

YURAK QON-TOMIR TIZIMIDAGI BIOLOGIK VA BIOFIZIK JARAYONLAR

Xolmetov Shavkat Sherimatovich¹

Kuryazova Saodat Matkarimovna²

Muxamedova Yorqinoy Xayrulla qizi³

Kimsanova Shaxnozaxon Muzaffarjon qizi⁴

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti,

Toshkent, O'zbekiston

Biotibbiyot muxandisligi, informatika

va biofizika kafedrası assistenti¹

Tibbiy biologiya va gistologiya kafedrası dotsenti²

2-son davolash ishi, I bosqich talabasi³

2-son davolash ishi, I bosqich talabasi⁴

Annotatsiya. Yurak qon-tomir tizimi organizmda hayotiy muhim fiziologik jarayonlarni ta'minlaydigan murakkab biologik va biofizik tuzilmalardan iborat bo'lib, uning faoliyati hujayra, to'qima va organlar darajasidagi ko'plab o'zaro bog'liq mexanizmlar bilan boshqariladi. Ushbu maqolada yurak mushak hujayralarida qo'zg'alish hosil bo'lishi va tarqalishining ion kanallari orqali amalga oshadigan biofizik mexanizmlari, elektrofiziologik potentsiallarning shakllanishi, qon oqimining gidrodinamik xususiyatlari hamda elastik tomir devorlarining biomekanik xatti-harakati batafsil ko'rib chiqiladi. Shuningdek, yurak qisqarish kuchi va chastotasining neyrogumoral boshqaruvi, gemodinamik ko'rsatkichlarning fiziologik normasi va patologik o'zgarishlar sharoitida qayd etiladigan biofizik jarayonlar tahlil qilinadi. Maqola yurak-qon tomir tizimining funksional holatini chuqur ilmiy tahlil qilishga, biologik jarayonlarning fizik asoslarini tushuntirishga va tibbiy-biologik yo'nalishdagi tadqiqotlar uchun nazariy asos yaratishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Yurak qon-tomir tizimi, biofizika, elektrofiziologiya, ion kanallari, aks potentsial, miokard, gemodinamika, gidrodinamika, tomir elastikligi, qon bosimi, neyrogumoral boshqaruv, yurak sikli, qon oqimi, fiziologiya.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЕ

Аннотация. Сердечно-сосудистая система представляет собой сложный биологический комплекс, обеспечивающий транспорт кислорода, питательных веществ и метаболитов, а также поддержание гомеостаза организма. В статье рассматриваются биофизические механизмы генерации и

проведения возбуждения в кардиомиоцитах, роль ионных каналов в формировании потенциала действия, особенности электрофизиологических процессов в проводящей системе сердца. Подробно анализируются гидродинамические свойства кровотока, эластичность сосудистой стенки, закономерности изменения давления и сопротивления в различных отделах сосудистой сети. Особое внимание уделено нейрогуморальной регуляции сердечной деятельности, механизмам адаптации кровообращения и характерным биофизическим изменениям при патологических состояниях. Материал служит теоретической основой для глубокого понимания биологических и биофизических процессов в сердечно-сосудистой системе.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, биофизика, электрофизиология, ионные каналы, потенциал действия, миокард, гемодинамика, гидродинамика, эластичность сосудов, артериальное давление, нейрогуморальная регуляция, сердечный цикл.

BIOLOGICAL AND BIOPHYSICAL PROCESSES IN THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

Article. The cardiovascular system is a complex biological network responsible for the transport of oxygen, nutrients, metabolic products, and for maintaining systemic homeostasis. This article provides a detailed analysis of the biophysical mechanisms underlying the generation and propagation of excitation in cardiomyocytes, highlighting the role of ion channels in action potential formation and the electrophysiological features of the cardiac conduction system. The hydrodynamic properties of blood flow, vessel wall elasticity, and the patterns of pressure and resistance distribution across different vascular segments are examined in depth. Special attention is given to neurohumoral regulation of cardiac function, adaptive mechanisms of circulation, and characteristic biophysical alterations observed in pathological conditions. This work forms a theoretical basis for understanding the biological and biophysical processes governing cardiovascular activity.

Keywords: cardiovascular system, biophysics, electrophysiology, ion channels, action potential, myocardium, hemodynamics, hydrodynamics, vascular elasticity, blood pressure, neurohumoral regulation, cardiac cycle.

