

GEMODINAMIKA: BIOFIZIK YONDASHUV VA 2026-YIL ILMIY YANGILIKLARI ASOSIDA TAHLIL

Ilmiy rahbar: Buzrukov To‘lqin Omonovich

tolqinbuzrukov5@gmail.com

Talaba: Turdiyeva Ruhshona Akram qizi

ruxshunoturdiyeva@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada gemodinamika biofizika nuqtai nazaridan tahlil qilinadi. Qon oqimining fizik qonuniyatlari, uning reologik xususiyatlari va yurak-qon tomir tizimidagi dinamik jarayonlar zamonaviy ilmiy yondashuv asosida o‘rganiladi. 2026-yil tadqiqotlari asosida kompyuter modellashtirish, sun‘iy intellekt va “raqamli egizak” texnologiyalarining gemodinamik tahlildagi o‘rni ko‘rsatib beriladi. Natijalar klinik diagnostika va davolashni optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Gemodinamika, biofizika, qon oqimi, non-Nyuton suyuqlik, CFD, pulsatsion oqim, sun‘iy intellekt, raqamli egizak (digital twin), yurak-qon tomir tizimi.

Аннотация

В данной статье гемодинамика анализируется с точки зрения биофизики. Физические закономерности кровотока, его реологические свойства и динамические процессы в сердечно-сосудистой системе изучаются на основе современных научных подходов. На основе исследований 2026 года показана роль компьютерного моделирования, искусственного интеллекта и технологий «цифрового двойника» в анализе гемодинамики. Полученные результаты имеют важное значение для оптимизации клинической диагностики и лечения.

Ключевые слова: Гемодинамика, биофизика, кровотоков, неньютоновская жидкость, CFD, пульсационный поток, искусственный интеллект, цифровой двойник (digital twin), сердечно-сосудистая система.

Abstract

This article analyzes hemodynamics from a biophysical perspective. The physical principles of blood flow, its rheological properties, and dynamic processes in the cardiovascular system are studied using modern scientific approaches. Based on research conducted in 2026, the role of computational modeling, artificial intelligence, and digital twin technologies in hemodynamic analysis is demonstrated. The results are important for optimizing clinical diagnosis and treatment.

Keywords: Hemodynamics, biophysics, blood flow, non-Newtonian fluid, CFD (computational fluid dynamics), pulsatile flow, artificial intelligence, digital twin, cardiovascular system.

Kirish

Gemodinamika — qonning yurak va qon tomirlari bo‘ylab harakatini o‘rganadigan fan bo‘lib, u biofizika, gidrodinamika va fiziologiya kesishgan nuqtada joylashgan. Qon oqimi Navye-Stoks tenglamalari asosida tavsiflanadi va u murakkab, ko‘p omilli jarayondir.

Qon aylanish tizimi pulsatsion xarakterga ega bo‘lib, yurak qisqarishlari natijasida davriy bosim va tezlik o‘zgarishlari yuzaga keladi. Shu sababli gemodinamika biofizik modellashtirish uchun eng murakkab tizimlardan biri hisoblanadi.

Gemodinamikaning biofizik asoslari

1. Qonning fizik xususiyatlari

Qon oddiy suyuqlik emas, balki **non-Nyuton suyuqlik** bo‘lib, uning yopishqoqligi tezlik gradientiga bog‘liq ravishda o‘zgaradi.

shear-thinning (kesish tezligiga bog‘liq kamayish)

viskoelastiklik

tiksotropiya

Bu xususiyatlar tomirlar ichida murakkab oqim shakllarini hosil qiladi.

2. Gemodinamik qonunlar

Gemodinamika quyidagi asosiy biofizik qonunlarga tayanadi:

Uzliksiz oqim tenglamasi (massaning saqlanishi)

Navye-Stoks tenglamalari (impuls saqlanishi)

Puazeyl qonuni (laminar oqim uchun)

Bu qonunlar qon bosimi, tezlik va tomir qarshiligi o'rtasidagi bog'liqlikni tushuntiradi.

