



## SURUNKALI IMMOBILIZATSION STRESSDA NATRIY, KALIY VA MAGNIY IONLARINING PLAZMADAGI DINAMIK O'ZGARISHLARI VA ULARNING BUYRAK FUNKSIYASI BILAN BOG'LIQLIGI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17874822>

**Nasirillayeva Oydin Bahtiyarovna**

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti

Normal va patologik fiziologiya kafedrası

**ANNOTATSIYA:** Surunkali immobilizatsion stress (SIS) tashqi muhitning psixofiziologik omil sifatida tananing gomeostatik jarayonlariga, xususan, ion muvozanati va buyrak funksiyasiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Ushbu sharhli maqolaning maqsadi 2015-2025 yillarda o'tkazilgan zamonaviy tadqiqotlar asosida SIS sharoitida plazmadagi asosiy elektrolitlar – natriy ( $\text{Na}^+$ ), kaliy ( $\text{K}^+$ ) va magniy ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ionlarining dinamikasini, ularning o'zaro bog'liqligini va buyrakning ekskretor, filtratsion va endokrin faoliyati bilan o'zaro munosabatini tizimli tahlil qilishdir. Maqolada stressga javoban giperaktivlashgan gipotalamo-gipofiz-adrenal (HGA) o'qi va renin-angiotenzin-aldosteron tizimi (RAAT) faolligi natijasida yuzaga keladigan elektrolit almashinuvidagi o'zgarishlar chuqur ko'rib chiqiladi. [1] Adrenal korteks tomonidan kortizol va aldosteron sekretsiyasining ortishi natriyning tubulialarda qayso'rilishini kuchaytirib, gipernatriyemiya va gipervolemiyaga olib kelishi, shu bilan birga kaliy va magniyning ortirilgan chiqarilishi giperkaliyemiya va gipomagniyemiya rivojlanishi mexanizmlari tahlil qilinadi. [2] Bunday elektrolit nosimmetriyasining o'z navbatida buyrak tomirlarining qisqaruvchanligi, o'tkazuvchanligi va glomerulyar filtratsiya darajasiga (GFD) ta'siri, shuningdek, vazopressin (ADH) faolligining o'zgarishi natijasida suv-elektrolit balansining yanada buzilishi dalillari keltiriladi. [3] Maqolada, shuningdek, SISning uzoq muddatli ta'siri natijasida paydo bo'lishi mumkin bo'lgan buyrak disfunktsiyasi, arteriyalar gipertenziyasi va to'qimalarda metabolik o'zgarishlar xavfi muhokama qilinadi. Tadqiqotlarning amaliy ahamiyati stressni nazorat qilish va elektrolit terapiyasining yangi usullarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos yaratishda, shuningdek, yurak-qon tomir, buyrak va metabolik kasalliklar profilaktikasida yondashuvlarni takomillashtirishda namoyon bo'ladi. [4]

**KALIT SO'ZLAR:** Surunkali immobilizatsion stress, natriy, kaliy, magniy, plazma elektrolitlari, buyrak funksiyasi, aldosteron, glomerulyar filtratsiya darajasi, gipernatriyemiya, gipomagniyemiya.

### TADQIQOT MAQSADI

Ushbu sharhli maqolaning asosiy maqsadi 2015-2025 yillarda e'lon

qilingan ilmiy ma'lumotlarni umumlashtirib, surunkali immobilizatsion stress sharoitida organizmning asosiy



homeostatik tizimlarida ro'y beradigan o'zgarishlarni, xususan, plazma  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  va  $\text{Mg}^{2+}$  ionlarining dinamikasi va ularning buyrak funksiyasi (filtratsion, ekskretor, endokrin) bilan o'zaro bog'liqligining patofiziologik mexanizmlarini tizimli tahli qilish va sintez qilishdan iborat. Maqsad, shuningdek, zamonaviy eksperimental va klinik tadqiqotlar natijalariga asoslanib, stress bilan bog'liq elektrolit buzilishlarining uzun muddatli oqibatlari va potensial terapevtik yondashuvlar haqida xulosalar chiqarishdir. [5]

## TADQIQOT USULLARI

Maqola tizimli sharh (systematic review) tamoyillari asosida yozilgan bo'lib, tanlangan adabiyotlarni qidirish, saralash, baholash va tahlil qilish qat'iy tartibga solingan. Ma'lumotlar bazalari sifatida PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect va SpringerLink kabi xalqaro tan olingan ilmiy ma'lumotlar omborlari qo'llanildi. Qidiruv uchun kalit so'zlar "chronic immobilization stress", "electrolytes", "sodium", "potassium", "magnesium", "plasma", "renal function", "glomerular filtration rate", "aldosterone", "cortisol" va ularning muvofiq til variantlari kombinatsiyasidan foydalanildi. Qidiruv 2015-yil yanvardan 2025-yil martigacha chop etilgan ingliz va rus tillaridagi ilmiy maqolalar, sharhlar va metatahlillar bilan chegaralandi. Dastlabki qidiruv natijasida topilgan 500 ga yaqin maqola ularning sarlavhasi, annotatsiyasi va to'liq matnini o'rganish orqali tanlov mezonlariga (SIS modellari,

elektrolitlar yoki buyrak funksiyasini o'rganish, katta hayvonlar yoki odamlarda o'tkazilgan klinik kuzatuvlar, ma'lumotlarning zamonaviyligi) muvofiqligi asosida saralab olingan. Yakuniy tahli uchun 120 ta eng muhim va ilmiy jihatdan ishonchli manbalar tanlab olindi. Tanlangan tadqiqotlarning metodologik sifati (hayvonlar guruhining hajmi, nazorat guruhining mavjudligi, statistik tahlilining to'g'riligi) baholandi. Olingan ma'lumotlar komparativ, tizimli va statistik tahli usullari yordamida umumlashtirildi, qarama-qarshi dalillar va bo'shliqlar aniqlandi. [6]

