

INSON IMMUNITET TIZIMINING ASOSIY KOMPONENTLARI VA ULARNING O'ZARO TA'SIRI: TIZIMLI TAHLIL

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17923290>

Xoliqberdiyeva Zebo Rasuljon qizi

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti talabasi

E-mail: zeboxoliqberdiyeva@icloud.com, +998936044779

Annotatsiya

Ushbu ilmiy maqolada inson immunitet tizimining tarkibiy qismlari, ularning struktur-funksional xususiyatlari va murakkab o'zaro ta'sir mexanizmlari kompleks tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi immunitet tizimini yagona, dinamik tarmoq sifatida ko'rib, uning tug'ma va orttirilgan komponentlari o'rtasidagi sinergik va regulyator bog'liqliklarni tizimli darajada ochib berishdan iborat. Tadqiqotda inson organizmi immunologik muvozanatning buzilishi natijasida yuzaga keladigan patologik holatlar (autoimmun kasalliklar, immunitet tanqisligi, allergik reaksiyalar) hamda zamonaviy immunomodulyatsiya usullarining samaradorligi haqida tahlillar keltirilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, immunitet tizimining faoliyati nafaqat uning alohida komponentlarining ishlashiga, balki ular o'rtasidagi nozik regulyator muvozanatga bog'liq. Maqolada O'zbekistonda immunologik tadqiqotlarni rivojlantirish va amaliy tibbiyotda immunomodulyator strategiyalarni joriy etish bo'yicha takliflar ham bayon etilgan.

Kalit so'zlar

immunitet tizimi, tug'ma immunitet, orttirilgan immunitet, limfotsitlar, fagotsitar, sitokinlar, immunologik sinaps, immunoregulyatsiya, immunopatologiya, autoimmun kasalliklar, immunoterapiya, O'zbekiston, JSST.

Kirish

Inson organizmi doimo mikroorganizmlar, viruslar, parazitlar va o'z o'sma hujayralarining potensial tahdidiga duchor bo'lib turadi. Bu cheksiz tahdidlarga qarshi muvaffaqiyatli kurashish va organizmning ichki muhitining doimiyligini (gomeostazni) saqlash vazifasi eng murakkab biologik muhofaza tizimi – immunitet tizimiga yuklatilgan.¹ Immunitet nafaqat tashqi “dushmanni” aniqlash va yo'q qilish, balki o'z normal to'qimalariga nisbatan tolerantlikni saqlash, shuningdek, yaralarning bitishi va to'qimalarning rejeneratsiyasi kabi jarayonlarni tartibga solish uchun ham javobgardir. Uning ahamiyati shundaki, immunitetning etarli darajada ishlamasligi og'ir infektsiyalar va o'smalarning rivojlanishiga, haddan tashqari faollashishi esa autoimmun yoki allergik kasalliklarning paydo

bo'lishiga olib keladi. Bugungi kunda immunologiya nafaqat fundamental biologiyaning, balki zamonaviy personal tibbiyotning asosiy tayanch sohalaridan biriga aylangan, chunki ko'plab kasalliklarning patogeneza va ularga qarshi kurashish yo'llarida immun mexanizmlar markaziy o'rinni egallaydi.

Immunitet tizimini o'rganish tarixiy jihatdan uning ikki asosiy qismi – **tug'ma (tabiiy, nonspesifik) immunitet** va **orttirilgan (adaptiv, spetsifik) immunitet** – ni ajratishga asoslangan. Biroq, zamonaviy tushunchalar shuni ko'rsatadiki, bu ikki tizim mustaqil emas, balki uzluksiz o'zaro ta'sir va integratsiyalashgan faoliyat olib boradigan yagona tarmoqni tashkil qiladi.² Masalan, tug'ma immunitetning dendrit hujayralari infeksiyani aniqlab, orttirilgan immunitetning T-limfotsitlarini "faollashtiradi", bu esa o'z navbatida antitelolar ishlab chiqarish va infeksiyani aniq yo'q qilish uchun zarur bo'lgan signallarni beradi. Ushbu murakkab "muloqot" jarayonlarini chuqur o'rganmasdan immunitet tizimining ishlash tamoyillarini, shuningdek uning patologiyalarini to'liq tushunish mumkin emas.

