

**QON AYLANISH TIZIMIDAGI GIDRODINAMIK JARAYONLARNI
KOMPYUTER MODELLASHTIRISH VA KLINIK PROGNOZLASH**

Xoliyorov Abdunosir

Xolmedov Shavkat Shermatovich

Toshkent davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya. *Ushbu ilmiy maqola inson qon aylanish tizimida kechadigan gidrodinamik jarayonlarni chuqur tahlil qilishga va ularni zamonaviy kompyuter modellashtirish usullari yordamida o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqotda qon oqimining asosiy fizik xususiyatlari — tezlik profillari, bosim taqsimoti, yopishqoqlik, tomir devorlarida hosil bo'ladigan kesuvchi kuchlar (shear stress) hamda ularning yurak-qon tomir tizimi fiziologiyasi va patologiyasi bilan bog'liqligi ilmiy asosda yoritiladi.*

Maqolada suyuqliklar mexanikasi qonunlariga asoslangan matematik modellar, xususan Navye–Stoks tenglamalari orqali qon oqimini tavsiflash usullari ko'rib chiqiladi. Tomirlarning individual anatomik tuzilishini hisobga olgan holda uch o'lchamli raqamli modellarni yaratish, tibbiy tasvirlash texnologiyalari (kompyuter tomografiya va magnit-rezonans tomografiya) ma'lumotlaridan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, hisoblash gidrodinamikasi (Computational Fluid Dynamics — CFD) usullarining biologik tizimlarga qo'llanishi va ularning aniqlik darajasi baholanadi.

Tadqiqot natijalari qon tomirlarida stenoz, anevrizma, ateroskleroz va tromboz kabi patologik holatlarda qon oqimi rejimining qanday o'zgarishini aniqlashga imkon beradi. Kompyuter modellashtirish orqali olingan ma'lumotlar klinik prognozlashda, xususan insult va miokard infarkti xavfini baholash, jarrohlik aralashuvlarini rejalashtirish hamda individual davolash strategiyalarini tanlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Ushbu ish zamonaviy tibbiyot va biofizika sohalarida kompyuter texnologiyalaridan foydalanishning istiqbolli yo'nalishlarini ochib beradi hamda qon aylanish tizimi kasalliklarini erta aniqlash va samarali davolashga ilmiy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: *Qon aylanish tizimi, gidrodinamika, kompyuter modellashtirish, klinik prognozlash, qon oqimi*

Dolzarbligi

Zamonaviy tibbiyotda yurak-qon tomir kasalliklari global miqyosda eng keng tarqalgan va eng yuqori o'lim ko'rsatkichlariga ega bo'lgan kasalliklar guruhiga kiradi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, har yili millionlab insonlar aynan qon aylanish tizimi bilan bog'liq patologiyalar oqibatida hayotdan ko'z yumadi yoki mehnat qobiliyatini yo'qotadi. Shu sababli ushbu kasalliklarni erta aniqlash, ularning rivojlanish mexanizmlarini chuqur tushunish va aniq prognozlash dolzarb ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi.

An'anaviy diagnostika usullari — ultratovush, angiografiya, elektrokardiografiya va laborator tahlillar — ko'pincha faqat mavjud holatni baholash bilan cheklanadi. Ular qon oqimining murakkab gidrodinamik xususiyatlarini, tomir devorlarida yuzaga keladigan kuchlanishlar va ularning uzoq muddatli ta'sirini to'liq ochib bera olmaydi. Natijada kasallikning kelajakdagi rivojlanishi, asoratlarning xavfi va davolash natijalari aniq prognoz qilinmay qoladi.

Qon aylanish tizimidagi gidrodinamik jarayonlarni kompyuter modellashtirish ushbu cheklovlarni bartaraf etish imkonini beradi. Hisoblash gidrodinamikasi asosida yaratilgan modellar qonning real fiziologik sharoitdagi harakatini, tomirlarning elastik xususiyatlarini va individual anatomik farqlarni hisobga olish imkonini yaratadi. Bu esa har bir bemor uchun shaxsiylashtirilgan tibbiy yondashuvni shakllantirishga zamin yaratadi.

