

25-Aprel, 2026-yil

QON AYLANISH SISTEMASINING FIZIK ASOSLARI

Doliyev Ahmadjon Ulug‘bek o‘g‘li

E-mail: ahmadjondoliyev@gmail.com

Osiyo xalqaro universiteti tibbiyot fakulteti 1-bosqich talabasi

Ilmiy rahbar: Boboqulova Muxtaram Xamroyevna

Osiyo xalqaro universiteti “Umumtexnik fanlar” kafedrası assistenti

Anotatsiya. *Ushbu maqola qon aylanish sistemasining fizik asoslarini chuqur va har tomonlama tahlil qiladi. Gemodinamika qonuniyatlari asosida qon oqimining laminar va turbulent rejimlari, tomirlarning elastik xossalari, qonning o‘ziga xos qovushqoqligi, periferik qarshilikning taqsimlanishi va mikrosirkulyatsiya jarayonlari batafsil ko‘rib chiqilgan. Qon murakkab suyuqlik sifatida tomir diametriga qarab xossasini o‘zgartirishi, arteriyalarning pulsatsion bosimni yumshatishi va mayda tomirlarda moddalar almashinuvini optimallashtirishi tizimning yuqori samaradorligini ta‘minlaydi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, fizik tamoyillar nafaqat normal qon aylanishini, balki stenoz, gipertoniya, ateroskleroz va boshqa kasalliklarning mexanizmini ham aniq tushuntiradi. O‘zbekistonlik olimlarning tadqiqotlari bilan bir qatorda xorijiy klassik va zamonaviy manbalar asosida olib borilgan chuqur tahlil biofizika, klinik tibbiyot va bioingheneriya uchun muhim xulosalar beradi. Natijada, qon aylanishining fizik asoslarini chuqur anglash kasalliklarni erta tashxislash, davolash strategiyalarini ishlab chiqish va sun‘iy qon aylanish apparatlarini loyihalashda asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *qon aylanishi, gemodinamika, qon oqimi, tomir qarshiligi, laminar oqim, turbulent oqim, qon qovushqoqligi, arterial elastiklik, pulsatsion oqim, mikrosirkulyatsiya, periferik qarshilik, Windkessel effekti.*

KIRISH

Qon aylanishi inson organizmining eng muhim hayotiy tizimlaridan biri bo‘lib, yurakning nasos faoliyati va qon tomirlarining murakkab tuzilishi orqali to‘qimalarni kislorod, oziq moddalar va gormonlar bilan ta‘minlaydi hamda chiqindi moddalarni olib chiqaradi. Bu jarayon nafaqat moddalar almashinuvini, balki termoregulyatsiya, immun javob va gomeostazni ham ta‘minlab, butun organizmning barqarorligini saqlaydi. Gemodinamika fanining mohiyati shundaki, u qon oqimining fizik qonuniyatlarini biologik kontekstda tahlil qiladi va gidrodinamika tamoyillarini biologik to‘qimalarning o‘ziga xos xossalariiga moslashtiradi. Tarixan qon aylanishining kashf etilishi Uilyam Garveyning 1628-yilgi ishi bilan boshlanadi. U

25-Aprel, 2026-yil

yurakni nasos sifatida tasvirlab, qonning yopiq doirada harakatlanishini isbotlagan. Keyinchalik fransuz olimi Puazel silindrik naychalar ichidagi suyuqlik oqimini o‘rgangan, nemis fiziologi Otto Frank esa arterial tizimni elastik rezervuar sifatida tavsiflab, Windkessel modelini taklif qilgan. Zamonaviy tadqiqotlarda Timoti Secomb mikrovaskulyar darajadagi oqimni chuqur tahlil qilgan, Guyton va Hall esa butun qon aylanishining fiziologik-fizik bog‘liqliklarini tizimli ravishda yoritgan. O‘zbekiston tibbiyot va biofizika maktabida A.N. Remizovning “Tibbiy va biologik fizika” darsligi va M.X. Boboqulovning ilmiy maqolalari bu mavzuni talabalar va mutaxassislar uchun tizimli ravishda ochib beradi. Ushbu maqolaning maqsadi – qon aylanishining fizik asoslarini aniq faktlar, real misollar va chuqur tahlil asosida yoritish bo‘lib, ularning fiziologik va klinik ahamiyatini ochib berishdir. Fizik yondashuv tizimning samaradorligini va kasalliklarda yuzaga keladigan buzilishlarni tushunishda muhimdir, chunki har qanday kichik o‘zgarish butun aylanishni sezilarli darajada ta’sirlaydi.

