

TIMUSDAGI T-LIMFOTSITLARNING ANTIGENGA BOG'LIQ BO'LMAGAN DIFFERENSIYASI

Nodirov Dostonjon Zokir o'g'li

Ilmiy rahbar. Toshkent davlat tibbiyot universiteti Gistalogiya kafedrası assistenti.

Sulaymonqulov Jasurbek G'ulom o'g'li

Toshkent davlat tibbiyot universiteti talabasi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19200110>

***Annotatsiya.** Timus immun tizimining markaziy organlaridan biri bo'lib, unda T-limfotsitlarning antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiyasi sodir bo'ladi. Ushbu jarayon T-limfotsitlarning genetik, molekulyar va hujayraviy darajada yetilishiga, immun tolerantlikning shakllanishiga va autoreaktiv hujayralarning yo'q qilinishiga xizmat qiladi. Maqolada timusning anatomik tuzilishi, T-limfotsitlarning rivojlanish bosqichlari (double negative, double positive, single positive), seleksiya mexanizmlari, timus gormonlari, stromal hujayralar va sitokinlarning roli, shuningdek, timus faoliyatining klinik ahamiyati va involyutsiyasi batafsil yoritilgan. Ish natijalari timusdagi differensiasiya jarayonini chuqur tushunishga yordam beradi va immunologik kasalliklar oldini olishda ilmiy asos yaratadi.*

***Kalit so'zlar:** timus, T-limfotsit, timotsit, antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiya, pozitiv seleksiya, negativ seleksiya, T-hujayra retseptori, regulyator T-limfotsitlar, timus gormonlari, immunitet.*

Kirish

Immun tizimi tirik organizmlarni turli infeksiya agentlar, begona molekulalar hamda genetik jihatdan o'zgargan hujayralardan himoya qiluvchi murakkab biologik tizim hisoblanadi.

Ushbu tizim organizmning ichki muhitini barqaror saqlashda muhim rol o'ynaydi. Immun tizimining asosiy komponentlari limfotsitlar bo'lib, ular B-limfotsitlar, T-limfotsitlar hamda tabiiy killer hujayralardan iborat.

T-limfotsitlar hujayraviy immunitetni ta'minlovchi asosiy immunokompetent hujayralar hisoblanadi. Ular virus bilan zararlangan hujayralarni yo'q qilish, o'sma hujayralarini nazorat qilish hamda immun javobni tartibga solishda muhim rol o'ynaydi. \

T-limfotsitlarning shakllanishi va yetilishi markaziy limfoid organlardan biri hisoblangan timus bezida amalga oshadi.

Timus immun tizimining rivojlanishida muhim ahamiyatga ega bo'lgan organ bo'lib, unda T-limfotsitlarning differensiasiyasi va seleksiyasi sodir bo'ladi. Timusda T-limfotsitlar rivojlanishining dastlabki bosqichlari antigen bilan to'g'ridan-to'g'ri uchrashmasdan amalga oshadi. Shu sababli bu jarayon **antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiya** deb ataladi.

