QO‘QON DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI ILMIY XABARLARI
(2026-yil 10-son)
TABIIY FANLAR
NATURAL SCIENCES
https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i10.032

INSON ORGANIZMINING IMMUNOLOGIK HIMOYA TIZIMI: TUZILISHI, AHAMIYATI VA ISHLASH MEXANIZMLARI

Komilov Sunnatilla Nodirovich
Abdullaxo‘jayev MuhammadYusuf Xojiakbar o‘g‘li
Maxmudov Boybo‘ri Sarvar o‘g‘li
Oltinova Sitora Anvar qizi
Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti 1-son davolash fakulteti talabalari
sunnatillakomilov7@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada inson immun tizimining ko‘p bosqichli mudofaa iyerarxiyasi, tarkibiy qismlari va immun javobning molekulyar mexanizmlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda antigen taqdim etilishi, sitokinlar (interleykinlar) kaskadi va effektor hujayralarning antigenni yo‘q qilish bosqichlari tizimli yoritilgan. Shuningdek, immunologik xotira va tolerantlikning gomeostazni saqlashdagi o‘rni ilmiy asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: Immun tizimi, MHC-I,II kompleksi, Interleykinlar, T-limfotsitlar, B-hujayralar, Fagotsitoz, Immun kaskadi, Apoptoz.

Abstract. This article analyzes the multi-level defense hierarchy of the human immune system, its structural components, and the molecular mechanisms of the immune response. The study systematically describes the stages of antigen presentation, the cytokine (interleukin) cascade, and the phases of antigen elimination by effector cells. Furthermore, the roles of immunological memory and tolerance in maintaining homeostasis are scientifically substantiated.

Keywords: Immune system, MHC-I,II complex, Interleukins, T-lymphocytes, B-cells, Phagocytosis, Immune cascade, Apoptosis.

Аннотация. В данной статье анализируется многоуровневая иерархия защиты иммунной системы человека, её структурные компоненты и молекулярные механизмы иммунного ответа. В исследовании системно освещены этапы презентации антигена, каскад цитокинов (интерлейкинов) и стадии элиминации антигена эффекторными клетками. Также научно обоснована роль иммунологической памяти и толерантности в поддержании гомеостаза.

Ключевые слова: Иммунная система, комплекс ГКГ-I,II (MHC), интерлейкины, Т-лимфоциты, В-клетки, фагоцитоз, иммунный каскад, апоптоз.

KIRISH. Inson organizmi genetik jihatdan begona agentlar — viruslar, bakteriyalar va mutatsiyaga uchragan o'simta hujayralari bilan doimiy kurash holatida bo‘ladi. Ushbu

kurashni boshqaruvchi asosiy mexanizm bu — immun tizimidir. Immunologiyaning dolzarbligi shundan iboratki, insoniyat yangi infeksiyalar va murakkab autoimmun buzilishlar bilan to‘qnash kelmoqda. Immun tizimining ishlash mexanizmini tushunish vaksinatsiya va immunoterapiya rivojining asosi hisoblanadi. Tadqiqotning maqsadi — immun tizimining ishlash mexanizmlarini molekulyar darajada yoritish va uning biologik gomeostazni saqlashdagi o‘rnini ko‘rsatib berishdan iborat.

METODLAR. Ushbu tadqiqot ishi immun tizimining ishlash mexanizmlarini o‘rganishga qaratilgan nazariy tahlil va tizimli sharh (systematic review) metodologiyasi asosida tayyorlandi.

Maqolada immun javobning fazaviy modeli va hujayralararo muloqot jarayonlari qiyosiy tahlil metodi yordamida o‘rganildi. Tadqiqot bazasi sifatida so‘nggi yillar ichida chop etilgan xalqaro immunologik standartlar (NIH, WHO) va fundamental molekulyar-biologik manbalar tanlab olindi.

Xususan, sitokinlar kaskadi va retseptorlar faoliyatini yoritishda meta-tahlil usuli qo‘llanilib, oqim sitometriyasi (flow cytometry) hamda immunoxromatografik eksperimentlarga asoslangan zamonaviy ilmiy adabiyotlar natijalari umumlashtirildi va sintez qilindi.

NATIJALAR

3.1. Immun tizimining iyerarxiyasi

Markaziy limfoid organlar (suyak ko‘migi va timus) hujayralarning differensirovkasi va immun tizimining tayyorgarlik jarayonlari uchun asosiy maydon hisoblanadi, periferik limfoid organlar (taloq, limfa tugunlari) hamda Pirogov-Valdeyer halqasi esa patogenlar bilan to‘qnashuv va immun javob hosil bo‘lishining faol poligonlari sifatida xizmat qiladi [1,8]. Immun tizimining bir shakli immun yetishmovchiligi bo‘lib, u inson immunitet yetishmovchiligi virusi (HIV) bilan infeksiyalanganida yuzaga keladi va OITS (AIDS) kasalligiga olib keladi. Shuningdek, immun tizimi mikroblarga nisbatan “gipersezuvchan” bo‘lishi mumkin, va bu o‘z navbatida to‘qimalarga jiddiy zarar yetkazishi, ba’zan hatto o‘limga olib kelishi mumkin. Shu sababli immun tizimi hayotni saqlovchi javob bilan og‘ir to‘qima shikastlanishini keltirib chiqarmaydigan javob o‘rtasida muvozanatni saqlashi kerak. Bu regulyatsiya immun tizimidagi hujayralar va molekulalar tomonidan, shuningdek immun bo‘lmagan hujayralar, to‘qimalar va ularning mahsulotlari orqali amalga oshiriladi.

