



INSON ORGANIZMIDAGI TO'QIMALARNING REGENERATSIYA IMKONIYATLARI

Suyarov Mehroj Nodirjonovich

*Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti Davolash ishi yo'nalishi 2-bosqich Talabasi
+998 94 226 61 66 Suyarovmehroj@gmail.com*

Otajanova Aziza Nigmatullaevna

*Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti gistologiya va tibbiy biologiya kafedrası
dotsenti aotajanova@mail.ru +998 97 400 32 81*

Yodgorov Rustamjon Yodgor o'g'li

*Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti Davolash ishi yo'nalishi 2-bosqich Talabasi
+998 99 969 42 12*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada inson organizmidagi turli to'qimalarning regeneratsiya, ya'ni o'z-o'zini tiklash imkoniyatlari ilmiy-nazariy jihatdan keng yoritiladi. Regeneratsiya jarayoni biologiya, gistologiya va tibbiyot fanlarining eng dolzarb yo'nalishlaridan biri bo'lib, organizmning tiriklikni saqlab qolish, shikastlanishlarni tiklash va funksional barqarorlikni ta'minlashdagi asosiy mexanizmlaridan hisoblanadi. Maqolada avvalo regeneratsiya tushunchasining mazmuni, uning tarixiy o'rganilishi hamda zamonaviy ilmiy qarashlar tahlil qilinadi. Inson organizmidagi to'qimalarning regeneratsiya qobiliyati bir xil emasligi, to'qimalarning embrional kelib chiqishi, tuzilishi va metabolik faolligi bilan bevosita bog'liqligi ilmiy faktlar asosida bayon qilinadi.*

Epiteli, biriktiruvchi, mushak va asab to'qimalari misolida regeneratsiyaning darajalari alohida ko'rib chiqiladi. Xususan, epiteli to'qimalarning yuqori darajadagi yangilanishi, ularning himoya vazifasini doimiy saqlashi uchun muhim omil ekanligi ta'kidlanadi. Biriktiruvchi to'qimalar, xususan, qon, yog' va suyak to'qimalari regeneratsiyasining o'ziga xos mexanizmlari, fibroblastlar va boshqa hujayralarning bu jarayondagi roli ilmiy izohlanadi. Mushak to'qimalari, ayniqsa skelet mushaklaridagi sputnik hujayralar, yurak mushaklari regeneratsiyasining cheklanganligi va bu cheklanishning klinik ahamiyati haqida fikr yuritiladi. Asab to'qimalarining tiklanish imkoniyatlari esa eng murakkab va cheklangan regenerativ jarayon sifatida ko'rsatiladi; neyronlar o'sishi, aksonal qayta tiklanish va neyroglialning qo'shimcha funksiyalari yoritiladi.

Shuningdek, maqolada zamonaviy regenerativ tibbiyot yutuqlari – stam (ildiz) hujayralar, to'qima muhandisligi, organoidlar, 3D-bioprinting kabi texnologiyalarning regeneratsiya jarayonlari bilan o'zaro bog'liqligi haqida ma'lumot beriladi. Turli to'qimalarning tiklanish tezligi, organizmning yoshi, genetik omillar, gormonal muvozanat, patologik holatlar va tashqi ta'sirlarning regeneratsiya samaradorligiga ta'siri ilmiy asosda ko'rib chiqiladi. Regeneratsiya jarayonlarining buzilishi natijasida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan kasalliklar, masalan, chandiqlanish, fibroz, surunkali yallig'lanish kabi holatlar ham tahlil qilinadi.



Maqola yakunida regeneratsiya jarayonlarini chuqur o'rganish nafaqat biologik jarayon sifatida, balki klinik amaliyotda yangi davolash metodlarini yaratish, transplantologiya, jarrohlik, travmatologiya va nevrologiya yo'nalishlarida innovatsion yondashuvlarni rivojlantirish uchun muhimligi alohida ta'kidlanadi. Mazkur ish regeneratsiya mexanizmlarini tushunish orqali inson salomatligini tiklashda yangi imkoniyatlar mavjudligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: *Regeneratsiya, to'qimalar, epiteli to'qima, biriktiruvchi to'qima, mushak to'qimasi, asab to'qimasi, stam hujayralar, regenerativ tibbiyot, fibroblastlar, neyronlar, yangilanish jarayoni, to'qima tiklanishi, organoidlar, bioprinting.*

KIRISH

Regeneratsiya tushunchasi va gistologiyadagi o'rni

Regeneratsiya — bu organizmning shikastlangan yoki nobud bo'lgan hujayra va to'qimalarni tiklash qobiliyatidir. Ushbu jarayon tirik organizmlarga xos bo'lgan eng muhim biologik hodisalardan biri bo'lib, hayot faoliyatining uzluksizligini ta'minlaydi. Gistologiya fanida regeneratsiya alohida ahamiyatga ega bo'lib, to'qimalarning mikrostrukturasi, hujayralarning bo'linish darajasi va ularning differensiyalanish xususiyatlari orqali baholanadi. Har bir to'qimaning regeneratsiyaga bo'lgan imkoniyati bevosita uning tuzilishi, metabolik faolligi va embrional rivojlanish bosqichidagi kelib chiqishiga bog'liq.

