

**Boranbayeva Nilufar**

*Orolbo ‘yi tibbiyot va transport texnikumi*

*Tibbiyot fanlari kafedrasining "Xavfsiz immunizatsiya" fani o‘qituvchisi*

*nilufar@gmail.com +998995250501*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada — zamonaviy immunizatsiyaning asosiy usullari va texnologiyalarini tizimli tahlil qilish, ularning qo‘llanish sohalari va mexanizmlarini ochib berish, sohada duch kelinayotgan muammolar va istiqbolli yo‘nalishlarni ko‘rsatish hamda O‘zbekistonda ushbu sohadagi vaziyatni yoritishdan iborat.

**Kirish.** Immunizatsiya — yuqumli kasalliklarning oldini olish, ularni nazorat qilish va yo‘q qilishning eng samarali va iqtisodiy jihatdan tejamkor vositalaridan biri bo‘lib qolmoqda. So‘nggi yillarda biotexnologiya, molekulyar genetika va nanomeditsinaning rivojlanishi immunizatsiya usullarini sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqdi. An‘anaviy jonli atenuatsiyalangan (zaiflashtirilgan) va inaktivatsiyalangan vaktsinalar o‘rniga, hozirgi kunda mRNK vaktsinalari, virus vektorli vaktsinalar, rekombinant oqsil vaktsinalari va nanozarrachalar asosidagi yangi avlod vaktsinalari keng qo‘llanilmoqda.

### **Zamonaviy vaktsina texnologiyalarining evolyutsiyasi**

Vaktsina texnologiyalarining rivojlanishi uch bosqichni o‘z ichiga oladi. Birinchi avlod vaktsinalari — jonli atenuatsiyalangan va inaktivatsiyalangan patogenlarga asoslangan bo‘lib, ular Jennerning chechak vaktsinasi va Pasterning quturish vaktsinasini o‘z ichiga oladi. Biroq bu vaktsinalar xavfsizlik va ishlab chiqarish samaradorligi bilan bog‘liq cheklovlarga ega edi. Ikkinchi avlod vaktsinalari molekulyar biologiya asosida aniq antigenlarni maqsadli ravishda ishlab chiqarishga asoslangan bo‘lib, bu xavfsizlik profilini sezilarli darajada yaxshiladi. COVID-19 pandemiyasi uchinchi avlod vaktsinalarining jadal rivojlanishiga turtki berdi, bunda mRNK vaktsinalari tezkor dizayn va organizmda oqsil ishlab chiqarish orqali paradigma o‘zgarishiga erishdi.



## **mRNK vaksinalari: inqilobiy texnologiya**

mRNK vaksinalari zamonaviy immunizatsiyaning eng muhim yutuqlaridan biridir. Ushbu vaksinalar patogen oqsilini kodlovchi mRNK molekulalarini hujayralarga yetkazish orqali organizmning o‘zida antigen ishlab chiqarilishiga olib keladi va kuchli immun javobni rag‘batlantiradi. mRNK vaksinalari bir qator muhim afzalliklarga ega: genomga integratsiyalanish xavfining yo‘qligi (DNK vaksinalaridan farqli o‘laroq), in vitro transkripsiya orqali tezkor va mashtablanadigan ishlab chiqarish imkoniyati, hamda evolyutsiyaga uchraydigan patogenlarga qarshi modulli antigenni loyihalash mumkinligi.

## **mRNK texnologiyasining asosiy bosqichlari quyidagilardan iborat:**

Nukleozid modifikatsiyasi — 2005 yilda Karikó va hamkasblari tomonidan kashf etilgan usul bo‘lib, psevdouridin modifikatsiyasi yordamida mRNKning barqarorligini va translatsiya samaradorligini oshirishga imkon beradi.

- Lipid nanozarrachalar (LNP) — mRNKni in vivo yetkazib berish, nukleaza degradatsiyasidan himoya qilish va hujayralar ichiga kirishini ta‘minlash uchun ishlatiladi.

- "Plug-and-play" dizayn — faqat kodlovchi mRNK ketma-ketligini almashtirish orqali yangi patogenlarga qarshi tez vaksina ishlab chiqarish imkonini beradigan modulli platforma.

COVID-19 pandemiyasi davrida BNT162b2 (Pfizer-BioNTech) va mRNA-1273 (Moderna) vaksinalari ketma-ketlik dizaynidan klinik tasdiqqa taxminan 10 oy ichida erishib, mRNK texnologiyasining tarixiy muvaffaqiyatini ko‘rsatdi.