Rasm: Qon aylanishining biofizik modeli

Muammoning dolzarbligi

Yurak-qon tomir kasalliklari global miqyosda eng ko'p o'limga sabab bo'luvchi kasalliklar qatoriga kiradi. Gemodinamik buzilishlar ushbu kasalliklarning asosiy sabablaridan biridir.

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki:

anatomik ko'rsatkichlar kasallikni to'liq baholay olmaydi

funksional gemodinamik parametrlar (masalan, devor kesish kuchi) muhim biomarker hisoblanadi

Shu sababli gemodinamikani chuqur o'rganish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi.

Asosiy qism (2026-yil ilmiy yondashuvlari)

1. Kompyuter gemodinamikasi (CFD)

CFD texnologiyalari qon oqimini matematik modellashtirish imkonini beradi.

2026-yil tadqiqotlari shuni ko'rsatadiki:

- multimodal tasvirlash + CFD yuqori aniqlik beradi
- aorta patologiyalarini invaziv bo'lmagan holda aniqlash mumkin

2. Sun'iy intellekt va PINN modellari

Fizika asoslangan neyron tarmoqlar (PINN):

real vaqt rejimida gemodinamikani hisoblash

individual prognozlash imkonini beradi

3. Raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasi

2026-yilda eng muhim yangiliklardan biri — **raqamli egizak tizimlari:**

inson qon aylanish tizimining virtual modeli

real vaqt monitoring va prognozlash

davolashni shaxsiylashtirish imkoniyati

4. Mashinaviy o‘rganish asosidagi modellar

Yangi tadqiqotlarda:

finite element modellari + AI

vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi gemodinamika aniqlanmoqda

5. Eksperimental biofizik tadqiqotlar

2026-yilda:

qon tarkibidagi o‘zgarishlar gemodinamikani sezilarli o‘zgartirishi ko‘rsatildi

masalan, polisitemiya holatida qon yopishqoqligi oshadi

Muammoning yechimi

Gemodinamik muammolarni hal qilish uchun quyidagi biofizik yondashuvlar taklif etiladi:

1. Multimodal diagnostika

MRI + CFD + AI integratsiyasi

2. Shaxsiylashtirilgan model yaratish

bemor-specific gemodinamik simulyatsiya

3. Sun'iy intellekt asosida prognoz

kasallik rivojlanishini oldindan aniqlash

4. Real vaqt monitoring

biosensorlar va implantlar

2026-yil yangiliklari

Quyidagi ilmiy yangiliklar muhim hisoblanadi:

gemodinamik kuchlar biomarker sifatida qo'llanilmoqda

real vaqtli monitoring uchun aqlli implantlar ishlab chiqildi

raqamli egizak texnologiyasi klinik amaliyotga kirib kelmoqda

qonning non-Nyuton modeli yanada takomillashtirildi

Xulosa

Gemodinamika biofizikaning muhim yo'nalishi bo'lib, qon oqimining fizik va matematik qonuniyatlarini o'rganadi. 2026-yil tadqiqotlari ushbu sohada katta yutuqlarni ko'rsatdi. Ayniqsa, kompyuter modellashtirish, sun'iy intellekt va raqamli egizak texnologiyalari gemodinamik tahlilni yangi bosqichga olib chiqdi.

Kelajakda ushbu yondashuvlar yurak-qon tomir kasalliklarini erta aniqlash va samarali davolashda muhim rol o'ynaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hu M. et al. Noninvasive hemodynamic assessment (2026)
2. Wu R. et al. Digital twins in circulatory system (2026)
3. Bozkurt S. Hemodynamic consequences study (2026)
4. PINN in hemodynamics (2026)

5. Machine learning hemodynamics (2026)
6. Non-Newtonian blood flow review (2026)
7. Abdujabborov M.R. Gemodinamika asoslari (2026)
8. Computational hemodynamics in medicine (2026)
9. Pulsatile flow dynamics review (2026)
10. Hemodynamic sensors and grafts (2026)