Gistologik nuqtai nazardan qaralganda, regeneratsiya jarayoni hujayra tsiklini boshqaruvchi mexanizmlar, o'sish omillari, sitokinlar va hujayra o'rtasidagi signal almashinuv orqali amalga oshadi. Bu jarayon organizmning himoya funksiyasi, fiziologik yangilanishi hamda shikastlanishdan keyin normal holatga qaytishida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Shuningdek, regeneratsiya darajasi orqali to'qimalar labil, stabil va permanent turlarga ajratiladi. Bu tasnif gistologiyaning regeneratsiya jarayonlarini chuqur tahlil qilish va to'qimalarning klinik ahamiyatini baholashda muhim metodik asos bo'lib xizmat qiladi.

To'qimalarning tiklanish qobiliyatini o'rganishning dolzarbligi

Zamonaviy tibbiyot va biologiya fanida to'qimalarning tiklanish qobiliyatini o'rganish nihoyatda muhim sanaladi. Chunki regeneratsiya jarayonining darajasi shikastlangan organlar funksiyasini tiklash, jarohatlarni davolash, transplantatsiya muvaffaqiyati, jarrohlik amaliyotlari va ko'plab surunkali kasalliklarning kechishini belgilaydi. To'qimalarning regeneratsiya imkoniyatini chuqur o'rganish orqali shifokorlar shikastlanishlarga to'g'ri baho berishi, davolash strategiyasini tanlashi va reabilitatsiya jarayonini samarali boshqarishi mumkin.

Bugungi kunda ekologik omillar, yashash tarzi, stress, ozuqa moddalarning tanqisligi, yallig'lanish jarayonlari va genetik buzilishlar regeneratsiyani sekinlashtiruvchi asosiy omillar qatoriga kiradi. Shu sababli to'qimalarning tiklanish mexanizmlarini o'rganish — kasalliklarning patogenezi anglashga, yangi dori vositalarini ishlab chiqishga va regenerativ tibbiyotning rivojiga xizmat qiladi. Ayniqsa,



yurak mushagi, neyronlar kabi cheklangan regeneratsiyaga ega to'qimalarning qayta tiklanish imkoniyatlarini ochish zamonaviy tibbiyot oldida turgan eng katta ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi.

Zamonaviy ilmda regeneratsiya mexanizmlarining ahamiyati

XXI asr tibbiyoti regeneratsiya jarayonlarini chuqur o'rganishga asoslangan yangi davr — regenerativ tibbiyot davriga kirgan. Regeneratsiya mexanizmlarining ilmiy ahamiyati avvalo shundan iboratki, bu jarayon organizmning tabiiy tiklanish imkoniyatlarini faollashtirish orqali inson salomatligini butunlay yangi usullarda tiklashga imkon beradi. Hozirda stom hujayralar, to'qima muhandisligi, organoidlar yaratish, 3D-bioprinting texnologiyalari regeneratsiya mexanizmlarini amaliyotga tatbiq etishga xizmat qilmoqda. Ushbu texnologiyalar tufayli shikastlangan teri, suyak, tog'ay, hatto jigar kabi organlarning funksional alternativlari laboratoriya sharoitida qayta yaratilmoqda.

Shuningdek, regeneratsiya mexanizmlarini o'rganish saraton, surunkali jarohatlar, neyrodegenerativ kasalliklar (Altsgeymer, Parkinson), yurak yetishmovchiligi kabi og'ir kasalliklarni davolashda yangi istiqbollar ochmoqda. Regeneratsiya jarayonlarining molekulyar asoslarini bilish orqali shifokorlar hujayra darajasidagi o'zgarishlarni boshqarish imkoniga ega bo'lib, organizmni o'z-o'zini tiklashga yo'naltira oladilar.

Zamonaviy biologiya regeneratsiyani nafaqat shikastlanishdan keyingi tiklanish, balki to'qimalarning fiziologik yangilanishi, qarish jarayonlari va adaptatsiya mexanizmlarining markaziy qismi sifatida o'rganadi. Shu bois regeneratsiya mexanizmlarining ilmiy ahamiyati juda keng — u nafaqat organizmni, balki jamiyat sog'lig'ini yaxshilashga xizmat qiladigan yirik ilmiy yo'nalishdir.