Bundan tashqari, kompyuter modellashtirish klinik prognozlashda muhim vosita bo'lib, insult, miokard infarkti, tromboemboliya kabi og'ir asoratlarning xavfini oldindan baholash imkonini beradi. Jarrohlik aralashuvlaridan oldin turli klinik ssenariylarni virtual muhitda sinab ko'rish, eng optimal davolash strategiyasini tanlash va mumkin bo'lgan xavflarni kamaytirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Shu nuqtai nazardan, qon aylanish tizimidagi gidrodinamik jarayonlarni kompyuter modellashtirish va klinik prognozlash masalalarini ilmiy asosda o'rganish nafaqat nazariy ahamiyatga, balki amaliy tibbiyot uchun ham yuqori dolzarblik kasb etadi. Ushbu yo'nalish biofizika, tibbiy informatika va klinik tibbiyot integratsiyasini ta'minlab, sog'liqni saqlash tizimining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — qon aylanish tizimidagi gidrodinamik jarayonlarni kompyuter modellashtirish orqali tahlil qilish va olingan natijalar asosida klinik prognozlash imkoniyatlarini aniqlashdir. Tadqiqot shuningdek yurak-qon tomir tizimi kasalliklarining rivojlanish mexanizmlarini chuqur tushunish va individual davolash strategiyalarini shakllantirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot vazifalari:

Qon oqimini tavsiflovchi matematik modellarni o'rganish va optimallashtirish;

Tomirlarning uch o'lchamli raqamli modellarini yaratish va ularni tibbiy tasvirlash ma'lumotlari bilan integratsiyalash;

Normal va patologik holatlarda qon oqimi xususiyatlarini simulyatsiya qilish va solishtirish;

Modellashtirish natijalarini klinik kuzatuvlar va diagnostika ma'lumotlari bilan taqqoslash;

Kompyuter modellashtirish asosida kasalliklarning rivojlanish ehtimolini prognozlash va jarrohlik aralashuvlarining samaradorligini baholash. Qon tomirlari murakkab geometrik shaklga ega bo'lib, ularda qon oqimi doimiy ravishda o'zgarib turadi. Tomir devorlarining elastikligi, qonning yopishqoqligi va yurak faoliyati gidrodinamik jarayonlarga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Stenoz yoki anevrizma kabi patologiyalar mavjud bo'lganda, qon

oqimining tabiiy rejimi buziladi va bu jiddiy asoratlarga olib kelishi mumkin. Ushbu murakkab jarayonlarni real sharoitda to'liq kuzatish qiyin bo'lgani sababli, ularni kompyuter modellarida aks ettirish dolzarb muammo hisoblanadi.

Kompyuter modellashtirish usullari

Qon aylanish tizimidagi gidrodinamik jarayonlarni modellashtirishda zamonaviy kompyuter texnologiyalari va hisoblash gidrodinamikasi (Computational Fluid Dynamics — CFD) asosiy o'rin tutadi. Ushbu usullar qon oqimining tezligi, bosimi, yopishqoqligi, tomir devorlari bilan o'zaro ta'siri va patologik holatlar ta'sirini yuqori aniqlikda hisoblash imkonini beradi.

Modellashtirish jarayoni quyidagi asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi:

Tomir geometriyasini aniqlash: Tomirlarning individual anatomik tuzilishi kompyuter tomografiya (KT) yoki magnit-rezonans tomografiya (MRT) ma'lumotlari asosida uch o'lchamli (3D) modellarga aylantiriladi.

Matematik modelni tanlash: Qon oqimi Navye–Stoks tenglamalari yordamida tavsiflanadi. Shuningdek, tomir devorlarining elastik xususiyatlarini hisobga olgan elastohidrodinamik modellar qo'llanadi.

Diskretizatsiya va hisoblash: Geometriya va tenglamalar sonli usullar (finite element method, finite volume method) yordamida diskretizatsiya qilinadi. Hisoblashlar yuqori samarali kompyuterlar yoki superkompyuterlar yordamida amalga oshiriladi.

Simulyatsiya: Normal va patologik holatlar (stenoz, anevrizma, ateroskleroz) uchun qon oqimi profilini modellashtirish. Natijalar vizualizatsiya qilinib, tezlik, bosim va kesuvchi kuchlar (shear stress) taqsimoti tahlil qilinadi.

Natijalarni validatsiya qilish: Modellashtirish natijalari klinik kuzatuvlar va diagnostika ma'lumotlari bilan solishtiriladi. Bu usul modelning ishonchliligini va klinik ahamiyatini baholashga yordam beradi.

Klinik prognozlashga qo'llash: Olingan natijalar yordamida individual bemor uchun kasallik rivojlanishi va jarrohlik aralashuvlarining samaradorligi prognoz qilinadi.

