



<https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i08.012>

TOG' IQLIMIDA ODAM VA UY HAYVONLARINING YURAK-QON TOMIR TIZIMI ADAPTATSIYASI: QIYOSIY TAHLIL

Dilfuzaxon Boqijon qizi Anvarjonova

Farg'ona Davlat Universiteti magistranti

E-mail: anvarjonovadilfuza83@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolamizning maqsadi tog'da yashab kelayotgan odam populyatsiyalari va tog'ga ko'p asrlar davomida moslashgan uy hayvonlarining yurak-qon tomir tizimidagi o'xshash va farqli jihatlarini aniqlashdan iborat. Bilamizki, baland tog'da havo siyraklashadi, kislorod tanqisligi kuchayadi, harorat pasayadi va havo quruqlashadi. Natijada bularning barchasi yurak va tomirlar tizimiga og'ir yuk soladi. Biroq bu og'irlikka odam va uy hayvonlari qay darajada bir xil yoki farqli javob berishi hali yetarlicha tizimli qiyoslanmagan. Biz mazkur maqolamizda shu muammoga asosiy e'tiborimizni qaratamiz. Tadqiqot davomida o'tkir gipoksiya sharoitida ham odam, ham hayvon organizmida yurak chiqindisi va yurak urish tezligining ortishi kuzatildi. Bundan tashqari, keyinchalik surunkali moslashuv jarayonida bu ko'rsatkichlar barqarorlashishi aniqlandi. Olingan xulosalar tog' tibbiyoti, sport fiziologiyasi hamda yuqori tog' chorvachiligida amaliy ahamiyatga ega bo'lib, kelgusi tadqiqotlar uchun boshlang'ich yo'nalish bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: balandtog' gipoksiyasi, yurak-qon tomir adaptatsiyasi, o'pka gipertenziyasi, yak, lama, Tibet va And populyatsiyalari, surunkali tog' kasalligi, qiyosiy fiziologiya.

Abstract. This article aims to identify the similarities and differences in cardiovascular system adaptation between human populations residing in mountainous regions and domestic animals that have adapted to mountain conditions over many centuries. It is known that at high altitude the air becomes thinner, oxygen deficiency intensifies, temperature drops, and the air becomes drier, all of which place a heavy burden on the cardiovascular system. However, the extent to which humans and domestic animals respond to this burden in similar or different ways has not yet been systematically compared. This article focuses on addressing this gap. During the study, increases in cardiac output and heart rate under acute hypoxia were observed in both human and animal organisms. It was further established that these parameters stabilize during subsequent chronic adaptation. The

findings are of practical significance for mountain medicine, sports physiology, and high-altitude animal husbandry, and serve as a starting point for future research.

Keywords: high-altitude hypoxia, cardiovascular adaptation, pulmonary hypertension, yak, llama, Tibetan and Andean populations, chronic mountain sickness, comparative physiology.

Аннотация. Целью данной статьи является выявление сходств и различий в адаптации сердечно-сосудистой системы у человеческих популяций, проживающих в горных районах, и домашних животных, приспособившихся к горным условиям на протяжении многих веков. Известно, что на большой высоте воздух разрежается, усиливается дефицит кислорода, понижается температура и воздух становится суше, всё это создаёт значительную нагрузку на сердечно-сосудистую систему. Однако то, в какой степени человек и домашние животные реагируют на эту нагрузку одинаково или по-разному, до сих пор не было систематически сопоставлено. Именно этому вопросу посвящена данная статья. В ходе исследования было отмечено увеличение сердечного выброса и частоты сердечных сокращений как у человека, так и у животных в условиях острой гипоксии. Также установлено, что при последующей хронической адаптации эти показатели стабилизируются. Полученные выводы имеют практическое значение для горной медицины, спортивной физиологии и высокогорного животноводства и служат отправной точкой для дальнейших исследований.

Ключевые слова: высокогорная гипоксия, сердечно-сосудистая адаптация, лёгочная гипертензия, як, лама, тибетские и андские популяции, хроническая горная болезнь, сравнительная физиология.