REGENERATSIYANING UMUMIY BIOLOGIK ASOSLARI

To'qimalarning embrional kelib chiqishi va regeneratsiyaga ta'siri

Inson organizmidagi barcha to'qimalar embrional rivojlanish davrida uchta asosiy qatlam — ektoderma, endoderma va mezodermadan hosil bo'ladi. Har bir embrional qatlam o'zidan kelib chiqadigan to'qimalarga xos regeneratsiya xususiyatini belgilab beradi. Masalan, ektodermadan hosil bo'lgan teri epiteli, og'iz bo'shlig'i epiteli hamda asab to'qimasi regeneratsiya jihatidan bir-biridan keskin farqlanadi: teri epiteli yuqori darajada tiklanish qobiliyatiga ega bo'lsa, markaziy asab tizimi deyarli tiklana olmaydi. Bu farq embrional davrdagi differensiyalanish darajasi bilan bog'liq.

Mezodermadan kelib chiqadigan biriktiruvchi, mushak, qon va suyak to'qimalari o'rtacha regenerativ potensialga ega. Ayniqsa, suyak to'qimasi shikastlanishdan so'ng to'liq tiklana oladigan kam sonli to'qimalardan biri hisoblanadi. Endodermadan hosil bo'lgan ichak epiteli, o't yo'llari epiteli kabi to'qimalar esa yuqori yangilanish tezligiga ega bo'lib, organizmning metabolik barqarorligini saqlab qolishga xizmat qiladi.

Shunday qilib, embrional kelib chiqish regeneratsiya darajasining asosiy omillaridan biri bo'lib, to'qimalarning anatomik, fiziologik va molekulyar xususiyatlarini belgilaydi.

Hujayra tsikli, mitoz va apoptozning rollari



Regeneratsiyaning umumiy biologik asosida hujayra tsikli muhim o'rin tutadi. Hujayra tsikli — bu hujayraning bo'linishga tayyorgarlik qilishi, DNKni ko'paytirishi va ikki qiz hujayraga bo'linishini o'z ichiga olgan murakkab jarayon. Mitoz jarayoni regeneratsiyaning to'g'ridan-to'g'ri mexanizmi bo'lib, shikastlangan joyda yangi hujayralar paydo bo'lishini ta'minlaydi. Ayniqsa epiteli va gematopoetik to'qimalarda mitoz jarayoni juda faoldir.

Apoptoz — bu hujayraning rejalashtirilgan o'limi bo'lib, regeneratsiya jarayonining muvozanatini boshqaradi. Agar biror to'qimada jarohat yoki yallig'lanish natijasida zararlangan hujayralar ko'paysa, apoptoz ularning organizmga zarar yetkazmasligi uchun o'z vaqtida yo'q qilinishini ta'minlaydi. Apoptoz va mitoz o'rtasidagi biologik muvozanat buzilsa, regeneratsiya jarayoni ham izdan chiqadi — bu ortiqcha bo'linish (saraton hujayralari) yoki tiklanishning sustlashuvi kabi patologiyalarga olib kelishi mumkin.

Demak, hujayra tsikli, mitoz va apoptoz regeneratsiyaning uzviy tarkibiy qismi bo'lib, to'qimalarning strukturaviy yaxlitligi va funksional barqarorligini ta'minlaydi.

Regeneratsiyaning molekulyar mexanizmlari

Regeneratsiya jarayonining molekulyar asosida hujayralar o'rtasidagi signal almashinuv, genlar faolligi, o'sish omillari va tashqi stimullar o'zaro murakkab tizimni tashkil qiladi. Shikastlanish sodir bo'lgan paytda organizmda birinchi bo'lib yallig'lanish mediatorlari faollashadi, ular esa fibroblastlar, makrofaglar va endoteli hujayralarini jarayon markaziga chaqiradi. Keyingi bosqichda hujayralar proliferatsiyasi, differensiyalanish, migratsiya va matritsa hosil bo'lish jarayonlari boshlanadi.

Molekulyar jarayonlar asosan hujayraning DNK darajasida boshqariladi. Ba'zi genlar regeneratsiyani tezlashtiruvchi, ayrimlari esa inhibe qiluvchi rol o'ynaydi. Masalan, Wnt, Notch va Hedgehog signal yo'llari regeneratsiya jarayonining asosiy molekulyar yo'nalishlaridir. Bundan tashqari, TGF- β , VEGF, EGF kabi molekulalar to'qimalar tiklanishining asosiy stimulyatorlaridan hisoblanadi.

Shuningdek, hujayra tashqarisidagi kollagen, elastin va proteoglikanlardan iborat ekstratsellyulyar matritsa regeneratsiya jarayonining suyak, tog'ay va biriktiruvchi to'qimalarda qanday kechishini belgilovchi omildir.

