, talabalar teleko'rsatuvlardan, ommabop kino va adabiyotlardan, radiodan va h.k. dan ko'plab axborotlar oladilar. Shuning uchun talabalarga ular eshitgan texnika va boshqa yutuqlarining mohiyatini o'rganiladigan hodisa orqali bilish va ochib berish mumkinligini aytib, unga talabalar e'tiborini jalb qilish lozim. Buni misolda ko'raylik.

- 1) Mexanikaning asosiy masalasi harakatdagi jismning ixtiyoriy paytdagi holatini aniqlashdan iborat ekani hamda richagning kuchdan yutuq berishini mexanika esa uni hal qilishini aytib, buning tibbiyot va texnikadagi ahamiyatiga to'xtalamiz.

Bu asosiy masala inson tana a'zolari jumladan qo'l va oyoqlarning aynan richag ekanligi, uning arximed richag uchun yaratgan muvozanat shartlari, momentlar qoidasiga aniq biriktirilayotganini, zamonaviy biomuhandislikda protez qo'l oyoqlarning yaratilishini aytib, uning ahamiyati qanchalik kattaligini uqtiramiz.

2) Suyuqliklarda elektr tokini o'rganishda muhim biomuhandislik masalaning hal qilinishi, ya'ni toza qon va boshqa suyuqliklarning inson tanasida tokni tashishi, muayyan kasalliklarda davolash uchun ishlatiladigan tokning qon va muskullardagi harakatini o'rganish ahamiyati kattaligi aytib o'tiladi.

3) Fotoeffektni o'tishda televideniye, tasmaga tovushni yozish va eshittirish, quyosh batareyalarida fotoeffektning ahamiyatini aytib, mobillashgan EKG qurilmalarida quyosh batareyalari o'rnatilgani, yengil bo'lishi, tibbiy apparatlarning elektr energiya bilan ta'minlanishi aytib o'tiladi.

4) Amper, Lorens kuchlarini o'tishda dvigatellarning, tezlatgichlarning ishlashidagi ahamiyatiga to'xtalamiz. Bu usullarning ahamiyati katta bo'lib, uni videolavha yoki taqdimot tarzida berish ma'quldir. M: ishqalanishning zararini talabalar bilsalarda, foydasini bilmaydilar. Uning foydasi haqida hikoya qilib, agar ishqalanish bo'lmasa odam yerda yurolmasligi, transporterlarda tuzni yuqoriga chiqarib bo'lmasligi sabab yod aralashtira olmaslik, tibbiyot muhandislarini tibbiy asboblarga egovlash orqali ishlov berolmasligi, tibbiyot xodimlari tibbiy buyum va jihozlarni sterillash, dezinfeksiya qilish jarayonida katta qiyinchiliklarga duch kelishi va h.k. haqida hikoya qilinadi.

Bu usullar o'rganiladigan mavzularni tibbiyot texnikasi bilan bog'laydi, ahamiyatini ko'rsatib beradi. Mavzuni o'tib bo'lgandan keyin uni texnikadagi mohiyatini ochib berishga yana bir to'xtalib o'tish o'quvchilar diqqatini unga jalb qiladi.

B. O'quv muammosini qo'yishda fizik eksperimentdan foydalanish:

Eksperiment bilim manbayi, fizik tadqiqotning uslubi, dunyo haqidagi bilimning mezonidir. O'quv muammosini qo'yishda eksperimentdan ham foydalaniladi,

chunki u talabalar diqqatini o'ziga tortadi. Yangi kutilmagan effektlarni kuzatish talabalarni bilish faolligini uyg'otadi, hodisaning mohiyatini bilishga intilish hosil qiladi. Shuning uchun ba'zi hollarda bo'ladigan hodisani diqqat bilan kuzatish taklif etilsa, boshqa hollarda tajriba natijalarini oldindan aytib berish taklif etiladi.

Shularga misollar ko'raylik:

1) Talabalar uyda ham, tibbiy tekshiruvlarda ham, klinikalarda ham qon bosimining o'lchanishida tanometrning elektronik yoki mexanik turlaridan foydalanishganini ko'rganlar. Ko'plab talabalar esa o'zlari foydalanib, tanometrni ishlatib ham juda ko'p ko'rganlar va biladilar. Lekin uning mohiyati, ya'ni qanday qo'llanish sababi ustida o'ylamaganlar. Bu hodisaning sababini bilishga qiziqish uyg'otishni quyidagi tajribani ko'rsatish orqali amalga oshirimiz(5.4.1-rasm).



