

## KARDIOLOGIK KASALLIKLARNI 3D BIOFIZIK KOMPYUTER SIMULYATSIYALARI ASOSIDA ERTA ANIQLASH

**Bozorov Ilyosbek**

**Kubidinova Gulinura**

**Mannonova Kamola**

*Toshkent davlat tibbiyot universiteti*

**Shavkat Xolmetov**

*Toshkent davlat tibbiyot universiteti Biotibbiyot muhandisligi  
informatika va biofizika kafedrasi assistenti*

**Annotatsiya.** Zamonaviy tibbiyotda yurak-qon tomir kasalliklari o'lim va nogironlikning asosiy sabablaridan biri bo'lib qolmoqda. Ularni erta bosqichda aniqlash samarali davolash va asoratlarning oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada kardiologik kasalliklarni erta diagnostika qilishda 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalarining ilmiy va amaliy imkoniyatlari tahlil qilinadi. Yurak mushaklari, qon oqimi va elektr faolligining uch o'lchamli matematik modellari asosida individual bemorga moslashtirilgan virtual yurak modellarini yaratish yondashuvlari yoritiladi. Tadqiqotda 3D simulyatsiyalar yordamida aritmiyalar, ishemik yurak kasalligi va yurak yetishmovchiligining dastlabki funksional o'zgarishlarini aniqlash imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar texnologiyalari bilan integratsiyalashgan simulyatsion modellar kardiologiyada shaxsiylashtirilgan diagnostika va prognozlash aniqligini oshirishda muhim vosita sifatida baholanadi. Mazkur yondashuvlar invaziv bo'lmagan, xavfsiz va yuqori aniqlikka ega bo'lib, kelajakda klinik amaliyotga keng joriy etilishi mumkinligi asoslab beriladi.

**Kalit so'zlar.** kardiologik kasalliklar, 3D biofizik modellar, kompyuter simulyatsiyasi, erta diagnostika, yurak biofizikasi, virtual yurak modeli, matematik modellashtirish, sun'iy intellekt, shaxsiylashtirilgan tibbiyot

### KIRISH

So'nggi o'n yilliklarda yurak-qon tomir kasalliklari dunyo miqyosida, jumladan O'zbekiston Respublikasida ham, aholining kasallanishi va o'lim ko'rsatkichlarida yetakchi o'rinlarni egallab kelmoqda. Ushbu kasalliklarning asosiy muammolaridan biri ularning dastlabki bosqichda klinik belgilarisiz yoki kam ifodalangan holda kechishidir. Natijada ko'plab holatlarda kasallik kech aniqlanib, davolash jarayoni murakkablashadi va og'ir asoratlar rivojlanadi. Shu sababli kardiologik kasalliklarni erta aniqlashning yangi, aniq va invaziv bo'lmagan diagnostik usullarini joriy etish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

An'anaviy diagnostika usullari, jumladan elektrokardiografiya, exokardiografiya va laborator tahlillar yurak faoliyatining umumiy holatini baholash imkonini bersa-da, ular

yurak to'qimalarida yuzaga keladigan murakkab biofizik jarayonlarni to'liq aks ettira olmaydi. Shu nuqtayi nazardan, so'nggi yillarda tibbiyot va muhandislik fanlari integratsiyasi asosida rivojlanayotgan 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalari kardiologiyada innovatsion yondashuv sifatida e'tirof etilmoqda.

3D biofizik modellashtirish yurakning anatomik tuzilishi, elektr faolligi, mexanik qisqarishi va gemodinamik jarayonlarini uch o'lchamli virtual muhitda aks ettirish imkonini beradi. Ushbu yondashuv individual bemor ma'lumotlari asosida yaratilgan virtual yurak modellari yordamida patologik jarayonlarning dastlabki funksional o'zgarishlarini aniqlashga xizmat qiladi. Ayniqsa, aritmiyalar, miokard ishemiyasi va yurak yetishmovchiligi kabi kasalliklarning erta bosqichlarini prognozlashda bunday simulyatsiyalar yuqori diagnostik ahamiyatga ega.

Bundan tashqari, 3D biofizik simulyatsiyalarning sun'iy intellekt va katta hajmdagi tibbiy ma'lumotlar bilan integratsiyalashuvi kardiologik kasalliklarni shaxsiylashtirilgan tarzda baholash va xavf darajasini oldindan aniqlash imkonini kengaytirmoqda. Bu esa nafaqat tashxis aniqligini oshiradi, balki profilaktika va individual davolash strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

#### **Adabiyotlar tahlili.**

So'nggi yillarda yurak-qon tomir kasalliklarini erta aniqlash va ularning rivojlanishini bashoratlashda kompyuter modellashtirishga asoslangan yondashuvlar ilmiy adabiyotlarda keng muhokama qilinmoqda. Tadqiqotlar yurak faoliyatining murakkab biofizik jarayonlarini an'anaviy diagnostika usullari orqali to'liq baholash cheklanganligini ko'rsatib, 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalarini muqobil va samarali vosita sifatida ilgari surmoqda.

