

QON AYLANISHI FIZIOLOGIYASI VA TOMIRLAR FAOLIYATINING BOSHQARILISHI

Muhammdieva Gulshakhnoza Mamarajab qizi

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti

Odam anatomiyasi va OXTA kafedrası assistenti.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19488161>

***Annotatsiya.** Ushbu maqola qon aylanish tizimining fiziologik xususiyatlarini chuqur tahlil qiladi, yurakning mexanik va bioelektrik faoliyati, tomirlarning biomekanik va endoteliy funksiyalari, mikrotsirkulyatsiya va tomir tonusining neyrogen-gumoral boshqarilishi ko'rib chiqiladi. Zamonaviy tadqiqotlar asosida gemodinamikaning yangi talqinlari, tomirlarning adaptiv mexanizmlari va endoteliy signalizatsiyasining organizmdagi muhim roli yoritilgan.*

Maqola klinik va eksperimental tibbiyot uchun ilmiy ahamiyatga ega bo'lgan yangi ilmiy yo'nalishlar bilan boyitilgan.

***Kalit so'zlar:** Qon aylanishi, yurak sikli, arteriya, vena, kapillyar, gemodinamika, endoteliy, neyrogen boshqaruv, gumoral regulyatsiya, periferik qarshilik.*

KIRISH QISM

Qon aylanish tizimi hayotiy jarayonlarning barqarorligini ta'minlovchi eng muhim tizimlardan biridir. U orqali kislorod, oziq moddalar, gormonlar va metabolik chiqindilar hujayralarga yetkaziladi va chiqariladi.

Tizimning murakkabligi uning faqat transport funksiyasida emas, balki homeostazni saqlashdagi faoliyatida ham namoyon bo'ladi.

So'nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, qon aylanish tizimi — bu **dinamik, adaptiv va o'zini o'zi boshqaruvchi biologik tizim** bo'lib, u turli stress sharoitlariga tez moslashadi. Yurak va tomirlar faoliyati orasidagi nozik integratsiya qon bosimi va oqimining uzluksizligini ta'minlaydi.

Shu bilan birga, endoteliy hujayralari orqali amalga oshadigan parakrin va autokrin mexanizmlar tomir tonusining uzluksiz boshqarilishini ta'minlaydi.

Kirish qismida tizimning biologik ahamiyati, murakkab boshqaruv mexanizmlari va zamonaviy ilmiy qarashlar kiritilgan bo'lib, maqolaning asosiy qismi quyida batafsil tahlil qilinadi.

ASOSIY QISM

1. QON AYLANISH TIZIMINING FIZIOLOGIK ASOSLARI VA GEMODINAMIKA

Qon aylanish tizimi gemodinamika qonunlariga asoslangan murakkab biologik suyuqlik tizimi hisoblanadi. Qonning o'ziga xos xususiyatlari, xususan, eritrotsitlarning deformatsiyalanish qobiliyati, plazma viskozligi va qizil qon tanachalari konsentratsiyasi mikrotsirkulyatsiya darajasida oqimni sezilarli darajada ta'sir qiladi.

Yurak tomonidan hosil qilingan bosim gradienti qon oqimining asosiy harakatlantiruvchi kuchidir. Katta arteriyalar elastik rezervuar vazifasini bajarib, sistola vaqtida energiyani to'playdi va diastola vaqtida uni chiqaradi.

Shu jarayon "Windkessel effekti" deb ataladi. Arteriolalar qarshilikning asosiy manbai bo'lib, ularning tonusi metabolik va neyrogen-gumoral signallar orqali boshqariladi.

Kapillyar darajada qon oqimi sekinlashadi, bu esa modda almashinuvi samaradorligini maksimal darajada oshiradi.

Prekapillyar sfinkterlar metabolik ehtiyojga qarab ochilib-yopiladi. Endoteliy hujayralari esa signal beruvchi va parakrin funktsiyalarni bajaradi. Azot oksidi, prostasiklin va endotelin ishlab chiqarish orqali ular tomir tonusini boshqaradi va gemodinamik barqarorlikni ta'minlaydi.