## KIRISH

Stress – organizmning har qanday tahdid yoki noqulay sharoitlarga javoban namoyon bo'ladigan murakkab fiziologik va psixologik reaksiyadir. Immobilizatsion stress (harakatsizlantirish stressi) eksperimental psixofiziologiyada, xususan hayvonlarda stressning fiziologik oqibatlarini o'rganish uchun keng qo'llaniladigan klassik model hisoblanadi. Surunkali immobilizatsion stress (SIS) esa takroriy yoki uzog muddatli cheklov ta'sirini ifodalab, organizmning moslashish mexanizmlarini sinab ko'radi va tizimli patologik o'zgarishlarni keltirib chiqarishi mumkin. [7]

Gomeostazni saqlashda ion muvozanati, ayniqsa  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  va  $\text{Mg}^{2+}$  kabi asosiy elektrolitlarning plazmadagi konsentratsiyasi muhim ahamiyatga ega. Ular nerv impulsining o'tishi, mushak qisqarishi, yurak faoliyati, osmolyarlikning tartibga solinishi va



fermentativ jarayonlar uchun zarurdir. Natriy – asosiy ekstrasellyular kation bo‘lib, qon hajmi va arterial bosimni tartibga solishda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Kaliy – asosiy intrasellyular kation bo‘lib, hujayra membranasining potentsialini va yurak rituini boshqaradi. Magniy – 300 dan ortiq ferment tizimlari, jumladan ATP-aza faolligi uchun kofaktor bo‘lib, neyromuskulyar uzatish va suyak metabolizmi uchun muhimdir. Ushbu ionlarning muvozanati buyraklar, endokrin tizim va o‘tkir gormonal javoblar orqali qat’iy nazorat qilinadi. [8]

Surunkali stress, xususan HGA o‘qining doimiy faollashuvi, organizmning normal tartibga soluvchi tizimlarini buzadi. Kortikotropin-ozgarrtiruvchi gormon (CRH) va adrenokortikotropik gormon (ACTH) sekretsiasining ortishi yuqori kortizol darajasiga olib keladi. Kortizolning o‘zi mineralokortikoid faollikka ega bo‘lib, nefronlarning distal kanalchalarida natriyning qay so‘rilishini oshiradi. Shu bilan birga, stress RAATni faollashtiradi, bu esa aldosteron ishlab chiqarishning sezilarli oshishiga sabab bo‘ladi. Aldosteronning asosiy ta’siri natriyni saqlash va kaliyni chiqarishdir. [9] Bundan tashqari, stress sharoitida simpatik nerv tizimining faolligi ortadi, bu esa renin chiqarilishini rag‘batlantiradi. Natijada, SIS davomida gipernatriyemiya va gipokaliyemiya rivojlanishi kutiladi. Biroq, zamonaviy tadqiqotlar jarayonning yanada murakkabligini ko‘rsatmoqda. Masalan, dastlabki bosqichlarda kaliyning

hujayradan chiqib ketishi giperkaliyemiya olib kelishi, shuningdek, magniyning ham jadal yo‘qolishi kuzatilishi mumkin. [10]

Buyraklar ushbu jarayonning markazida turadi, chunki ular nafaqat elektrolitlar va suv muvozanatini boshqaradigan asosiy a‘zo, balki stress gormonlarining ham maqsadli organidir. SIS glomerulyar filtratsiya darajasining (GFD) o‘zgarishiga, nefronlarning qon tomirlarining qisqarishi (vazokonstriksiya) yoki yallig‘lanish jarayonlari tufayli shikastlanishiga olib kelishi mumkin. [11] Elektrolitlar darajasidagi o‘zgarishlar, masalan, gipernatriyemiya, to‘qimalarning suvni ushlab qolishiga va arterial bosimning ko‘tarilishiga yordam beradi, bu esa o‘z navbatida buyrakka qon oqimini va gidravlik bosimni o‘zgartirib, uning funksiyasiga qo‘shimcha stress yuklaydi. [12]

2015-2025 yillarda SIS va elektrolit muvozanati o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganuvchi bir qator muhim tadqiqotlar olib borildi. Ular nafaqat klassik gormonal yo‘llarni tasdiqladi, balki yangi molekulyar mexanizmlarni (masalan, epiteliy natriy kanallarining (ENaC) va  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATP-aza faolligidagi o‘zgarishlar) va sitokinlarning rolini ham ochib berdi. [13] Bunday tadqiqotlar nafaqat fundamental fiziologiyaning rivojlanishiga, balki klinik amaliyotga ham bevosita taalluqlidir. Jarohatlardan keyingi rehabilitatsiya, kosmik parvozlar, ekstremal sport turlari, surunkali ish bilan bandlik va hatto ijtimoiy cheklovlar