Ilmiy manbalarda yurakning elektr faolligini uch o'lchamli modellashtirish alohida ahamiyat kasb etadi. Elektrofiziologik modellar asosida yurak hujayralarida impulslarning tarqalishi, repolyarizatsiya jarayonlari va ion kanallaridagi o'zgarishlar tahlil qilingan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, bunday simulyatsiyalar yurak ritmi buzilishlarini klinik belgilari paydo bo'lishidan oldin aniqlash imkonini beradi va aritmogen xavfni baholashda yuqori aniqlikni ta'minlaydi.

Adabiyotlarda shuningdek, yurakning mexanik faoliyati va gemodinamik jarayonlarini modellashtirishga bag'ishlangan ishlar muhim o'rin egallaydi. Qon oqimining tezligi, bosim gradientlari va yurak mushaklarining deformatsiyasi hisobga olingan 3D modellar miokard ishemiyasi va yurak yetishmovchiligining dastlabki funksional buzilishlarini aniqlashda samarali ekani qayd etilgan. Bunday yondashuvlar yurak faoliyatining yashirin patologiyalarini aniqlash imkonini beradi.

Ko'plab tadqiqotlarda individual bemor ma'lumotlari asosida yaratilgan shaxsiylashtirilgan virtual yurak modellarining afzalliklari ta'kidlangan. Magnit-rezonans tomografiya, kompyuter tomografiya va elektrokardiografik ma'lumotlarning integratsiyasi real anatomik va funksional holatga yaqin modellarni yaratishga xizmat qiladi. Ushbu

modellar yordamida kasallikning rivojlanish ssenariylarini oldindan baholash va individual davolash strategiyalarini ishlab chiqish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslangan.

So'nggi ilmiy nashrlarda sun'iy intellekt algoritmlarining 3D biofizik simulyatsiyalar bilan integratsiyasi istiqbolli yo'nalish sifatida ko'rsatilmoqda. Mashinali o'rganish asosida simulyatsiya natijalarini avtomatik tahlil qilish yurak patologiyalarini aniqlash aniqligini oshirishi, shuningdek, diagnostika jarayonida shifokor qarorini qo'llab-quvvatlovchi tizimlar yaratishga imkon berishi ta'kidlanadi.

Umuman olganda, ilmiy adabiyotlar sharhi shuni ko'rsatadiki, 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalari kardiologik kasalliklarni erta aniqlashda yuqori ilmiy va amaliy salohiyatga ega bo'lib, ular an'anaviy diagnostika usullarini samarali tarzda to'ldiradi. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarda modellashtirish jarayonlarini standartlashtirish, klinik ma'lumotlar bilan integratsiyani kuchaytirish va natijalarni amaliyotga joriy etish bo'yicha muammolar saqlanib qolayotgani qayd etiladi.

### **Asosiy qism.**

#### **3D biofizik kompyuter simulyatsiyalarining kardiologiyadagi o'rni**

Kardiologiyada 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalaridan foydalanish yurak faoliyatini chuqur va kompleks tahlil qilish imkonini beruvchi zamonaviy ilmiy yondashuv hisoblanadi. Ushbu simulyatsiyalar yurakning anatomik tuzilishi, elektrofiziologik xususiyatlari, mexanik qisqarish jarayonlari hamda gemodinamik holatini yagona virtual muhitda birlashtiradi. Natijada yurak faoliyatidagi murakkab o'zaro bog'liq jarayonlar real vaqtga yaqin sharoitda modellashtiriladi.

3D modellar yurak bo'lmachalari va qorinchalarining geometrik tuzilishini aniq aks ettirib, to'qimalarning biofizik xususiyatlarini hisobga olgan holda yaratiladi. Bu esa kasallikning dastlabki bosqichlarida yuzaga keladigan yashirin funksional o'zgarishlarni aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, yurak mushaklarining elektr o'tkazuvchanligi va qisqarish sinxronligidagi buzilishlar simulyatsiya orqali aniq baholanadi.