2. YURAK FAOLIYATI: BIOELEKTRIK VA BIOMEXANIK ASPEKTLAR

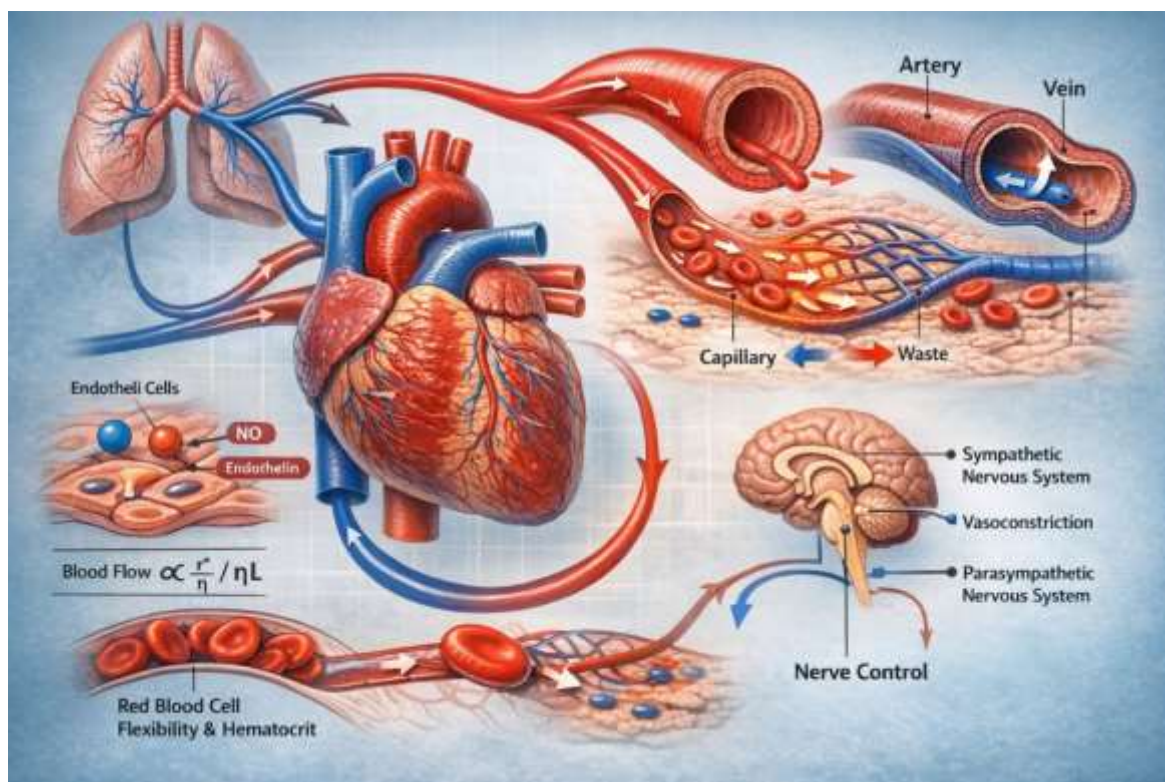
Yurak mexanik qisqarishdan tashqari bioelektrik hodisalar orqali ishlaydi. Sinoatriyal tugun tabiiy pacemaker sifatida yurak ritmini boshlaydi. Har bir impuls natriy, kaliy va kalsiy ionlari harakati orqali yurak mushak hujayralarida depolyarizatsiya va repolyarizatsiyani yuzaga keltiradi.

Frank-Starling qonuni yurakning o'ziga kelgan qon hajmiga mos ravishda qisqarish kuchini oshirishini ta'minlaydi.