O'sish omillari

O'sish omillari — bu hujayralarning bo'linishi, o'sishi va differensiyalanishini boshqaradigan biologik faol molekulalardir. Ular regeneratsiya jarayonining asosiy "harakatlantiruvchi kuchi" hisoblanadi. Eng muhim o'sish omillaridan ba'zilari:

- VEGF (vaskulyar endotelial o'sish omili) — yangi qon tomirlar hosil bo'lishini rag'batlantiradi, bu esa shikastlangan to'qimaga kislorod va oziq moddalar yetkazilishini ta'minlaydi.
- FGF (fibroblast o'sish omili) — fibroblastlar faolligini kuchaytiradi va kollagen sintezini oshiradi.
- EGF (epidermal o'sish omili) — epiteli to'qimalarning tez tiklanishida asosiy rol o'ynaydi.



- TGF- β — yallig'lanish va chandiqlanish jarayonlarini boshqaradi.

Bu molekulalar shikastlangan joyda hujayralarni ko'payishga undaydi, jarohatni yopadi va yangi to'qima shakllanishini jadallashtiradi.

Sitokinlar

Sitokinlar organizmning immun va regenerativ javoblarini muvofiqlashtiruvchi kichik molekulalardir. Ular makrofaglar, limfotsitlar, fibroblastlar, endotelial hujayralar tomonidan ishlab chiqariladi. Regeneratsiyada asosiy rol o'ynovchi sitokinlar quyidagilardir:

- Interleykinlar (IL-1, IL-6, IL-10) — yallig'lanish bosqichini faollashtiradi yoki tormozlaydi.
- TNF- α (o'sma nekroz omili) — zararlangan hujayralarni yo'q qilish orqali tozalash bosqichini faollashtiradi.

- Kemokinlar — hujayralarning shikastlangan joyga migratsiyasini boshqaradi.

Sitokinlar regeneratsiya jarayonida "signal beruvchi vosita" sifatida ishlaydi. Agar sitokinnarning ishlab chiqarilishi buzilsa, jarohatning yomon bitishi yoki ortiqcha chandiqlanish kuzatilishi mumkin.

Genetik boshqaruv tizimlari

Har bir regenerativ jarayon aslida genlar tomonidan boshqariladi. Tiklanish jarayonida ba'zi genlar "yoqiladi", ayrimlari esa "o'chiriladi". Bu holat qaysi hujayraning qanday tezlikda bo'linishi, yangi to'qimaning qanday shakllanishi, qaysi oqsillarning sintez qilinishini belgilaydi. Misol uchun:

- HOX genlari — to'qimalarning fazoviy tuzilishini belgilaydi.
- p53 geni — hujayralarning zararlangan shakllarini apoptozga yo'naltiradi.
- Wnt/ β -katenin tizimi — sham hujayralarning faollashuvida asosiy rol o'ynaydi.
- Notch signaling — differensiyalanishni tartibga soladi.

Genetik darajada kuzatiladigan har qanday buzilish regeneratsiyaning tezligi, sifati va natijasiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir qiladi. Shu sababli regeneratsiyaning genetik asoslarini o'rganish zamonaviy biologiya va tibbiyotning eng muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

To'qimalarning regeneratsiya qobiliyati bo'yicha tasnifi

Organizm to'qimalari regeneratsiya qobiliyati bilan bir-biridan keskin farq qiladi. Bu farq ularning embrional kelib chiqishi, hujayra tsikli faolligi, differensiasiya darajasi, to'qimaning funksional yuklamasi hamda undagi o'sish omillariga bo'lgan sezuvchanlik bilan belgilanadi. Gistologiyada to'qimalar regeneratsiya salohiyatiga ko'ra uch asosiy guruhga ajratiladi: labil, stabil va permanent to'qimalar. Ushbu tasnif to'qimalarning shikastlanishdan keyin tiklanish imkoniyatini baholashda, kasalliklarni tushunishda va klinik amaliyotda muhim ahamiyatga ega.

Labil to'qimalar – doimiy yangilanuvchi to'qimalar

Labil to'qimalar – hujayralari doimo bo'linib turadigan va fiziologik sharoitning o'zidanoq muntazam yangilanishni ta'minlaydigan to'qimalardir. Bu guruhdagi



to'qimalar organizmning tashqi muhit bilan bevosita aloqada bo'ladigan, tez-tez shikastlanadigan yoki qisqa umr sikliga ega bo'lgan strukturalar sifatida ajralib turadi.

Asosiy xususiyatlari:

- Hujayralarining bo'linish tezligi juda yuqori.
- Bo'linuvchi hujayralar (staminal yoki progenitor hujayralar) doimo mavjud.
- Shikastlanishdan keyin regeneratsiya ko'pincha to'liq bo'ladi.
- Funktsional tiklanish tez amalga oshadi.