Ushbu maqolaning magsadi – inson immunitet tizimining asosiy tarkibiy qismlarini (hujayralar, gumoromollar, organlar) tizimli ko'rib chiqish va ular o'rtasidagi o'zaro ta'sirning molekulyar va hujayravii mexanizmlarini yoritishdir. Tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, O'zbekistonda ham yuqumli va yuqumli bo'lmagan kasalliklarning yuqori tarvishi immunitet holatini baholash va unga ta'sir ko'rsatish usullarini takomillashtirishni taqozo etmoqda.³ O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi tomonidan amalga oshirilayotgan Keng qamrovli immunizatsiya dasturi (KKID) va "2023-2027 yillarda O'zbekiston Respublikasida immunoprofilaktikani rivojlantirish konsepsiyasi" kabi hujjatlar ushbu yo'nalishdagi mamlakatimiz siyosatini belgilamoqda.⁴

Metodologiya

Ushbu tadqiqot immunitet tizimining ko'p qirrali tabiatini o'rganish uchun turli ilmiy yondashuvlarni o'zida uyg'unlashtiradigan **kompleks metodologiya** asosida amalga oshirildi. Asosiy e'tibor tizimning turli darajalari (molekulyar, hujayravii, organ va organizm) o'rtasidagi bog'lanishlarni tushunishga qaratilgan bo'lib, bu tizimli **tahliliy metodning** qo'llanilishini talab qildi.¹ Immunitetni yagona, dinamik tarmoq sifatida ko'rish, uning komponentlari o'rtasidagi kirish bog'liqliklari va masofaviy ta'sirlarni o'rganish imkonini berdi.

Tadqiqotning **qiyosiy tahlil metodi** yordamida immunitet tizimining normal fiziologik faoliyati va uning turli patologik holatlardagi buzilishi o'rtasidagi farqlar ochib berildi. Bu, ayniqsa, tug'ma immunitetning doimiy faolligi (masalan, fagotsitoz) va orttirilgan immunitetning uzoq vaqt oralig'ida shakllanadigan, lekin yuqori darajada spetsifik javobi (masalan, antitelolar ishlab chiqarish) o'rtasidagi funksional farqlarni tushunishda muhim ahamiyatga ega bo'ldi. Shuningdek,

O'zbekiston aholisining immunologik profilini (masalan, ayrim vitamin va mikroelementlar tanqisligi ta'siri) va rivojlangan mamlakatlar tajribasini qiyosiy tahlil qilish imkoni yaratildi.²

Maqolada **funksional guruhlash usuli** asosida immunitet hujayralari va molekullari quyidagi toifalarga ajratilgan holda o'rganildi:

1. **Aniqlovchi komponentlar:** Toll-o'xshash retseptorlar (TLR), B- va T-limfotsit retseptorlari (BCR, TCR), MHC (asosiy gistouskordovchi kompleks) molekullari. Bu guruh antigenlarni tanib olish va signallarni boshlash uchun javobgardir.

2. **Effektor (amalga oshiruvchi) komponentlar:** Fagotsitar hujayralar (neytrofillar, makrofaglar), tabiiy o'ldiruvchi hujayralar (NK hujayralari), sitotoksik T-limfotsitlar (CTL), plazmatik hujayralar (antitelo ishlab chiquvchi). Bu guruh aniqlangan tahdidni bevosita yo'q qilish vazifasini bajaradi.

3. **Regulyator va signalizatsiya komponentlari:** T-yordamchi limfotsitlar (Th1, Th2, Th17, Treg), sitokinlar, kemokinlar. Ushbu guruh immun javobning kuchi, davomiyligi va turini boshqarish, shuningdek, turli immun hujayralarini infeksiya markaziga jalb qilish uchun mas'uldir.³

Gistologik va immunogistokimyoviy usullarning nazariy tahlili asosida immunitet organlari (ko'k miya, timus, limfa tugunlari, taloq) ning tuzilishi va ularning hujayraviy differentsiatsiyadagi roli tahlil qilindi. Bu usullar ma'lum bir turdagi immun hujayralarni to'qimalarda aniqlash va lokalizatsiyasini o'rganish imkonini beradi.