## **Replikatsiyaga layoqatsiz virus vektorli vaksinalar**

Virus vektorli vaksinalar modifikatsiyalangan viruslardan antigen yetkazib berish platformasi sifatida foydalanadi. Ushbu vaksinalar genetik modifikatsiyalar yordamida yaratilgan bo‘lib, viruslarning replikasiya qilish qobiliyati yo‘q qilinadi, ammo ular rekombinant oqsillarni ekspressiya qilish va immun javobni induktsiyalashda samarali bo‘lib qoladi.

Hozirgi kunda replikasiyaga layoqatsiz adenovirus va poksvirus vektorlari OIV, gepatit B, parotit, qush grippi va boshqa ko‘plab yuqumli kasalliklarga qarshi vaksinalar ishlab chiqarishda keng qo‘llanilmoqda. Ushbu vaksinalar neytrallovchi antitanalar va hujayra immun javobini samarali induktsiyalaydi.



Replikatsiyaga layoqatsiz viruslar faqat bitta infeksiya sikliga ega, mustaqil ravishda tarqala olmaydi va yuqori darajadagi biokavfsizlikni ta’minlaydi.

## Rekombinant oqsil vaktsinalari

Rekombinant oqsil vaktsinalari o‘zining yuqori xavfsizlik profili, barqarorligi va keng miqyosda ishlab chiqarish imkoniyatlari tufayli yuqumli kasalliklarni nazorat qilish tizimida asosiy vositaga aylangan. Ushbu vaktsinalar texnologik zanjiri ratsional antigen dizayni, ekspressiya tizimlari va adjuvantlarni o‘z ichiga oladi. Respirator sinsitial virus (RSV), SARS-CoV-2 va herpes zoster vaktsinalari misolida antigenni strukturaviy dizayni, adjuvant innovatsiyalari va texnologik platformalar integratsiyasining sinergik ta’siri ko‘rsatilgan. Kelgusida AI yordamida antigenni skrining va dizayn qilish, keng spektrli, mukozal immunitet va platformaviy texnologiyalar asosida vaktsinalarni yaratish istiqbolli yo‘nalishlar hisoblanadi.

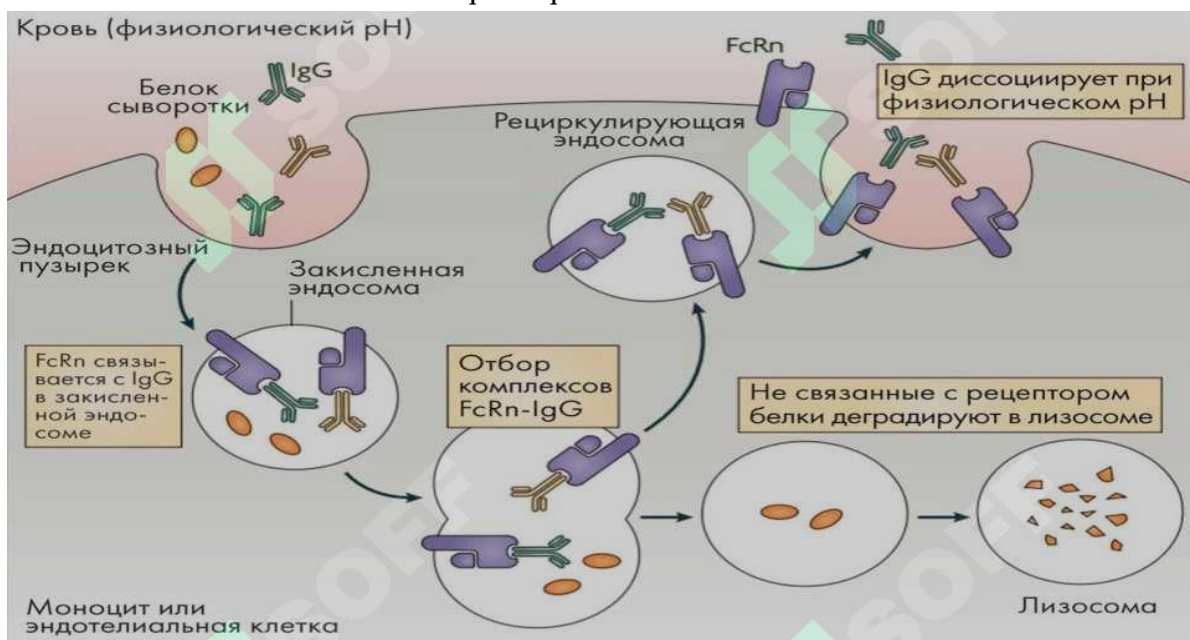
## Nanovaktsinalar va ilg‘or adjuvantlar

Nanovaktsinalar — bu nanotexnologiyaga asoslangan yangi avlod vaktsina tizimlari bo‘lib, nanokaryerlar yordamida antigenlarni maqsadli yetkazib berish imkonini beradi.