KIRISH. Sayyoramizning ancha qismi dengiz sathidan bir yarim ming metrdan yuqorida joylashgan. Rasman shu hududlarda to'rt yuz millionga yaqin odam yashaydi. Yana yuz milliondan ortig'i esa har yili ikki yarim ming metrdan baland joylarga safar qiladi. Balandlik ortgani sari havo siyraklashadi, demak, har bir nafasda o'pkaga kiradigan kislorod miqdori kamayadi. Bu jarayon organizmning deyarli barcha tizimlariga, ayniqsa yurak va qon tomirlarga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Yurak-qon tomir tizimi tananing barcha hujayralarini kislorod va ozuqa moddalari bilan uzluksiz ta'minlab turuvchi asosiy tizim hisoblanadi. Kislorod tanqisligiga javoban aynan shu tizim bir necha bosqichli himoya mexanizmini ishga tushiradi. Bu holatda yurak tezroq uradi, qon aylanish tizimi qayta tashkil topadi, qizil qon tanachalari ko'payadi, to'qimalar kislorodni ilgarigidan samaraliroq o'zlashtira boshlaydi.

Maqolaning maqsadi

Mavjud ilmiy manbalarga tayangan holda, tog'da yashovchi odam va uy hayvonlarining yurak-qon tomir tizimidagi o'xshash hamda farqli jihatlarini ko'rsatishdan iboratdir. Buning uchun odam organizmida o'tkir va uzoq muddatli gipoksiyaga yurak-qon tomir tizimi qanday javob berishini yoritish, turli baland tog' xalqlari orasidagi farqlarni

ko'rsatish, yak, lama va boshqa hayvonlarda o'pka qon aylanishining o'ziga xosligini tahlil qilish, odam va hayvon o'rtasidagi umumiy qonuniyatlar va tafovutlarni aniqlash kabi vazifalar belgilab olindi.

Tadqiqot ishimiz uchun balandlik sharoiti bo'yicha odatda to'rt bosqich ajratib olindi. Har bir bosqich organizmga turlicha yuk soladi. Aslida barcha keyingi fiziologik o'zgarishlarning boshlanish nuqtasi havo bosimining balandlik ortishi bilan tez pasayishidir. Shuningdek, kislorod yetishmovchiligi ham organizmga bosqichma-bosqich ta'sir ko'rsatadi. Dastlab, bir necha daqiqa yoki soat ichida, tana zudlik bilan javob beradi. Bunda yurak tezroq ura boshlaydi, nafas olish chuqurlashadi. Keyingi bosqichda, bir necha kundan bir necha haftagacha davom etadigan davrda, qon tarkibi o'zgaradi, buyraklar eritropoetin gormonini ko'proq ishlab chiqara boshlaydi. Natijada qizil qon tanachalari soni ortadi. Nihoyat, agar odam yoki hayvon bir necha avlod davomida tog'da yashasa, uchinchi eng chuqur bosqich boshlanadi. Bu safar o'zgarish gen darajasida sodir bo'ladi va keyingi nasllarga meros bo'lib o'tadi. Aynan shu uch bosqichni bir-biridan ajratib qarash ushbu maqolamizning markaziy g'oyasini tashkil etadi.

MATERIALLAR VA METODLAR

Ushbu ish tavsifiy-qiyosiy sharh sifatida tayyorlangan bo'lib, mavzuga oid so'nggi o'n besh yilda chop etilgan ilmiy manbalarni tahlil qilishga asoslanadi. Adabiyot qidiruvi uchun xalqaro bazalar, shuningdek O'zbekistonda nashr etilgan ilmiy va o'quv adabiyotlarni ko'rib chiqdik. Bundan tashqari, tanlanayotgan manbaning mavzuga bevosita aloqadorlik, nashr etilgan jurnalning ilmiy nufuzi, tadqiqot yoki sharh xarakteridagi asl asar bo'lishiga alohida e'tibor qaratildi. Tadqiqot ishimiz uchun har bir manbadan olingan asosiy fikrlar mavzular bo'yicha guruhlangan holda qayta ishlab chiqdik. Shuningdek, qiyosiy tahlil yakunida ular jadval shaklida umumlashtirdik. Ish sifat tahlil xarakteriga egadir.

