

QONNING QOVUSHQOQLIGINI ANIQLASHNING BIOFIZIK  
USULLARI

p.f.f.d, PhD, dotsent. Buzrukov To'liqin Omonovich

Email: [tolqinbuzrukov5@gmail.com](mailto:tolqinbuzrukov5@gmail.com)

Qarshiyeva Shohsanam

[qarshiyevashohsanam2@gmail.com](mailto:qarshiyevashohsanam2@gmail.com)

### Annotatsiya

Qon qovushqoqligi gemoreologiyaning asosiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, u yurak-qon tomir tizimi, mikrosirkulyatsiya, to'qimalarga kislorod yetkazilishi va tromboz xavfini baholashda muhim ahamiyatga ega. Qon oddiy suyuqlik emas, balki plazma va shaklli elementlardan tashkil topgan murakkab biologik suspenziya hisoblanadi. Shu sababli uning qovushqoqligi suv yoki plazma kabi doimiy bo'lmaydi, balki gematokrit, eritrotsitlar deformatsiyasi, eritrotsitlar agregatsiyasi, plazma oqsillari, harorat va oqim tezligiga bog'liq holda o'zgaradi. Zamonaviy biofizik usullarda qon qovushqoqligini aniqlash uchun kapillyar viskozimetriya, rotatsion viskozimetriya, konus-plastinka usuli, skanerlovchi kapillyar viskozimetrlar, mikrofluidik texnologiyalar va optik monitoring yondashuvlari qo'llaniladi. Ushbu maqolada qon qovushqoqligining biofizik mohiyati, uni aniqlash usullari, klinik ahamiyati va zamonaviy tibbiyotdagi qo'llanilish imkoniyatlari IMRAD talablari asosida yoritildi.

**Kalit so'zlar:** qon qovushqoqligi, gemoreologiya, viskozimetriya, gematokrit, eritrotsit deformatsiyasi, kapillyar viskozimetr, rotatsion viskozimetr, mikrosirkulyatsiya.

### Kirish

Qon inson organizmida transport, himoya, trofik, termoregulyatsion va gomeostatik vazifalarni bajaruvchi murakkab biologik suyuqlikdir. U yurak-qon tomir tizimi orqali harakatlanib, to'qimalarga kislorod, oziq moddalar, gormonlar va biologik faol moddalarni yetkazadi, metabolizm mahsulotlarini esa chiqarish a'zolariga olib boradi. Qonning bu vazifalarni samarali bajarishi faqat yurak qisqarishi yoki tomirlarning holatiga emas, balki qonning fizik-kimyoviy xususiyatlariga, xususan qovushqoqligiga ham bog'liq.

Qon qovushqoqligi — bu qonning oqishga qarshilik ko'rsatish xususiyati bo'lib, u ichki ishqalanish kuchlari bilan belgilanadi. Biofizik nuqtai nazardan qovushqoqlik suyuqlik qatlamlari bir-biriga nisbatan siljiganda yuzaga keladigan qarshilikni

ifodalaydi. Qon esa oddiy Nyuton suyuqligi emas; u **Nyuton bo'lmagan suyuqlik** hisoblanadi. Ya'ni qonning qovushqoqligi oqim sharoitiga, ayniqsa shear rate — siljish tezligiga bog'liq holda o'zgaradi. Past siljish tezligida eritrotsitlar agregatsiyasi kuchayadi va qovushqoqlik ortadi, yuqori siljish tezligida esa eritrotsitlar deformatsiyalanib oqimga moslashadi va qovushqoqlik kamayadi. Ilmiy manbalarda butun qon qovushqoqligi shear rate ga bog'liq ekani va qon hujayralari agregatsiyasi past shear sharoitida qovushqoqlikni keskin oshirishi ko'rsatilgan.

Qon qovushqoqligi organizmdagi mikrosirkulyatsiya uchun ayniqsa muhimdir. Kapillyarlar diametri eritrotsitlar o'lchamidan ham kichik bo'lishi mumkin, shuning uchun eritrotsitlarning deformatsiyalanish qobiliyati, plazma oqsillari konsentratsiyasi va gematokrit darajasi to'qimalarga kislorod yetkazilishiga bevosita ta'sir qiladi. Agar qon haddan tashqari qovushqoq bo'lsa, tomir ichida oqim sekinlashadi, periferik qarshilik ortadi, to'qimalarda gipoksiya xavfi kuchayadi va trombozga moyillik paydo bo'lishi mumkin.