Ushbu usullar nafaqat tibbiy tadqiqotlar, balki klinik amaliyotda ham shaxsiylashtirilgan davolash strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega. Qon aylanish tizimini modellashtirishda asosan suyuqliklar mexanikasining tenglamalari, xususan Navye–Stoks tenglamalaridan foydalaniladi. Tomirlarning uch o'lchamli modellari tibbiy tasvirlash usullari (KT, MRT) ma'lumotlari asosida yaratiladi. Maxsus dasturiy vositalar yordamida qon oqimining tezligi, bosimi va devorlar bilan o'zaro ta'siri hisoblab chiqiladi. Ushbu usullar real fiziologik sharoitlarga yaqin natijalar olish imkonini beradi.

Klinik prognozlashdagi ahamiyati

Kompyuter modellashtirish natijalari klinik amaliyotda bemorlar uchun muhim prognoz vositasi sifatida ishlatiladi. Qon aylanish tizimidagi gidrodinamik jarayonlarning batafsil tahlili shifokorlarga quyidagi imkoniyatlarni beradi:

Kasallik rivojlanishini oldindan aniqlash: Tomirlarning torayishi, anevrizma shakllanishi va aterosklerotik blyashkalar rivojlanishini aniqlash orqali insult, miokard infarkti va tromboz xavfini baholash mumkin.

Individual davolash strategiyasini ishlab chiqish: Har bir bemorning tomir geometriyasi va qon oqimi xususiyatlariga asoslangan shaxsiylashtirilgan davolash rejasi tuziladi.

Jarrohlik aralashuvlarni rejalashtirish: Turli jarrohlik ssenariylarini virtual muhitda sinab ko'rish, eng optimal variantni tanlash va operatsiya xavfini kamaytirish imkonini beradi.

Davolash natijalarini baholash: Modellashtirish orqali davolash samaradorligi va potentsial asoratlar oldindan prognoz qilinadi.

Ilmiy tadqiqotlar va diagnostikani rivojlantirish: Bemorlarning real fiziologik sharoitidagi qon oqimi va tomir deformatsiyalarini tahlil qilish orqali yangi diagnostik kriteriyalar va tadqiqot yo'nalishlari shakllantiriladi.

Shu bilan birga, kompyuter modellashtirish natijalari klinik qaror qabul qilishda xavfsizlikni oshiradi, bemorlar uchun individual yondashuvni ta'minlaydi va tibbiy amaliyot samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Kompyuter modellashtirish asosida olingan ma'lumotlar shifokorlarga kasallikning rivojlanish ehtimolini oldindan baholashga yordam beradi. Masalan, tomirdagi torayish darajasiga qarab infarkt yoki insult xavfini aniqlash mumkin. Shuningdek, jarrohlik aralashuvdan oldin turli variantlarni virtual tarzda sinab ko'rish va eng samarali usulni tanlash imkoniyati paydo bo'ladi. Bu esa bemor xavfsizligini oshiradi va davolash xarajatlarini kamaytiradi.

Natijalar va muhokama

Modellashtirish natijalari shuni ko'rsatadiki, qon aylanish tizimidagi kichik o'zgarishlar ham uzoq muddatda jiddiy klinik oqibatlarga olib kelishi mumkin. Xususan, tomir devorlaridagi bosimning keskin o'zgarishi aterosklerotik blyashka shakllanishini tezlashtiradi va tromboz xavfini oshiradi.

Normal holatda qon oqimi laminar tarzda bo'lsa, patologik holatlarda turbulensiya va yuqori kesuvchi kuchlar paydo bo'ladi. Stenoz mavjud bo'lganda, bosim gradienti oshadi va qon oqimi tezligi katta o'zgaradi, bu esa jarrohlik aralashuvlarining natijasini oldindan aniqlashni muhim qiladi.

Olingan simulyatsiya natijalari klinik kuzatuvlar bilan solishtirilganda, modellar yuqori darajada ishonchli ekanligi ko'rsatildi. Bu esa kompyuter modellashtirishning klinik prognozlash va individual davolash strategiyasini ishlab chiqishda samaradorligini tasdiqlaydi.