Simpatik va parasimpatik nerv tizimi yurak ritmini modulyatsiya qiladi, gumoral boshqaruv esa gormonlar orqali ritm va kuchni o'zgartiradi. Masalan, adrenalini va kalsiy ionlari yurak qisqarishini kuchaytiradi, kaliy ortishi esa sekinlashtiradi.

Yurak hujayralarining bioenergetikasi ham faoliyatning uzluksizligini ta'minlaydi.

Mitoxondriyalar energiya ishlab chiqaradi, yetishmovchilik esa yurak yetishmovchiligiga olib keladi. So'nggi tadqiqotlar kardiomyositlarning regeneratsiya qobiliyatini ham qayta baholamoqda.

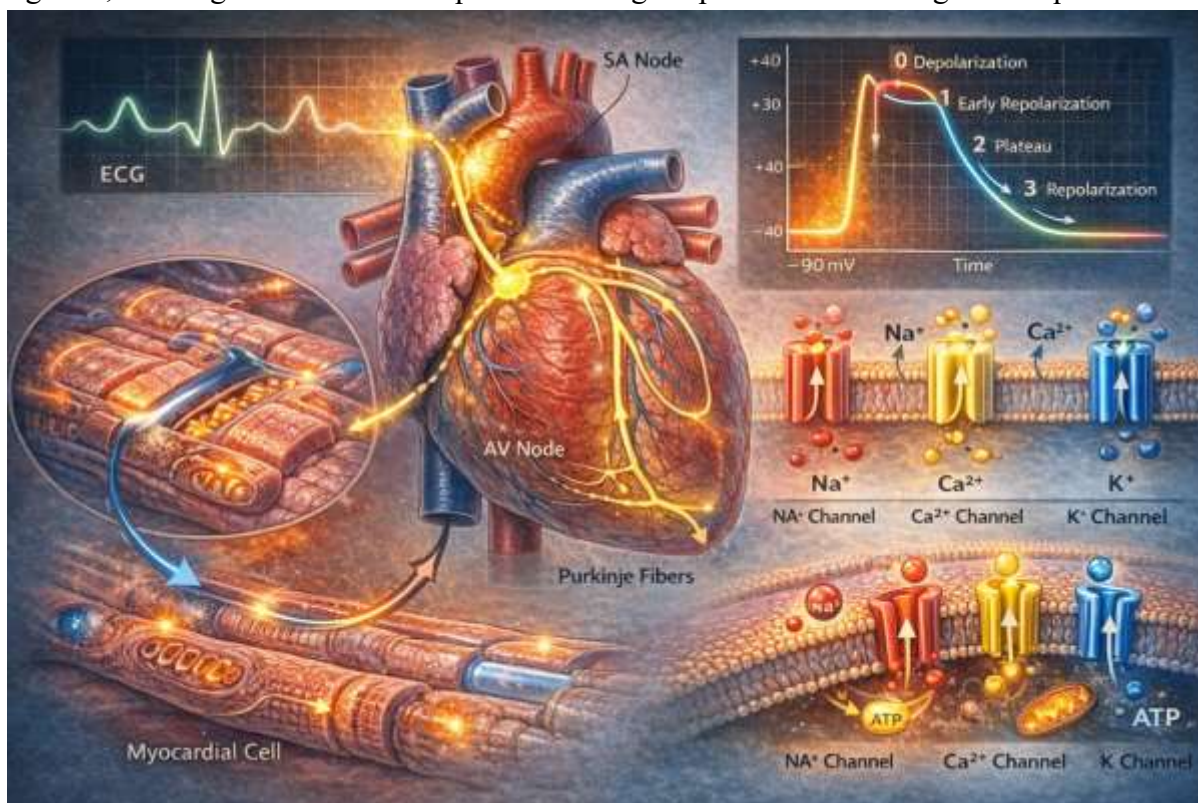


3. QON TOMIRLARINING BIOMEKANIK ARXITEKTURASI

Arteriyalar elastik va mushak tipidagi bo'lib, qon oqimini taqsimlash va pulsatsiyani silliqlashtirishda faoliyat ko'rsatadi. Arteriolalar qarshilikni shakllantiradi, kapillyarlar modda almashinuvi markazi bo'lib xizmat qiladi.