5.4.1-rasm.

Yurak tovushini eshitish usuli kishidan ba'zi odat va ko'nikmalarni talab qiladi. Bir vaqtda ham tinglash, ham tonometr ko'rsatkichidagi o'zgarishni payqash

boshlanishiga qiyin bo'ladi. Shuning uchun, agar stetofonendoskopdan foydalanadigan bo'lsangiz, qanday bajarishni o'rganing[4].

1. Tinch vaziyatda 5 daqiqa o'tiring, kuchli yuklamalardan so'ng darhol tonometrni ishlatish yaramaydi. O'lchab ko'rishdan avvalgi yarim soat davomida chekmang va kofe ichmang.
2. Orqangiz tekis holatda bo'lishini ta'minlash uchun stulga o'tiring. Oyoqlarni chalishtirmang. Ular yer yuzasiga tizzalar yuqoriga ko'tarilmaydigan holatda qo'yilishi kerak. (5.4.2-rasm)
3. Manjyetni qo'lga muammosiz kiygizish uchun yengni qayirish yoki yaxshisi uzun yengli kiyimni yechib qo'yish kerak.
4. O'lchanayotgan qo'l shunday qo'yilishi kerakki, tonometr manjyeti taxminan yurak bilan bir chiziqda bo'lsin. Ba'zida bu holatni bajarish uchun qo'l ostiga yostiqcha qo'yish zarur bo'ladi.
5. Manjyetni to'g'ri taqing. Uning quyi qismi tirsak bukiladigan joydan 2-2,5 sm yuqorida bo'lsin.
6. Manjyetni uning ostida 1 yoki 2 barmoq sig'ishi mumkin bo'lgan darajada torting. Tonometrning sezuvchi elementlari pulsni aniqlashi uchun uning naychasi tirsakning ichki qismidan chiqishi kerak[22].
7. Tirsak chuqurligiga yoki uning sal yuqorisidagi puls eshitilishi eng yaxshi bo'lgan joyga stetofonendoskop membranasini qo'ying va ozroq siqing.
8. Manjyetni havo bilan damlang va bir vaqtning o'zida strelkadan ko'z uzmasdan pulsni tinglang. Qaysidir holatda puls yo'qoladi — uni eshitib bo'lmaydi. Shundan so'ng tonometr strelkasi yana 20-30 mm simob ustuniga ko'tarilguncha manjyetni damlash kerak.
9. Grusha jo'mragini ozroq ochishingiz bilan tonometr strelkasi asta-sekin pastlay boshlaydi, sekundiga 2-3 mm simob ustuni tezligida.

10. Stetofonendoskopda yurak urishi tovushlari yana qachon paydo bo'lishiga diqqat qiling. O'sha vaqtdagi strelka ko'rsatkichini eslab qoling. Bu sistolik, ya'ni ustki qon bosimidir.

11. So'ngra, tovushlar yana yo'qolib qoladi va o'sha vaqtdagi strelka ko'rsatkichi diastolik, «pastki» bosimini ifodalaydi.



5.4.2-rasm.

U 140/90 dan ko'tarilsa, qon bosimi oshishi tashxisini qo'yish mumkin. Quyi chegara esa 90/60. O'zingiz uchun me'yor qandayligini bilish uchun qon bosimini har kuni bir xil vaqt va sharoitlarda o'lchang va yozib boring. O'zingizni yomon his qiluvchi biror holat sodir bo'lsa, sizda qon bosimi bilan bog'liq muammo mavjud yoki aksinchaligini aniqlay olasiz. Endi aytingchi talabalar ushbu holatda fonendoskopda eshitilayotgan puls tovushlari nega yo'qolib qolyapti va birozdan so'ng yana eshitilmoqda?! Nega normal holatda areterial qon bosimi 120/80 deyiladi?! Bu 120/80 birliksiz oddiy son emas qanday fizikaviy birlikda o'lchanmoqda? Buni qanday tushuntirish kerak? Boshlang'ich tajriba shu yerda to'xtatiladi. Muammoli vaziyat hosil qilindi. Bu vaziyat tahlil qilinadi:

O'quvchilarga bu vaziyatni tushuntirishga o'z farazlarini aytish taklif etiladi. Ular oldingi darsdan gidrodinamika, Bernulli qonuni, laminar hamda turbulent oqim haqidagi bilganlariga asosan kuzatilgan hodisaning mohiyati haqida to'g'ri xulosaga keladilar. Shundan keyin mavzu beriladi va eksperiment davom ettiriladi. Manjyetni havo bilan damlab va bir vaqtning o'zida strelkadan ko'z uzmasdan pulsni tinglanadi. Qaysidir holatda puls yo'qoladi — uni eshitib bo'lmay qolgandan so'ng tonometr strelkasi yana 20-30 mm simob ustuniga ko'tarilguncha manjyetni damlanadi. Grusha jo'mragini ozroq ochilganda tonometr strelkasi asta-sekin pastlay boshlaydi, sekundiga 2-3 mm simob ustuni tezligida. Stetofonendoskopda yurak urishi tovushlari yana qachon paydo bo'lishiga diqqat qilinadi. O'sha vaqtdagi strelka ko'rsatkichini aniqlab, yozib olinadi. Bu sistolik, ya'ni ustki qon bosimidir. So'ngra, tovushlar yana yo'qolib qoladi va o'sha vaqtdagi strelka ko'rsatkichi diastolik, «pastki» bosimini ifodalaganda diastolik bosimni ham qayd etiladi. Talabalar tonometr analogini ko'radilar va unga ahamiyat beradilar. Shunga asosan arterial qon bosimini o'lchashda laminar oqimdan turbulent oqimga o'tishi masalasi ko'rib chiqiladi.

Farg'ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti "Biotibbiyot muhandisligi" yo'nalishi 1623 - guruh talabalariga "Umumiy fizika. Biofizika" fanidan "Suyuqliklar va gazlar mexanikasi" mavzusidagi amaliy mashg'ulotni o'tkazishda muammoli o'qitishning ustun jihatlari o'rganildi. Muammoli bayon qilishda o'quvchilar bilimni qidirishda ishtirok etdilar, eksperimentdagi fizik qonunlarni qidirishga qo'shildilar va ular o'zlarini ilmiy yangilikni ochish ishtirokchilariday his qildilar. Muammoli bayon qilish uchun o'quv materiali tanlashda uning dunyoqarashni shakllantirishdagi ahamiyatida, ilmiy bilimlar (yoki bilish) metodologiyasi masalalari bilan tanishtirilishiga, tabiat sirlariga sekin asta kirib borishning ko'rsatilishiga, fundamental nazariyalarning tug'ilishiga, fundamental fizik eksperimentning ahamiyati va roliga e'tibor berilishida talabalar bevosita qatnashdilar.

Keyingi paytda muammoli o'qitishga aksariyat o'qituvchilar ijobiy fikr bildirishmoqda. Bu bejiz emas. Chunki darsning muammoli o'tilishi, o'quvchi va talabalarni turli dalillar yig'indisi bilangina qurollantirmasdan, balki ularning ongini, fikrlashini, qobiliyatlarining yuksak darajada rivojlanishini ta'minlaydi. Shu bois yuqorida muammoli o'qitishni ustuvor jihatlarini bo'lajak tibbiyot muhandislariga fizika o'qitishda ko'rib chiqildi. Fizika fanini o'qitish, ayniqsa tibbiyot muhandislari uchun juda muhim bo'lib, ularning biologiya va tibbiyot bo'yicha bilimlarini muhandislik tamoyillari va amaliyotlari bilan birlashtirib, tibbiy va sog'liq bilan bog'liq muammolarni hal qiladigan qurilmalar va protseduralarni ishlab chiqishlarida muhim poydevor bo'lib xizmat qiladi. Biomuhandislar ko'pchilik tibbiyot olimlari bilan birgalikda sun'iy organlar, protezlar (tananing etishmayotgan qismlari o'rnini bosuvchi sun'iy asboblari), asboblari, tibbiy axborot tizimlari, sog'liqni saqlashni boshqarish va xizmat ko'rsatish tizimlari kabi tizimlar va mahsulotlarni ishlab chiqish va baholash uchun tadqiqot olib boradi. Biotibbiyot muhandislari shuningdek, turli xil tibbiy muolajalarda ishlatiladigan asboblarni, magnit-rezonans tomografiya (MRI) kabi tasvirlash tizimlarini va insulin inyeksiyalarini avtomatlashtirish yoki tana funktsiyalarini boshqarish uchun asboblarni loyihalashlari mumkin. Masalan ulardan biz ko'rib chiqqan eng oddiy tanometr hamda fizik parametr — qon bosimi, juda ko'p kasalliklar diagnostikasida katta rol o'ynaydi. Qon bosimini avvallari tanometr qurilmasi bo'lmaganida qon tomiri igna bilan teshilib, manometrغا ulab aniqlangan. Ba'zi bemorlar sog'ligidan shikoyat qilganida bir kunda arterial qon bosimini 3-4 marta o'lchashga to'g'ri keladi. Bu o'z navbatida qon bosimini o'lchashning qonsiz usuliga ehtiyoj tug'dirgan. So'zsiz-ki fizika qonunlarini yaxshi bilgan N. Korotkov kabi olimlar hozirgi og'riqsiz, qonsiz aniq o'lchaydigan tanometrlardan foydalanishni ishlab chiqishgan. Hozirgi tibbiyot rivojiga ulkan hissa qo'shayotgan sog'liqni saqlovchi, hamda tiklovchi tibbiyot