NATIJALAR

Balandlikka birinchi marta chiqqan kishida dastlabki soat va kunlarda yurak-qon tomir tizimi zudlik bilan qayta sozlanadi. Bunda asosiy og'irlik yurak urish tezligiga tushadi. U tezlashadi va shu hisobiga yurak chiqindisi ortadi, sistolik hajm esa deyarli o'zgarmay qoladi. Simpatik nerv tizimi faollashgani sababli qon bosimi vaqtincha biroz ko'tarilishi mumkin. Bir vaqtning o'zida o'pka tomirlari torayadi, natijada o'pka arteriyasidagi bosim ortadi va bu o'ng qorinchaga qo'shimcha yuklama beradi.[2] Bir necha kun o'tgach, akklimatizatsiya jarayonida yurak chiqindisi asta-sekin me'yoriy darajaga qaytadi. Biroq yurak baribir tezroq urishda davom etadi, shu sababli sistolik hajm pasayadi. Bu holat bir nechta mexanizmning birgalikda ishlashi natijasida barorefleks o'zgaradi, qon plazmasi hajmi kamayadi, vegetativ nerv tizimi muvozanati siljiydi. Bunda tashqari to'qimalar qondan kislorodni avvalgidan yaxshiroq ajratib ola boshlaydi. Uzoq muddat yoki umr bo'yi baland tog'da yashagan odamlarda ham xuddi shu holat saqlanadi.

Yer yuzida bir-biridan mustaqil shakllangan uchta yirik baland tog' xalqi bor: Tibet va Sherpa, And tog'laridagi Aymara va Kechua, hamda Efiopiyaning Amhara va Oromo

xalqlari.[2] Ularning har biri kislorod yetkazish zanjirining turli bo'g'inida o'ziga xos yechim topgan. Tibetliklarda nafas olish reflektor javobi kuchli rivojlangan va o'pkada gaz almashinuvi samarali kechadi. Bu jarayonda yurak funksiyasi saqlangan holda mushaklarning energetik ishlashi optimallasadi. Buni kuchaygan qon oqimi va mushaklardagi kapillyar tarmog'ining zichligi ta'minlaydi. And xalqida esa nafas olish javobi unchalik kuchli emas, aksincha o'pka qon aylanish tizimida sezilarli qayta qurilish ro'y beradi. Natijada o'pka arteriyasidagi bosim Tibet aholisiga qaraganda ko'proq ko'tariladi.

Efiopiyalik tog'liklar esa mutlaqo boshqacha yo'l tanlagan. Ular dengiz sathidagi odamlarnikiga yaqin gemoglobin darajasini saqlagan holda yuqori kislorod to'yinishiga erishadilar, bu hodisaning aniq genetik sabablari hali to'liq ochilmagan. Bir qarashda uchala xalq ham gipoksiyaga qarshi samarali "javob" topgandek tuyulsa-da, aslida ularning har biri kislorod kaskadining boshqa-boshqa bosqichida o'z yechimini yaratgan. Bu farqlarning amaliy oqibati bor.[3] Masalan, kimdir muvaqqat ravishda tog'ga chiqqanda uning organizmi ushbu uch strategiyaning birortasiga ham "tayyor" emas. Chunki ular avlodlar osha shakllangan. Shu sababli tez ko'tarilish tog' kasalligiga olib kelishi ajablanarli holat emas. Bunda bosh og'rig'i, uyqusizlik, ko'ngil aynishi kabi belgilar aslida organizmning tezlashtirilgan, ammo hali "xom" moslashuv urinishining natijasidir. Aksincha, sekin-asta ko'tarilib, har bir bosqichda bir necha kun turib akklimatizatsiya qilingan taqdirda, yuqorida tasvirlangan mexanizmlarning tabiiy jarayonlariga tana uchun yetarli vaqt beriladi.