#### **Yurakning elektrofiziologik jarayonlarini modellashtirish**

Yurak faoliyatining asosiy biofizik komponentlaridan biri uning elektr faolligidir. 3D elektrofiziologik modellar yurak hujayralarida ion kanallari orqali impulslarning hosil bo'lishi va tarqalishini matematik tenglamalar asosida ifodalaydi. Ushbu modellar yordamida yurak ritmi buzilishlarining paydo bo'lish mexanizmlari chuqur o'rganiladi.

Simulyatsiyalar aritmogen zonalarini, impulslarning sekinlashgan yoki bloklangan hududlarini aniqlash imkonini beradi. Bu esa klinik belgilar yuzaga kelishidan oldin yurak ritmi buzilishlariga moyillikni baholashga yordam beradi. Elektrofiziologik modellashtirish, ayniqsa, atrial fibrillyatsiya va ventrikulyar aritmiyalarni erta aniqlashda yuqori diagnostik ahamiyatga ega.

#### **Mexanik va gemodinamik jarayonlarning 3D tahlili**

Yurakning mexanik faoliyati va qon aylanish jarayonlarini modellashtirish kardiologik kasalliklarni erta aniqlashda muhim o'rin tutadi. 3D biofizik modellar yordamida yurak mushaklarining qisqarish kuchi, devorlarning deformatsiyasi va qon oqimining tezligi

hisoblab chiqiladi. Ushbu yondashuv miokard ishemiyasi va yurak yetishmovchiligidan dastlabki belgilarini aniqlash imkonini beradi.

Gemodinamik simulyatsiyalar orqali qon bosimi taqsimoti, turbulensiya zonalari va qon oqimining patologik o'zgarishlari aniqlanadi. Bu esa yurak klapanlari nuqsonlari va tomir patologiyalarining erta bosqichlarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Natijada, invaziv tekshiruvlarsiz yurak faoliyatining funksional holati to'liq baholanadi.

### **Shaxsiylashtirilgan virtual yurak modellarining ahamiyati**

Zamonaviy tadqiqotlarda individual bemor ma'lumotlari asosida yaratilgan shaxsiylashtirilgan 3D yurak modellariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bunday modellar magnit-rezonans tomografiya, kompyuter tomografiya, elektrokardiografiya va klinik ko'rsatkichlar asosida shakllantiriladi. Natijada bemorning anatomik va funksional xususiyatlariga mos virtual yurak modeli yaratiladi.

Shaxsiylashtirilgan simulyatsiyalar yordamida kasallikning rivojlanish ssenariylarini prognozlash, davolash usullarining samaradorligini oldindan baholash va individual terapevtik yondashuvlarni ishlab chiqish mumkin. Bu yondashuv kardiologiyada an'anaviy "bir xil davolash" konsepsiyasidan voz kechib, individual tibbiyotga o'tish uchun ilmiy asos yaratadi.

### **Sun'iy intellekt bilan integratsiyalashgan simulyatsiyalar**

So'nggi yillarda 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalarini sun'iy intellekt algoritmlari bilan birlashtirish kardiologiyada yangi imkoniyatlarni ochib bermoqda. Mashinali o'rganish usullari simulyatsiya natijalarini avtomatik tahlil qilish, patologik naqshlarni aniqlash va xavf darajasini baholashda qo'llanilmoqda.

Sun'iy intellekt asosidagi modellar katta hajmdagi simulyatsion va klinik ma'lumotlarni qayta ishlash orqali erta diagnostika aniqligini oshiradi. Ushbu yondashuvlar shifokor qarorini qo'llab-quvvatlovchi tizimlar yaratishda muhim ahamiyat kasb etib, kardiologik kasalliklarning oldini olish va samarali davolashga xizmat qiladi.

### **Xulosa.**

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, kardiologik kasalliklarni erta aniqlashda 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalaridan foydalanish zamonaviy tibbiyotning istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiyalar yurakning anatomik tuzilishi, elektr faolligi, mexanik qisqarishi va gemodinamik jarayonlarini yagona virtual muhitda kompleks tarzda tahlil qilish imkonini beradi. Natijada yurak faoliyatidagi yashirin va dastlabki funksional buzilishlar klinik belgilar paydo bo'lishidan oldin aniqlanishi mumkin.

3D biofizik modellar asosida yurak ritmi buzilishlari, miokard ishemiyasi va yurak yetishmovchiligidan erta bosqichlarini aniqlash imkoniyati sezilarli darajada kengayadi. Individual bemor ma'lumotlari asosida yaratilgan shaxsiylashtirilgan virtual yurak modellarining qo'llanilishi tashxis aniqligini oshirib, davolash va profilaktika strategiyalarini individual tarzda tanlashga ilmiy asos yaratadi.