texnikalarining yaratilishi asosida turgan fizika – texnika, tibbiyot kabi qator fanlarni o‘qitish usullari ham juda muhim.

5.5. Tibbiyot muhandislari uchun metodik model

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o‘qitishda samarali natijaga erishish uchun aniq ishlab chiqilgan metodik model zarur. Bu model ta’lim jarayonini tizimli, bosqichma-bosqich va maqsadga yo‘naltirilgan holda tashkil etishga xizmat qiladi. Ayniqsa tibbiyot muhandisligi yo‘nalishida bu juda muhim, chunki talabalar nazariy bilimni amaliy ko‘nikmaga aylantira olishi kerak.

Metodik modelning asosiy maqsadi — talabada yurak faoliyatining fizik asoslarini chuqur tushunish, ularni real diagnostik va texnologik vaziyatlarda qo‘llay olish kompetensiyasini shakllantirishdir. Bu model quyidagi asosiy komponentlardan iborat: maqsad, mazmun, metodlar, vositalar va baholash tizimi. Avvalo, maqsad aniq belgilanishi kerak. Ya’ni talaba dars yakunida nimani bilishi va nimalarni bajara olishi lozimligi aniqlanadi. Masalan, talaba qon oqimini fizik qonunlar asosida tushuntira olishi, EKG signalini tahlil qila olishi yoki yurak monitoring tizimini modellashtira olishi kerak.

Mazmun komponenti fanlararo integratsiyaga asoslanadi. Bu yerda fizika, biologiya va muhandislik fanlari birgalikda o‘qitiladi. Masalan, qon oqimi mavzusi o‘rganilganda Puazeyl qonuni bilan birga uning fiziologik ahamiyati ham tushuntiriladi. Bu esa talabaning bilimni chuqurlashtiradi.

Metodlar esa o‘qitish jarayonining eng muhim qismi hisoblanadi. Bu modelda interfaol va zamonaviy metodlardan foydalanish tavsiya etiladi: muammoli ta’lim, loyiha asosida o‘qitish, case-study, simulyatsiya va laboratoriya mashg‘ulotlari. Masalan, talabalarga “yurak ritmi buzilgan bemorni tahlil qilish” kabi topshiriq berilib, ular muammoni fizik nuqtai nazardan tushuntirishi talab

qilinadi. Vositalar komponenti zamonaviy texnologiyalarni o‘z ichiga oladi. Bu yerda EKG apparatlari, ultratovush qurilmalari, virtual laboratoriyalar va kompyuter simulyatsiyalari qo‘llaniladi. Bu vositalar yordamida talaba nazariy bilimni amaliyot bilan bog‘laydi.

Metodik modelda bosqichma-bosqich o‘qitish muhim o‘rin tutadi. Dastlab nazariy bilim beriladi, so‘ngra u amaliy mashg‘ulotlarda mustahkamlanadi, oxirida esa mustaqil loyiha yoki muammo yechimi orqali qo‘llaniladi. Bu ketma-ketlik talabaning bilimni chuqur o‘zlashtirishga yordam beradi.

Baholash tizimi ham modelning muhim qismi hisoblanadi. Bu yerda faqat testlar emas, balki amaliy topshiriqlar, loyiha ishlari va taqdimotlar orqali ham baholash amalga oshiriladi. Bu esa talabaning haqiqiy bilim darajasini aniqlash imkonini beradi.

Metodik modelning yana bir muhim jihati — moslashuvchanlikdir. Har bir talabaning bilim darajasi turlicha bo‘lgani uchun o‘qituvchi individual yondashuvni qo‘llashi kerak. Bu esa ta’lim samaradorligini oshiradi.