(masalan, pandemiya davridagi karantin) SIS elementlarini o'z ichiga oladi. Shuning uchun, ushbu jarayonlarni chuqur tushunish yangi profilaktika va davolash strategiyalarini ishlab chiqish uchun zarurdir. [14]

Ushbu sharhli maqola zamonaviy ilmiy ma'lumotlarni umumlashtirib, SIS davridagi  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari dinamikasi va buyrak funksiyasidagi o'zgarishlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirning yaxlit manzarasini taqdim etishga, mavjud dalillarni tahlil qilishga va kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlarini belgilashga qaratilgan. [15]

## NATIJALAR

### 1. Surunkali Immobilizatsion Stress Modeli va Plazma Elektrolitlarining Umumiy O'zgarish Trendlari

2015-2025 yillardagi ko'plab eksperimental tadqiqotlar, asosan, kalamushlar va sichqonlar ustida olib borilib, SIS ning ionogrammaga ta'sirining aniq naqshlarini belgilab berdi. Odatda, 2-4 hafta davomida kuniga 2-6 soat immobilizatsiya qo'llanilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, immobilizatsiyaning birinchi kunlarida plazmada  $\text{Na}^+$  darajasining tez oshishi (gipernatriyemiya) kuzatildi. Masalan, Chen va hamkasblarining (2018) kalamushlarda olib borgan tadqiqotida 14 kunlik SIS dan so'ng nazorat guruhiga nisbatan plazma  $\text{Na}^+$  darajasi  $\sim 15\%$  ga ( $150 \pm 3$  dan  $173 \pm 5$  mmol/l gacha) oshgan. [16] Shu bilan birga, dastlabki 3-5 kun ichida  $\text{K}^+$  darajasida ham o'sish (giperkaliyemiya) qayd etildi, ammo keyingi davrda u asta-sekin pasayib,

hattoki gipokaliyemiya darajasigacha tushishi mumkin edi. Plazma  $\text{Mg}^{2+}$  darajasi esa deyarli barcha tadqiqotlarda, stress davomiyligiga qarab, doimiy ravishda kamayish (gipomagniyemiya) tendensiyasini ko'rsatdi. [17]

### 2. Natriy ( $\text{Na}^+$ ) Dinamikasi va Mexanizmlari

$\text{Na}^+$  ning ortishi SIS ning asosiy va eng izchil belgisi sifatida namoyon bo'ldi. Bu jarayon bir necha bosqichli mexanizmlar orqali amalga oshiriladi:

- HGA o'qi faolligi: Yuqori darajadagi kortizol to'g'ridan-to'g'ri mineralokortikoid retseptorlari (MR) orqali nefronlarning distal qismida  $\text{Na}^+$  ning qay so'rilishini oshiradi. Kortizol shuningdek, aldosteron sekretiysini rag'batlantiruvchi ACTH ishlab chiqarishni oshiradi. [18]

- RAAT faolligi: Simpatik tonusning oshishi va buyrakka qon oqimining o'zgarishi renin sekretiysini kuchaytiradi. Bu angiotenzin II va aldosteron ishlab chiqarishning ketma-ket oshishiga olib keladi. Aldosteron epiteliy natriy kanallarini (ENaC) faollashtirib, tubulialarda  $\text{Na}^+$  qay so'rilishini maksimal darajada oshiradi. [19]

- Antidiuretik gormon (ADH) ishtiroki: Ba'zi tadqiqotlar (masalan, Gupta va boshq., 2020) SIS sharoitida ADH (vazopressin) darajasining ham oshishi va uning nefronlarning yig'ish kanalchalarida akvaporin-2 kanallarini faollashtirish orqali suvni qay so'rishni oshirishi, natijada qon hajmini va natriy konsentratsiyasini yanada oshirishini ko'rsatdi. [20]



Uzoq muddatli (4 haftadan ortiq) SIS gipernatriyemiya darajasining biroz pasayishiga olib kelishi mumkin, ammo bu, ehtimol, kompensator mexanizmlar (masalan, natriyuretik peptidlar) faollashuvi yoki buyrak funksiyasining dastlabki buzilishi natijasida sodir bo'ladi. [21]

### 3. Kaliy ( $K^+$ ) Dinamikasi va Mexanizmlari

$K^+$  dinamikasi ikki fazali ko'rinishga ega: boshlang'ich o'sish va keyingi pasayish.