## Nanokaryerlarning afzalliklari

- Antigen va adjuvantlarni birgalikda yetkazib berish imkoniyati
- Barqaror antigen ajralib chiqishi tufayli qo‘shimcha dozalarga ehtiyojni kamaytirish
- Fagotsit hujayralar tomonidan yaxshiroq antigen tanib olinishi va antitana ishlab chiqarish tezligini oshirish

Nanokaryerlar tabiatiga ko‘ra polimer asosli, lipidli va noorganik turlarga bo‘linadi. Qattiq nanokaryerlar vaktsinani degradatsiyadan himoya qiladi va limfa to‘qimalari orqali yetkazib berishni yaxshilaydi. Nanovaktsinalar gepatit, bezgak, COVID-19, gripp, OIV va saraton kasalliklari uchun ishlab chiqilmoqda.



## Ilg‘or adjuvant texnologiyalari

Adjuvantlar zamonaviy vaksinalarning muhim tarkibiy qismi bo‘lib, ular antigenlarga qarshi immun javobni kuchaytirish, modulyatsiya qilish va uzaytirish uchun mo‘ljallangan.

## **Zamonaviy adjuvantlar rivojlanishi bir qancha bosqichlarni bosib o‘tdi:**

- An’anaviy alyuminiy tuzlari (alum) — hali ham keng qo‘llaniladi, ammo kengroq immun javobni rag‘batlantirish cheklangan.
- Lipid asosidagi nanozarrachalar, TLR agonistlari va sitokin yetkazib berish tizimlari — organizmning tug‘ma immun yo‘llaridan foydalanib, maqsadli immun javoblarni boshqaradi.
- STING agonistlari — 2025 yilda ishlab chiqilgan yangi adjuvant platforma.
- Sistem biologiyasi va sun’iy intellekt — vaktsinaning biologik hodisalarini chuqurroq tushunish va individual xususiyatlarga moslashtirilgan adjuvantlarni loyihalash imkonini beradi.

## **Innovatsion vaksina yetkazish usullari**

### **Igna va shpritsdan foydalanmasdan immunizatsiya**

Vaktsinani igna va shprits yordamida emlash chaqaloqlar va kichik yoshdagi bolalarda kuchli tashvish, qarshilik va yig‘iga sabab bo‘ladi. So‘nggi yillarda ignasiz inyeksiya texnologiyasi turli dori vositalarini qo‘llashda keng qo‘llanilmoqda.

### **Ignasiz inyeksiya texnologiyasi ikki asosiy kategoriyaga bo‘linadi:**

- Keng ma‘nodagi ignasiz inyeksiya — antigenlarni shilliq qavatlar (og‘iz bo‘shlig‘i, burun yo‘llari) orqali yetkazishni o‘z ichiga oladi.
- Tor ma‘nodagi ignasiz inyeksiya — teri immuniteti asosida antigenlarni yuqori bosimli oqim yordamida teri qatlamlariga etkazish.

### **Mikroig‘na yamoqlari**

Mikroig‘na yamoqlari (microneedle patches) vaksina yetkazish sohasida muhim yutuq bo‘lib, an’anaviy inyeksiyaga nisbatan og‘riqsiz, samarali va moslashuvchan alternativ hisoblanadi. Ushbu yamoqlar teriga kirganda eriydigan juda mayda ignalar yordamida antigenlarni transdermal yetkazib beradi. 3D bosib chiqarish texnologiyasi yordamida mikroig‘nalarning o‘lchami, shakli va zichligini aniq vaksina talablariga moslashtirish imkoniyati yaratilgan.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, mikroig‘na yamoqlari antigenlarni terining immunitetga boy qatlamlari bilan bevosita ta’sirlashtirib, kuchli immun javobni qo‘zg‘atadi. Bu usul, ayniqsa, resurslari cheklangan muhitlarda vaksina yetkazib berish imkoniyatini sezilarli darajada oshirishi mumkin.