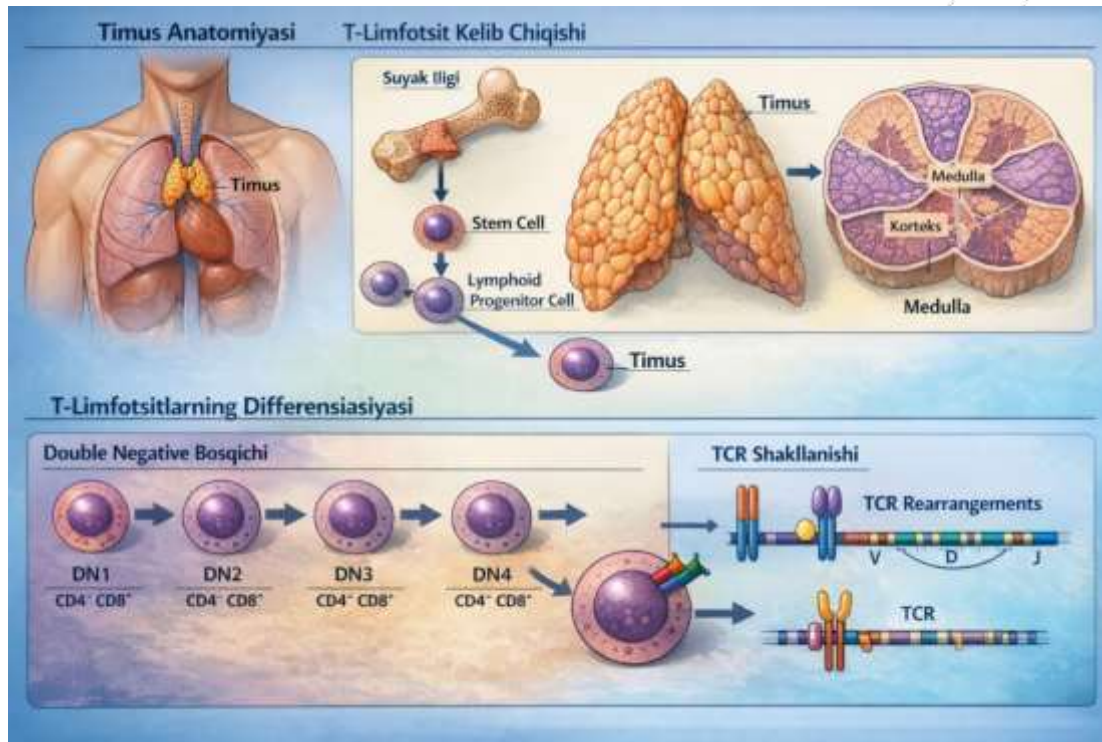
Antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiya jarayonida T-limfotsitlarning retseptorlari shakllanadi, ularning immunologik xususiyatlari rivojlanadi va organizm uchun xavfli bo'lishi mumkin bo'lgan autoreaktiv hujayralar yo'q qilinadi.

Ushbu jarayon natijasida organizm turli antigenlarni tanib olish qobiliyatiga ega bo'lgan T-limfotsitlar repertuarini shakllantiradi. Zamonaviy immunologiya fanida timusda sodir bo'ladigan differensiasiya jarayonlarini o'rganish katta ilmiy ahamiyatga ega. Chunki ushbu jarayonlar buzilishi autoimmun kasalliklar, immun yetishmovchilik holatlari hamda boshqa patologik jarayonlarning rivojlanishiga olib kelishi mumkin.

Timusning anatomik tuzilishi

Timus (thymus) limfoid tizimning markaziy organlaridan biri bo‘lib, u ko‘krak qafasining old qismida, to‘sh suyagi ortida joylashgan. Organ ikki bo‘lakdan iborat bo‘lib, ular bir-biri bilan biriktiruvchi to‘qima orqali bog‘langan.

Timus tashqi tomondan kapsula bilan qoplangan.



Ushbu kapsuladan organ ichkarisiga ko‘plab to‘siqlar kirib boradi va ular timusni kichik bo‘lakchalarga — lobulalarga bo‘ladi. Har bir lobula ikki asosiy qismdan iborat:

- kortikal qism
- medullyar qism

Kortikal qism

Kortikal qism timusning tashqi hududi bo‘lib, unda juda ko‘p miqdorda yetilmagan T-limfotsitlar — timotsitlar joylashadi. Bu hududda timotsitlarning faol ko‘payishi va dastlabki differensiasiyasi sodir bo‘ladi.

Kortikal qismda quyidagi hujayra turlari uchraydi:

- timotsitlar
- epitelial retikulyar hujayralar
- makrofaglar
- dendrit hujayralar

Epitelial hujayralar timotsitlarning rivojlanishi uchun zarur mikro muhitni yaratadi.