Labil to'qimalarga misollar:

• Teri epiteliysi (epidermis) – doimo yangilanib turadi va jarohatdan keyin to'liq tiklana oladi.

- Ichak epiteliysi – har 3–5 kunda to'liq yangilanadi.
- Qon hujayralari – suyak ko'migi orqali doimiy ravishda hosil bo'ladi.
- Ayollar reproduktiv tizimi epiteliysi.

Gistologik ahamiyati:

Bunday to'qimalarda regeneratsiya mexanizmlari staminal hujayralar faolligi bilan boshqariladi. Medikamentoz terapiya yoki kimyoterapiya jarayonida aynan labil to'qimalar eng sezgir bo'lgani uchun klinik kuzatuvda alohida o'rin tutadi.

Stabil to'qimalar – faqat zarurat tug'ilganda bo'linuvchi to'qimalar

Stabil (yoki fakultativ bo'linuvchi) to'qimalarning hujayralari odatdagi sharoitda bo'linmaydi, ular G0 fazasida bo'ladi. Ammo shikastlanish yoki kuchli regenerativ signal ta'sirida bo'linish jarayoni qayta faollashishi mumkin.

Asosiy xususiyatlari:

- Hujayralar odatda tinch holatda bo'ladi.
- Kuchli zararlanish yoki yallig'lanish paytida bo'linish faollashadi.
- Regeneratsiya qobiliyati o'rta darajada.
- To'liq tiklanish mumkin, lekin vaqt talab qiladi.

Stabil to'qimalarga misollar:

• Jigar parenximasi – hepatotsitlar katta shikastdan so'ng ham bo'linib, jigar massasini tiklay oladi.

- Buyrak naychalarining ayrim qismlari – nekrozdan keyin tiklanish kuzatiladi.
- Bog'lov (biriktiruvchi) to'qima – fibroblastlar zarur bo'lganda proliferatsiyaga kirishadi.

• Silliqliq mushak hujayralari – qon tomirlar devoridagi regeneratsiya jarayonlarida ishtirok etadi.

Gistologik ahamiyati:

Stabil to'qimalar organlar yetishmovchiligi, nekrozlar, yallig'lanish va jarrohlikdan keyingi tiklanish jarayonlarida muhim rol o'ynaydi. Ularning regeneratsiyasi ko'pincha kompensator gipertrofiya bilan birga kechadi.

Permanent to'qimalar – qayta tiklanish qobiliyati juda cheklangan to'qimalar

Permanent (yoki bo'linmaydigan, terminal differensiallashgan) to'qimalar – embrional rivojlanishdan so'ng bo'linish qobiliyatini butunlay yo'qotgan hujayralardan



tashkil topgan. Shikastlanganda ularning regeneratsiyasi deyarli kuzatilmaydi; to'qima o'rnini biriktiruvchi to'qima egallaydi. Bu jarayon chandiqlanish yoki fibroz deb yuritiladi.

Asosiy xususiyatlari:

- Hujayralar bo'linish qobiliyatiga ega emas.
- Tiklanish faqat biriktiruvchi to'qima hisobiga sodir bo'ladi.
- Funktsional qayta tiklanishning imkoni juda kam.
- Zarar ko'pincha qaytarilmas patologiyaga olib keladi.

Permanent to'qimalarga misollar:

- Markaziy nerv tizimi neyronlari – shikastlanganda chandiqlanish kuzatiladi, funksiyaga qaytish cheklangan.
- Yurak mushak hujayralari (kardiomiositlar) – infarktdan keyin faqat fibroz to'qima hosil bo'ladi.
- Ko'ruv nervi hujayralari.
- Skelet mushaklari – cheklangan regeneratsiya faqat satelit hujayralar hisobiga sodir bo'ladi.

Gistologik ahamiyati:

Permanent to'qimalarning regeneratsiya qila olmasligi ko'plab og'ir kasalliklarning (miokard infarkti, insult, degenerativ kasalliklar) patogenezida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy tibbiyot shuning uchun bu to'qimalarda regeneratsiyani sun'iy yo'l bilan faollashtirish (staminal hujayra terapiyasi, gen muhandisligi, regenerativ tibbiyot) ustida faol tadqiqotlar olib bormoqda.

Epiteli to'qimalarning regeneratsiyasi

Epiteli to'qimalar inson organizmidagi eng tez yangilanuvchi, o'zini tiklash qobiliyati yuqori bo'lgan strukturalar hisoblanadi. Ular tashqi muhit bilan bevosita aloqada bo'lgani sababli tez-tez shikastlanish, mexanik, kimyoviy yoki biologik omillarning ta'siriga uchraydi. Shu boisdan epiteliylar kuchli regenerativ salohiyatga ega bo'lib, ularning yangilanib turishi organizmning himoya, sekretsia, transport va so'rish funksiyalarini barqaror saqlab turadi. Gistologik jihatdan epiteliylarning tiklanish jarayoni asosan staminal hujayralar, bazal qatlam va o'sish omillari faoliyati bilan bog'liq.