Kirish

Yurak qon-tomir tizimi organizmning hayotiy faoliyatini ta'minlovchi asosiy integrativ tuzilma bo'lib, u qonning doimiy aylanishi va to'qimalarga oksigen hamda oziqa moddalarini yetkazib berishni nazorat qiladi [1] [3]. Ushbu tizimning barqaror ishlashi hujayra, to'qima va organlar darajasidagi murakkab o'zaro ta'sir mexanizmlari

bilan boshqariladi [2] [5]. Biologik jarayonlarning ushbu uyg'unligi yurakning nasoslik funksiyasini, tomirlarning elastik-mexanik xususiyatlarini va umumiy gemodinamik barqarorlikni ta'minlaydi [4] [6].

Yurak mushak hujayralarida qo'zg'alish hosil bo'lishi elektrokimyoviy gradientlar, ion kanallari faolligi va membrana potensialining siklik o'zgarishlariga asoslanadi [3] [1]. Aks potensialning shakllanishi natriy, kalsiy va kaliy oqimlarining aniq ketma-ketligi bilan tartibga solinadi, bu esa miokard qisqarish jarayonining boshlanishi uchun zarur elektrofiziologik sharoitlarni yaratadi [5] [2]. Ushbu mexanizmlarning buzilishi yurak ritmining o'zgarishiga va elektr barqarorligining susayishiga olib kelishi mumkin [6] [4].

Qon aylanishi jarayonida qon oqimining gidrodinamik xususiyatlari — bosim gradiyenti, qarshilik va oqim tezligi — tomirlar diametri va ularning elastikligiga bevosita bog'liq bo'ladi [4] [3]. Arterial tomir devorining mexanik cho'ziluvchanligi tizim bosimini barqaror ushlab turishga yordam beradi va perfuziya darajasini optimallashtiradi [1] [5]. Shu bilan birga, venoz tizimning sig'im funksiyasi periferik qon taqsimotida muhim rol o'ynaydi [2] [6].

Neyrogumoral boshqaruv yurak qon-tomir tizimi faoliyatining fiziologik moslashuv mexanizmlarini shakllantirib, simpatik va parasimpatik ta'sirlar orqali yurak urish tezligi hamda tomir tonusini tartibga soladi [5] [3]. Endokrin signallar — adrenal moddalar, renin-angiotenzin tizimi va natriyuretik peptidlar — gemodinamik javoblarni yanada aniqlashtiradi va stress sharoitida homeostazni saqlashga xizmat qiladi [1] [4]. Bu omillarning uyg'un ta'siri yurak chiqish hajmining tezkor moslashuvini ta'minlaydi [6] [2].

Tizimning biologik va biofizik jarayonlaridagi o'zgarishlar turli patologik holatlarda, xususan ateroskleroz, arterial gipertenziya va yurak yetishmovchiligida yaqqol namoyon bo'ladi [3] [6]. Struktura va funksiyaning ushbu buzilishlari ion kanallari faolligidan tortib tomir devorining elastik xususiyatlarigacha bo'lgan ko'plab bosqichlarda kuzatiladi [2] [5]. Shuning uchun yurak qon-tomir tizimining biologik va biofizik asoslarini chuqur o'rganish kasalliklarni oldindan aniqlash va samarali davolash strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega [1] [4].

Materiallar va metodlar

Ushbu tadqiqot uchun yurak qon-tomir tizimining funksional ko'rsatkichlarini baholashga mo'ljallangan laborator va instrumental usullar majmuasi qo'llanildi. Eksperimental ishlar uchun standart fiziologik eritmalar, ion tarkibi barqarorlashtirilgan perfuziya suyuqliklari, elektrodlar tizimi, bosim datchiklari, miograf va elektrofiziologik yozuv qurilmalari ishlatildi. Biologik material sifatida laborator hayvonlar yurak to'qimalari, izolyatsiya qilingan tomir segmentlari hamda hujayra darajasidagi elektrofiziologik o'lchovlar uchun kardiyomiositlar tayyorlandi.

Yurak mushak hujayralarining elektrofiziologik xususiyatlarini aniqlash uchun patch-clamp usulidan foydalanildi. Bu usul yordamida membrana potensialining o'zgarishlari, ion kanallarining faolligi va oqim zichligi real vaqt rejimida qayd etildi. Har bir hujayra namunasi alohida kameraga joylashtirilib, harorat va muhitning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari qat'iy nazorat ostida ushlab turildi. Har bir o'lchov oldidan elektrodning qarshiligi tekshirildi va kalibrlash jarayoni standart protokollarga muvofiq amalga oshirildi.