Venoz tizim sig'im tomirlari sifatida qonning aksariyat qismini saqlaydi va skelet mushaklari harakati orqali yurakka qaytishini ta'minlaydi. Endotelij hujayralari faol boshqaruvchi tizim bo'lib, azot oksidi va endotelin orqali tomir tonusini doimiy nazorat qiladi.

Tomir devorining biomekanik xususiyatlari yosh, gormonal holat va patologik jarayonlar bilan o'zgaradi, bu esa gemodinamika va qon bosimining adaptiv mexanizmlariga ta'sir qiladi.



4. TOMIR FAOLIYATINING NEYROGEN VA GUMORAL BOSHQARILISHI

Neyrogen boshqaruv vegetativ nerv tizimi orqali amalga oshadi. Simpatik nervlar tomirlarni toraytiradi, parasimpatik nervlar esa aksincha ta'sir qiladi. Bu ta'sir noradrenalin, acetilkolin kabi mediatorlar orqali yuzaga keladi.

Gumoral boshqaruv esa gormonlar orqali amalga oshadi. Adrenalin va angiotenzin tomirlarni toraytiradi, renin-angiotenzin tizimi esa qon bosimini uzoq muddatli nazorat qiladi.

Endotelij signalizatsiyasi bilan integratsiyalashgan bu tizimlar organizmni tezkor va uzoq muddatli stress holatlariga moslashtiradi.

Zamonaviy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, mikrotsirkulyatsiya va tomir tonusi o'rtasidagi murakkab feedback mexanizmlari organizmning barcha organlariga optimal qon taqsimotini ta'minlaydi.

5. MIKROTSIRKULYATSIYA VA ENDOTELIJ FUNKSIYASI

Mikrotsirkulyatsiya — hujayralarga kislorod va oziq moddalar yetkazadigan asosiy tizim.

Prekapillyar sfinkterlar metabolik signalga javob beradi. Endoteliy hujayralari esa parakrin va autokrin signallar orqali tomir tonusini boshqaradi.

Endoteliy funksiyasidagi buzilishlar ko'plab yurak-qon tomir kasalliklari, hipertoniya, diabetik mikroangiopatiya va ateroskleroz bilan bog'liq. Shu sababli endoteliyning biologik va molekulyar xususiyatlarini o'rganish zamonaviy kardiologiya va biofizika uchun strategik ahamiyatga ega.

YURAK VA QON TOMIRLARI FAOLIYATINING MURAKKAB INTEGRATIV MEKANIZMLARI

Yurak va tomirlar faoliyati biologik tizimlarning eng murakkab integratsiyalashgan mexanizmlaridan biri bo'lib, u ko'plab darajalarda nazorat qilinadi: bioelektrik, biomekanik, neyrogen va gumoral. Yurak va tomirlar o'rtasidagi uyg'unlik organizmning adaptiv javoblarini ta'minlaydi va homeostazni saqlaydi.

Yurakning avtomatik ritmi sinoatriyal tugun va atrioventrikulyar o'tkazuvchi tizim orqali hosil bo'ladi. Impuls yurak mushak tolalarini depolyarizatsiyaga olib keladi va qisqarishni boshlaydi. Har bir yurak sikli, ayniqsa diastola va sistola fazalari, periferik qarshilik, venoz qaytish va kapillyar bosim bilan uyg'unlashgan bo'lishi zarur.

Simpatik va parasimpatik nerv tizimi yurak urishi va tomir tonusini tezkor modulyatsiya qiladi. Masalan, jismoniy faoliyat vaqtida simpatik tonus kuchayadi, bu arteriyalarning torayishi va yurak urish tezligini oshirish orqali qon oqimini optimallashtiradi. Parasimpatik tizim esa dam olish va metabolik barqarorlikni ta'minlaydi.