Qon qovushqoqligi yurak-qon tomir kasalliklari, arterial gipertenziya, qandli diabet, politsitemiya, ateroskleroz, insult, yallig'lanish kasalliklari, suvsizlanish, surunkali gipoksiya va gematologik kasalliklarda diagnostik ahamiyatga ega. So'nggi yillarda qon qovushqoqligi klinik amaliyotda yurak-qon tomir, yallig'lanish va gematologik holatlarning biomarkeri sifatida qayta baholanmoqda; zamonaviy sharhlarda rotatsion viskozimetrlar, point-of-care texnologiyalar va mikrofluidik tizimlar qon qovushqoqligini aniqlashda istiqbolli usullar sifatida ko'rsatiladi.

Mazkur maqolaning maqsadi — qon qovushqoqligini aniqlashning asosiy biofizik usullarini, ularning ishlash prinsipi, afzalliklari, cheklovlari va klinik ahamiyatini tahlil qilishdan iborat.

### **Materiallar va usullar**

Maqola ilmiy-nazariy tahlil asosida tayyorlandi. Qon qovushqoqligi, gemoreologiya, viskozimetriya va mikrosirkulyatsiyaga oid zamonaviy ilmiy maqolalar, klinik sharhlar hamda biofizika va fiziologiya manbalari o'rganildi. Tahlil jarayonida qon qovushqoqligini aniqlashning asosiy biofizik usullari — kapillyar viskozimetriya, rotatsion viskozimetriya, konus-plastinka usuli, skanerlovchi kapillyar viskozimetrlar va mikrofluidik texnologiyalar qiyosiy ko'rib chiqildi.

Qon qovushqoqligini baholashda quyidagi asosiy biofizik ko'rsatkichlarga e'tibor qaratildi: gematokrit darajasi, plazma qovushqoqligi, eritrotsitlar agregatsiyasi, eritrotsitlar deformatsiyasi, shear rate, harorat va namuna tayyorlash sharoiti. Chunki butun qon qovushqoqligi faqat bitta omil bilan belgilanmaydi; u plazma tarkibi va shaklli elementlarning mexanik xususiyatlari bilan chambarchas bog'liq.

Qon qovushqoqligini o'lchashda namunani olish va saqlash sharoiti ham katta ahamiyatga ega. Harorat, antikoagulyant turi, saqlash vaqti, gemoliz, namunadagi havo pufakchalari, gematokrit darajasi va o'lchash paytidagi shear rate natijalarga ta'sir qilishi mumkin. 2021-yilda qon qovushqoqligini standartlashtirish bo'yicha sharhda sample storage time, storage temperature, acquisition time va shear rate kabi omillar natijaga ta'sir qilishi tahlil qilingan.

### **Natijalar**

Qon qovushqoqligini aniqlashning biofizik usullari bir necha asosiy guruhga bo'linadi. Har bir usul qonning oqimga qarshiligini turli fizik prinsiplar asosida baholaydi.

### **Kapillyar viskozimetriya**

Kapillyar viskozimetriya qon qovushqoqligini aniqlashning klassik usullaridan biridir. Bu usulda qon ma'lum diametr va uzunlikka ega nozik kapillyar naycha orqali o'tkaziladi. Qonning oqish vaqti, bosim farqi, naycha o'lchamlari va hajmiy oqim tezligi asosida qovushqoqlik hisoblanadi. Kapillyar viskozimetriya Poazeyl qonuniga asoslanadi. Ushbu qonunga ko'ra, suyuqlikning laminar oqimi naycha radiusi, bosim farqi, naycha uzunligi va suyuqlik qovushqoqligiga bog'liq.

Kapillyar usulning afzalligi shundaki, u nisbatan oddiy, ko'p miqdorda nazariy asosga ega va kichik hajmdagi namunalarda bilan ishlash imkonini beradi. Biroq qon Nyuton bo'lmagan suyuqlik bo'lgani uchun oddiy kapillyar viskozimetrlar barcha fiziologik shear rate sharoitlarini to'liq aks ettira olmaydi. Bundan tashqari, kapillyar diametri, harorat va eritrotsitlar agregatsiyasi natijaga sezilarli ta'sir qiladi.

Zamonaviy skanerlovchi kapillyar viskozimetrlar ushbu cheklovlarni kamaytirishga yordam beradi. Bunday qurilmalar qon qovushqoqligini keng shear rate diapazonida baholashi mumkin. Ayrim manbalarda scanning capillary tube viscometer butun qon qovushqoqligini fiziologik shear rate diapazonida o'lchashga imkon berishi qayd etilgan.