Makrofaglar esa differensiasiya jarayonida nobud bo‘lgan hujayralarni fagotsitoz qiladi.

Medullyar qism

Medullyar qism timus lobulalarining markaziy qismi hisoblanadi. Bu hududda differensiasiya jarayonining keyingi bosqichlari amalga oshadi.

Medullyar qismning muhim tuzilmalaridan biri **Hassall tanachalari** hisoblanadi. Bu tuzilmalar epitelial hujayralarning konsentrik qatlamlaridan tashkil topgan bo‘lib, T-limfotsitlarning rivojlanishida ma‘lum darajada ishtirok etadi.

T-limfotsitlarning kelib chiqishi

T-limfotsitlar suyak iligida joylashgan gematopoetik ildiz hujayralardan rivojlanadi.

Ushbu ildiz hujayralar limfoid progenitor hujayralarga aylanadi va qon oqimi orqali timusga ko'chadi.

Timusga kelgan ushbu hujayralar timotsitlar deb ataladi. Timotsitlar timusning kortikal qismida joylashib, murakkab differensiasiya bosqichlaridan o'tadi.

Differensiasiya jarayoni davomida timotsitlar quyidagi o'zgarishlarga uchraydi:

- genetik rekombinatsiya
- retseptorlarning shakllanishi
- yuzaki markerlarning paydo bo'lishi
- seleksiya jarayonlari

Natijada yetilgan T-limfotsitlar hosil bo'ladi.

Antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiya tushunchasi

Antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiya T-limfotsitlarning timusda antigen bilan bevosita uchrashmasdan turib yetilish jarayonini anglatadi.

Ushbu jarayon davomida T-limfotsitlar quyidagi asosiy xususiyatlarga ega bo'ladi:

- T-hujayra retseptorining shakllanishi
- immun tolerantlikning yuzaga kelishi
- funksional yetilish

Bu jarayon immun tizimning normal faoliyat yuritishi uchun zarur hisoblanadi.

T-hujayra retseptorining shakllanishi

T-limfotsitlarning asosiy funksional elementi T-hujayra retseptori (TCR) hisoblanadi.

Ushbu retseptor antigenlarni tanib olish uchun xizmat qiladi.

TCR ikki asosiy zanjirdan tashkil topgan:

- alfa zanjir
- beta zanjir

Ba'zi T-limfotsitlarda esa gamma va delta zanjirlardan iborat retseptorlar ham uchraydi.

TCR genlari **V(D)J rekombinatsiyasi** deb ataladigan jarayon orqali shakllanadi. Ushbu jarayon davomida gen segmentlari qayta birikadi va juda ko'p turli retseptor variantlari hosil bo'ladi.

Natijada immun tizim juda ko'p turli antigenlarni tanib olish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Differensiasiyaning dastlabki bosqichlari

Timusga kirgan timotsitlar dastlab **double negative** bosqichida bo'ladi. Bu bosqichda hujayralar CD4 va CD8 markerlarini ifodalamaydi.

Double negative bosqichi bir necha kichik bosqichlardan iborat:

- DN1
- DN2
- DN3
- DN4

DN bosqichlarida TCR beta zanjiri shakllana boshlaydi. Agar bu jarayon muvaffaqiyatli yakunlansa, hujayra keyingi bosqichga o'tadi.

Agar retseptor noto'g'ri shakllansa, hujayra apoptoz orqali yo'q qilinadi.

Asosiy qism

Timusda T-limfotsitlarning antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiyasi murakkab va ko'p bosqichli jarayon hisoblanadi.

Bu jarayon davomida timotsitlar morfologik, genetik hamda funksional jihatdan o'zgaradi. Differensiasiya jarayonining asosiy maqsadi organizm uchun foydali bo'lgan, ya'ni antigenlarni tanib olish qobiliyatiga ega bo'lgan, ammo organizmning o'z to'qimalariga zarar yetkazmaydigan T-limfotsitlarni shakllantirishdan iborat.