### **3D bosilgan vaksina yamoqlari**

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, 3D bosilgan mikroig‘na yamoqlari teri ostiga emlash bilan solishtirganda 10 baravar kuchli immun javob hosil qiladi. Immun javobning kuchayishi vaktsinaning kerakli dozasini kamaytirish imkonini beradi.

### **Shaxsiylashtirilgan vaksinalar va saraton immunoterapiyasi**

Saraton kasalligiga qarshi shaxsiylashtirilgan vaksinalar zamonaviy onkologiyaning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Bu vaksinalar bir o‘lchamli (“one-size-fits-all”)



20-Iyun, 2026-yil

davolash usullaridan voz kechib, har bir bemorning o‘ziga xos o‘simta xususiyatlariga moslashtirilgan yondashuvni taklif qiladi.

## **Neyoantigenga asoslangan shaxsiylashtirilgan vaktsinalar**

Ushbu vaktsinalar har bir bemorning o‘simta hujayralaridagi somatik mutatsiyalar natijasida hosil bo‘lgan o‘ziga xos neoantigenlarga qarshi yo‘naltiriladi. Ularning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- Yuqori xoslik — immun javob to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘simta hujayralariga qarshi qaratiladi, sog‘lom to‘qimalarga shikast minimal bo‘ladi.
- Uzoq muddatli immunologik xotira — kasallikning qaytalanishi va metastazlanishining oldini oladi.
- Immune checkpoint inhibitorlari bilan sinergiya — o‘simta tomonidan bostirilgan immunitetni qayta faollashtirish imkonini beradi.

mRNK asosidagi shaxsiylashtirilgan vaktsina pembrolizumab bilan birgalikda melanoma bilan og‘rigan bemorlarda kasallikning qaytalanish muddatini sezilarli darajada uzaytirgan. Peptidlar, mRNK yoki dendritik hujayralardan tayyorlangan vaktsinalar glioblastoma va oshqozon osti bezi saratonida qo‘llanilmoqda.



## **Qiyinchiliklar va cheklovlar**

Shaxsiylashtirilgan vaktsinalarni ishlab chiqarish murakkab va ko‘p bosqichli jarayon bo‘lib, o‘simtaning DNK yoki RNK sekvensiyasini, kompyuter yordamida neoantigenlarni identifikatsiyalashni va har bir bemor uchun noyob mahsulot ishlab chiqarishni talab qiladi. Bu esa uni resurslar talab qiluvchi, asosan yaxshi moliyalashtirilgan markazlarda amalga oshirilishi mumkin bo‘lgan yondashuvga aylantiradi.

## **Immunizatsiyadagi global muammolar va istiqbollar**

### **Immunitetning zaiflashuvi muammosi**

Vaktsinaning samaradorligining vaqt o‘tishi bilan pasayishi (immunitetning zaiflashuvi) global emlash dasturlari oldidagi muhim muammo hisoblanadi. COVID-19

infeksiyasiga qarshi immunitet 6 oy ichida taxminan 25% ga pasayadi, ko‘k‘yo‘tal (pertussis) ga qarshi immunitet 4-12 yilda pasayadi va gripp vaktsinasi har yili yangilanishni talab qiladi.

## **Vaktsinalarga ishonchsizlik (vaccine hesitancy)**

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti vaktsinalarga ishonchsizlikni global sog‘liqning eng muhim 10 tahdididan biri deb e‘lon qilgan.

## **Vaktsinalarga ishonchsizlikning asosiy sabablari quyidagilardan iborat:**

- Ma‘lum kasalliklar bilan kasallanish darajasining pasayishi natijasida “o‘ziga haddan tashqari ishonch” psixologiyasining shakllanishi va infektsiyalarning real xavfini e‘tiborsiz qoldirish
- Vaktsinalarning xavfsizligi va samaradorligi haqidagi ilmiy bilimlarning yetishmasligi, noto‘g‘ri ma‘lumot va mish-mishlarning ta‘siri
- Vaktsinalash xizmatlarining qulayligi va insonparvarlik nuqtai nazaridan yetishmovchiliklar.

## **Immunizatsiyaning global kelajagi: strategiyalar va yo‘nalishlar**

Kelajakda asosiy e‘tibor quyidagi strategiyalarga qaratilishi kerak: rivojlanayotgan variantlarga moslashtirilgan qayta emlash, tezkor qayta emlashni ishlab chiqish quvurlari, universal vaktsina platformalari (shu jumladan, pan-koronavirus vaktsinalari) va adolatga asoslangan yechimlar (markazlashmagan ishlab chiqarish). JSSTning Immunizatsiya agendasi 2030 doirasida, rejalar xavf guruhlarini kengaytirish, asosiy vaktsinalash imkoniyatlarini kengaytirish, infratuzilmaga investitsiyalarni va real vaqt rejimidagi monitoringni muvozanatli tarzda o‘z ichiga olishi kerak.