Adabiyotlarni tahlil qilish va sintez qilish usuli tadqiqotning asosini tashkil etdi. Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST), Amerika Immunologlar Jamiyati (AAI) va Yevropa Immunologiya Jamiyatlari Federatsiyasi (EFIS) kabi nufuzli tashkilotlarning nashrlari, shuningdek, "Nature Immunology", "Immunity", "Journal of Immunology" kabi yetakchi ilmiy jurnallardagi maqolalar chuqur o'rganildi. O'zbekiston milliy immunologiya maktabining ishlari, jumladan, akademiklar va professorlarning ishlari ham manbalar sifatida jalb qilindi.⁴

Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqotning metodologik yondashuvi shundan iboratki, immunitet tizimini tushunish uning alohida qismlarini o'rganishdan tashqari, ularning qanday qilib dinamik, qayta ko'rib chiqiladigan va o'zini o'zi tartibga soluvchi tarmoq sifatida ishlashini tushunishni talab qiladi. Quyidagi boblar davomida ushbu metodologik asos yordamida ochilgan asosiy komponentlar va ular o'rtasidagi o'zaro ta'sirning murakkabligi batafsil bayon etiladi.

Tadqiqot natijalari

Tadqiqot jarayonida o'tkazilgan keng qamrovli tahlillar shuni ko'rsatdiki, inson immunitet tizimi g'ayrioddiy darajada integratsiyalashgan va ierarxik tuzilishga ega bo'lib, uning samaradorligi tug'ma va orttirilgan komponentlar o'rtasidagi uzluksiz, ikki tomonlama o'zaro ta'sirga asoslanadi. Tadqiqot natijalari quyidagi asosiy xulosalarni shakllantirishga imkon berdi.

1. Tug'ma immunitet – faqat tezkor javob emas, balki adaptiv immunitetning “rahbari”. An'anaviy tushunchaga ko'ra, tug'ma immunitet patogenlarga tez, lekin nospesifik javob beruvchi birinchi chiziq himoyasi hisoblanadi. Biroq, tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, uning roli bundan ancha murakkabdir. Tug'ma immunitetning dendrit hujayralari (DC) infeksiya o'chog'ida antigenlarni qamrab olgach, limfa tuguniga ko'chib o'tadi va u yerda T-limfotsitlarga antigenni “taqdim etadi”.¹ Bu jarayon faqatgina antigen uzatish emas, balki signalizatsiyaning murakkab kombinatorikasidir. Dendrit hujayra o'zi qaysi turdagi Toll-o'xshash retseptorlar (TLR) orqali patogenni aniqlaganiga qarab, u ma'lum sitokinlar ishlab chiqaradi. Masalan, TLR4 (bakterial lipopolisaxaridni aniqlaydi) faollashganda, dendrit hujayra IL-12 sitokinini ishlab chiqaradi, bu esa T-yordamchi 1 (Th1) hujayralarining differentsiatsiyasini rag'batlantiradi va hujayraviiy immun javobni kuchaytiradi. Agar patogen TLR2 (masalan, g'ildirakli qanddalarni aniqlaydi) orqali aniqlansa, bu IL-4 va IL-10 ishlab chiqarishga olib kelishi mumkin, bu esa humoral (antitelogaga asoslangan) javobni rag'batlantiradi. Shunday qilib, tug'ma immunitet orttirilgan immun javobning sifatini (type) belgilovchi “strategik qaror”ni qabul qiladi.

2. Orttirilgan immunitetning asosiy kuchi – immunologik sinaps va klonal tanlanish. Orttirilgan immunitetning markaziy voqeasi – immunologik sinaps deb ataladigan maxsus aloqa maydonining shakllanishidir. Bu jarayonda T-yordamchi limfotsitning yuzasi bilan antigenni taqdim etuvchi hujayra (APC) yuzasi o'rtasida yuqori darajada tashkil etilgan molekulyar interfeys vujudga keladi.² Sinaps markazida TCR va MHC+peptid kompleksi joylashsa, uning atrofida integrinlar kabi adgezion molekulalar halqa hosil qiladi, bu esa hujayralarni mahkam bog'lab, signal uzatish samaradorligini oshiradi. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, bu tashkil etilgan tuzilma nafaqat faollashuv signallarini kuchaytiradi, balki signalning yo'nalishi va maqsadli tarqalishini ta'minlaydi, bu esa samarasiz immun reaksiyalarning oldini oladi.

Bu sinaps orqali o'tgan signal natijasida klonal kengayish sodir bo'ladi: faqat o'sha antigen uchun retseptori bo'lgan limfotsitlar ko'payadi. Biroq, tadqiqotning eng muhim natijalaridan biri shundaki, bu jarayon klonal energiya va apoptotik o'lim mexanizmlari bilan birga boradi. Agar T-hujayra faollashuv signallarini yetarli darajada olmasa (masalan, kostimulyatsiya molekulalarisiz), u faol emas,

balki “energiyalangan” holatga o’tadi, bu esa uning keyingi faollashuviga to’sqinlik qiladi.³ Bu immunologik tolerantlikni saqlashning asosiy mexanizmidir.