### **Rotatsion viskozimetriya**

Rotatsion viskozimetriya qon qovushqoqligini aniqlashda keng qo'llaniladigan biofizik usullardan biridir. Bu usulda qon namunasi ikki sirt orasiga joylashtiriladi; sirtlardan biri aylanadi, ikkinchisi esa harakatsiz turadi yoki qarama-qarshi harakatlanadi. Aylanish paytida hosil bo'ladigan siljish kuchi va burchak tezligi asosida qovushqoqlik aniqlanadi.

Rotatsion viskozimetrlarning muhim afzalligi shundaki, ular qonning turli shear rate dagi qovushqoqligini baholash imkonini beradi. Bu qon uchun juda muhim, chunki butun qon qovushqoqligi shear rate ortganda kamayadi, ya'ni shear-thinning

xususiyatiga ega. 2022-yilgi fiziologik sharhda butun qon murakkab hujayraviy suspenziya bo'lib, shear rate va shear stress o'rtasida chiziqli bo'lmagan munosabatga ega ekani, qon qovushqoqligi shear rate ortishi bilan kamayishi ko'rsatilgan.

Rotatsion viskozimetriya yordamida past shear rate sharoitida eritrotsitlar agregatsiyasi ta'siri, yuqori shear rate sharoitida esa eritrotsitlar deformatsiyasi va plazma omillari baholanishi mumkin. Bu usul yurak-qon tomir kasalliklari, politsitemiya, qandli diabet va mikrosirkulyator buzilishlarni o'rganishda muhim ahamiyatga ega.

### **Konus-plastinka usuli**

Konus-plastinka viskozimetri rotatsion viskozimetriyaning maxsus turi hisoblanadi. Unda qon namunasi tekis plastinka va kichik burchak ostida joylashgan konus orasiga qo'yiladi. Konus aylanganda namuna ichida nisbatan bir xil shear rate hosil bo'ladi. Bu usulning afzalligi shundaki, juda kichik hajmdagi qon namunasi bilan ishlash mumkin va shear sharoitlari nazorat qilinadi.

Konus-plastinka usuli laborator gemoreologiyada keng ishlatilgan bo'lsa-da, ayrim cheklovlarga ega. Masalan, namunadagi hujayralar sirt bilan o'zaro ta'sirlashishi, eritrotsitlar cho'kishi, harorat nazoratining yetarli bo'lmasligi yoki yuqori shear ta'siri natijalarni o'zgartirishi mumkin. 2024-yildagi qiyosiy tadqiqotda parallel plate, scanning capillary va cone plate turidagi viskozimetrlar natijalari farq qilishi mumkinligi, bu esa usullarni standartlashtirish va natijalarni ehtiyotkor talqin qilish zarurligini ko'rsatadi.

### **Mikrofluidik usullar**

Mikrofluidik texnologiyalar qon qovushqoqligini aniqlashning zamonaviy va istiqbolli yo'nalishidir. Bu usullarda qon juda kichik mikrokanallar orqali o'tkaziladi va uning oqim xususiyatlari yuqori aniqlikda kuzatiladi. Mikrokanallar diametri kapillyarlarga yaqin bo'lgani uchun bu usul mikrosirkulyatsiyani modellashtirishda juda foydali hisoblanadi.

Mikrofluidik tizimlar yordamida nafaqat umumiy qovushqoqlik, balki eritrotsitlarning deformatsiyalanishi, agregatsiyasi, hujayralarning kanal bo'ylab harakati va plazma oqimi ham baholanishi mumkin. Bu yondashuv qandli diabet, sepsis, o'tkir yallig'lanish, COVID-19 dan keyingi gemoreologik o'zgarishlar va tromboz xavfini o'rganishda muhim bo'lishi mumkin. Mikrofluidik usullar kichik hajmdagi namuna, tezkor o'lchash va point-of-care diagnostika imkoniyatlari bilan ajralib turadi.

### **Optik va sensor asosidagi usullar**

So'nggi yillarda qon qovushqoqligini aniqlashda optik, akustik, piezoelektrik va sensor asosidagi texnologiyalarga qiziqish ortmoqda. Bunday usullar qon oqimi tezligi,

hujayralar harakati, yorug'lik tarqalishi yoki massa o'zgarishi kabi fizik parametrlarni qayd etadi. Masalan, mass-detecting capillary viscometer qisqa vaqt ichida antikoagulyantsiz yoki minimal tayyorgarlik bilan qon qovushqoqligini o'lchash imkonini berishi mumkinligi haqida ilmiy ishlar mavjud.

Bunday texnologiyalar klinik amaliyotda tezkor skrining, intensiv terapiya, operatsiya oldi baholash va surunkali kasalliklarni monitoring qilishda istiqbolli bo'lishi mumkin. Ammo ularni keng qo'llash uchun standartlashtirish, klinik validatsiya va natijalarni laborator usullar bilan solishtirish zarur.