## **O‘zbekistonda immunizatsiya tizimi va zamonaviy usullarni qo‘llash**

### **Milliy immunizatsiya dasturi**

O‘zbekistonda aholini yuqumli kasalliklarga qarshi immunizatsiya qilish dasturi sog‘liqni saqlashning asosiy ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, mamlakat Konstitutsiyasi, “Fuqarolarning sog‘lig‘ini saqlash to‘g‘risida”gi (1996) va “Aholining sanitariya-epidemiologik farovonligi to‘g‘risida”gi (2015) qonunlar hamda JSST siyosatiga asoslanadi. O‘zbekistonda olib borilayotgan immunizatsiya siyosati majburiylik, qulaylik va milliy profilaktik emlash kalendariga hamda epidemiologik ko‘rsatkichlarga binoan bepul emlashga qaratilgan.

Hozirgi kunda 12 ta yuqumli kasallikka qarshi emlash amalga oshirilmoqda. Profilaktik emlashlar bilan aholi qamrovi 97-99% ni tashkil qiladi. O‘zbekistonda ko‘p yillar davomida poliomielit, neonatal qoqshol, difteriya, qizamiq va qizilcha kabi kasalliklar qayd etilmayapti, gepatit B, ko‘k‘yo‘tal va epidemiya parotitining kasallanish darajasi keskin kamaygan.

2025 yil yakunlari bo‘yicha O‘zbekistonda emlash bilan qamrov darajasi 95 foizga yetdi.

## **Raqamli tizimlar va elektron immunizatsiya registri**

O‘zbekiston immunizatsiya xizmatlarini kuchaytirish uchun raqamli tizimlarga sarmoya kiritmoqda. 2019 yildan boshlab, mamlakat bosqichma-bosqich mustahkam, ko‘p bosqichli

vaktsina logistikasi va sovuq zanjir infratuzilmasini qurdi, bunda zamonaviy sovuq xonalar va hududiy Sanepid omborlari, shuningdek, 2021 yilda ultra-sovuq saqlash imkoniyatlariga ega Respublika sovuq zanjir ombori ishga tushirildi.

O‘zbekistonning kengaytirilgan immunizatsiya dasturi (EPI) rahbari tomonidan ta’kidlanganidek, mamlakat elektron immunizatsiya registrini ishlab chiqishda jiddiy muvaffaqiyatlarga erishgan, ushbu tizim har bir bolani qamrab olish va vaksina yetkazib berishning uzluksizligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

## **Pediatric COVID-19 vaktsinasi**

2025 yilda O‘zbekiston birinchi marta Pfizer kompaniyasining 5-11 yoshli bolalar uchun pediatrik COVID-19 vaktsinasi partiyasini oldi. Ekspertlar tavsiyalari va aholining murojaatlari asosida ushbu vaktsina bilan bolalarni ixtiyoriy immunizatsiya qilish tasdiqlandi.

## **Qizamiqga qarshi navbatdan tashqari emlash**

2025 yil dekabr oyida Toshkent, Samarqand va Qashqadaryo viloyatlarida qizamiqga qarshi navbatdan tashqari emlash boshlandi. Immunizatsiya 6 oylikdan 5 yoshgacha bo‘lgan bolalar, shu jumladan bir yoshida emlanganlar o‘rtasida o‘tkazilmoqda.

## **Xulosa va tavsiyalar**

Zamonaviy immunizatsiya usullari — mRNK vaktsinalari, replikatsiyaga layoqatsiz virus vektorli vaktsinalar, rekombinant oqsil vaktsinalari, nanovaktsinalar va shaxsiylashtirilgan vaktsinalar — yuqumli kasalliklar va saraton kasalligining oldini olish va davolash imkoniyatlarini tubdan kengaytirmoqda. Innovatsion vaktsina yetkazish usullari (ignasiz inyeksiya, mikroig‘na yamoqlari) emlashga bo‘lgan munosabatni yaxshilash va vaktsinalarni qulaylashtirish imkonini bermoqda. Sun‘iy intellekt va sistem biologiyasining joriy etilishi esa vaktsina va adjuvantlarni loyihalashni tezlashtirmoqda.