3. Regulyator T-limfotsitlar (Treg) – immun muvozanatning “hakamlari”. Autoimmun reaksiyalarning oldini olishda markaziy rol Treg hujayralariga tegishli. Ular CD4+ CD25+ Foxp3+ fenotipiga ega bo’lib, boshqa immun hujayralarining faolligini bevosita (hujayradan-hujayraga) yoki bilvosita (sitokinlar orqali) bostirish orqali ishlaydi.⁴ Tadqiqot natijalari shuni ko’rsatadiki, Treg hujayralarining funktsional yetishmovchiligi yoki miqdoriy kamayishi bir qator autoimmun kasalliklar (1-toifa diabet, revmatoid artritis, multiple skleroz) bilan bevosita bog’liq. Shu bilan birga, ularning haddan tashqari faolligi o’smaga qarshi immun javobni bostirishi va saratonning rivojlanishiga yordam berishi mumkin. Shuning uchun Treg hujayralarining faolligini modulyatsiya qilish immunoterapiyaning istiqbolli yo’nalishlaridan biridir.

4. Sitokin tarmog’i: immun orkestrining partiturasini.** Hujayralararo signalizatsiya sitokinlar orqali amalga oshiriladi. Tadqiqot shuni ko’rsatadiki, ular oddiy signal vositasi emas, balki bir-biri bilan murakkab munosabatda bo’lgan va “sitokin tarmog’i” deb ataladigan dinamik tizimni tashkil qiladi. Bu tarmoqda bir sitokin boshqasining ishlab chiqarilishini rag’batlantirishi (sinergizm) yoki bostirishi (antagonizm) mumkin. Masalan, Th1 javobi paytida ishlab chiqariladigan interferon-gamma (IFN-γ) Th2 hujayralarining rivojlanishini inhiye qiladi va aksincha.⁵ Bu qarama-qarshilik immun javobning optimal yo’nalishini ta’minlash uchun muhimdir. Biroq, bu muvozanatning buzilishi (“sitokin bo’roni”) og’ir septik shok va ba’zi autoimmun holatlarning asosiy sababidir.

5. Immunologik xotira – dinamik va plastik tizim. Vaksinatasiyaning asosini tashkil etuvchi immunologik xotira nafaqat antitelolar va T-limfotsitlarning uzoq yashovchi klonlarini saqlash, balki immunitet tizimining kelajakdagi tahdidlarga moslashuvchanligini oshirishdir. Tadqiqot natijalari shuni ko’rsatadiki, xotira T-limfotsitlari faol holatda bo’lmagan holda, ammo takroriy antigen bilan uchrashganda tez va kuchli javob berishga tayyor bo’lgan “sukunatda” yashaydi.⁶ Bundan tashqari, turli patogenlar bilan takroriy uchrashuvlar immunitet tizimiga yangi antigenlar bilan emas, balki eski antigenlarga o’xshash yangi variantlar bilan samarali kurashish imkonini beradi – bu “original antigenic sin” deb ataladigan hodisaga asos bo’ladi.

Muhokama

Olingan tadqiqot natijalari immunitet tizimini uning ajoyib murakkabligi va nozik muvozanati kontekstida chuqurroq muhokama qilishni talab qiladi. Ushbu muhokama qismida biz fundamental xulosalarni amaliy tibbiyot va O’zbekiston

sharoitiga moslashtiramiz, shuningdek kelajakdagi tadqiqot va amaliyot yo'nalishlarini belgilaymiz.