Gumoral boshqaruv yurak va tomir faoliyatini uzoq muddatli moslashishga yo'naltiradi.

Adrenalin, noradrenalin, angiotenzin II va atrial natriuretik peptidlar yurak va tomir tonusini modulyatsiya qiladi. Endoteliy hujayralarining parakrin va autokrin funksiyalari tomir tonusini mikrova makro darajada boshqaradi. Azot oksidi, prostasiklin va endotelin kabi signal molekullari arteriyalar va kapillyarlar qarshiligini doimiy nazorat qiladi.

Mikrotsirkulyatsiya darajasida prekapillyar sfinkterlar va metarteriolalar faol boshqaruv tizimi sifatida harakat qiladi. Ularning ochilishi va yopilishi metabolik va giperemik ehtiyojga bevosita bog'liq. Shu bilan birga, eritrotsitlarning deformatsion xususiyatlari va plazma viskozligi mikrotsirkulyatsiyaga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

So'nggi yillarda yurak va tomir faoliyatining kvant-biofizik modellari ishlab chiqildi. Bu modellarda yurak sikli davomida ion oqimlari, mushak kuchlanishi va tomir elastikligi birgalikda hisobga olinadi. Natijada gemodinamik prognozlar yuqori aniqlik bilan amalga oshirilmoqda.

TOMIR TONUSI VA PERIFERIK QARSHILIKNING BIOLOGIK BOSHQA MEKANIZMLARI

Tomir tonusi va periferik qarshilik organizm qon aylanishining barqarorligini ta'minlashda markaziy ahamiyatga ega. Tomir tonusi silliq mushak hujayralarining qisqarish darajasi bilan belgilanadi. Bu jarayon neyrogen va gumoral boshqaruvning uzluksiz integratsiyasini talab qiladi.

Simpatik impulslar noradrenalin chiqarish orqali arteriolalarni toraytiradi va periferik qarshilikni oshiradi. Parasimpatik ta'sir esa nisbiy kamroq, asosan venoz tizim va yurak urish tezligini modulyatsiya qiladi. Shu bilan birga, angiotenzin II kabi gormonlar uzoq muddatli tomir tonusini nazorat qiladi, renin-angiotenzin tizimi esa qon bosimi va suyuqlik balansini barqarorlashtiradi.

Endoteliy hujayralari tomir tonusini boshqarishda faollik ko'rsatadi. Azot oksidi va prostasiklin arteriyalarni kengaytirsa, endotelin va tromboksan tomirlarni toraytiradi. Bu ikki qarama-qarshi mexanizm orqali qon oqimi va bosim dinamik barqarorlikda saqlanadi.

Mikrotsirkulyatsiya darajasida, tomir tonusi o'tkir va uzoq muddatli fiziologik ehtiyojga moslashadi. Prekapillyar sfinkterlarning metabolik, mexanik va signal mexanizmlari orqali ochilishi va yopilishi kislorod va oziq moddalar yetkazib berishni optimallashtiradi. Shu bilan birga, eritrotsitlarning deformatsion xususiyatlari va kapillyar membrana permeabelligi mikrotsirkulyatsiyaning samaradorligini belgilaydi.

ENDOTELIY VA MIKROTSIRKULYATSIYANING ZAMONAVIY KONSEPTSIYALARI

Endoteliy hujayralari tomir devorining passiv qoplamasi sifatida emas, balki faol signal beruvchi tizim sifatida qaralmoqda. Ular qon aylanish tizimi uchun parakrin, autokrin va jiddiy immunologik funksiyalarni bajaradi. Endoteliy tomonidan ishlab chiqariladigan azot oksidi, prostasiklin, endotelin va boshqa signal molekullari tomir tonusini va periferik qarshilikni doimiy nazorat qiladi.