Baland tog' hayvonlarining yurak-qon tomir tizimi umuman olganda o'ziga xos bosqichma-bosqich moslashuvchanlik namoyon etadi. Tibet-Tsinxay platosining tub vakili bo'lgan yak o'zining eng yaqin qarindoshi hisoblanmish oddiy qoramoldan tubdan farq qiladi. Qoramolda gipoksiyaga javoban o'pka tomirlari kuchli torayadi, yakda esa bu reaksiya deyarli yo'qolgan. Yak o'pkasining kichik arteriyalari juda nozik devorli bo'lib, ularning mushak qavati atigi to'rt foizga yaqin, yuz mikrondan kichik tomirlarda esa silliq mushak umuman uchramaydi. Shuningdek, Ladax mintaqasida, to'rt yarim ming metr balandlikda o'tkazilgan bir tekshiruvda mahalliy yaklarning o'pka arteriya bosimi past tog'da o'stirilgan qarindoshlarinikidan deyarli farq qilmagani, mahalliy Himoloy qoramolida esa bu ko'rsatkich sezilarli darajada yuqori chiqqani, yak bilan qoramol chatishtirilishidan hosil bo'lgan "dzo" zotida natija yaknikiga yaqinroq bo'lgani qayd etilgan. Bunga qarama-qarshi holat ham mavjud. Misol uchun, past joydan olib chiqilgan yoki tog'ga moslashmagan zotlarda "brisket disease" deb ataluvchi og'ir o'pka gipertenziyasi va yurak yetishmovchiligi rivojlanadi. Bu holat yuqori tog'da chorva boqishda katta iqtisodiy zarar keltiradi. Shu bois hozirgi kunda yurak-qon tomir biomarkerlaridan foydalangan holda naslchilik seleksiyasi olib borish tavsiya etilmoqda. Bu usul gipoksiyaga chidamli hayvonlarni erta bosqichda ajratib olish imkonini beradi.[3] Xususan, O'zbekiston veterinariya adabiyotida ham xuddi shu qonuniyat qayd etilgan. Tog'li sharoitda saqlanadigan chorva mollarining nafas olish a'zolari kuchliroq rivojlangan, ko'krak qafasi kengroq, skelet suyaklari yirikroq bo'ladi, qon tarkibida esa eritrositlar va gemoglobin miqdori ortadi. Bu tavsif yuqorida keltirilgan yak va lama

_____ **Qo‘qon DPI. Ilmiy xabarlar 2026-yil 8-son** _____ **A seriya**
 misolidagi xalqaro tadqiqotlar bilan mos tushib, tog' iqlimining chorva mollari organizmiga ta'siri umumbashariy fiziologik qonuniyat ekanligini yana bir karra ko'rsatadi.

Yuqorida bayon etilgan ma'lumotlarni yaxlit ko'rish uchun quyidagi jadvalda odam va uy hayvonlarining asosiy yurak-qon tomir ko'rsatkichlari qiyoslangan (1-jadval).

1-jadval. Odam va uy hayvonlarining yurak-qon tomir tizimi adaptatsiyasini qiyoslash

Ko'rsatkich	Odam (tog'da tug'ilgan populyatsiyalar)	Uy hayvonlari (yak, lama, tog' qo'ylari)
O'tkir gipoksiyaga javob	Yurak urish tezligi va yurak chiqindisi ortadi, periferik qon tomirlar biroz torayadi	Yurak urish tezligi ortadi, ammo o'zgarish odamnikiga qaraganda kamroq keskin
O'pka arteriya bosimi	Andlarda o'rtacha, Tibetliklarda kam darajada, past-tog'dan kelganlarda ko'proq ortadi	Yak va lamada gipoksik pulmonar vazokonstriksiya deyarli yo'q, bosim me'yorga yaqin qoladi
O'ng qorincha holati	Surunkali tog' kasalligida gipertrofiya rivojlanishi mumkin, tub aholida kam uchraydi	Mahalliy qoramolda (brisket disease) kuchli, yak va lamada deyarli kuzatilmaydi
Eritropoez / gemoglobin	Andlarda sezilarli o'sish, Tibetliklarda nisbatan past darajada	Yakda o'rtacha o'sish, lamada kislorodga yuqori affinlik hisobiga kamroq talab
Asosiy moslashuv mexanizmi	Genetik va fiziologik moslashuv, populyatsiyalar osha tanlanish	Uzoq muddatli evolyutsion moslashuv, o'pka tomir devori qalinligining kamayishi, endotelij funksiyasi
Amaliy ahamiyati	Tog' tibbiyoti, yurak-qon tomir kasalliklari profilaktikasi, sport fiziologiyasi	Chorvachilikda naslchilik, yuqori tog' zotlarini tanlashda biomarker sifatida