Tibbiyot muhandislari uchun ishlab chiqilgan ushbu metodik model nafaqat bilim berishga, balki innovatsion fikrlashni rivojlantirishga ham xizmat qiladi. Talaba faqat tayyor bilimni qabul qilmaydi, balki yangi yechimlar ishlab chiqishga o‘rganadi. Tibbiyot muhandislari uchun metodik model ta’lim jarayonini tizimli tashkil etishga xizmat qiluvchi muhim vosita bo‘lib, u nazariya va amaliyotni uyg‘unlashtiradi. Ushbu model asosida tayyorlangan mutaxassislar zamonaviy texnologiyalarni chuqur tushunadigan va ularni amaliyotda qo‘llay oladigan yuqori malakali kadrlar bo‘lib yetishadi.

5.5.1 Virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o‘qitishda virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar zamonaviy va samarali vositalardan biri hisoblanadi. Chunki bu texnologiyalar yordamida talabalar murakkab biologik va fizik jarayonlarni xavfsiz, qulay va interaktiv muhitda o‘rganish imkoniga ega bo‘ladi. Ayniqsa, tibbiyot muhandisligi yo‘nalishida bu yondashuv katta ahamiyatga ega, chunki real qurilmalar bilan ishlash har doim ham mumkin bo‘lmaydi yoki xavfli bo‘lishi mumkin.

Virtual laboratoriya — bu kompyuter dasturlari yordamida yaratilgan interaktiv muhit bo‘lib, unda talaba real tajribaga o‘xshash jarayonlarni bajaradi. Masalan, yurakning EKG signalini modellashtirish, qon oqimini simulyatsiya qilish yoki ultratovush diagnostikasini virtual tarzda sinab ko‘rish mumkin. Bu jarayonda talaba parametrlarni o‘zgartirib, natijaning qanday o‘zgarishini kuzatadi. Simulyatsiya usuli ayniqsa yurak faoliyatini o‘rganishda juda foydali. Chunki yurakda sodir bo‘ladigan jarayonlar ko‘pincha tez va murakkab bo‘ladi. Simulyatsiya orqali esa bu jarayonlar soddalashtirilgan va tushunarli shaklda namoyish etiladi. Masalan, yurak ritmi o‘zgarganda EKG signalining qanday o‘zgarishini grafik tarzda ko‘rish mumkin.

Virtual laboratoriyalarning asosiy afzalliklaridan biri — xavfsizlikdir. Talaba real qurilma yoki bemor bilan ishlamasdan turib, turli tajribalarni bema'lol bajaradi. Bu esa xatolik qilishdan qo‘rqmasdan o‘rganish imkonini beradi. Bundan tashqari, virtual muhitda cheksiz marta tajriba o‘tkazish mumkin.

Yana bir muhim jihat — moslashuvchanlikdir. Virtual laboratoriyalar istalgan vaqtda va istalgan joyda ishlatilishi mumkin. Bu esa mustaqil ta‘lim imkoniyatlarini kengaytiradi. Talaba darsdan tashqari vaqtda ham bilimini mustahkamlashi mumkin.

Simulyatsiya texnologiyalari yordamida real klinik vaziyatlarni ham modellashtirish mumkin. Masalan, aritmiya, yurak yetishmovchiligi yoki klapan nuqsonlari kabi holatlar virtual muhitda ko'rsatiladi. Bu esa talabaga real amaliyotga yaqin tajriba beradi.

Zamonaviy virtual laboratoriyalar ko'pincha grafik interfeys, animatsiya va interaktiv boshqaruv elementlari bilan jihozlangan bo'ladi. Bu esa o'rganish jarayonini yanada qiziqarli va samarali qiladi. Ba'zi tizimlarda hatto sun'iy intellekt yordamida individual o'quv trajektoriyasi ham taklif etiladi.

Tibbiyot muhandislari uchun virtual laboratoriyalar bilan ishlash muhim ko'nikma hisoblanadi. Chunki ular kelajakda turli simulyatsiya dasturlari yordamida qurilmalarni loyihalash va sinovdan o'tkazadi. Bu bilimlar ularga innovatsion texnologiyalar yaratishda yordam beradi.

Virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar yurak faoliyatining fizik asoslarini o'qitishda samarali va zamonaviy vosita hisoblanadi. Ular orqali talabalar murakkab jarayonlarni chuqur tushunadi, amaliy ko'nikmalarni rivojlantiradi va mustaqil o'rganish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bu esa tibbiyot muhandislarini yuqori malakali mutaxassis sifatida tayyorlashda muhim rol o'ynaydi.

5.6 Problem-based learning va case-study

Yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o‘qitishda problem-based learning (muammoli ta’lim) va case-study (holatli tahlil) yondashuvlari ayniqsa samarali metodlar hisoblanadi. Bu yondashuvlar talabaning tayyor bilimni qabul qilishidan ko‘ra, mustaqil fikrlash, tahlil qilish va muammoni hal qilish ko‘nikmalarini rivojlantirishga qaratilgan. Tibbiyot muhandisligi yo‘nalishida bu juda muhim, chunki talabalar real diagnostik va texnologik muammolar bilan ishlashga tayyor bo‘lishi kerak.

Problem-based learning yondashuvida o‘qitish jarayoni muammo asosida tashkil etiladi. Dars boshida talabaga aniq bir muammo yoki vaziyat beriladi. Masalan: “Bemorning EKG signalida o‘zgarishlar kuzatilmoqda, bu holatni fizik nuqtai nazardan qanday tushuntirish mumkin?” Talaba ushbu muammoni hal qilish uchun bilim izlaydi, tahlil qiladi va xulosa chiqaradi. Bu jarayon orqali bilim mustahkamroq o‘zlashtiriladi.

Bu yondashuvda o‘qituvchi tayyor javob bermaydi, balki talabani to‘g‘ri yo‘naltiradi. Talaba esa muammoni hal qilish uchun turli manbalardan foydalanadi, fikr yuritadi va natijaga keladi. Bu esa uning mustaqil ishlash qobiliyatini rivojlantiradi.

Case-study usuli esa real yoki realga yaqin vaziyatlarni tahlil qilishga asoslanadi. Bu yondashuvda talabaga muayyan holat taqdim etiladi. Masalan, yurak klapanlari yetishmovchiligi yoki qon oqimining buzilishi bilan bog‘liq klinik holat beriladi. Talaba ushbu vaziyatni fizik va biologik jihatdan tahlil qiladi.

Case-study metodida quyidagi bosqichlar muhim hisoblanadi: vaziyatni tushunish, muammoni aniqlash, sabablarni tahlil qilish va yechim taklif etish. Bu jarayon talabaning analitik fikrlashini va qaror qabul qilish qobiliyatini rivojlantiradi.

Yurak faoliyatini o‘rganishda bu yondashuvlar ayniqsa samarali. Masalan, qon oqimi buzilgan vaziyatni tahlil qilishda talaba fizik qonunlardan foydalanadi. Bu

yerda talaba bosim va qarshilik o'zgarishi oqimga qanday ta'sir qilishini amaliy vaziyat orqali tushunadi.

Problem-based learning va case-study metodlarining yana bir afzalligi — ular jamoaviy ishlashni rivojlantiradi. Talabalar kichik guruhlarda ishlash orqali fikr almashadi, muammoni birgalikda hal qiladi va o'z nuqtai nazarini himoya qiladi. Bu esa kommunikativ ko'nikmalarni ham rivojlantiradi.

Bu yondashuvlar talabani real hayotga tayyorlaydi. Chunki kelajakda tibbiyot muhandisi turli murakkab vaziyatlarga duch keladi va ularni tez va to'g'ri hal qilishi kerak bo'ladi. Problem-based learning va case-study aynan shu ko'nikmalarni shakllantiradi.

O'qituvchi bu jarayonda moderator rolini bajaradi. U muhokamani boshqaradi, yo'naltiradi va zarur holatlarda yordam beradi. Ammo asosiy faoliyat talabanning o'ziga yuklatiladi. Problem-based learning va case-study yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini o'qitishda eng samarali metodlardan biri hisoblanadi. Bu yondashuvlar orqali talabalar nazariy bilimni amaliyot bilan bog'laydi, mustaqil fikrlashni o'rganadi va real muammolarni hal qilish ko'nikmasini rivojlantiradi. Bu esa tibbiyot muhandislarini yuqori malakali va zamonaviy mutaxassis sifatida tayyorlashda muhim rol o'ynaydi.