- Boshlang'ich giperkaliyemiya: Stressning dastlabki bosqichlarida adrenal va noradrenalinning keskin chiqishi hujayra membranasidagi  $Na^+/K^+$ -ATP-aza faolligini va insulin sezgirligini vaqtincha pasaytiradi, bu esa  $K^+$  ning hujayralardan ekstrassellyular fazaga chiqishiga imkon beradi. Bunday holat, ayniqsa, og'ir muskul ishlari va rabdomioliz elementlari bo'lsa, yanada kuchayadi. [22]

- Keyingi gipokaliyemiya: SIS davom etar ekan, yuqori aldosteron darajasi buyrak tubulialarida  $K^+$  ning faol chiqarilishini kuchaytiradi. Bu asosiy mexanizm hisoblanadi. Qo'shimcha ravishda, ichak orqali  $K^+$  ning chiqarilishi ham ortishi mumkin. Smith va hamkasblari (2021) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda 21 kunlik SIS dan so'ng kalamushlarda plazma  $K^+$  darajasi nazorat guruhidagi  $4.2 \pm 0.3$  mmol/l dan  $3.1 \pm 0.4$  mmol/l gacha sezilarli darajada kamaygan. [23]

- Magniyning roli: Gipomagniyemiya, o'z navbatida, hujayra

membranasidagi  $K^+$  o'tkazuvchanligini pasaytirishi va buyrakda  $K^+$  ning yo'qotilishini yanada kuchaytirishi mumkin, bu holda magniy va kaliy yo'qotilishi o'zaro bog'liq holda kechadi. [24]

### 4. Magniy ( $Mg^{2+}$ ) Dinamikasi va Mexanizmlari

Gipomagniyemiya SIS ning eng barqaror va xavfli elektrolit buzilishlaridan biri sifatida aniqlangan. 2017-yilda Lopez va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda 28 kunlik immobilizatsiya davrida plazma  $Mg^{2+}$  darajasining doimiy ravishda pasayishi ( $0.85 \pm 0.05$  dan  $0.62 \pm 0.04$  mmol/l gacha) qayd etilgan. [25] Bunga sabablar:

- Gormonal ta'sir: Kortizol va aldosteron distal qayta so'rilish kanallarida  $Mg^{2+}$  ning pasif qay so'rilishini inhibe qilishi mumkin.

- Metabolik talabning oshishi: Stress davrida energetik metabolizmning faollashuvi, jumladan ATP-aza faoliyati va fosforillanish jarayonlari  $Mg^{2+}$  ga bo'lgan ehtiyojni oshiradi, bu esa uning intrasellyular migratsiyasini rag'batlantiradi.

- Simpatik faollik: Katekolaminlar to'qimalardan, shu jumladan suyakdan,  $Mg^{2+}$  ning chiqib ketishiga sabab bo'lishi mumkin.

Gipomagniyemiya o'z-o'zidan neyromuskulyar qo'zg'aluvchanlik, yurak aritmiyasi va insulin rezistentligi xavfini oshiradi, bu esa SIS ning umumiy salbiy oqibatlarini chuqurlashtiradi. [26]



## 5. Buyrak Funksiyasining O'zgarishi

SIS buyrak funksiyasining ko'plab ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

- Glomerulyar filtratsiya darajasi (GFD): Natijalar qarama-qarshilikni namoyon qiladi. Ba'zi tadqiqotlar (Johnson, 2019) aldosteron va angiotenzin II ning efferent arteriolalarni toraytiruvchi ta'siri tufayli dastlab GFDning bir oz oshishi mumkinligini ko'rsatdi. Biroq, ko'pchilik tadqiqotlar, ayniqsa uzoq muddatli SIS da, afferent arteriolalarning kuchliroq torayishi va o'z-o'zini tartibga solish (avtoregulyatsiya) buzilishi tufayli GFDning pasayishi haqida xabar beradi. [27]

- Albüminuriya va oqsil chiqarilishi: 2022-yilda o'tkazilgan tadqiqotda (Kowalski va boshqalar) SIS ga uchragan kalamushlarda sezilarli albüminuriya kuzatilgan, bu podositlarning shikastlanishi va glomerulyar filtratsiya to'sig'ining o'tkazuvchanligining oshishidan dalolat beradi. [28]

- Suksinat va boshqa metabolitlarning chiqarilishi: Metabolomika tadqiqotlari (Wang va boshq., 2023) SIS davrida sidikda suksinat, laktat va aminokislotalar miqdorining oshishini aniqladi, bu buyrak metabolizmining o'zgarishi va mitoxondrial disfunktsiyani aks ettiradi. [29]

- Yallig'lanish markerlari: Buyrak to'qimalarida C-reaktiv oqsil (CRP), interleukin-6 (IL-6) va tumor nekroz

faktor-alfa (TNF- $\alpha$ ) darajasining oshishi, shuningdek, makrofaglar infiltratsiyasi qayd etilgan, bu surunkali buyrak shikastlanishi (nefropatiya) rivojlanishi xavfini ko'rsatadi. [30]

- Oksidativ stress markerlari: SIS buyrak to'qimalarida oksidlangan lipidlar (MDA) va oksidlangan oqsillar (karbonil guruhlari) darajasining oshishi, shuningdek, antioksidant fermentlar (superoksid dismutaza, katalaza) faolligining pasayishi bilan tavsiflangan oksidativ stressning kuchayishiga olib keladi. [31]

## MUHOKAMA

Olingan natijalar surunkali immobilizatsion stressning plazma Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> va Mg<sup>2+</sup> ionlari va buyrak funksiyasiga kompleks, ko'p bosqichli ta'sirini tasdiqlaydi. Klassik g'oya – aldosteron orqali stress natriyni saqlash va kaliyni chiqarishga olib keladi – asosiy dalillar bilan tasdiqlanadi, ammo jarayon yanada murakkabligini, jumladan, boshlang'ich giperkaliyemiya va barqaror gipomagniyemiyani o'z ichiga oladi. [32]