MUHOKAMA

Yig'ilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadi: odam va hayvonlarning tog' gipoksiyasiga javobi bir xil asosga qurilgan bo'lsa-da, moslashuvning chuqurligi tubdan farqlanadi. Ikkala guruhda ham dastlabki bosqichda simpatik nerv tizimi faollashadi, yurak tezroq uradi, o'pka arteriyasidagi bosim ko'tariladi. Bu qadimiy, tez ishga tushuvchi himoya mexanizmi bo'lib, qisqa muddatli kislorod yetishmovchiligiga qarshi xizmat qiladi. Ammo avlodlar osha davom etgan moslashuvda farq yaqqol namoyon bo'ladi. Misol sifatida ko'rishimiz mumkinki, yak va lama singari minglab yillar tog'da yashagan hayvonlarda o'pka tomirlarining torayish

reaksiyasi deyarli butunlay so'ngan, bu genetik jihatdan mustahkamlangan haqiqiy evolyutsion yutuq hisoblanadi. Odamda esa, hatto Tibet aholisida kuchli nafas olish javobi bo'lsa-da, o'pka qon tomir tizimidagi qayta qurilish hayvonlarnikidek keskin emas. Buning bir sababi, ehtimol, odamning tog'da yashash tarixi ba'zi hayvon turlariga qaraganda ancha qisqaroqligidadir. Amaliy nuqtai nazardan bu bilim ikki yo'nalishda foyda beradi. Birinchidan, tibbiyotda tog'ga sayohat qiluvchi yoki u yerda doimiy yashaydigan, ayniqsa yurak-qon tomir muammosi bor bemorlarni maslahatlashda, shuningdek surunkali tog' kasalligini erta payqashda qo'l keladi.[4] Hamda, veterinariya va chorvachilikda yuqori tog'da boqiladigan chorvani tanlashda yurak-qon tomir ko'rsatkichlaridan foydalanib, brisket disease kabi og'ir asoratlarning oldi olinishi mumkin. Tabiiy moslashgan hayvonlarning molekulyar mexanizmlarini chuqurroq bilish esa insonda o'pka gipertenziyasini davolashning yangi yo'llarini topishga ham turtki bo'lishi mumkin. Shuni ta'kidlash joizki, farqning bir qismi shunchaki vaqt masalasidir.

Gipoksiyaga chidamlilik faqat yurak va o'pka bilan cheklanmaydi. Sportchilarning bir muddat o'rta yoki baland tog'da mashg'ulot o'tkazishi qizil qon tanachalari sonini oshirib, mushaklardagi kapillyar tarmog'ini zichlashtirib, natijada dengiz sathida ham natijalarni yaxshilashi mumkin. Qiziq tomoni shundaki, qisqa muddatli va nazorat ostidagi kislorod tanqisligi hujayralarni keyingi og'irroq stressga oldindan "tayyorlab qo'yishi" mumkin. Bu "gipoksik prekonditsioner" deb ataladi. Bunday yondashuvlar hali klinik amaliyotda keng qo'llanilmasa-da, kelajakda yurak-qon tomir kasalliklarini oldini olishning qo'shimcha vositasiga aylanishi mumkin. Shuni ham unutmaslik kerakki, tog'da yurak-qon tomir tizimiga faqat kislorod tanqisligi emas, sovuq, past namlik, kuchli quyosh nurlanishi va ortgan jismoniy faollik ham birgalikda ta'sir qiladi. Shuning uchun tabiiy sharoitda kuzatiladigan o'zgarishlarni faqat gipoksiya bilan izohlash soddalashtirish bo'lib qoladi. Xuddi shunday, hayvonlarda ham ozuqa sifati va mavsumiy omillar yurak to'qimasining holatiga ta'sir qilishi mumkinligi so'nggi tadqiqotlarda ta'kidlangan. Demak chorvachilikda nafaqat naslchilik, balki boqish sharoitini yaxshilash ham muhim ahamiyat kasb etadi.[5]