### **Muhokama**

Qon qovushqoqligini aniqlash tibbiyot va biofizika kesishgan muhim diagnostik yo'nalishdir. Chunki qonning oqish xususiyatlari yurak-qon tomir tizimi faoliyati, to'qimalar perfuziyasi va mikrosirkulyatsiya holatini aks ettiradi. Qon qovushqoqligi oshganda yurak qon haydash uchun ko'proq energiya sarflaydi, tomirlar ichida gidrodinamik qarshilik ortadi va periferik to'qimalarda kislorod yetkazilishi yomonlashishi mumkin.

Qon qovushqoqligiga eng kuchli ta'sir qiluvchi omillardan biri gematokritdir. Gematokrit ortganda eritrotsitlar soni ko'payadi, qonning ichki ishqalanishi kuchayadi va qovushqoqlik oshadi. Bu holat politsitemiya, suvsizlanish, surunkali gipoksiya, baland tog' sharoiti yoki ayrim gematologik kasalliklarda kuzatilishi mumkin. Gematokrit kamayganda esa qon qovushqoqligi pasayadi, lekin bu har doim foydali degani emas, chunki anemiyada kislorod tashish imkoniyati kamayadi.

Plazma oqsillari ham qon qovushqoqligini belgilaydi. Fibrinogen, immunoglobulinlar va lipoproteinlar plazma qovushqoqligini oshiradi, eritrotsitlar agregatsiyasini kuchaytiradi va past shear sharoitida qon oqimini sekinlashtiradi. Yallig'lanish kasalliklari, autoimmun jarayonlar, paraproteinemiyalar va surunkali infeksiyalarda plazma oqsillari tarkibidagi o'zgarishlar gemoreologik buzilishlarga olib kelishi mumkin. Plazma qovushqoqligi asosan fibrinogen va boshqa plazma oqsillari konsentratsiyasiga bog'liq ekani ilmiy manbalarda qayd etilgan.

Eritrotsitlar deformatsiyalanish qobiliyati ham muhim omildir. Sog'lom eritrotsitlar kapillyarlardan o'tishda shaklini o'zgartira oladi. Agar eritrotsit membranasi qattiqlashsa yoki hujayra deformatsiyasi buzilsa, mikrosirkulyatsiya yomonlashadi. Bu holat qandli diabet, oksidativ stress, yallig'lanish va ayrim gemoglobinopatiyalarda kuzatilishi mumkin.

Qon qovushqoqligini klinik baholashda bir muhim jihat bor: natija qaysi shear rate da o'lchanganiga qarab farq qiladi. Past shear rate venoz tizim va sekin oqim sharoitlariga yaqin bo'lsa, yuqori shear rate arterial oqim sharoitlariga yaqinroqdir.

Shuning uchun qon qovushqoqligini bitta raqam bilan baholash har doim ham yetarli emas. Ideal holatda qovushqoqlik turli shear rate larda aniqlanib, qonning gemoreologik profili tuziladi.

Qon qovushqoqligi yurak-qon tomir kasalliklari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Yuqori qon qovushqoqligi tomir ichida oqimni sekinlashtiradi, endoteliyga mexanik ta'sirni o'zgartiradi va trombotik xavfni kuchaytiradi. Ayrim klinik tadqiqotlarda qon qovushqoqligi insult, kichik tomir kasalliklari va mikrosirkulyator buzilishlar bilan bog'liq ko'rsatkich sifatida o'rganilmoqda. Masalan, 2025-yildagi tadqiqotda diastolik qon qovushqoqligi kichik tomir kasalligi va eski lakunar infarktlar bilan bog'liq bo'lishi mumkinligi ko'rsatilgan.

O'zbekiston sharoitida ham qon qovushqoqligini biofizik usullar bilan o'rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Yurak-qon tomir kasalliklari, qandli diabet, semizlik, surunkali yallig'lanish holatlari va tromboz xavfi bilan bog'liq kasalliklar klinik amaliyotda keng uchraydi. Gemoreologik ko'rsatkichlarni o'rganish bu kasalliklarda mikrosirkulyatsiya holatini chuqurroq baholash, profilaktika choralarini ishlab chiqish va individual davolash yondashuvlarini takomillashtirishga yordam beradi.