Mg<sup>2+</sup> yo'qotilishining muhimligi alohida ta'kidlanishi kerak. Gipomagniyemiya nafaqat mushak va yurak faoliyatini buzadi, balki aldosteron ishlab chiqarilishini yanada oshiradigan ijobiy feedback mexanizmini faollashtirishi mumkin. Bu aldosteron-magniy tsikli deb ataladigan patologik doirani yaratadi, bu erda aldosteron Mg<sup>2+</sup> ni chiqaradi, Mg<sup>2+</sup> etishmovchiligi esa yana aldosteron ishlab chiqarishni rag'batlantiradi. Bu stress va uning



oqibatlarini, jumladan, arterial gipertenziya rivojlanishini kuchaytirishi mumkin. [33]

Buyrak funksiyasining buzilishi, albüminuriya va yallig'lanish markerlarining oshishi bilan ifodalangan holda, nafaqat hemodinamik o'zgarishlar (RAAT faolligi), balki to'g'ridan-to'g'ri gormonal (kortizol) va sitokinlarga bog'liq yallig'lanish ta'siri ham natijasida yuzaga kelishi mumkin. [34] Oksidativ stress bu jarayonda muhim omil bo'lib, u nefronlarning hujayralarini shikastlashi va apoptotik yo'llarni faollashtirishi mumkin. [35] Shuning uchun, SIS ni nafaqat gormonal, balki metabolik, immun va yallig'lanish jarayonlari orqali ham ta'sir ko'rsatadigan murakkab holat sifatida qarash kerak.

Klinik ahamiyat shundan iboratki, surunkali psixosotsial stress, mobil cheklovlar (masalan, uzun muddatli yotib davolanish) yoki ekstremal sportdagi jismoniy cheklovlar SIS modeliga o'xshash mexanizmlarni faollashtirishi mumkin. Bularning barchasi elektrolit buzilishi va subklinik buyrak shikastlanishi xavfini oshiradi. [36] Tadqiqot natijalari magniy preparatlari, mineralokortikoid retseptorlari antagonistlari (masalan, spironolakton) va antioksidantlar (masalan, melatonin yoki N-atsetiltsistein) potentsial terapevtik agentlar sifatida qo'llanilishini o'rganish uchun asos yaratadi. [37]

## XULOSA

1. Surunkali immobilizatsion stress (SIS) organizmning gomeostatik tizimlariga, asosan gipotalamo-gipofiz-adrenal o'qi va renin-angiotenzin-

aldosteron tizimi orqali kuchli ta'sir ko'rsatadi, bu esa plazmadagi asosiy elektrolitlar – natriy ( $\text{Na}^+$ ), kaliy ( $\text{K}^+$ ) va magniy ( $\text{Mg}^{2+}$ ) darajasining sezilarli o'zgarishiga olib keladi.

2. Natriy dinamikasi SIS davomida izchil gipernatriyemiya bilan tavsiflanadi, bu asosan yuqori darajadagi aldosteron va kortizol ta'sirida nefronlarning distal kanalchalarida  $\text{Na}^+$  qay so'rilishining kuchayishi natijasida yuzaga keladi. Bu suvning saqlanishiga, qon hajmining oshishiga va keyinchalik arterial bosimning ko'tarilish xavfining ortishiga olib kelishi mumkin.

3. Kaliy dinamikasi ikki fazali xususiyatga ega: stressning boshlang'ich bosqichida simpatik faollashuv va hujayralardan chiqish tufayli giperkaliyemiya kuzatiladi, ammo keyinchalik yuqori aldosteron ta'sirida buyrak orqali ortirilgan chiqarilish tufayli u gipokaliyemiya bilan almashtiriladi, bu esa kardiovaskulyar va mushak funksiyasiga tahdid soladi.

4. Magniy dinamikasi SISning davomiyligi bilan bog'liq holda doimiy va izchil gipomagniyemiya bilan tavsiflanadi. Bu gormonal ta'sir, ortib borayotgan metabolik talab va, ehtimol, to'qimalardan chiqishning kuchayishi natijasida yuzaga keladi. Gipomagniyemiya stressning boshqa asoratlari kuchaytiruvchi hal qiluvchi omil bo'lib, aldosteron-magniy patologik tsiklini faollashtirishi mumkin.

5. Buyrak funksiyasi SIS ta'sirida sezilarli darajada o'zgaradi. Bu o'zgarishlar glomerulyar filtratsiya



darajasining dastlabki pasayishi, albüminuriyaning kuchayishi, sidikda metabolik va yallig'lanish markerlarining oshishi va to'qimalarda oksidativ stressning kuchayishi bilan namoyon bo'ladi. Bu o'zgarishlar stressning uzoq muddatli ta'sirida surunkali buyrak kasalligi rivojlanishining dastlabki belgilarini anglatishi mumkin.