Tadqiqot natijalari asosida umumiy xulosa

Mazkur monografiyada yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini tibbiyot muhandislariga o‘qitish metodikasi kompleks tarzda yoritildi va ushbu yo‘nalishda nazariy hamda amaliy jihatdan muhim xulosalarga kelindi. Tadqiqot jarayonida yurak faoliyati nafaqat biologik, balki fizik va muhandislik tizimi sifatida qaralib, uning elektr, mexanik, akustik va gemodinamik jarayonlari o‘zaro bog‘liq holda tahlil qilindi. Avvalo, yurak faoliyatining fizik asoslari — qon oqimi, bosim, bioelektrik impulslar va ultratovush hodisalari kabi jarayonlar orqali chuqur tushuntirildi. Ushbu jarayonlarni fizik qonunlar asosida o‘rganish tibbiyot muhandislariga yurak faoliyatini ilmiy jihatdan anglash va uni modellashtirish imkonini beradi. Bu esa zamonaviy diagnostik va monitoring tizimlarini yaratishda mustahkam nazariy poydevor bo‘lib xizmat qiladi.

Biofizik usullar va texnologiyalar, xususan EKG, ultratovush, Doppler usullari va bioimpedans texnologiyalari yurak faoliyatini aniqlashda eng samarali vositalar sifatida ko‘rib chiqildi. Ushbu usullar orqali olingan signallarni fizik va matematik jihatdan tahlil qilish tibbiyot muhandislarining asosiy kasbiy kompetensiyalaridan biri ekanligi asoslab berildi.

Tibbiy qurilmalarda yurak faoliyatining fizik modellari va sensor texnologiyalari o‘rganilib, ularning ishlash prinsiplari tahlil qilindi. Bu qurilmalar yurakdagi fizik jarayonlarni aniqlash, qayta ishlash va interpretatsiya qilishga asoslanganligi ko‘rsatildi. Shu orqali tibbiyot muhandislarining texnologik tafakkuri va amaliy ko‘nikmalarini rivojlantirish zarurligi aniqlandi.

Yurak faoliyatini modellashtirish va simulyatsiya qilish usullari orqali murakkab biologik jarayonlarni soddalashtirish va ularni kompyuter muhitida tahlil qilish imkoniyati mavjudligi ko‘rsatildi. Bu yondashuv tibbiy qurilmalarni loyihalash va sinovdan o‘tkazishda katta ahamiyatga ega ekanligi asoslandi.

Beshinchidan, yurak faoliyatining fizik asoslarini o‘qitishda zamonaviy pedagogik yondashuvlar — CLIL, STEAM, kompetensiyaga asoslangan ta’lim, muammoli

ta'lim va case-study metodlari samarali ekanligi aniqlanib, ularni o'quv jarayoniga integratsiya qilish zarurligi ko'rsatildi. Bu metodlar talabada mustaqil fikrlash, amaliy ko'nikma va fanlararo yondashuvni rivojlantiradi.

Shuningdek, laboratoriya mashg'ulotlari, virtual laboratoriyalar va simulyatsiya texnologiyalari orqali talabalar bilimni mustahkamlash, ularni real kasbiy faoliyatga tayyorlash imkoniyati mavjudligi isbotlandi. Bu esa ta'lim jarayonining samaradorligini oshiradi.

Umuman olganda, olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, yurak faoliyatining fizikaviy asoslarini integratsiyalashgan, amaliy va zamonaviy metodlar asosida o'qitish tibbiyot muhandislarini yuqori malakali mutaxassis sifatida tayyorlashda muhim omil hisoblanadi. Ushbu yondashuv orqali talabalar nafaqat nazariy bilimga ega bo'ladi, balki uni amaliyotda qo'llash, innovatsion yechimlar yaratish va zamonaviy tibbiy texnologiyalarni ishlab chiqish ko'nikmalariga ham ega bo'ladi. Shu bois, mazkur monografiyada ishlab chiqilgan metodik yondashuvlar va ilmiy xulosalar tibbiyot muhandisligi ta'limini takomillashtirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega bo'lib, ularni o'quv jarayoniga keng joriy etish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