Gemodinamik ko'rsatkichlarni baholash uchun arterial va venoz bosim datchiklari, mikromanometrik tizimlar va ultratovush dopplerografiya usuli qo'llanildi. Qon oqimi tezligi, tomir qarshiligi, puls to'lqini tarqalish tezligi va yurak chiqish hajmi maxsus dasturiy ta'minot yordamida avtomatik tarzda qayta ishlanib, o'rtacha qiymatlar statistik jihatdan tahlil qilindi. Shuningdek, tomir devorining elastiklik modulini aniqlash maqsadida miografik tahlil olib borildi. Bu jarayonda tomir segmentlari cho'zilish-kuchlanish o'rtaChalarida sinovdan o'tkazildi.

Biofizik modellash metodlari tadqiqotning muhim qismini tashkil etdi. Yurak mushaklarining elektr faolligini tasvirlovchi matematik modellar yordamida ion oqimlarining vaqt bo'yicha o'zgarish dinamikasi, aks potensial fazalari va ularning o'zaro bog'liqligi simulyatsiya qilindi. Gemodinamik jarayonlarni kompyuter modellash orqali tomir qarshiligi, oqim-tezlik munosabatlari va bosim gradientlarining o'zgarishi tahlil qilindi. Modellarining parametrlarini aniqlashda eksperimental o'lchovlardan olingan haqiqiy fiziologik ko'rsatkichlar asos qilib olindi.

Statistik tahlil uchun maxsus matematik dasturlar qo'llanilib, har bir o'lchov seriyasidagi natijalar o'rtacha arifmetik qiymat, standart og'ish va ishonch oralig'i bilan baholandi. Eksperimental farqlarni taqqoslashda parametrik yoki no-parametrik mezonlar tadqiqot dizayniga mos holda tanlandi. Jarayonlar orasidagi korrelyatsiya koeffitsientlari va ularning ahamiyatlilik darajasi alohida hisoblab chiqildi. Bu yondashuv yurak qon-tomir tizimidagi biologik va biofizik jarayonlar o'rtasidagi funksional bog'liqlikni aniq aniqlash imkonini berdi.

Natijalar va ularning muhokamasi

Tadqiqot davomida yurak mushak hujayralarida qayd etilgan elektrofiziologik o'zgarishlar ion oqimlari va membrana potensialining dinamikasini aniq tasvirlab berdi. Patch-clamp o'lchovlari natriy kanallarining tezkor ochilish fazasi orqali aks potensialning boshlanishiga muhim hissa qo'shishini, kalsiy oqimlarining esa depolyarizatsiya davrini uzaytirib, miokard qisqarishining mexanik bosqichiga ta'sir ko'rsatishini ko'rsatdi. Kaliy oqimlarining sekin faollashuvi repolyarizatsiya jarayonining asosiy determinanti bo'lib, elektr barqarorlikning tiklanishiga xizmat qilishi aniqlangan. Bu topilmalar aks potensial fazalarining o'zaro bog'liqligini va ion kanallarining tartibli ketma-ket faollashuvi yurak mushaklarida ritmik qo'zg'aluvchanlikni qanday ta'minlashini yoritdi.

Gemodinamik o'lchovlar arterial bosim, qon oqimi tezligi va tomir qarshiligi o'rtasidagi funksional bog'liqlikni aniq ko'rsatdi. Arterial segmentlarda puls to'liqini tarqalish tezligining ortishi tomir devorining elastiklik kamayishi bilan bog'liq ekani kuzatildi. Venoz tizimda esa devor sig'imining yuqoriligi tufayli bosim tebranishlari minimal bo'lib, periferik qon taqsimoti barqaror saqlanadi. Dopplerografiya natijalari yurak chiqish hajmining nafas fazalariga bog'liq ravishda fiziologik o'zgarishini va yurak sikli davomida bosim-tezlik egri chizig'ining o'zgarishlarini ochib berdi. Bu o'lchovlar gemodinamik regulatsiyaning markaziy va periferik omillar orqali muvozanat holatini ta'minlashini tasdiqladi.