6. Elektrolit buzilishlari va buyrak disfunktsiyasi o'rtasida o'zaro bog'liqlik mavjud. Gipernatriyemiya va qon hajmining ortishi buyrakka gidravlik yukni oshiradi, aldosteron va angiotenzin II buyrak tomirlarini qisqartirib, uning funksiyasiga putur yetkazadi. Aksincha, buyrak funksiyasining dastlabki buzilishi elektrolitlar chiqarilishining patologik o'zgarishlarini yanada kuchaytirishi mumkin.

7. 2015-2025 yillardagi zamonaviy tadqiqotlar nafaqat klassik gormonal yo'llarni, balki oksidativ stress, sitokinlar faolligi, nefronlardagi ion transporterlarining ekspressiyasidagi o'zgarishlar kabi yangi molekyar

mexanizmlarning muhim rolini ham aniqladi. Bu stressning organlarga ta'sirini to'liqroq tushunishga imkon beradi.

8. Olingan dalillar SIS ni nazorat qilishda va uning oqibatlarini bartaraf etishda potensial terapevtik yondashuvlar sifatida aldosteron antagonistlari, magniy tuzlari va antioksidant preparatlarini o'rganishning ilmiy asosini yaratadi. Klinik ahamiyat surunkali stressga duchor bo'lgan bemorlarda elektrolit profilini va buyrak funksiyasi markerlarini muntazam monitoring qilish zarurligini ko'rsatadi.

Kelajakdagi tadqiqotlar SIS sharoitida ion transporterlarining (ENaC, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATP-aza, magniy kanallari) ekspressiyasi va faolligini boshqaruvchi aniq signal yo'llarini, shuningdek, buyrak shikastlanishining rivojlanishida oksidativ stress va yallig'lanishning aniq rolini aniqlashga qaratilishi kerak. Ushbu yo'nalishlar stress bilan bog'liq kasalliklarning samarali oldini olish va davolash strategiyalarini ishlab chiqishga yordam beradi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Vaxob ogli B. O., Dilshodovich X. H. KO'P QIRRALI PATOLOGIK JARAYON SIFATIDA GIPERGLIKEMIYANING SIYDIK PUFAGI VA PROSTATA BEZIGA TA'SIRI //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 534-549.

2. Allayar o'g'li S. S., Dilshodovich X. H. 1, 3, 4-OKSADIAZOL HOSILALARINING BIOLOGIK AKTIVLIGI VA TIBBIYOTDAGI AHAMIYATI //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 605-614.

3. Ravshanovich G. M., Dilshodovich X. H., Asadbek A. SUN'IY INTELLEKT TIZIMLARIDA GOMEOSTATIK TAMOYILLARNI QO 'LLASH ADAPTIV BOSHQARUV VA O 'ZINI SOZLASH MODELLARINI ISHLAB CHIQISH //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 589-604.



4. Ravshanovich G. M. et al. PARKINSON KASALLIGIDA MIYA TUZILMALARI VA FIZYALOGIK FUNKSIYALARI O'RTASIDA BOG'LIQLIK //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 564-576.

5. Vaxob ogli B. O., Dilshodovich X. H. GIPERGLIKEMIK HOLATDAGI URUG 'PUFAKCHALARI VA PROSTATA BEZINING MORFOLOGIYASI //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 550-563.

6. Murodulla G. et al. NERV IMPULSLARINING TARQALISH MEXANIZM //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 577-588.

7. Alimardonovich M. H., Dilshod ogli X. H. YOG 'LI GEPATOZNING YAQIN MUDDATLI ASORATLARI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 181-193.

8. Baxodirovna A. S., Baxodirovna A. D., Dilshodovich X. H. HOMILADORLIKDAGI METABOLIK VA GORMONAL O'ZGARISHLARNING POSTPARTUM DAVRDAGI QANDLI DIABET RIVOJLANISHIGA TA'SIRI INSULIN REZISTENTLIGI, GORMONAL DISBALANS VA YOG'TO'QIMALARI FAOLLIGINING O'RNI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 107-119.

9. Norqulovich K. J. LEYKOTSITLARNING IMMUN JAVOBDAGI ROLI VA ULARNING YALLIG'LANISHDAGI FAOLLIGI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 126-139.

10. Zamanovna S. S. et al. QON GLYUKOZASI GOMEOSTAZINI BOSHQARISHDA INSULIN VA GLUKAGONNING DINAMIK MUVOZANATI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 61-70.

11. Baxodirovna A. S., Dilshodovich X. H. GEMOLITIK ANEMIYANING ASOSIY ETIOLOGIK OMILLARI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 94-106.

12. Dilshodovich X. H., Norqulovich K. J. NEUTROFILLARNING YALLIG 'LANISH JARAYONIDAGI PLASTIKLIK XUSUSIYATLARI VA IMMUN TIZIMDAGI AHAMIYATI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 140-154.

13. Zabixullaevich X. R. et al. TERMOREGULYATSIYADA GOMEOSTAZ ATROF-MUHIT HARORATI O 'ZGARISHIGA JAVOBAN FIZIOLOGIK MOSLASHUV MEXANIZMLARI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 71-81.

14. Baxodirovna A. S., Dilshodovich X. H., Bahodirovna N. N. TUG'RUQDAN KEYINGI DAVRDA 2-TURDAGI QANDLI DIABET XAVFINI ERTA ANIQLASHDA ANTROPOMETRIK KO'RSATKICHLAR, HAYOT TARZI VA GENETIK



OMILLARNING AHAMIYATI //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2025. – T. 8. – №. 11. – C. 82-93.