I. Rahbariy adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi 2022–2026. – Toshkent: O‘zbekiston, 2022. – 120 b.
2. O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi. Oliy ta’lim davlat ta’lim standarti. – Toshkent, 2023. – 85 b.
3. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi. Tibbiyot ta’limi rivoji konsepsiyasi. – Toshkent, 2021. – 64 b.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Raqamli O‘zbekiston – 2030 strategiyasi. – Toshkent, 2020. – 98 b.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. Oliy ta’lim tizimini rivojlantirish qarorlari to‘plami. – Toshkent, 2021. – 150 b.
6. O‘zbekiston Respublikasi SSV. Radiatsion xavfsizlik normalari. – Toshkent, 2022. – 76 b.
7. O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi. “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonun. – Toshkent, 2020. – 45 b.
8. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Sog‘liqni saqlash tizimini rivojlantirish to‘g‘risida farmon. – Toshkent, 2019. – 34 b.
9. O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi. Biotibbiyot muhandisligi DTS. – Toshkent, 2024. – 72 b.
10. O‘zbekiston Respublikasi SSV. Tibbiy texnika va texnologiyalarni rivojlantirish dasturi. – Toshkent, 2021. – 90 b.

II. Asosiy adabiyotlar

11. Bozorboyev M.I., Mullajonov I. Biofizika. – Toshkent 2018. – 198 b.
12. A.N. Remizov Tibbiy va biologik fizika. T.: “O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi”. 2005
13. Xoldorov B.B. Tibbiy fizika. – Toshkent: Ilm ziyo, 2018. – 280 b.

14. Karimov Sh.K. Biotibbiyot muhandisligi asoslari. – Toshkent: O‘zbekiston, 2020. – 300 b.
15. Rasulov A.A. Fizika va tibbiyot integratsiyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 250 b.
16. Qodirov M.M. Biofizik jarayonlar. – Toshkent: Tafakkur, 2017. – 270 b.
17. Sodiqov N.R. Tibbiyotda fizika qonunlari. – Toshkent: Yangi asr avlodi, 2016. – 240 b.
18. Abdulkarimov D.S. Gemodinamika asoslari. – Toshkent: Fan, 2015. – 210 b.
19. Ismoilov F.A. Biomekanika. – Toshkent: Ilm ziyo, 2018. – 260 b.
20. Rahimov K.T. Bioelektrik hodisalar. – Toshkent: Fan, 2019. – 230 b.
21. Nurmatov O.O. Tibbiy optika. – Toshkent: O‘zbekiston, 2020. – 220 b.
22. Tursunov H.H. Termodinamika asoslari. – Toshkent: Fan, 2014. – 200 b.
23. Jo‘rayev S.S. Radiatsiya fizikasi. – Toshkent: Fan, 2016. – 240 b.
24. Egamberdiyev B.A. Biofizik tadqiqot usullari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 260 b.
25. Qosimov Z.Z. Tibbiyot muhandisligi. – Toshkent: Ilm ziyo, 2022. – 310 b.
26. Xasanboyeva N.A. Farmakologiya va biofizika integratsiyasi. – Toshkent: Fan, 2023. – 280 b.

III. Xorijiy adabiyotlar (10 ta)

26. Medical Physics – John R. Cameron, James G. Skofronick. – Wiley, 2009. – 450 p.
27. Paul Davidovits. Physics in Biology and Medicine. Fourth Edition, 2013
28. Andrey B. Rubin. Fundamentals of biophysics. Second Edition, 2014
29. В.О.Самойлов Медицинская биофизика, Санкт-Петербург, 2004.
30. Biophysics: An Introduction – Rodney Cotterill. – Wiley, 2002. – 380 p.
31. Physics in Biology and Medicine – Paul Davidovits. – Academic Press, 2013. – 520 p.

32. Biomedical Engineering Fundamentals – Joseph D. Bronzino. – CRC Press, 2015. – 600 p.
33. Medical Imaging Physics – William R. Hendee. – Wiley, 2012. – 410 p.
34. Introduction to Biomedical Engineering – Michael M. Domach. – Pearson, 2016. – 480 p.
35. Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues – Y.C. Fung. – Springer, 2013. – 580 p.
36. Radiation Physics for Medical Physicists – Ervin B. Podgorsak. – Springer, 2016. – 700 p.
37. Fundamentals of Medical Imaging – Paul Suetens. – Cambridge University Press, 2017. – 430 p.
38. Bioelectricity: A Quantitative Approach – Robert Plonsey. – Springer, 2007. – 350 p.

IV. Mahalliy internet manbalari

36. <https://ssv.uz>
37. <https://edu.uz>
38. <https://ziyonet.uz>
39. <https://lex.uz>
40. <https://fjssti.uz>

V. Xorijiy internet manbalari

41. <https://www.who.int>
42. <https://www.nih.gov>
43. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
44. <https://www.sciencedirect.com>
45. <https://www.ieee.org>