Timusda T-limfotsitlarning rivojlanishi bir necha ketma-ket bosqichlarda amalga oshadi. Ushbu bosqichlar hujayra yuzasida joylashgan markerlar orqali aniqlanadi.

Double positive bosqichi

Differensiasiyaning keyingi muhim bosqichi **double positive bosqichi** hisoblanadi. Bu bosqichda timotsitlar bir vaqtning o'zida ikkita muhim yuzaki marker – **CD4 va CD8** ni ifodalay boshlaydi. Shu sababli ushbu hujayralar **CD4⁺CD8⁺ timotsitlar** deb ataladi.

Double positive bosqichi timus korteksida sodir bo'ladi va T-limfotsitlarning rivojlanishidagi eng muhim bosqichlardan biri hisoblanadi. Bu bosqichda quyidagi jarayonlar amalga oshadi:

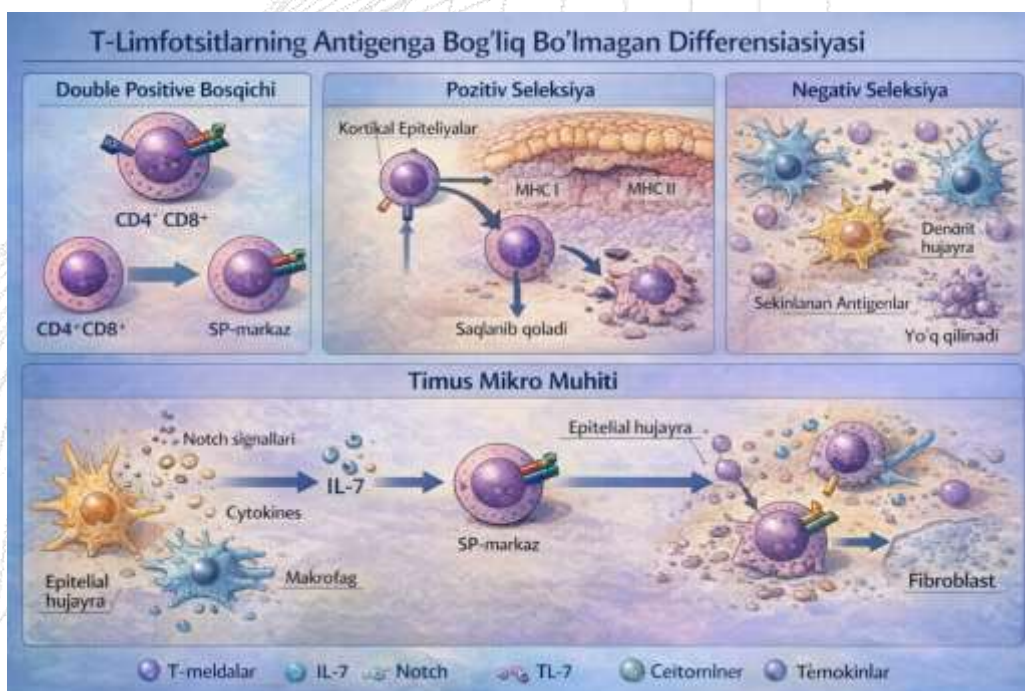
- T-hujayra retseptorining to'liq shakllanishi
- antigenlarni tanib olish qobiliyatining rivojlanishi
- seleksiya mexanizmlarining boshlanishi

Bu bosqichda timotsitlar soni juda katta bo'ladi, biroq ularning katta qismi seleksiya jarayonida nobud bo'ladi. Faqatgina kichik qismi keyingi bosqichga o'tishga muvaffaq bo'ladi.