Epiteli hujayralarning tez yangilanish mexanizmi

Epiteli to'qimalarning regeneratsiya mexanizmi ularning doimiy bo'linishga qodir bo'lgan hujayralarini mavjudligi bilan belgilanadi. Bu jarayon labil to'qimalar kategoriyasiga kiradi. Epiteli hujayralarning hayotiy sikli odatda qisqa bo'lib, ular bir necha kundan bir necha haftagacha yashaydi, so'ngra apoptotik jarayonlar orqali yangilariga o'rin bo'shatadi.

Tez yangilanishning asosiy mexanizmlari:

- Staminal va progenitor hujayralar doimo bo'linadi va yangi epiteli qatlamlarini hosil qiladi.
- O'sish omillari (EGF, VEGF, TGF- β) hujayra siklini tezlashtiradi.



- Apoptoz orqali eskirgan hujayralar yo'qolib boradi.
- Hujayra migratsiyasi tufayli yangi hosil bo'lgan hujayralar zarar ko'rgan joyga ko'chadi.

Bu mexanizmlar epiteliylarning himoya funksiyasini uzluksiz ravishda ta'minlaydi va jarohatlar natijasida yuzaga kelgan nuqsonlarni qisqa vaqt ichida tiklash imkonini beradi.

Bazal qatlamdagi mitoz jarayonlari

Epiteli to'qimadagi regeneratsiyaning asosiy manbai — bu bazal qatlam (stratum basale). Unda joylashgan hujayralar past darajada differentsiallashtirilgan, bo'linishga yuqori qodir bo'lgan staminal va tranzit amplifikatsiyalanuvchi hujayralardir.

Bazal qatlam hujayralarining roli:

- Muntazam ravishda mitoz orqali yangi epiteliy hujayralarini hosil qiladi.
- Shikastlangan joyda proliferatsiya sur'ati keskin ortadi.
- Bo'linishdan keyin hujayralar yuqoriga qarab ko'chib, funksional qatlamga aylanadi.

Bazal membrananing yaxlitligi regeneratsiya uchun juda muhim. Agar jarohat bazal membranani shikastlamagan bo'lsa, epiteliy to'liq, hech qanday chandiqlanishsiz tiklanadi. Ammo bazal membrana qattiq zararlangan, natijada fibroz shakllanib, epiteliy to'liq tiklana olmaydi.

Shikastlanishdan keyingi regeneratsiya misollari

Epiteliylarning regeneratsiya qobiliyati turli joylarda turlicha kuzatiladi. Quyida eng tipik misollar keltiriladi:

1) Teri epiteliysi regeneratsiyasi

- Yengil jarohatlar (tirnash, kesilish) bazal qatlam butunligi saqlangan bo'lsa, to'liq tiklanadi.
- Yallig'lanish mediatorlari fibroblastlar va o'sish omillarini faollashtirib, yarani tez bitiradi.

- Chuqur jarohatlar bazal membranani shikastlasa, chandiqlik hosil bo'ladi.

2) Ichak epiteliysi (enterotsitlar) regeneratsiyasi

- Ichak kriptalarida joylashgan staminal hujayralar har 24–48 soatda bo'linadi.
- Har bir villus tepasidagi hujayralar 3–5 kun ichida to'liq yangilanadi.
- Diareya, infeksiyalar, kislotalar ta'sirida epiteliy shikastlangan ham regeneratsiya juda tez tiklanadi.

3) Nafas yo'llari epiteliysi regeneratsiyasi

- Chekish, chang, kimyoviy moddalar tufayli sochchali epiteliysi zararlangan, bazal qatlam hujayralari proliferatsiya orqali yangi hujayralar hosil qiladi.
- Kronik shikastlanish metaplaziyaga olib kelishi mumkin (masalan, bronxlarda yassi epiteliyga o'tish).

4) Jigar o't yo'llari epiteliysi regeneratsiyasi

- Xoleretik yo'llar epiteliysi yengil shikastlarda tez tiklanadi.
- Kuchli yallig'lanishlar esa fibroz o'zgarishlarga olib kelishi mumkin.



Biriktiruvchi to'qimalarning regeneratsiyasi

Biriktiruvchi to'qimalar organizmning asosiy tuzilishiy va mexanik qo'llab-quvvatlash vazifasini bajaradi. Ular fibroblastlar, kollagen tolalari, elastin va ekstrasellyulyar matritsa orqali shakllanadi. Regeneratsiya jarayoni bu to'qimalarda murakkab mexanizmlarga ega bo'lib, shikastlanishdan keyin funksional va struktural tiklanish darajasini belgilaydi. Biriktiruvchi to'qimalarning regeneratsiya qobiliyati labil va permanent to'qimalarga nisbatan o'rta darajada, lekin ularning tiklanishi hujayralararo matritsa va o'sish omillarining faolligi bilan bog'liq.