Shuningdek, tibbiyot oliy ta'limida qon qovushqoqligini aniqlash usullarini biofizika, fiziologiya, patologik fiziologiya, gematologiya va laborator diagnostika fanlari bilan integratsiya qilish muhimdir. Talabalar qonning faqat kimyoviy tarkibini emas, balki uning fizik xususiyatlari ham klinik ahamiyatga ega ekanini tushunishi kerak. Bu esa klinik fikrlashni chuqurlashtiradi va tibbiyotda fizika qonunlarining amaliy ahamiyatini ko'rsatadi.

### **Xulosa**

Qon qovushqoqligi organizm gemodinamikasi, mikrosirkulyatsiyasi va to'qimalarga kislorod yetkazilishida muhim biofizik ko'rsatkich hisoblanadi. Qon Nyuton bo'lmagan biologik suyuqlik bo'lgani uchun uning qovushqoqligi shear rate, gematokrit, eritrotsitlar agregatsiyasi, eritrotsitlar deformatsiyasi, plazma oqsillari va haroratga bog'liq holda o'zgaradi.

Qon qovushqoqligini aniqlashda kapillyar viskozimetriya, rotatsion viskozimetriya, konus-plastinka usuli, skanerlovchi kapillyar viskozimetrlar, mikrofluidik tizimlar va sensor asosidagi zamonaviy texnologiyalar qo'llaniladi. Har bir usulning o'z afzalliklari va cheklovlari mavjud. Kapillyar usullar oqimga asoslangan oddiy yondashuv bo'lsa, rotatsion va konus-plastinka usullari shear rate ni nazorat qilish imkonini beradi. Mikrofluidik va sensor texnologiyalar esa kichik

hajmdagi namunada tezkor, aniq va klinik amaliyotga yaqin baholash imkoniyatlari bilan istiqbolli hisoblanadi.

Qon qovushqoqligini aniqlash yurak-qon tomir kasalliklari, qandli diabet, politsitemiya, yallig'lanish, suvsizlanish, tromboz xavfi va mikrosirkulyator buzilishlarni baholashda muhim qo'shimcha diagnostik ahamiyatga ega. Kelajakda qon qovushqoqligini standartlashtirilgan biofizik usullar bilan o'lchash klinik laboratoriya diagnostikasida kengroq qo'llanishi mumkin.

O'zbekiston tibbiyot ta'limi va klinik amaliyotida qon qovushqoqligi mavzusini chuqur o'rganish tibbiy biofizika fanining amaliy ahamiyatini oshiradi, talabalar klinik tafakkurini rivojlantiradi va gemodinamik kasalliklarni yaxshiroq tushunishga xizmat qiladi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Pop G.A.M., Duncker D.J., Gardien M., Vranckx P., Versluis S., Hasan D., Slager C.J. The clinical significance of whole blood viscosity in cardiovascular medicine. *Netherlands Heart Journal*. 2002.
2. Alexy T., et al. Physical Properties of Blood and their Relationship to Clinical Conditions. *Frontiers in Physiology*. 2022.
3. Valério de Arruda M., et al. Standardization for obtaining blood viscosity: A systematic review. *European Journal of Haematology*. 2021.
4. Baskurt O.K., et al. New guidelines for hemorheological laboratory techniques. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2009.
5. Chien S. Effects of hematocrit and plasma proteins on human blood rheology. *Journal of Applied Physiology*. 1966.
6. Noh S.M., et al. Clinical significance of blood viscosity in patients with acute cerebrovascular disease. 2025.
7. Shin S., et al. Measurement of blood viscosity using mass-detecting sensor. *Biosensors and Bioelectronics*. 2002.
8. Kim S., et al. A new method for blood viscosity measurement. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. 2000.
9. Yoon S., et al. Reference intervals for whole-blood viscosity measured using scanning capillary tube viscometer. *Annals of Laboratory Medicine*. 2025.
10. Han Y., et al. Characterizing Non-Newtonian Blood Viscosity Using Modern Hemorheological Methods. 2026.
11. G'ofurov A.G., To'xtayev K.R. Gistologiya, sitologiya va embriologiya. Toshkent: O'zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2021.

12. Axmedov N.K., Shomirzayev N.H. Odam anatomiyasi. Toshkent: Tibbiyot nashriyoti, 2020.
13. Karimov H.Y., Inoyatov A.Sh. Patologik fiziologiya asoslari. Toshkent: Tibbiyot nashriyoti, 2021.
14. O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi. Yurak-qon tomir kasalliklari profilaktikasi va diagnostikasi bo'yicha klinik tavsiyalar. Toshkent, 2023–2025.
15. O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi. Tibbiyot oliy ta'lim muassasalarida biofizika va laborator diagnostika fanlarini o'qitish bo'yicha o'quv-uslubiy materiallar. Toshkent, 2024–2025.