Pozitiv seleksiya mexanizmi

Pozitiv seleksiya timusning kortikal qismida amalga oshadi. Ushbu jarayon T-limfotsitlarning asosiy histomoslashuv kompleksi molekularini tanib olish qobiliyatini tekshiradi. Organizm hujayralarining yuzasida **MHC (Major Histocompatibility Complex)** molekulari joylashgan. Ushbu molekular antigenlarni T-limfotsitlarga taqdim etishda muhim rol o'ynaydi. Agar T-hujayra retseptori MHC molekulari bilan mos ravishda o'zaro ta'sirga kirisha olsa, timotsit yashab qoladi. Agar retseptor MHC molekularini umuman tanimasa, hujayra funksional bo'la olmaydi va apoptoz jarayoni orqali yo'q qilinadi. Shu tariqa organizmda faqat MHC molekularini tanib oladigan T-limfotsitlar saqlanib qoladi.

Pozitiv seleksiya jarayonida kortikal epitelial hujayralar muhim rol o'ynaydi. Ular MHC molekularini ifodalaydi va timotsitlar bilan o'zaro ta'sirga kirishadi.



MHC molekularining roli

MHC molekulari immun tizimning muhim komponenti hisoblanadi. Ular antigenlarni T-limfotsitlarga taqdim etish vazifasini bajaradi.

MHC molekulari ikki asosiy turga bo'linadi:

1. **MHC I sinf molekulari**

2. **MHC II sinf molekulari**

MHC I molekulari deyarli barcha yadrolik hujayralarda uchraydi va ular asosan sitotoksik T-limfotsitlar bilan o'zaro ta'sirga kirishadi.

MHC II molekulari esa antigen taqdim qiluvchi hujayralarda joylashadi va ular T-helper hujayralar bilan o'zaro ta'sir qiladi.

Pozitiv seleksiya jarayonida aynan shu molekular orqali timotsitlarning funksional mosligi tekshiriladi.

CD4 va CD8 hujayralarining shakllanishi

Pozitiv seleksiya natijasida timotsitlar ikkita asosiy yo'nalishda rivojlanadi:

- **CD4⁺ T-helper hujayralar**
- **CD8⁺ sitotoksik T-limfotsitlar**

Agar timotsit MHC II molekulari bilan o'zaro ta'sirga kirishsa, u **CD4⁺ T-helper hujayraga** aylanadi. Aksincha, agar hujayra MHC I molekulari bilan bog'lansa, u **CD8⁺ sitotoksik T-limfotsitga** differensiasiyalanadi.

Bu jarayon immun tizimining to'g'ri ishlashi uchun juda muhim hisoblanadi.

Negativ seleksiya jarayoni

Pozitiv seleksiyadan so'ng timotsitlar timusning medullyar qismiga o'tadi. Bu yerda differensiasiyaning yana bir muhim bosqichi – **negativ seleksiya** amalga oshadi.

Negativ seleksiya jarayonining asosiy maqsadi organizmning o'z antigenlariga qarshi kuchli reaksiya beradigan T-limfotsitlarni yo'q qilishdan iborat.

Agar timotsit o'z antigenlari bilan juda kuchli bog'lansa, bu hujayra potentsial xavfli hisoblanadi. Bunday hujayralar keyinchalik autoimmun kasalliklarni keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli ular apoptoz orqali yo'q qilinadi.

Negativ seleksiya jarayonida quyidagi hujayralar muhim rol o'ynaydi:

- dendrit hujayralar
- makrofaglar
- medullyar epitelial hujayralar

Ular turli antigenlarni timotsitlarga taqdim etadi va shu orqali autoreaktiv hujayralarni aniqlaydi.

AIRE genining roli

Negativ seleksiya jarayonida muhim rol o'ynaydigan genlardan biri **AIRE (Autoimmune Regulator)** genidir. Ushbu gen timusning medullyar epitelial hujayralarida ifodalanadi.

AIRE geni turli to'qimalarga xos antigenlarning timusda ekspressiyasini ta'minlaydi.

Natijada timotsitlar organizmning turli to'qimalariga xos antigenlar bilan tanishadi.

Agar T-limfotsit ushbu antigenlarga kuchli reaksiya bersa, u yo'q qilinadi. Shu tariqa organizm o'z to'qimalariga qarshi immun reaksiyalar rivojlanishining oldi olinadi.