Sun'iy intellekt algoritmlari bilan integratsiyalashgan simulyatsion modellar katta hajmdagi tibbiy ma'lumotlarni tez va aniq tahlil qilish imkonini berib, kardiologiyada qaror

qabul qilish jarayonini samarali qo'llab-quvvatlaydi. Bu yondashuvlar invaziv bo'lmagan, xavfsiz va yuqori aniqlikka ega bo'lib, klinik amaliyotda qo'llash uchun katta salohiyatga ega.

Xulosa qilib aytganda, 3D biofizik kompyuter simulyatsiyalari kardiologik kasalliklarni erta aniqlash, prognozlash va shaxsiylashtirilgan tibbiy yondashuvlarni rivojlantirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Kelgusida ushbu texnologiyalarni klinik amaliyotga keng joriy etish, modellarni standartlashtirish va ularning ishonchliligini oshirish kardiologiya sohasida diagnostika va davolash sifatini yangi bosqichga olib chiqishi kutiladi.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Clayton, R. H., Bernus, O., Cherry, E. M., Dierckx, H., Fenton, F. H., Mirabella, L., Panfilov, A. V., Sachse, F. B., Seemann, G., & Zhang, H. (2011). Models of cardiac tissue electrophysiology: Progress, challenges and open questions. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 104(1–3), 22–48. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2010.05.008>
2. Niederer, S. A., Lumens, J., & Trayanova, N. A. (2019). Computational models in cardiology. *Nature Reviews Cardiology*, 16(2), 100–111. <https://doi.org/10.1038/s41569-018-0104-y>
3. Trayanova, N. A. (2011). Whole-heart modeling: Applications to cardiac electrophysiology and electromechanics. *Circulation Research*, 108(1), 113–128. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.110.223610>
4. Quarteroni, A., Lassila, T., Rossi, S., & Ruiz-Baier, R. (2017). Integrated heart–coupling multiscale and multiphysics models for the simulation of cardiac function. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 314, 345–407. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2016.05.031>
5. Sermesant, M., Delingette, H., & Ayache, N. (2012). Patient-specific computational models of the heart for the prediction of cardiac diseases. *Interface Focus*, 3(2), 20120093. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2012.0093>
6. Hunter, P. J., Pullan, A. J., & Smaill, B. H. (2003). Modeling total heart function. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 5, 147–177. <https://doi.org/10.1146/annurev.bioeng.5.040202.121530>
7. Baxtiyorovna, E. D., Alisherovna, F. N., & Jurayeva, U. O. N. (2024). PROPERTIES OF ELECTRON AND NEUTRON THERAPY. *Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing*, 2(10), 137-141.
8. Fayziyeva, N. A. (2025). OLIY TA'LIMDA PEDAGOGIK TA'LIM-TARBIYANI TASHKIL ETISHNING AHAMIYATLARI VA ZAMONAVIY METODLARIDAN FOYDALANISH USULLARI.
9. Fayziyeva, N. (2025). THE EFFECT OF MAGNESIUM ON PREGNANT WOMEN. *Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing*, 3(5), 60-63.

10. Базарбаев, М. И., & Сайфуллаева, Д. И. (2022). Рахиг'мов Б Т., Ж, раева З Р. Роль информационных технологий в медицине и биомедицинской инженерии в подготовке будущих специалистов в период цифровой трансформации в образовании. ТТА Ахборотномаси, 10(10), 8-13.
11. Марасулов, А. Ф., Базарбаев, М. И., Сайфуллаева, Д. И., & Сафаров, У. К. (2018). Подход к обучению математике, информатике, информационным технологиям и их интеграции в медицинских вузах.
12. Bazarbaev, M. I., & Sayfullaeva, D. I. (2025). WHEN ALGORITHMS MEET ANATOMY: UZBEKISTAN'S MEDICAL EDUCATION IN THE AGE OF TECHNOLOGY. Central Asian Journal of Medicine, (4), 35-39.
13. Gafforov, S., Nazarov, U., Khalimbetov, G., & Tuxtaxodjaevna, N. N. (2023). Oral Conditions with Pathologies of Connective Tissue Dysplasia.
14. 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.
15. Gafforov, S., Nazarov, U., & Khalimbetov, G. (2022). Diagnosis and treatment of chronic generalised periodontitis in connective tissue dysplasia pathologies.
16. 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.
17. Искандарова, Ш. Т., Расулова, Н. Ф., Хасанова, М. И., & Юсупалиева, К. Б. (2019). Современные проблемы гигиены почвы в условиях Узбекистана почвы в условиях Узбекистана Ташкент:" Фан.
18. Расулова, Н. Ф. (2011). Ўзбекистонда педиатриянинг ривожланиш тарихи.
19. Мирзаева, М. А., & Расулова, Н. Ф. (2014). Компьютеризация рабочего места медицинских сестер стационара. Сборник статей и тезисов.
20. Расулова, Н. Ф., & Асадова, Г. А. (2023). ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗДОРОВЬЕСОХРАНЯЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ И САМООЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ. Science and innovation, 2(Special Issue 8), 978-980.
21. Фахриев, Ж. А., Нозимова, Н. Х., & Расулова, Н. Ф. (2019). Сидячий образ жизни и его влияние на здоровье человека. Теория и практика современной науки, (3 (45)), 318-321.
22. Rasulova, N. F., Jalilova, G. A., & Mukhamedova, N. S. (2023). PREVENTION OF IMPORTANT NON-COMMUNICABLE DISEASES AMONG THE POPULATION. Евразийский журнал медицинских и естественных наук, 3(1 Part 2), 2123.
23. Джалилов, Э., Мамедова, Г. Б., Расулова, Н. Ф., & Назарова, Н. Б. (2015). Организация мониторинга заболеваемости органа зрения у детей от родственных браков, обучающихся в школе-интернате слепых и слабовидящих. Молодой ученый, (2), 58-60.