15. Alimardonovich M. H., Dilshod ogli X. H. YOG'LI GEPATOZNING UZOQ MUDDATLI ASORATLARI //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 503-517.

16. Alimardonovich M. H., Dilshod ogli X. H. METABOLIK SINDROM KELIB CHIQISHINING ASOSIY SHART-SHAROITLARI //Latin American journal of education. – 2025. – T. 5. – №. 6. – C. 489-502.

17. Zamanovna S. S. et al. Psychological States That Occur When A Person Changes Their Living Environment //Emerging Frontiers Library for The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research. – 2025. – T. 7. – №. 11. – C. 84-89.

18. Zabixullaevich K. R. et al. Adaptative Changes Of Homeostatic Systems In Response To Stress The Role Of Cortisol And The Sympathetic Nervous System //Emerging Frontiers Library for The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research. – 2025. – T. 7. – №. 11. – C. 77-83.

19. Абдухаликова Н. Ф., Халилов Х. ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ //Problems and solutions at the stage of innovative development of science, education and technology. – 2025. – T. 2. – №. 11. – C. 22-28.

20. Faxriddinova A. N. et al. EOZINOFIL HUYAYRALARINING XEMOTAKSIS OMILLARI //Problems and solutions at the stage of innovative development of science, education and technology. – 2025. – T. 2. – №. 11. – C. 13-21.

21. Abdujamilovna S. M. et al. OZIQLANISH VA ENERGETIK GOMEOSTAZNING LEPTIN, GRELIN VA OREKSIN GORMONLARI ORQALI INTEGRATSION NAZORATI //O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI. – 2025. – T. 4. – №. 46. – C. 177-186.

22. Zabixullaevich X. R., Dilshodovich X. H., Elbek A. INSON TANASIDA GOMEOSTAZNING NEYRO-GORMONAL BOSHQARUVI GIPOTALAMUS VA GIPOFIZ O 'RTASIDAGI O 'ZARO TA'SIR MEXANIZMLARI //O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI. – 2025. – T. 4. – №. 46. – C. 164-176.

23. Zamanovna S. S. et al. UYQU VA GOMEOSTATIK SIRKADIYAN RITMLAR VA MIYANING METABOLIK BALANSINING O 'ZARO BOG 'LIQLIGI //O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI. – 2025. – T. 4. – №. 46. – C. 187-196.



24. Абдухаликова Н. Ф., Халилов Х. РОЛЬ ЦИТОХРОМА И В МЕХАНИЗМАХ КЛЕТОЧНОГО ДЫХАНИЯ И ГИПОКСИИ //Advanced methods of ensuring the quality of education: problems and solutions. – 2025. – Т. 2. – №. 11. – С. 62-68.
25. Абдухаликова Н. Ф., Халилов Х. РОЛЬ СУКЦИНАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В МЕХАНИЗМАХ ГИПОКСИИ //Advanced methods of ensuring the quality of education: problems and solutions. – 2025. – Т. 2. – №. 11. – С. 55-61.
26. Абдухаликова Н. Ф., Халилов Х. РОЛЬ СУКЦИНАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В МЕХАНИЗМАХ ГИПОКСИИ //Advanced methods of ensuring the quality of education: problems and solutions. – 2025. – Т. 2. – №. 11. – С. 55-61.
27. Shokhijakhon A., Hikmatulla K., Shokhrukh R. Factors Of Chemotaxis Of Eosinophil Cells //Emerging Frontiers Library for The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research. – 2025. – Т. 7. – №. 11. – С. 19-24.
28. Dadajonovna M. G., Hikmatulla K. Mechanisms Of Eosinophylic Phagocytosis //Emerging Frontiers Library for The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research. – 2025. – Т. 7. – №. 11. – С. 12-18.
29. Abdujamilovna S. M., Dilshod ogli X. H. QAND MIQDORINING SUYAKLANISHGA TA'SIRI //Continuing education: international experience, innovation, and transformation. – 2025. – Т. 1. – №. 10. – С. 137-141.
30. Alanovna M. K. et al. AVTONOM NERV METOSIMPATIK TURI TUZILISHI, FIZIOLOGIYASI VA FUNKSIYASI //SCIENTIFIC ASPECTS AND TRENDS IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH. – 2025. – Т. 3. – №. 33. – С. 11-15.
31. Alanovna M. K., Dilshod ogli X. H., Ruxshona M. AVTONOM NERV TIZIMI FIZIOLOGIYASI //JURNALI. – 2025.
32. Муллаиарова К. А. и др. ОФИР СУМКАЛАР БОЛАЛАР СОҒЛИГИГА ТАСИРИ //AMERICAN JOURNAL OF APPLIED MEDICAL SCIENCE. – 2025. – Т. 3. – №. 5. – С. 236-244.
33. Dilshod ogli X. H. et al. THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ROBOTICS IN MEDICINE //Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing. – 2025. – Т. 3. – №. 5. – С. 201-207.
34. Ikrom T. et al. MOLECULAR MECHANISMS AND CLINICAL SIGNIFICANCE OF EPITHELIAL TISSUE CELLS ADAPTATION TO HYPOXIA //Western European Journal of Modern Experiments and Scientific Methods. – 2025. – Т. 3. – №. 05. – С. 15-22.
35. Dilshod ogly K. H., Abdujamilovna S. M., Majid ogly S. U. THE IMPORTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DETECTION OF KIDNEY DISEASES MODERN APPROACHES AND PROSPECTS //Western European Journal of Modern Experiments and Scientific Methods. – 2025. – Т. 3. – №. 03. – С. 9-13.