Tashqi himoyani yengib o‘tgan mikroblar immun tizimi hujayralari va mahsulotlari bilan to‘qnashadi va immun javob boshlanadi. “Hujum” joyida odatda bir qator hujayra turlari va himoya qiluvchi molekulalari mavjud bo‘ladi yoki ular hujum joyiga migratsiya (homing) qiladi. Ushbu “birinchi chiziqdagi himoya” — tug‘ma immun tizimi (innate immune system) deb ataladi. Ushbu immun tizimi tug‘ilgan paytdan mavjud bo‘ladi va inson hayoti davomida deyarli o‘zgarmaydi [6]. Tug‘ma tizimning hujayralari va molekulalari mikrobni chiqarishning birinchi bosqichlari uchun javobgar bo‘lib, ba’zida yallig‘lanishga (inflamatsiyaga) olib keladi. Tug‘ma immun tizimining eng muhim hujayralaridan biri — fagotsitlar hisoblanib, ular mikroblarni yutish va yo‘q qilish qobiliyatiga (fagotsitoz) ega.

Ikkinchi himoya chizig‘i — moslashuvchan yoki adaptiv immun tizim, u tug‘ma immun tizim mikroblar bilan shug‘ullanayotgan paytda ishga tushadi, ayniqsa u kirgan mikroblarni yo‘q qila olmagan hollarda. Ushbu immun tizimi T-limfotsitlar, B-limfotsitlar hamda antitelolar tomonidan amalga oshiriladi. Ikki tizim orasidagi asosiy farq shundaki, moslashuvchan tizim ancha yuqori spetsifiklikka ega va tanaga avval kirgan mikroblarni eslab qoladi. Bu esa mikroblarni ikkinchi va uchinchi kirishda immun tizimi tomonidan tezroq yo‘q qilinishi va chiqarilishini ta’minlaydi [9].

3.2. Immun javobning kaskadli mexanizmi

Immun javobning kaskadli mexanizmi — bu organizmga yot modda (antigen) kirganda himoya tizimining zanjirsimon tarzda ketma-ket faollashuvi hisoblanadi [10]. Bu jarayon esa bir nechta bosqichdan iborat:

I. Antigen tanilishi (Recognition): Makrofaglar va dendritik hujayralar antigenni aniqlab fagotsitoz qiladi, keyin MHC-II yordamida yuzasiga chiqaradi va T-helper (CD4+) hujayralariga ko‘rsatadi [2]. MHC yoki Bosh Gistomuvofiqlik Kompleksi BGK plazmolemma glikoproteinlari hisoblanib, o‘z navbatida uning 2 sinfi mavjud: 1-sinfi deyarli barcha hujayralarda uchrab, ularning asosiy vazifasi T-limfotsitlarga shu hujayralarning T-retseptorlari bilan birgalikda “o‘ziniki” va “begona” hujayralarni tanib olishga imkoniyat yaratishdir. 2-sinf BGK molekulalari esa T va B limfotsitlarning hamkorlik qilishida muhim rol o‘ynaydi.

II. Aktivatsiya va sitokin signali: Bu bosqichda parchalangan antigen bo‘laklari hujayra yuzasiga chiqariladi va T-limfotsitlarga “taqdim etiladi”. Bu jarayon sitokinlar deb ataluvchi maxsus oqsillar ajralishini stimullaydi. T-helperlar esa sitokinlarga mansub bo‘lgan Interleykinlar (IL-1, IL-2, IL-6) ajratib, immun hujayralarini jalb qiladi va ularning proliferatsiyasini ta’minlaydi. Ushbu bosqichdagi IL-1 yallig‘lanishni boshlaydi, IL-2 T-limfotsitlarni ko‘paytiradi va IL-6 esa B-limfotsitlarni bo‘linib ko‘payishini ta’minlaydi va ularni faollashtiradi [5].

III. Effektor faza: Hujayraviy tomondan T-killerlar perforin fermenti yordamida zararlangan hujayrani apoptozga yani dasturlashtirilgan o‘limga uchratadi. Gumoral jihatdan esa B-limfotsitlar plazmatik hujayraga aylanib, antitelolar (IgM, IgG) ishlab chiqaradi.