Bundan tashqari, natijalar shuni ko'rsatadiki, virtual simulyatsiyalar yordamida turli patologik ssenariylar, jumladan stenoz, anevrizma va ateroskleroz kabi holatlar uchun qon oqimi dinamikasini tahlil qilish mumkin. Bu esa shifokorlarga bemorlar uchun xavfsiz va samarali davolash strategiyasini ishlab chiqishda qo'l keladi. Modellashtirish natijalari shuni ko'rsatadiki, qon oqimining kichik o'zgarishlari ham uzoq muddatda jiddiy klinik oqibatlarga olib kelishi mumkin. Ayniqsa, tomir devorlaridagi keskin bosim o'zgarishlari

aterosklerotik blyashkalar shakllanishiga ta'sir etadi. Olingan natijalarni klinik kuzatuvlar bilan taqqoslash modellar ishonchliligini tasdiqlaydi.

Xulosa

Qon aylanish tizimidagi gidrodinamik jarayonlarni kompyuter modellashtirish zamonaviy tibbiyotning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, hisoblash gidrodinamikasi va uch o'lchamli tomir modellari yordamida qon oqimi va tomir deformatsiyalarini yuqori aniqlikda tahlil qilish mumkin.

Kompyuter modellashtirish klinik prognozlashda bemorlar uchun individual davolash strategiyasini ishlab chiqish, jarrohlik aralashuvlarini rejalashtirish va kasallik xavfini oldindan baholash imkonini beradi. Shu bilan birga, bu usul ilmiy tadqiqotlar, diagnostika va tibbiy amaliyot samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kelajakda modellashtirish usullarini sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar (Big Data) bilan uyg'unlashtirish orqali yanada aniq, tezkor va individual prognozlash imkoniyatlariga erishish mumkin. Bu esa yurak-qon tomir kasalliklarini erta aniqlash va samarali davolashni ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Qon aylanish tizimidagi gidrodinamik jarayonlarni kompyuter modellashtirish zamonaviy tibbiyotning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuv klinik prognozlash imkoniyatlarini kengaytirib, individual davolash strategiyalarini ishlab chiqishga xizmat qiladi. Kelajakda modellashtirish usullarini sun'iy intellekt bilan uyg'unlashtirish orqali yanada aniq va tezkor natijalarga erishish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Taylor, C.A., Figueroa, C.A. Patient-specific modeling of cardiovascular mechanics. – Annual Review of Biomedical Engineering, 2009.
2. Morris, P.D., et al. Computational fluid dynamics modelling in cardiovascular medicine. – Heart, 2016.
3. Humphrey, J.D., et al. Cardiovascular solid mechanics: Cells, tissues, and organs. – Springer, 2015.
4. Quarteroni, A., et al. Mathematical modeling of the cardiovascular system. – Springer, 2017.
5. Toshkent Tibbiyot Universiteti. Yurak-qon tomir kasalliklari va diagnostika asoslari. – Toshkent: Tibbiyot nashriyoti, 2020.
6. Gafforov, S., Nazarov, U., Khalimbetov, G., & Tuxtaxodjaevna, N. N. (2023). Oral Conditions with Pathologies of Connective Tissue Dysplasia.
7. Gafforov, S., Nazarov, U., & Khalimbetov, G. (2022). On the Pathogenesis of Periodontal Disease in Mineral Metabolism Disorders. Central Asian Journal of Medical and Natural Science, 3(2), 131-136.