Timus mikro muhiti

T-limfotsitlarning rivojlanishi faqat genetik mexanizmlar orqali emas, balki timusdagi maxsus mikro muhit orqali ham boshqariladi. Ushbu mikro muhit turli stromal hujayralardan tashkil topgan.

Timus stromal hujayralariga quyidagilar kiradi:

- epitelial hujayralar
- dendrit hujayralar
- makrofaglar
- fibroblastlar

Ushbu hujayralar timotsitlarning differensiasiyasi uchun zarur bo'lgan biologik faol moddalarni ishlab chiqaradi.

Sitokinlar va signal molekulalar

Timusda T-limfotsitlarning rivojlanishini boshqaruvchi muhim omillardan biri sitokinlar hisoblanadi.

Eng muhim sitokindan biri **interleykin-7 (IL-7)** hisoblanadi. IL-7 timotsitlarning tirik qolishi va ko'payishi uchun zarur.

Bundan tashqari quyidagi signal molekulalar ham muhim rol o'ynaydi:

- Notch signal tizimi
- kemokinlar
- o'sish omillari

Notch signal yo'li limfoid progenitor hujayralarning T-limfotsit yo'nalishida rivojlanishini ta'minlaydi.

Apoptoz mexanizmi

Timusda T-limfotsitlarning rivojlanishi jarayonida hujayralarning katta qismi nobud bo'ladi. Bu jarayon **apoptoz** deb ataladi.

Apoptoz – bu genetik jihatdan boshqariladigan hujayra o'limi bo'lib, organizm uchun xavfli yoki keraksiz hujayralarni yo'q qilishga xizmat qiladi.

Apoptoz jarayonida quyidagi oqsillar muhim rol o'ynaydi:

- kaspazalar
- Bcl-2 oilasiga mansub oqsillar
- Bax va Bak oqsillari

Apoptoz mexanizmi orqali noto'g'ri rivojlangan yoki autoreaktiv timotsitlar yo'q qilinadi.

Differensiasiyaning yakuniy bosqichlari

Seleksiya jarayonlaridan muvaffaqiyatli o'tgan timotsitlar **single positive bosqichiga** o'tadi. Bu bosqichda hujayralar faqat bitta markerga ega bo'ladi – CD4 yoki CD8.

Shundan so'ng ular timusni tark etib periferik limfoid organlarga ko'chadi. Bu organlarga quyidagilar kiradi:

- limfa tugunlari
- taloq
- limfoid to'qimalar

Periferik organlarda T-limfotsitlar antigenlar bilan uchrashib, immun javob jarayonida faol ishtirok etadi.

Timus gormonlarining T-limfotsitlar rivojlanishidagi roli

Timus faqat limfoid organ sifatida emas, balki muhim endokrin faoliyatga ega bo'lgan bez sifatida ham qaraladi. Timus hujayralari turli biologik faol moddalar ishlab chiqaradi. Ushbu moddalar **timus gormonlari** deb ataladi va ular T-limfotsitlarning yetilishi hamda funksional shakllanishida muhim rol o'ynaydi.

Timus tomonidan ishlab chiqariladigan asosiy gormonlar quyidagilardan iborat:

- timosin
- timopoetin
- timulin

Timosin timotsitlarning differensiasiyasini faollashtiruvchi eng muhim gormonlardan biri hisoblanadi. U T-limfotsitlarning yuzasida joylashgan retseptorlar orqali hujayra ichidagi signal tizimlarini ishga tushiradi. Natijada T-limfotsitlarning genetik faolligi ortadi va ularning yetilish jarayoni tezlashadi.

Timopoetin esa timotsitlarning immunologik kompetent hujayralarga aylanishida muhim rol o'ynaydi. Bu gormon T-limfotsitlarning antigenlarni tanib olish qobiliyatini shakllantirishga yordam beradi.