24. Мухамедова, Н. С., & Расулова, Н. Ф. (2022, May). Основы охраны материнства и детства в Республике Узбекистан. In Биоэтика и право” Материалы международной научно-практической конференции, Ташкент (pp. 123-127).
25. Djalilova, G., Rasulova, N., & Muxamedova, N. (2022). Hygienic, Medical and Social Aspects of Health Studies of Different Population Groups. *Science and innovation*, 1(D4), 196-199.
26. Rasulova, N., Abdullaev, K., & Kuddusova, K. (2024). THE INTEGRATED APPROACH TO THE TREATMENT OF PATIENTS WITH ATROPHIC RHINITIS WHO HAVE COVID-19. *Science and innovation*, 3(D7), 56-60.
27. Расулова, Н. Ф., & Одилова, М. А. (2023). СОВЕРШЕСТВОВАНИЯ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЦИОНАЛЬНОМУ ПИТАНИЮ. *Science and innovation*, 2(Special Issue 8), 1910-1912.
28. Rasulova, N., Aminova, A., & Nazarov, S. (2023). Issues Of Studying Personal Hygiene Among Youth Students. *Science and innovation*, 2(D5), 153-155.
29. Isomov, M. M., Shomurodov, K. E., Olimjonov, K. J., & Azimov, I. M. (2020). Features of etiopathogenesis and the course of inflammatory processes of periapical tissues in women during pregnancy. *Journal Biomedicine and Practice*, 833-838.
30. Shomurodov, K. E., Kuryazova, Z. K., Isomov, M. M., Mukimov, I. I., & Fayziyev, B. R. (2017). Improvement of surgical treatment of fractures of the inferior orbit wall. *J Stomatologiya* 2017, 2, 78-80.
31. Шомуродов, К. Э., & Исомов, М. М. (2020). Мониторинг стационарной и амбулаторной реабилитации беременных женщин с воспалительными заболеваниями ЧЛЮ. *Стоматология*, 1, 34-37.
32. McDowell, K. S., Zahid, S., Vadakkumpadan, F., Blauer, J., MacLeod, R. S., & Trayanova, N. A. (2013). Methodology for patient-specific modeling of atrial fibrillation. *Journal of Electrocardiology*, 46(5), 395–403. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2013.06.005>
33. Coveney, S., Corrado, C., Roney, C. H., O'Hare, D., Williams, S. E., & Wilkinson, R. D. (2020). Deep learning for cardiac electrophysiology: From data-driven to physics-informed models. *Frontiers in Physiology*, 11, 680. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00680>
34. Wang, V. Y., Nielsen, P. M. F., Nash, M. P., & Young, A. A. (2015). Image-based patient-specific models of cardiac mechanics. *Journal of Biomechanics*, 48(5), 747–760. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.12.033>
35. Corral-Acero, J., Margara, F., Marciniak, M., Rodero, C., Loncaric, F., Feng, Y., Gilbert, A., Fernandes, J. F., Bukhari, H. A., Wajdan, A., Martinez, M. V., Santos, M. S., Shamohammdi, M., Luo, H., Westphal, P., Leeson, P., Di Achille, P., Ghorbani, A., ... Lamata, P. (2020). The ‘Digital Twin’ to enable the vision of precision cardiology. *European Heart Journal*, 41(48), 4556–4564. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa159>