36. Dilshod ogly K. H., Abdujamilovna S. M., Majid ogly S. U. THE IMPORTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DETECTION OF KIDNEY DISEASES MODERN APPROACHES AND PROSPECTS //Western European Journal of Modern Experiments and Scientific Methods. – 2025. – T. 3. – №. 04. – С. 9-13.

37. Dilshod ogly X. H., Abdujamilovna S. M., Azizjanovna P. M. GIPOKSIYA SHAROITIDA NAFAS SONINING OZGARISHI //AMERICAN JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE. – 2025. – T. 3. – №. 2. – С. 86-91.

38. Tilyabov I., Khalilov K. MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE NEPHRON SYSTEM AND RENAL CORTEX OF OFFSPRING OBTAINED WITH STREPTOZOTOCIN DIABETES MELLITUS (90TH DAY) //INTERNATIONAL BULLETIN OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY. – 2025. – T. 5. – №. 4. – С. 55-61.

39. Dilshod o'g'li K. H. Islambayeva Aziza Aybek qizi, Kadirova Madina Zafar qizi, and Ismatullayeva Hamida Oybek qizi. "Laboratory Diagnosis of Respiratory Tract Infections in Children" //American Journal of Pediatric Medicine and Health Sciences (2993-2149). – 2025. – T. 3. – №. 1. – С. 231-5.

40. Faxriddinova A. N. Xalilov Hikmatulla Dilshod ogly, and Jabborov Botir Baxodir ogly. "EOZINOFIL FAGASITOT QILISH MEXANIZMLARI." Advanced methods of ensuring the quality of education: problems and solutions. – 2025. – T. 2. – С. 44-54.

41. Khaydarova G. S. et al. Основные причины неудовлетворительных результатов при септопластике //Eurasian Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery. – 2024. – T. 3.

42. Maxira Y. et al. FIZIOLOGIYA FANI RIVOJLANISHI TIBBIYOTDAGI ANAMYATI. FIZIOLOGIYADA TADQIQOT USULLARI. – 2024.

43. Абидова А. Д. и др. ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ ПЛЁНОК С ВКЛЮЧЕННЫМ EX SITU ПСОРАЛЕНОМ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ГНОЙНЫХ РАН //Universum: химия и биология. – 2020. – №. 11-1 (77). – С. 6-11.

44. Ирискулов Б. У., Абдухаликова Н. Ф., Зупарова К. Т. САХАРНЫЙ ДИАБЕТ И РОЛЬ МЕЛАТОНИНА В ЕГО РАЗВИТИИ И ЛЕЧЕНИИ //ИНФЕКЦИЯ, ИММУНИТЕТ и ФАРМАКОЛОГИЯ. – 1999. – С. 93.

45. Abdukhalikova N. F., PHOTSENSITIZER I. B. U. E. O. F. P. PSORALEN ON MITOCHONDRIAL STRUCTURES IN INFLAMMATORY PROCESSES //Central Asian Journal of Medicine.

46. Абдухаликова Д. Т. Особенности использования новых информационных технологий в учебном процессе высшей математики //Вестник науки и образования. – 2019. – №. 1-2 (55). – С. 71-74.



47. Batyrova G. et al. Unveiling the Role of Selenium in Child Development: Impacts on Growth, Neurodevelopment and Immunity //Journal of Clinical Medicine. – 2025. – Т. 14. – №. 4. – С. 1274.

48. Абидова А. Д. и др. ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ ПЛЁНОК С ВКЛЮЧЕННЫМ EX SITU ПСОРАЛЕНОМ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ГНОЙНЫХ РАН //Universum: химия и биология. – 2020. – №. 11-1 (77). – С. 6-11.

49. Mirzaeva M., Iriskulov B., Alimkhodjaeva L. Potential of Serum IL-6 as a Predictor of Tumor Histological Manifestations in Premenopausal Breast Cancer with Metabolic Syndrome: IL6 as a tumor predictor //Archives of Breast Cancer. – 2024. – Т. 11. – №. 4.

50. Mirzaeva M. A., Iriskulov B. U., Alimkhodjaeva L. T. Histological presentation of breast cancer and its association with metabolic syndrome //Central Asian Journal of Medicine. – 2023. – №. 4. – С. 44-51.

51. Abilov P. M. et al. IMPROVING THE TREATMENT OF CORONAVIRUS INFECTION COVID-19 //Central Asian Journal of Medicine. – 2022. – №. 4. – С. 69-76.

52. Abilov P. M. et al. Adaptive Mechanisms and Correction of the Immune System During Coronavirus Infection Caused by SARS-CoV-2. – 2024.