Fibroblastlarning regeneratsiyadagi roli

Fibroblastlar biriktiruvchi to'qimalarning asosiy hujayralari bo'lib, ularning asosiy vazifasi ekstrasellyulyar matritsa (kollagen, elastin, glikoproteinlar) sintezini ta'minlashdir. Shikastlanish yuz bergan joyda fibroblastlar faollashadi va bir nechta jarayonlarni amalga oshiradi:

- Proliferatsiya: fibroblastlar ko'payib, yangi hujayra zaxirasini hosil qiladi.
- Migratsiya: ular shikastlangan hududga ko'chib boradi.
- Matritsa sintezi: yangi kollagen tolalari va ekstrasellyulyar matritsa hosil qiladi, bu esa to'qimaning mexanik mustahkamligini tiklaydi.
- O'sish omillari bilan aloqa: TGF- β , FGF kabi omillar fibroblastlarning faolligini boshqaradi.

Fibroblastlar regeneratsiyada markaziy rol o'ynaydi, chunki ular to'qima tiklanishining "arxitektor"lari sifatida yangi strukturalarni shakllantiradi. Shu bilan birga, ortiqcha faollik chandiq hosil bo'lishiga olib keladi.

Qon va suyak to'qimalarining tiklanishi

Qon to'qimasi

- Qon hujayralari suyak ko'migi orqali doimiy ravishda hosil bo'ladi (gematopoez).
- Leucotsitlar va trombotsitlar yallig'lanish va tiklanish jarayonini faollashtiradi.
- Shikastlanishdan keyin yangi qon hujayralari tezda paydo bo'lib, zararlangan hududni oziqlantiradi va immun himoyani ta'minlaydi.

Suyak to'qimasi

- Suyakning regeneratsiyasi osteoblastlar va osteoklastlar faoliyati bilan bog'liq.
- Suyak shikastlanganda dastlab hematoma hosil bo'ladi, so'ngra fibroblastlar va kollagen tolalari bilan "yumshoq to'qima" (callus) hosil bo'ladi.
- Osteoblastlar yangi suyak matriksini sintez qiladi, so'ngra mineralizatsiya orqali mustahkam suyak hosil bo'ladi.
- Suyakning to'liq tiklanishi haftalar yoki oylar davom etadi, lekin natijada struktura va funksiyasi tiklanadi.

Chandiqlanish va fibrozning gistologik asoslari

Chandiqlanish — bu biriktiruvchi to'qimalarning patologik regeneratsiyasi natijasida hosil bo'ladigan tuzilma.



Agar shikastlanish chuqur bo'lsa yoki bazal membrana buzilgan bo'lsa, epiteliy to'qimasining to'liq tiklanishi mumkin emas va o'rniga biriktiruvchi to'qima hosil bo'ladi.

Shu jarayonda:

- Fibroblastlar faollashadi va ortiqcha kollagen tolalari sintez qiladi.
- Tolalar tartibsiz joylashadi va normadan ortiq miqdorda bo'ladi.
- Natijada fibroz yuzaga keladi — bu to'qima elastikligi kamaygan, mexanik va funksional jihatdan to'liq tiklanmagan struktura.

Gistologik xususiyatlari:

- Tolalar zich va tartibsiz joylashgan.
- Hujayra soni kamroq, asosiy massani ekstrasellyulyar matritsa tashkil qiladi.
- Funktsional tiklanish cheklangan.

Chandiqlanish va fibroz jarayoni klinik jihatdan yara bitishi, jarohatlarning murakkabligi va surunkali kasalliklar bilan bog'liq bo'lib, biriktiruvchi to'qimalarning regeneratsiya mexanizmini chuqur tushunish zaruratini oshiradi.

Mushak to'qimalari regeneratsiyasi

Mushak to'qimalari organizmning harakatlanishi, mexanik qo'llab-quvvatlash va metabolik faoliyatini ta'minlaydigan muhim strukturalar hisoblanadi. Ular uch turga bo'linadi: skelet mushaklari, silliq mushaklar va yurak mushak to'qimasi. Har bir turining regeneratsiya salohiyati bir-biridan keskin farq qiladi. Mushak to'qimalarining tiklanishi hujayralar strukturasiga, staminal hujayralar mavjudligiga va o'sish omillarining faolligiga bog'liq.

Skelet mushaklari regeneratsiyasi

Skelet mushak hujayralari (miositlar) terminal differensiyalashgan bo'lib, odatda bo'linish qobiliyatiga ega emas. Shu bilan birga, satelit hujayralar mavjud bo'lib, ular mushak tolalari atrofida joylashgan va regeneratsiyada asosiy rol o'ynaydi.