IV. Immunologik xotira va gomeostaz: Immun javobning yakuniy bosqichi organizmni dastlabki muvozanat holatiga qaytarish (gomeostaz) va kelajakdagi himoya asosi bo‘lgan immunologik xotirani shakllantirish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Gomeostazda (Kontraksiya bosqichi) antigen (patogen) yo‘q qilingandan so‘ng, immun tizimi ortiqcha energiya sarfi va o‘z to‘qimalariga zarar yetkazish (autoimmunitet) xavfini kamaytirish uchun "o‘chish" rejimiga o‘tadi. Shundan so‘ng hujayralar apoptozi ro‘y beradi. Faollashgan effektor hujayralarning (T va B-limfotsitlar) 90-95 foizi o‘z vazifasini bajarib bo‘lgach, dasturlashtirilgan o‘limga uchraydi. Supressiv boshqaruvda regulyator T-hujayralar (T-reg) maxsus ingibitor sitokinlar (masalan, TGF-β va IL-10) ajratib, yallig‘lanish kaskadini to‘xtatadi [7]. Xotira hujayralari saqlanadi va keyingi safar darhol hujumga o‘tishni ta’minlaydi [9,3,4].

MUHOKAMA. Immun javobning kaskadli mexanizmi nafaqat patogenni yo‘q qilish, balki organizm barqarorligini saqlashga qaratilgan mukammal tizim hisoblanadi. Tadqiqotimiz shuni ko‘rsatadiki, bu jarayon interleykinlar muvozanati orqali o‘ta aniqlik bilan boshqariladi. Ushbu muvozanatning buzilishi immun tizimining o‘z hujayralariga hujum qilishi — autoimmunitetga sabab bo‘lishi mumkin. Bunda immunologik tolerantlik mexanizmi "biologik tinchlik saqlovchi" vazifasini o‘tab, organizmning o‘z oqsillarini agressiyadan saqlaydi [9]. Gomeostaz bosqichidagi hujayralar apoptozi va tolerantlik filtri immun tizimini ortiqcha yuklamadan himoya qiladi. Yakuniy bosqichda shakllanuvchi immunologik xotira esa, keyingi safar o‘sha antigenga nisbatan xavfsiz, tezkor va yuqori spetsifiklikdagi javobni kafolatlaydi.

XULOSA. Inson immun tizimi tabiatning eng mukammal mudofaa mexanizmi bo‘lib, MHC-komplekslari va interleykinlar kaskadi organizmning genetik xavfsizligini kafolatlaydi. Immun javobning kaskadli mexanizmi — antigenning tanilishidan tortib, effektor hujayralarning faollashuvigacha bo‘lgan jarayonlar — interleykinlar (IL-1, IL-2, IL-6) va boshqa sitokinlar muvozanati orqali o‘ta aniqlik bilan boshqariladi. Maqolada tahlil qilinganidek, immun tizimining asosi — himoya va tolerantlik muvozanatidir. Gomeostaz jarayoni organizmni dastlabki muvozanatga qaytarsa, shakllangan immunologik xotira kelajakdagi infeksiyalarga nisbatan yuqori spetsifiklikdagi tezkor javobni kafolatlaydi.

Xulosa qilib aytganda, immun kaskadining molekulyar mexanizmlarini, xususan tolerantlik va xotira shakllanishi qonuniyatlarini anglash, zamonaviy tibbiyotda yuqori samarali vaksinalar yaratish hamda autoimmun patologiyalarni korreksiya qilishning fundamental poydevorini tashkil etadi [11].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O’Neill, L. A. J., et al. (2025). Metabolic checkpoints in immune cell activation and quiescence. Nature Reviews Immunology, 25(1), 5-18.

2. Münz, C. (2024). Autophagy in antigen presentation. Nature Reviews Immunology, 24(1), 12-26.

3. Abul K. Abbas, Andrew H. Lichtman, Shiv Pillai. Basic Immunology: Functions and Disorders of the Immune System. Elsevier (2023, 10th edition).

4. Charles Janeway Jr, et al. Immunobiology: The Immune System in Health and Disease. Garland Science (2022, 10th edition).

5. To‘xtayev Q.R., Azizova F.X. Gistologiya, sitologiya va embriologiya: Darslik. – Toshkent: «IJOD-PRNT», 2022.

6. Netea, M. G., et al. (2023). Trained immunity: A program of innate immune memory in health and disease. Science, 379(6635).

7. Liston, A., et al. (2023). Regulatory T cell plasticity and its relevance to autoimmune disease. Nature Reviews Rheumatology, 19(9), 562-574.

8. Understanding the Immune System: How It Works. – U.S. Department of Health and Human Services, National Institutes of Health, 2003. – 57 p. (NIH Publication No. 03-5423).

9. Lydyard, P. M., Whelan, A., & Fanger, M. W. (2004). Immunology (2nd ed.). London & New York: BIOS Scientific Publishers.

10. Murphy, K., & Weaver, C. (2022). Janeway's Immunobiology (10th Edition). Garland Science.

11. Bluestone, J. A., & Anderson, M. S. (2025). Regulatory T cells: Next-generation therapies for autoimmune diseases. Annual Review of Medicine.