ASOSIY QISM

Qon aylanish sistemasining fizik asoslari gidrodinamika va reologiya tamoyillariga tayanadi. Qon oddiy suyuqlik emas, balki murakkab tarkibli suyuqlik bo‘lib, uning qovushqoqligi harakat tezligiga qarab o‘zgaradi. Katta tomirlarda qon deyarli oddiy suyuqlikka yaqin xossa ko‘rsatsa, mayda tomirlarda maxsus effektlar kuchayib, oqimni osonlashtiradi. Bu xususiyatlar tizimning energiya tejamkorligini ta’minlaydi va to‘qimalarga yetarli qon yetkazib berishni kafolatlaydi. Oqim asosan laminar rejimda kechadi, ya’ni qon qatlamlari parallel harakatlanib, devor yaqinida sekinroq oqadi. Bu holat tomir devorlariga mexanik yuklamani kamaytiradi va moddalar almashinuvini samarali qiladi. Biroq yirik arteriyalarda, ayniqsa aorta yaqinida yurakning pulsatsion bosimi tufayli vaqtinchalik turbulent oqim paydo bo‘lishi mumkin. Turbulent rejim energiya sarfini oshiradi va devorlarda qo‘shimcha stress hosil qiladi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, laminar oqimning ustunligi tizimning uzoq muddatli samaradorligini ta’minlaydi, chunki turbulentlik faqat yuqori tezliklarda vaqtinchalik kuzatiladi va normal holatda energiya isrofini oldini oladi. Tomir radiusining o‘zgarishi oqim tezligiga katta ta’sir ko‘rsatadi. Radiusning kichik oshishi oqim hajmini keskin orttiradi, bu esa tomirlarning torayishi yoki kengayishi orqali qon aylanishini tezda moslashtirish imkonini beradi. Qarshilikning asosiy qismi arteriolalarda hosil bo‘ladi, chunki ularning kichik diametri butun tizimdagi oqimni nazorat qilishga imkon beradi. Bu mexanizm yurak yukini tartibga soladi va periferik qarshilikning o‘zgarishi orqali arterial bosimni barqaror saqlaydi. Remizovning tadqiqotlarida ta’kidlanishicha, arteriolalarning bu roli qon aylanishining markaziy va periferik qismlari o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlaydi. Pulsatsion oqim yurakning sistola va diastola fazalariga mos keladi. Arteriyalar

25-Aprel, 2026-yil

elastik devorlari tufayli sistolada qonning bir qismini saqlab qoladi va diastolada asta-sekin chiqarib yuboradi. Bu Windkessel effekti deb ataladi va u yurakning doimiy yukini kamaytirib, diastolik bosimni saqlaydi. Arterial moslashuvchanlik yoshga va kasalliklarga bog‘liq: qarilikda yoki aterosklerozda elastiklik pasayganda puls bosimi kuchayadi va yurak qo‘shimcha kuch sarflaydi. Tahlil qilganda, bu mexanizm tizimning energiya tejamkorligini ko‘rsatadi, chunki elastik arteriyalar pulsatsion bosimni yumshatib, doimiy oqimni ta‘minlaydi va yurakni ortiqcha ishlatishdan saqlaydi. Westerhof va hamkorlarining ishlari bu modelning klinik ahamiyatini yanada chuqurlashtirgan. Mikrosirkulyatsiya darajasida arteriolalar, kapillyarlar va venulalarda oqim juda sekin kechadi. Bu moddalar almashinuvi uchun ideal sharoit yaratadi, chunki kapillyarlarda qon tezligi bir necha millimetr soniyada bo‘lib, eritrotsitlar bir qatorda harakatlanadi. Mayda tomirlarda qon qovushqoqligining pasayishi oqimni osonlashtiradi va qarshilikni kamaytiradi. Bu Fahraeus-Lindqvist effekti deb ataladi va Secombning tadqiqotlarida ta‘kidlanishicha, u mikrosirkulyatsiyada qon oqimini 20-60 foizga osonlashtiradi. Natijada mikrosirkulyatsiya tizimning eng muhim qismi bo‘lib, butun qon aylanishining samaradorligini belgilaydi, chunki bu yerda kislorod va oziq moddalar to‘qimalarga to‘g‘ridan-to‘g‘ri yetkaziladi. Qon aylanishining katta va kichik doiralari o‘rtasidagi bosim farqlari va qarshiliklar butun tizimni muvozanatda saqlaydi. Yurak minutlik hajmi dam olish holatida taxminan besh litrni tashkil etadi va jismoniy faollikka qarab moslashadi. Tomir devorlarining mexanik xossalari bosim to‘lqinlarini yumshatib, energiya tejaydi va organizmning uzoq muddatli chidamliligini ta‘minlaydi. Guyton va Hallning klassik asarlarida bu jarayonlarning o‘zaro bog‘liqligi batafsil tahlil qilingan.