Timulin gormoni esa timotsitlarning funksional yetilishida hamda immun reaksiyalarni tartibga solishda muhim ahamiyatga ega.

Timus gormonlari T-limfotsitlarning proliferatsiyasi, differensiasiyasi hamda immun tizimning normal faoliyatini ta'minlashda muhim biologik omillar hisoblanadi.

Regulyator T-limfotsitlarning shakllanishi

Timusda differensiasiya jarayonida **regulyator T-limfotsitlar (Treg)** ham shakllanadi.

Ushbu hujayralar immun tizimning muvozanatini saqlashda muhim rol o'ynaydi.

Regulyator T-limfotsitlarning asosiy vazifasi organizmda ortiqcha yoki noto'g'ri immun reaksiyalarning oldini olishdan iborat. Agar immun tizim haddan tashqari faol bo'lsa, u organizmning o'z to'qimalariga zarar yetkazishi mumkin. Regulyator T-limfotsitlar ana shunday holatlarning oldini oladi.

Treg hujayralari quyidagi belgilar bilan tavsiflanadi:

- CD4 markerining mavjudligi
- CD25 retseptorining yuqori ekspressiyasi
- **FOXP3** genining faolligi

FOXP3 geni regulyator T-limfotsitlarning rivojlanishi uchun zarur bo'lgan asosiy transkripsion faktor hisoblanadi. Ushbu genning mutatsiyasi og'ir immunologik kasalliklarga olib kelishi mumkin.

Regulyator T-limfotsitlar immun javobni susaytiruvchi sitokinlar ishlab chiqaradi. Bular quyidagilar:

- interleykin-10
- TGF-beta

Bu sitokinlar boshqa immun hujayralarning faolligini kamaytiradi va immun tizimning muvozanatini saqlashga yordam beradi.

Timus involyutsiyasi

Timus bezining faoliyati inson hayotining turli davrlarida o'zgarib boradi. Bolalik davrida timus juda faol bo'ladi va T-limfotsitlarning rivojlanishi intensiv tarzda kechadi.

Biroq yosh o'tishi bilan timus asta-sekin kichrayadi va uning faoliyati kamayadi. Ushbu jarayon **timus involyutsiyasi** deb ataladi.

Timus involyutsiyasi quyidagi o'zgarishlar bilan tavsiflanadi:

- limfoid to'qimalarning kamayishi
- yog' to'qimalarining ko'payishi
- timotsitlar sonining kamayishi

Natijada organizmda yangi T-limfotsitlarning hosil bo'lishi sekinlashadi. Shu sababli katta yoshdagi odamlarda immun tizimning samaradorligi nisbatan pasayadi.

Timus involyutsiyasi tabiiy biologik jarayon bo'lsa ham, turli omillar uning tezlashishiga sabab bo'lishi mumkin. Bunday omillarga quyidagilar kiradi:

- surunkali stress
- infeksiyalar
- noto'g'ri ovqatlanish
- gormonal o'zgarishlar

Timus faoliyatining klinik ahamiyati

Timusning normal faoliyati inson immun tizimining to'g'ri ishlashi uchun juda muhim hisoblanadi. Agar timus faoliyatida buzilishlar yuzaga kelsa, turli immunologik kasalliklar rivojlanishi mumkin.

Timus faoliyati bilan bog'liq kasalliklardan biri **DiGeorge sindromi** hisoblanadi. Ushbu kasallikda timus yetarli darajada rivojlanmaydi yoki umuman shakllanmaydi. Natijada T-limfotsitlar soni keskin kamayadi va organizm turli infeksiyalarga juda sezgir bo'lib qoladi.

Bundan tashqari, timus bilan bog'liq yana bir kasallik **miyasteniya gravis** hisoblanadi.

Bu autoimmun kasallik bo'lib, unda organizm o'zining nerv-mushak tutashuviga qarshi antitanalar ishlab chiqaradi.



Ko'pincha ushbu kasallik timus bezining patologik o'zgarishlari bilan bog'liq bo'ladi.