"Tug'ma-orttirilgan immunitet dikotomiyasi" dan "kontinuum" g'oyasiga o'tish. Tadqiqot natijalari an'anaviy "ikki qatlamli" immunitet modeli endi to'liq qanoatlantirmasligini aniq ko'rsatdi. Ko'proq dalillar shuni ko'rsatadiki, biz immun reaktivlik kontinuumi bilan ish ko'rmoqdamiz. Ushbu kontinuumning bir uchida tug'ma immunitetning tezkor, nospesifik effektorlari (masalan, neytrofillar, NK hujayralari) joylashgan bo'lsa, ikkinchi uchida yuqori darajada spetsifik va uzoq davom etuvchi orttirilgan xotira javoblari joylashgan. Ammo ikkala o'rtasida "tabiiy o'ldiruvchi T (NKT) hujayralari", gammadelta T-limfotsitlar va B-1 limfotsitlar kabi guruhlar mavjud bo'lib, ular ikkala tizimning xususiyatlarini o'zida mujassam etgan.¹ Bu guruhlar nisbatan cheklangan retseptor xilma-xilligiga ega bo'lib, tezkor javob berishga qodir, ammo ma'lum darajada o'rganilgan adaptatsiyani ham namoyish etadi. Bu tushuncha immunoterapiya uchun muhim ahamiyatga ega: yangi strategiyalar nafaqat "qatlamlarni" mustahkamlashga, balki butun kontinuum bo'ylab maqsadli intervensiyalarga qaratilishi kerak.

O'zbekiston aholisi immunologik profilining o'ziga xos xususiyatlari va amaliy oqibatlarini. Mamlakatimizning iqlimi, oziq-ovqat odatlari, ekologik sharoiti va genetik fondi aholining immun reaktivligiga o'z ta'sirini ko'rsatishi mumkin. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi mulohazalarni ilgari surish mumkin:

* D-vitami va quyosh nuri: O'zbekiston quyoshli mamlakat bo'lsa-da, an'anaviy kiyinish odatlari va issiq faslda soyalarda bo'lish istagi teri orqali D-vitami sintezini cheklashi mumkin. D-vitami esa Treg hujayralarining rivojlanishi va faolligi uchun muhim immunomodulyator hisoblanadi.² Bu autoimmun kasalliklar xavfini oshirishi mumkinligini taxmin qilishga asos beradi.

* Mahalliy mikrobioma: An'anaviy fermentlangan ovqatlar (qatiq, ayron, chalop) va mahalliy o'simliklar o'ziga xos mikrobiomani shakllantirishi mumkin, bu esa immunitet tizimining yetilishiga ta'sir ko'rsatadi. "Gigiena gipotezasi"ga ko'ra, bolalikdagi infeksiyalar va mikrobial keng diversitetning kamligi allergiya va autoimmun kasalliklar xavfini oshiradi.³

Bu shuni anglatadiki, O'zbekistonda immunoprofilaktika va immunomodulyator terapiya mahalliy epidemiologik va ekologik omillarni hisobga olgan holda ishlab chiqilishi kerak.

Immunopatologiyalarga nisbatan yangicha yondashuv: tizimning "nazorat nuqtalari"ni maqsadli modulyatsiya qilish. Odatda kasalliklar alohida komponent (masalan, autoantitelolar) nuqtai nazaridan ko'rib chiqiladi. Biroq, tizimli yondashuv shuni ko'rsatadiki, patologiya ko'pincha regulyator bog'lanishlarning

buzilishi natijasidir. Shu sababli, amaliy tibbiyotda quyidagi yo'nalishlar ustuvor bo'lishi kerak:

1. Checkpoint inhibitorlari: Bu yo'nalish allaqachon onkologiyada (masalan, PD-1/PD-L1 blokatorlari) muvaffaqiyatli qo'llanilmogda. O'zbekiston onkologik xizmatida ushbu preparatlarni kengroq joriy etish va ularga kirishni osonlashtirish zarur.

2. Sitokin terapiyasi va antagonistlari: Autoimmun kasalliklarda ma'lum sitokinlarning haddan tashqari faolligini blokirovka qilish (masalan, revmatoid artritda TNF- α blokatorlari) yoki immunitetni kuchaytirish uchun sitokinlarni qo'llash (masalan, interferonlar) samarali bo'lishi mumkin.

3. Dendrit hujayra vaksinalari: Saraton immunoterapiyasida istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. O'zbekistonda bu sohada ilmiy va klinik bazani rivojlantirishga ehtiyoj bor.⁴

Xulosa qilib, immunitet tizimini o'rganish nafaqat asrlik savollarga javob berish, balki O'zbekistonning sog'liqni saqlash tizimini modernizatsiya qilish, aholining immunologik salomatligini oshirish va yangi, samarali davolash usullarini joriy etish uchun amaliy asos yaratishdir.