Tadqiqot natijalari. Hisobiy va eksperimental tadqiqotlar qon aylanishining fizik xususiyatlarini aniq raqamlar bilan tasdiqlaydi va ularning fiziologik ahamiyatini ochib beradi. Aortada qon oqimi tezligi dam olish holatida sekundiga taxminan yarim metrni tashkil etadi. Bu qiymat pulsatsion xarakter tufayli vaqtinchalik turbulენტlikka olib kelishi mumkin, ammo laminar rejimning ustunligi tizimning energiya tejamkorligini saqlaydi. Arteriolalarda qarshilik keskin ortadi va bitta arteriolaning qarshiligi aortaning qarshiligidan millionlab marta yuqori bo‘lishi mumkin. Bu holat periferik qarshilikning asosiy nazoratchisi sifatida yurak yukini tartibga solishga xizmat qiladi. Kapillyarlarda bitta tomir orqali oqadigan qon miqdori juda kichik, ammo parallel ulangan o‘n milliarddan ortiq kapillyar tufayli umumiy oqim saqlanadi. Mayda tomirlarda qovushqoqlikning pasayishi qarshilikni yigirma-o‘ttiz foizga kamaytiradi va bu effekt mikrosirkulyatsiyada moddalar almashinuvini osonlashtiradi. Secombning 2016-yilgi tadqiqotida ta‘kidlanishicha, Fahraeus-Lindqvist effekti tufayli mayda tomirlarda samarali qovushqoqlik plazma

25-Aprel, 2026-yil

qovushqoqligiga yaqinlashadi va bu mikrosirkulyatsiyaning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Natijada tizimning samaradorligi oshadi, chunki kichik qarshilik to‘qimalarga yetarli qon yetkazishni ta‘minlaydi. Arterial moslashuvchanlikning pasayishi diastolik bosimni pasaytiradi va sistolik bosimni oshiradi. Qarilikda yoki gipertoniya bu o‘zgarishlar yurak yukini sezilarli darajada oshiradi va pulsatsion komponent umumiy energiya sarfining qirq-ellik foizini tashkil etadi. Westerhofning Windkessel modeli bo‘yicha o‘tkazilgan simulyatsiyalar arterial moslashuvchanlikning pasayishi yurakning qo‘shimcha ishini talab qilishini va bu aterosklerozda insult xavfini oshirishini isbotlaydi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, periferik qarshilikning o‘n foizli o‘zgarishi ham yurak minutlik hajmini sezilarli ta‘sir qiladi. Stenoz holatida tomir diametri yarmiga qisqarganda oqim hajmi keskin kamayadi va bu miokard infarkti yoki insult xavfini oshiradi. Guyton va Hallning eksperimental ma‘lumotlari bo‘yicha, dam olish holatidagi minutlik hajm besh litr atrofida bo‘lib, jismoniy yuklama paytida yetti-o‘n litrga yetishi mumkin. O‘zbek adabiyotlarida Remizovning hisoblari qon bosimini o‘lchashning fizik asoslarini va sun‘iy qon aylanish apparatlarida laminar oqimni ta‘minlash zarurligini ta‘kidlaydi. Boboqulovning 2025-yilgi maqolasida gidrodinamika va yurak nasos vazifasining o‘zaro bog‘liqligi chuqur tahlil qilingan. Pollock va hamkorlarining StatPearlsdagi tadqiqotlari esa klinik gemodinamika ko‘rsatkichlarini batafsil yoritib, kasalliklarda fizik buzilishlarni aniqlash usullarini taklif qiladi. Badeerning tibbiy talabalar uchun gemodinamika bo‘yicha ishi Bernoulli va Puazel tamoyillarining klinik qo‘llanilishini misollar bilan ochib beradi. Bu natijalar tizimning fizik muvozanatini buzish kasalliklarning asosiy sababi ekanligini isbotlaydi va bioingeneriya loyihalarida qo‘llaniladi.