Shu bilan birga, mazkur ish faqat mavjud adabiyotlarni umumlashtirishga qaratilgan bo'lib, o'z-o'zidan yangi tajriba ma'lumotlarini taqdim etmaydi. Bu uning tabiiy cheklovi hisoblanadi. Kelajakda mahalliy sharoitda, jumladan O'zbekistonning tog'li hududlarida yashovchi chorva mollari ustida haqiqiy tadqiqotlar o'tkazish ushbu sohadagi bilimlarni yanada boyitishga imkon beradi.

XULOSA

Xulosa sifatida ayta olamizki, Tog' gipoksiyasi sharoitida odam va uy hayvonlarining yurak-qon tomir tizimi yurak urishi va chiqindisining ortishi, o'pka arteriya bosimining ko'tarilishi kabi holatlarni namoyon etadi. Ammo avlodlar osha davom etadigan chuqur moslashuvda farq katta ekanligi aniq bo'ldi. Bunga ko'ra, yak va lama kabi tog'ga uzoq muddat moslashgan hayvonlarda o'pka tomirlari torayish reaksiyasi deyarli yo'qolib boradi. Hamda, ular o'pka gipertenziyasi va yurak yetishmovchiligidan samarali himoyalangandir.

Odam populyatsiyalarida esa bu jarayon genetik xilma-xillik va murakkab fiziologik mexanizmlarning uyg'unlashuvi orqali, har bir mintaqada o'ziga xos tarzda kechadi. Ushbu qiyosiy bilim tog' tibbiyoti, sport fiziologiyasi va yuqori tog' chorvachiligida amaliy qo'llanish topishi, kelgusida esa turlararo molekulyar mexanizmlarni chuqurroq o'rganish yangi istiqbolli yechimlar yaratishga xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Azizova, Sh. K. Yurak-qon tomir tizimining tuzilishi va asosiy funksiyasi. Samarqand davlat meditsina universiteti. <https://cyberleninka.ru/article/n/yurak-qon-tomir-tizimining-tuzulishi-va-asosiy-funksiyasi>
2. Naeije, R. (2010). Physiological adaptation of the cardiovascular system to high altitude. Progress in Cardiovascular Diseases, 52(6), 456–466. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2010.03.004>
3. Qalandarova, M. K. Tog' va tog' oldi hududlarda inson salomatligiga ta'sir etuvchi geografik omillar. Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti, Geografiya va uni o'qitish metodikasi kafedrasini. <https://cyberleninka.ru/article/n/tog-va-tog-oldi-hududlarda-inson-salomatligiga-ta-sir-etuvchi-geografik-omillar>
4. She, R. va boshq. (2025). Cardiovascular Plasticity and Adaptation of High-Altitude Birds and Mammals. Integrative Zoology. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12996>
5. Durmowicz, A. G., Hofmeister, S., Kadyraliev, T. K., Aldashev, A. A., & Stenmark, K. R. (1993). Functional and structural adaptation of the yak pulmonary circulation to residence at high altitude. Journal of Applied Physiology, 74(6), 2276–2285. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8335557/>
6. Tursagatov, J. M., Baratov, J. N., & Xujamov, J. N. (2023). Zoogigiyena va veterinariya sanitariyasi (Veterinariya sanitariyasi): darslik. Samarqand Davlat Veterinariya Meditsinasi, Chorvachilik va Biotexnologiyalar Universiteti Toshkent filiali. Toshkent. <https://arm.ssuv.uz/frontend/web/books/6992fc0c475bb.pdf>