Shu bilan birga, immunitetning zaiflashuvi, vaktsinalarga ishonchsizlik, resurs tengsizligi va infratuzilma muammolari global immunizatsiya dasturlari oldida muhim to‘siqlar bo‘lib qolmoqda.

O‘zbekiston yuqumli kasalliklarga qarshi emlashda yuqori ko‘rsatkichlarga erishgan, ammo zamonaviy vaktsina texnologiyalarini va innovatsion immunizatsiya usullarini joriy etish sohasida rivojlanish imkoniyatlari mavjud. Elektron immunizatsiya registrini takomillashtirish, vaktsina logistikasini yanada mustahkamlash va yangi texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish sohani rivojlantirishning muhim yo‘nalishlari hisoblanadi.

## **Kelgusida quyidagi tavsiyalarni berish mumkin:**

1. Zamonaviy vaktsina texnologiyalarini joriy etishni kengaytirish — mRNK, virus vektorli va rekombinant oqsil vaktsinalarini respublikaning turli hududlarida qulay va samarali qo‘llash mexanizmlarini ishlab chiqish.

2. Innovatsion vaktsina yetkazish usullarini sinovdan o‘tkazish — mikroig‘na yamoqlari va ignasiz inyeksiya texnologiyalarining mahalliy sharoitda qo‘llanilish imkoniyatlarini o‘rganish.

3. Vaksinalarga ishonchni kuchaytirish bo'yicha kompleks strategiyalarni ishlab chiqish — aholi orasida vaktsinatsiyaning xavfsizligi va samaradorligi haqida ilmiy asoslangan ma'lumotlarni keng targ'ib qilish, noto'g'ri ma'lumotlarga qarshi kurashish.

4. Raqamli immunizatsiya tizimini takomillashtirish — elektron registri yagona raqamli platformaga birlashtirish, real vaqt rejimida monitoring va ma'lumotlar tahlilini yo'lga qo'yish.

5. Xalqaro hamkorlikni kengaytirish — ilg'or xorijiy klinikalar va tadqiqot markazlari bilan tajriba almashish, zamonaviy vaktsina texnologiyalarini mahalliy sharoitga moslashtirish.

6. Mutaxassislarni tayyorlash tizimini takomillashtirish — tibbiyot va biotexnologiya sohasidagi mutaxassislar uchun zamonaviy immunizatsiya texnologiyalari bo'yicha malaka oshirish dasturlarini ishlab chiqish.

## ADABIYOTLAR:

1. Broad-spectrum vaccines against various and evolving viruses: from antigen design to nanoparticle delivery. *Journal of Virology*, 2025, 99(5): e00997-25.

2. Molecular Genetics as the Leading-Edge Approach in Driving the Development of Live Attenuated Vaccines. *Biotechnology Journal*, 2026.

3. Precision-engineered mRNA vaccines: antigen design, structural optimization, and programmable delivery for emerging pathogens. *Animal Diseases*, 2025, 5: 32.

4. mRNA-based vaccines: Rational antigen design, delivery optimization, and immune modulation. *Chinese Chemical Letters*, 2025, 112312.

5. Research advances in replication-deficient viral vector vaccines. *Frontiers in Veterinary Science*, 2025, 12: 1535328.

6. Analysis of the current status and trends in recombinant protein vaccine research and development. *Chinese Journal of New Drugs*, 2025, 34(24): 2577-2584.

7. Recent Advances in Vaccine Adjuvants: From Lab to Clinic. *International Journal of Pharmaceutics*, 2025, 684: 126180.

8. Advances in vaccine adjuvant development and future perspectives. *Drug Delivery*, 2025, 32(1): 2517137.

9. Revolutionizing vaccination: the marvel of nanovaccination technology. *Molecular Biology Reports*, 2025, 52: 949.

10. An overview of needle-free injection technology in human vaccines. *International Journal of Pharmaceutics*, 2025.

11. Advancements in vaccine delivery: harnessing 3D printing for microneedle patch technology. *Annals of Medicine and Surgery*, 2025, 87(4): 2059-2067.

12. Personalized cancer vaccines: promise, challenges, and the path forward. *Annals of Medicine and Surgery*, 2025, 87(12): 7864-7865.

13. Waning immunity and the future of booster vaccination strategies in global vaccine programs post COVID-19. *Human Vaccines and Immunotherapeutics*, 2026.

14. Vaccine hesitancy: Where are we heading? *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 2026, 93(1): 21-26.