Mikrotsirkulyatsiya darajasida, kapillyarlar orqali modda almashinuvi yuqori darajada boshqariladi. Prekapillyar sfinkterlar metabolik talabga mos ravishda ochiladi yoki yopiladi. Bu jarayon organizmning turli sharoitlarda kislorod va oziq moddalarni yetkazib berish imkoniyatini maksimal darajada oshiradi.

So'nggi tadqiqotlar endoteliyning **biofizik va molekulyar xususiyatlarini** aniqlashga qaratilgan. Masalan, azot oksidi sintezi, kaltsiy signalizatsiyasi, sirt retseptorlari orqali modulyatsiya va endoteliy regeneratsiyasi haqidagi yangi ma'lumotlar yurak-qon tomir tizimi patologiyalarini oldini olish va davolash strategiyalarini tubdan o'zgartirmoqda.

ORGANIZMDA QON AYLANISHINING ADAPTIV VA DYNAMIK MEKANIZMLARI

Qon aylanish tizimi nafaqat moddalarni tashish mexanizmi, balki organizm ichki va tashqi sharoitlarga tezkor moslashuvga ega bo'lgan dinamik tizim sifatida ishlaydi. Yurak va tomirlar faoliyatining integratsiyasi, neyrogen va gumoral boshqaruvning sinxronligi, endoteliy signalizatsiyasi va mikrotsirkulyatsiya darajasidagi adaptiv mexanizmlar organizmning turli fiziologik holatlarida qon taqsimotini optimallashtiradi.

Jismoniy yuklama, issiqlik, stress yoki hipoksiya sharoitida tomir tonusi va periferik qarshilik darhol o'zgaradi, bu esa organizmni barqaror holatda saqlashga yordam beradi. Shu bilan birga, tomirlarning biomekanik xususiyatlari — elastiklik, viskoelastiklik va deformatsion qobiliyat — gemodinamik barqarorlikni ta'minlaydi.

Mikrotsirkulyatsiya darajasidagi o'zgarishlar hujayralarga kislorod va oziq moddalar yetkazib berishni optimallashtiradi. Endoteliy va prekapillyar sfinkterlar murakkab feedback mexanizmlari orqali bu jarayonni doimiy boshqaradi. Bu tizimning samaradorligi organizmning sog'lom funktsional holatini saqlash uchun asosiy shartdir.

Zamonaviy ilmiy qarashlar shuni ko'rsatadiki, qon aylanish tizimi — bu **biofizik, molekulyar va signal mexanizmlari integratsiyalashgan murakkab tizim**, u haqiqiy biologik adaptiv superkompyuter sifatida ishlaydi.

UMUMIY XULOSA

Qon aylanish tizimi — bu murakkab, adaptiv va dinamik boshqaruv mexanizmlariga ega bo‘lgan biologik tizim bo‘lib, u organizmning barcha hujayralari va to‘qimalariga kislorod, oziq modda va gormonlarni yetkazish bilan birga metabolik chiqindilarni samarali olib chiqadi. Yurak, tomirlar va mikrotsirkulyatsiya tizimi bir-biri bilan uzluksiz integratsiyalashgan holda ishlaydi, bu esa organizm ichki va tashqi muhit o‘zgarishlariga tezkor va samarali javob berishini ta‘minlaydi.

Yurakning bioelektrik va biomekanik xususiyatlari, tomirlarning elastik va mushak tipidagi devorlari, endoteliy hujayralarining signal beruvchi funksiyalari — bularning barchasi gemodinamikaning uzluksiz va barqaror bo‘lishini kafolatlaydi.

Neyrogen va gumoral boshqaruv tizimlari orqali yurak va tomir faoliyati tezkor va uzoq muddatli adaptiv moslashuvni amalga oshiradi. Simpatik va parasimpatik nerv tizimining uyg‘un ta‘siri, gormonlar va mediatorlar (adrenalin, noradrenalin, angiotenzin II, atrial natriuretik peptid, endotelin va azot oksidi) orqali tomir tonusi va periferik qarshilik doimiy nazorat qilinadi. Shu bilan birga, prekapillyar sfinkterlar va kapillyar tarmoqlar metabolik talabga moslashgan holda modda almashinuvi samaradorligini maksimal darajada oshiradi.