Ba'zi hollarda timus bezini jarrohlik yo'li bilan olib tashlash kasallik alomatlarini kamaytirishga yordam beradi.

Immunologik tolerantlikning shakllanishi

Timusda T-limfotsitlarning differensiasiyasi jarayonida immunologik tolerantlik shakllanadi. Tolerantlik organizmning o'z antigenlariga nisbatan immun javob bermaslik qobiliyatini anglatadi.

Markaziy tolerantlik aynan timusda shakllanadi. Bu jarayonda autoreaktiv T-limfotsitlar yo'q qilinadi yoki ularning faolligi cheklanadi.

Agar bu mexanizm buzilsa, turli **autoimmun kasalliklar** rivojlanishi mumkin. Bunday kasalliklarda immun tizim o'z to'qimalarini begona deb qabul qiladi va ularga hujum qiladi.

Autoimmun kasalliklarga quyidagilar misol bo'la oladi:

- revmatoid artrit
- 1-tip qandli diabet
- sistemali qizil volchanka

Timusdagi seleksiya jarayonlari ushbu kasalliklarning oldini olishda muhim himoya mexanizmi hisoblanadi.

Zamonaviy tadqiqotlar

So'nggi yillarda timus va T-limfotsitlar rivojlanishi sohasida ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Zamonaviy molekulyar biologiya usullari yordamida T-limfotsitlarning genetik va epigenetik boshqaruv mexanizmlari o'rganilmoqda.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, T-limfotsitlarning rivojlanishi ko'plab signal yo'llari orqali boshqariladi. Ushbu signal tizimlari hujayra ichida genlarning faolligini nazorat qiladi va hujayraning keyingi rivojlanish yo'nalishini belgilaydi.

Shuningdek, olimlar timus faoliyatini tiklash yoki sun'iy ravishda rag'batlantirish usullarini ham o'rganmoqda. Bu tadqiqotlar kelajakda immun yetishmovchilik kasalliklarini davolashda muhim ahamiyat kasb etishi mumkin.

Xulosa

Timus organizm immun tizimining markaziy organlaridan biri bo'lib, unda T-limfotsitlarning antigenga bog'liq bo'lmagan differensiasiyasi amalga oshadi. Ushbu jarayon ko'p bosqichli va murakkab biologik mexanizmlardan iborat bo'lib, unda genetik, molekulyar hamda hujayraviy omillar ishtirok etadi.

Timusda T-limfotsitlarning rivojlanishi davomida seleksiya jarayonlari amalga oshadi.

Pozitiv seleksiya orqali funksional T-limfotsitlar saqlanib qoladi, negativ seleksiya orqali esa autoreaktiv hujayralar yo'q qilinadi. Bu mexanizmlar immun tizimning xavfsiz va samarali ishlashini ta'minlaydi.

Shuningdek, timus gormonlari, stromal hujayralar hamda sitokinlar T-limfotsitlarning yetilishida muhim rol o'ynaydi. Timus faoliyatining buzilishi esa turli immunologik kasalliklarning rivojlanishiga olib kelishi mumkin.

Shu sababli timus va T-limfotsitlarning differensiasiyasi jarayonini o'rganish zamonaviy immunologiyaning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abbas A.K., Lichtman A.H. **Basic Immunology: Functions and Disorders of the Immune System**. Elsevier.
2. Janeway C.A. **Immunobiology**. Garland Science.
3. Murphy K. **Janeway's Immunobiology**. Garland Science.
4. Parham P. **The Immune System**. Garland Science.
5. Alberts B. **Molecular Biology of the Cell**. Garland Publishing.
6. Abbas A.K., Pillai S. **Cellular and Molecular Immunology**. Elsevier.
7. Male D., Brostoff J. **Immunology**. Mosby Publishing.
8. Delves P., Martin S. **Roitt's Essential Immunology**. Wiley-Blackwell.
9. Goldsby R., Kindt T. **Kuby Immunology**. W.H. Freeman.