8. Gafforov, S., Nazarov, U., Khalimbetov, G., & Yakubova, F. (2022). Centre for the Professional Development of Health Professionals under the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan. *NeuroQuantology*, 20(5), 1433-1443.
9. Адилбекова, Д. С., Чориева, З. Ю., Исмагуллаева, Г. Х., & Хаитмурадова, Г. П. (2020). Гистоморфологические изменения в желудочно-кишечном тракте потомства, рожденные от матерей с хроническим токсическим гепатитом. *Евразийский вестник педиатрии*.-2020, 1(4), 211-221.
10. Назарова, М., Адилбекова, Д., & Исаева, Н. (2021). Морфологическое состояние печени у потомства, в условиях хронического токсического гепатита у матери. *Журнал биомедицины и практики*, 1(1), 52-57.
11. Adilbekova, D. B., Khatamov, A. I., & Mansurova, D. A. (2020). Pulatov Kh. Kh. Morphological condition of the vascular-tissue structures of the stomach in offspring under chronic toxic hepatitis conditions in the mother.
12. Adilbekova, D. B. (2017). Morphological aspects of early postnatal development of the gastrointestinal tract and liver organs in offspring born to and nursed by females with chronic toxic hepatitis. *Vestnik TMA*, (4), 33-37.
13. Nazarova, M. B., & Dilorom, B. A. (2023). STUDY OF THE MORPHOLOGICAL CONDITION OF THE LIVER OF THE CHILD BORN IN THE CONDITIONS OF CHRONIC TOXIC HEPATITIS. *Academic research in educational sciences*, (1), 220-224.
14. Назарова, М. Б., & Адилбекова, Д. Б. (2023). Изучение морфологического состояния печени потомства, рожденные в условиях хронического токсического гепатита у матери. *Academic research in educational sciences*, (1), 213-219.
15. Bakhtierovna, A. D. (2016). A morphological state of vascular tissue structures of the small bowelin the generation born to mothers with chronic toxic hepatitis bin conditions of hepatitis correction. *European science review*, (9-10), 54-57.
16. Nishanov, D. A., Kh, P. K., Sobirova, D. R., & Matrasulov, R. S. (2023). MODERN DIAGNOSIS OF NEPHROBLASTOMA IN CHILDREN. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 11(2), 430-441.
17. Собирова, Д. Р., Нуралиев, Н. А., Усманов, Р. Д., Азизова, Ф. Х., & Пулатов, Х. Х. (2023). СОЯ УНИНИНГ ОЗУҚАВИЙ ҚИЙМАТИ, МИКРОЭЛЕМЕНТЛАР ВА РАДИОНУКЛИДЛАР КЎРСАТКИЧЛАРИ (24-СОНЛИ). «МИКРОБИОЛОГИЯНИНГ ДОЛЗАРБ МУАММОЛАРИ» МАВЗУСИДАГИ РЕСПУБЛИКА ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАНИ, 137.
18. Sobirova, D. R., Usmanov, R. D., Po'latov, X. X., Azizova, F. X., & Akbarova, M. N. (2023). QANDLI DABET KASALLIGIDA O 'PKA ENDOTELIYIDAGI GISTOLOGIK O 'ZGARISHLAR.
19. Пулатов, Х. Х., Усманов, Р. Д., & Ахмедова, Д. Б. (2025). СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЭПИДЕМИОЛОГИИ И ЗНАЧИМОСТИ САХАРНОГО ДИАБЕТА. *Вестник Ассоциации Пульмонологов Центральной Азии*, 12(7), 257-261.

20. Lukmanovich, H. N., Olegovna, M. T., & Komilzhonovich, U. F. (2016). Densitometric study of degree of osteointegration of the dental implant “implant. Uz” in experimental conditions. *European science review*, (3-4), 244-245.
21. Khabilov, N. L., Mun, T. O., Usmonov, F. K., & Baybekov, I. M. (2015). The Study of Structural Changes in Bone Tissue of Alveolar Process of Jaws in Experimental Animals after Implantation of a New Construction of Dental Implant from Titanium Bt-1.00 Developed in Uzbekistan. *European Medical, Health and Pharmaceutical Journal*, 8(1).
22. Хабилов, Н., Мун, Т., & Усмонов, Ф. (2014). Конструкционные особенности дентального имплантата, разработанного в Узбекистане. *Стоматология*, 1(3-4 (57-58)), 53-58.
23. Хабилов, Н., Мун, Т., & Усмонов, Ф. (2021). Сравнительный анализ влияния поверхности дентального имплантата “IMPLANT. UZ” на процесс остеоинтеграции. *Стоматология*, (2 (83)), 5-7.
24. Арзикулов, Ф. Ф., & Мустафакулов, А. А. (2021). Программное обеспечение, измеряющее мощность генератора энергии ветра.
25. Arzikulov, F., & Komiljonov, A. (2025). The role of artificial intelligence in personalized oncology: predictive models and treatment optimization. *Academic Journal of Science, Technology and Education*, 1(6), 24-33.
26. Mustafakulov, A. A., Arzikulov, F. F., & Dzhumanov, A. (2020). Use of Alternative Energy Sources in the Mountainous Areas of the Jizzakh Region of Uzbekistan. *Internauka: electron. scientific. zhurn*, (41 (170)).
27. Arzikulov, F., & Komiljonov, A. (2025). AI-powered diagnostic systems in radiology: enhancing precision, speed, and clinical decision-making. *Academic Journal of Science, Technology and Education*, 1(6), 16-23.
28. Arzikulov, F., & Makhsudov, V. (2025). HOW TO CALCULATE OPERATIONS ON MATRICES USING EXCEL. *Modern American Journal of Engineering, Technology, and Innovation*, 1(2), 119-132.