Zamonaviy tadqiqotlar yurak va tomir tizimining molekulyar, biofizik va signalizatsion xususiyatlarini ochib, endoteliy hujayralarining faolligi, eritrotsit deformatsiyasi va tomir biomexanik xususiyatlari gemodinamik barqarorlikni ta‘minlashda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatmoqda. Shu tarzda, qon aylanish tizimi nafaqat transport vazifasini bajaradi, balki organizmni ichki muhitning doimiy barqarorligini saqlashga, stress va patologik holatlarda tez moslashishga, va murakkab biologik signal tizimlarini uyg‘unlashtirishga qodir bo‘lgan markaziy mexanizm sifatida namoyon bo‘ladi.

Kelajakda yurak va tomir tizimining molekulyar va genetika asoslari, endoteliy regeneratsiyasi va mikrotsirkulyatsiyaning kvant-biofizik modellarini o‘rganish yangi diagnostika va terapiya strategiyalarini yaratishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, qon aylanishining adaptiv mexanizmlari va tomir tonusining murakkab integratsiyasi klinik amaliyotda kasalliklarni oldini olish, davolash va individualizatsiyalangan terapiya imkoniyatlarini kengaytiradi.

Qon aylanish tizimi — bu hayotiy barqarorlikni ta‘minlovchi, murakkab biologik integratsiya va adaptiv mexanizmlar tizimi bo‘lib, uning chuqur tushunilishi tibbiyot, biofizika va molekulyar biologiya sohalarida yangi ilmiy kashfiyotlar uchun poymdevor yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Textbook of Medical Physiology* (14th ed.). Philadelphia: Elsevier.
2. Berne, R. M., Levy, M. N., Koepfen, B. M., & Stanton, B. A. (2018). *Physiology* (7th ed.). Elsevier.
3. Levick, J. R. (2010). *An Introduction to Cardiovascular Physiology* (5th ed.). London: Hodder Arnold.
4. Fuster, V., Walsh, R. A., & Harrington, R. A. (2017). *Hurst's The Heart* (14th ed.). McGraw-Hill Education.

5. Poole, D. C., & Richardson, R. S. (2012). *Cardiovascular Physiology in Exercise and Sport*. Human Kinetics.
6. Michel, C. C., & Curry, F. E. (1999). *Microvascular Permeability and Endothelial Function*. *Physiological Reviews*, 79(3), 703–761.
7. Tuma, R. F., Duran, W. N., & Ley, K. (2011). *Leukocyte-Endothelial Interactions*. Cambridge University Press.
8. Ziman, B. D., & Hinds, M. T. (2018). *Endothelial Mechanobiology in Health and Disease*. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 20, 241–263.
9. Bers, D. M. (2002). *Cardiac Excitation-Contraction Coupling*. *Nature*, 415, 198–205.
10. Chilian, W. M., & Layne, S. (1990). *Microcirculation: Physiological and Pathophysiological Aspects*. *Circulation Research*, 66, 1–18.
11. Sarelius, I. H., & Pohl, U. (2010). *Control of Microcirculation*. *Comprehensive Physiology*, 1, 111–159.
12. Fink, M., & Sakka, S. (2018). *Hemodynamics and Blood Flow Regulation*. Springer.
13. Endemann, D. H., & Schiffrin, E. L. (2004). *Endothelial Dysfunction*. *Journal of the American Society of Nephrology*, 15(8), 1983–1992.
14. Laughlin, M. H., & Joyner, M. J. (2003). *Exercise and the Cardiovascular System*. *Handbook of Physiology*. American Physiological Society.
15. Bagchi, D., & Preuss, H. G. (2017). *Cardiovascular Physiology Research: New Frontiers*. CRC Press.