Xulosa

Ushbu keng qamrovli tadqiqot jarayoni inson immunitet tizimini nafaqat himoya qiluvchi "qal'a" sifatida, balki doimiy rivojlanayotgan, o'z-o'zini tashkil etuvchi va o'z-o'zini tartibga soluvchi murakkab ma'lumotlarni qayta ishlash tizimi sifatida anglashimizga imkon berdi. Uning komponentlari – tug'ma va orttirilgan immunitetning hujayralari va molekulalari – mustaqil emas, balki harakatlanuvchi va adaptiv tarmoqni tashkil qiladi, unda har bir element butunning faoliyati va muvozanatini saqlash uchun muhimdir. Tadqiqot natijalari quyidagi fundamental xulosalarni mustahkamlab berdi:

Birinchidan, immun javobning boshlanishi va yo'nalishi dendrit hujayralar tomonidan amalga oshiriladigan "strategik qaror"ga bog'liq bo'lib, ular patogenni aniqlaydi va tegishli signallar orqali orttirilgan immunitetga aniq yo'nalish beradi. Bu "tug'ma-orttirilgan dikotomiyani" emas, balki uzluksiz o'zaro integratsiyani ko'rsatadi.

Ikkinchidan, orttirilgan immunitetning o'ziga xosligi va samaradorligi immunologik sinaps va klonal tanlanish orqali amalga oshiriladigan nozik hujayralararo "muloqot"ga asoslangan. Bu jarayon nafaqat zararli patogenlarni yo'q qilish, balki organizmning o'z to'qimalariga nisbatan tolerantlikni saqlash uchun ham zarur bo'lgan immunologik energiya va apoptoz mexanizmlarini o'z ichiga oladi.

Uchinchidan, ushbu muvozanatning asosiy gvardiyasi regulyator T-limfotsitlar (Treg) va sitokin tarmog'ining sinergik va antagonistik ta'siridir. Ular immun javobning kuchi va davomiyligini cheklaydi, Th1/Th2/Th17 yo'nalishlarini tartibga soladi va shuning uchun haddan tashqari faollashuv yoki yetishmovchilikning oldini oladi. Ushbu regulyator mexanizmlarning buzilishi immunopatologiyalarning asosiy sababidir.

Xulosa qilib aytganda, inson immunitet tizimini chuqur o'rganish nafaqat uning ajoyib murakkabligi va go'zalligini ochib beradi, balki inson salomatligini saqlash va mustahkamlashning yangi kuchli vositalarini ham taqdim etadi. O'zbekiston immunologiya fanini rivojlantirish, tegishli klinik amaliyotni joriy etish va xalqaro hamkorlikni kengaytirish orqali nafaqat o'z aholisining immunologik farovonligini oshirishi, balki mintaqaviy va global sog'liqni saqlash tashabbuslariga sezilarli hissa qo'shishi mumkin. Immunitet – bu nafaqat himoya, balki sog'lom va uzoq umrning kalitidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Janeway, C.A., Travers, P., Walport, M., & Shlomchik, M.J. (2001). Immunobiology: The Immune System in Health and Disease (5th ed.). Garland Science.
2. Murphy, K., & Weaver, C. (2016). *Janeway's Immunobiology* (9th ed.). Garland Science.
3. Abbas, A.K., Lichtman, A.H., & Pillai, S. (2017). Cellular and Molecular Immunology (9th ed.). Elsevier.
4. Banchereau, J., & Steinman, R.M. (1998). Dendritic cells and the control of immunity. *Nature*, 392(6673), 245-252.
5. Sakaguchi, S., Yamaguchi, T., Nomura, T., & Ono, M. (2008). Regulatory T cells and immune tolerance. *Cell*, 133(5), 775-787.
6. Dustin, M.L. (2014). The Immunological Synapse. *Cancer Immunology Research*, 2(11), 1023-1033.
7. Romagnani, S. (2000). T-cell subsets (Th1 versus Th2). *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 85(1), 9-18.
8. Aranow, C. (2011). Vitamin D and the immune system. *Journal of Investigative Medicine*, 59(6), 881-886.
9. O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi. (2022). O'zbekiston Respublikasida aholi salomatligi holati va sog'liqni saqlash tizimi faoliyati to'g'risida ma'lumot.

10. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 28-dekabrdagi 755-sonli qaroni. "2023-2027 yillarda O'zbekiston Respublikasida immunoprofilaktikani rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida".

11. Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST). (2021). Immunization Agenda 2030: A Global Strategy to Leave No One Behind.

12. Rasulov, A.I., va boshq. (2019). O'zbekiston aholisida immunoreaktivlikning o'ziga xos xususiyatlari. Tibbiyot va Salomatlik, 3(4), 45-52.