Xulosa. Qon aylanish sistemasining fizik asoslari gemodinamika qonuniyatlari orqali to‘liq va aniq tushuntiriladi. Qon oqimining laminar va turbulent rejimlari, tomir radiusi va qovushqoqligining ta‘siri, arterial elastiklik va pulsatsion dinamika butun tizimning samaradorligini belgilaydi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, tomir diametrining kichik o‘zgarishi ham oqim va bosimga katta ta‘sir ko‘rsatadi va bu gipertoniya, ateroskleroz, stenoz kabi kasalliklarning patofiziologiyasida asosiy omil hisoblanadi. O‘zbek va xorijiy adabiyotlar asosidagi chuqur tahlil tibbiyot, biofizika va bioingeneriya uchun muhim yo‘nalishlarni ochib beradi. Kelajakda kompyuter simulyatsiyalari va sun‘iy intellekt yordamida bu modellar yanada aniqlashtirilishi va shaxsiy tibbiy yondashuvlarda qo‘llanilishi mumkin. Natijada, qon aylanishining fizik asoslarini chuqur bilish nafaqat nazariy, balki amaliy tibbiyotning rivojlanishiga katta hissa qo‘shadi va kasalliklarni oldini olishda yangi imkoniyatlar yaratadi.

25-Aprel, 2026-yil

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Remizov A.N. Tibbiy va biologik fizika: Tibbiyot oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun o‘quv adabiyoti. Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi Davlat ilmiy-nashriyoti, 2005. – 120–145-betlar (qon aylanishining mexanik modellari va gidrodinamika bo‘limi).
2. Boboqulova M.X. Qon aylanish sistemasining fizik asoslari. Pedagogik tadqiqotlar jurnali. 2025. Vol. 3. No. 1. – 1–8-betlar (gidrodinamika, bosim farqi va yurak nasos vazifasi).
3. Secomb T.W. Hemodynamics. Comprehensive Physiology. 2016;6(3):975–1003 (laminar va turbulent oqim, Fahraeus-Lindqvist effekti va mikrovaskulyar tahlil, sah. 978–990).
4. Guyton A.C., Hall J.E. Textbook of Medical Physiology. 14th edition. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2021. – p. 157–185 (Chapter 14: Overview of the Circulation; Biophysics of Pressure, Flow, and Resistance).
5. Westerhof N., Lankhaar J.-W., Westerhof B.E. The arterial Windkessel. Medical & Biological Engineering & Computing. 2009;47(2):131–141 (arterial elastiklik va Windkessel modeli tahlili, sah. 132–138).
6. Pollock J.D. et al. Physiology, Cardiovascular Hemodynamics. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 (qon oqimi, Reynolds soni va laminar oqim xossalari).
7. Badeer H.S. Hemodynamics for medical students. Advances in Physiological Education. 2001;25(1):44–52 (Bernoulli-Puazel tamoyillari va klinik qo‘llanilishi, sah. 46–48).
8. Qon aylanish sistimasining fizik asoslari [elektron resurs]: referat. Oefen.uz, 2024. – Kirish va asosiy qism (Frank modeli, puls to‘lqini va tadqiqot natijalari, sah. 2–10).
9. Nasimi A. Hemodynamics. InTechOpen, 2012 (qon oqimi va qarshilik tamoyillari, sah. 1–17).
10. Zamir M. The Physics of Coronary Blood Flow. Springer, 2005 (koronar qon aylanishining fizik asoslari, sah. 45–78).