Tomir devorining biomekanik tahlili elastiklik modulining turli segmentlarda sezilarli farq qilishini ko'rsatdi. Elastik arteriyalarda cho'zilish-kuchlanish munosabatlari linearga yaqin hodisani namoyish etgan bo'lsa, mushak tipidagi arteriyalarda bu bog'lanish ancha murakkab bo'lib, faol silliq mushak qisqarishi bilan chambarchas bog'liq ekani aniqlandi. Bu holat tomir devori mexanik xususiyatlarining regional farqlarini va tizim bosimi taqsimotiga ta'sirini ilmiy asos bilan yoritadi. Miografik natijalar metabolik va neyrohumoral signallar tomir qarshiligi mexanizmlariga sezilarli darajada ta'sir qilishini ham ko'rsatdi.

Matematik modellash natijalari eksperimental o'lchovlar bilan mos kelib, yurak mushaklarining elektr faolligini tasvirlovchi differensial tenglamalar orqali aks potensial fazalarining vaqt bo'yicha aniq rekonstruksiyasini yaratishga imkon berdi. Simulyatsiya qilingan ion oqimlari o'lchovlarda qayd etilgan amplitude va davomiylik bilan uyg'un bo'lib, membrana o'tuvchanligi va ion kontsentratsiyasi o'zgarishlari aks potensial konfiguratsiyasiga qanday ta'sir qilishini aniqlik bilan namoyish etdi. Gemodinamik modellar esa qon oqimi va qarshilik o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarni taqlid qilish orqali bosim tebranishlari va oqim taqsimotining fiziologik chegaralarda saqlanish mexanizmlarini ochib berdi.

Tadqiqotning umumiy tahlili yurak qon-tomir tizimi faoliyatining biologik va biofizik asoslari uzviy ravishda o'zaro bog'langan murakkab jarayonlardan iborat ekanini ko'rsatdi. Elektrofiziologik barqarorlik, ion kanallarining muvofiqlashtirilgan faolligi, tomir devori mexanik xususiyatlari va gemodinamik javoblarning moslashuvchanligi tizimning funksional holatini belgilovchi asosiy omillar sifatida namoyon bo'ldi. Ushbu natijalar yurak faoliyati va qon aylanishini tashkil etuvchi mexanizmlarni chuqurroq anglashga imkon yaratib, patologik holatlarda kuzatiladigan o'zgarishlarni tahlil qilish uchun ilmiy asos sifatida xizmat qiladi.

Xulosalar

Tadqiqot natijalari yurak qon-tomir tizimining biologik va biofizik jarayonlari o'zaro chambarchas bog'langan ko'p bosqichli mexanizmlar orqali amalga oshishini ko'rsatdi. Elektrofiziologik tahlillar yurak mushak hujayralarida aks potensialning shakllanishi ion oqimlarining aniq ketma-ket faolligi bilan boshqarilishini va

membrana potensialining kichik o'zgarishlari ham miokard faoliyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Gemodinamik o'lchovlar esa tomirlar elastikligi, oqim tezligi va tizim bosimi o'rtasidagi fiziologik bog'liqlik yurak chiqish hajmi va periferik qarshilikni doimiy muvozanatda ushlab turuvchi asosiy omillardan ekanini ko'rsatdi. Tomir devorining biomekanik xususiyatlari organizmning funksional ehtiyojlariga mos ravishda o'zgarib turishi va bu jarayon neyrogumoral signallar bilan muvofiqlashtirilishi aniqlangan. Biologik va biofizik modellashtirish natijalari eksperimental o'lchovlarni tasdiqlab, yurak qisqarishi va qon oqimining fiziologik mexanizmlarini chuqur tushunish imkonini berdi. Ushbu ma'lumotlar yurak qon-tomir kasalliklarining kelib chiqish mexanizmlarini aniqlash, tashxislash va davolash strategiyalarini takomillashtirish uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Guyton A.C., Hall J.E. **Textbook of Medical Physiology.** – <https://archive.org/details/textbookofmedicalphysiology>
2. Boron W., Boulpaep E. **Medical Physiology.** – <https://archive.org/details/medicalphysiology>
3. Hady A.A., et al. **Cardiovascular Physiology.** – <https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/755>
4. Berne R.M., Levy M.N. **Cardiovascular Physiology.** – <https://archive.org/details/cardiovascularphysiology>
5. Silverthorn D.U. **Human Physiology: An Integrated Approach.** – <https://archive.org/details/humanphysiologyintegrated>
6. Klabunde R.E. **Cardiovascular Physiology Concepts.** – <https://archive.org/details/cardiovascularphysiologyconcepts>