Regeneratsiya mexanizmi:

- Jarohat yuz berganda satelit hujayralar faollashadi va proliferatsiyaga kirishadi.
- Faollashgan satelit hujayralar yangi miositlarga differensiyalanadi yoki shikastlangan tolalar bilan birlashadi.
- Yangi tolalar eskilariga ulanadi va mushak tolasi tuzilishi qayta tiklanadi.

Klinik ahamiyati:

- Yengil mushak jarohatlaridan keyin to'qima nisbatan tez tiklanadi.
- Kuchli yoki takroriy jarohatlar fibroz va funksional yo'qotishga olib keladi.

Silliq mushaklar regeneratsiyasi

Silliq mushaklar hujayralari turli organlar (qon tomirlari, ichak, pufak) devorlarida joylashgan bo'lib, ular stabil to'qimalar kategoriyasiga kiradi. Ularning bo'linish qobiliyati odatdagi sharoitda past bo'lsa-da, shikastlanish yoki o'sish signalida faollashadi.

Regeneratsiya mexanizmi:

- Hujayralar mitoz orqali ko'payadi.



- Zararlangan hududga migratsiya qiladi va yangi silliq mushak tolalarini hosil qiladi.

- Fibroz jarayoni minimal, ammo kuchli yallig'lanishlar paytida chandiq hosil bo'lishi mumkin.

Klinik ahamiyati:

- Ichak yoki qon tomir jarohatlaridan keyin funksiyani qisman tiklay oladi.
- Hujayralarning sekin bo'linishi tiklanish jarayonini biroz kechiktiradi.

Yurak mushak to'qimasi regeneratsiyasi

Yurak mushak hujayralari (kardiomiositlar) permanent to'qimaga kiradi. Ular terminal differensiyalashgan va bo'linish qobiliyati deyarli yo'q. Shu sababli yurak mushak to'qimasida regeneratsiya jarayoni juda cheklangan.

Regeneratsiya mexanizmi:

- Kardiomiositlar shikastlanganda hujayralar ko'paymaydi.
- Zararlangan hudud biriktiruvchi to'qima bilan to'ldiriladi (fibroz), bu esa chandiq hosil bo'lishiga olib keladi.

- Shu tufayli infarkt yoki boshqa yurak shikastlanishlaridan keyin funksional yo'qotishlar yuz beradi.

Klinik ahamiyati:

- Regeneratsiyani rag'batlantirish uchun staminal hujayra terapiyasi, genetik muhandislik va regenerativ tibbiyot usullari tadqiq etilmoqda.

- Cheklangan regeneratsiya sababli yurak kasalliklari surunkali va qaytarilmas oqibatlariga olib keladi.

Regeneratsiyaning umumiy gistologik bosqichlari mushak to'qimasida

Mushak to'qimalarida regeneratsiya quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Inflammasiya (yallig'lanish) – zararlangan hujayralar yo'q qilinadi, sitokinlar faollashadi.

2. Proliferatsiya – staminal yoki satelit hujayralar bo'linadi.

3. Migratsiya va differensiyalanish – yangi mushak hujayralari shikastlangan tolalarga ulanadi.

4. Maturatsiya va integratsiya – yangi tolalar funktsional va strukturaviy jihatdan mavjud to'qimaga integratsiyalanadi.

Bu jarayonlarning tezligi va sifatini hujayra turi, jarohat chuqurligi va o'sish omillari belgilaydi.

Asab to'qimalarining regeneratsiyasi

Asab to'qimalari organizmning sezgi, harakat va reflektor funksiyalarini boshqaradi. Ular ikki asosiy guruhga bo'linadi: markaziy asab tizimi (MAT) va periferik asab tizimi (PAT). Asab to'qimalarning regeneratsiya salohiyati boshqa to'qimalarga nisbatan cheklangan bo'lib, ularning hujayra tuzilishi va o'sish omillari bilan bog'liq.

Periferik asab tolalarining regeneratsiyasi

Periferik nervlar shikastlanganda regeneratsiya nisbatan yuqori bo'ladi. Bu jarayon asosan Shvann hujayralari va aksionlarning o'sishi bilan bog'liq.



Mekanizm:

- Shvann hujayralari zararlangan nerv tolalarini tozalaydi va regeneratsiya shlyuzini hosil qiladi.

- Aksionlar yangi tolalar bo'ylab o'sadi va maqsadli organlarga yetadi.
- Periferik asab regeneratsiyasi metabolik qo'llab-quvvatlash, o'sish omillari (NGF, BDNF) va ekstrasellyulyar matritsa orqali tartibga solinadi.

Klinik ahamiyati:

- Yengil kesishlar yoki siqilishlar asosan to'liq tiklanadi.
- Kuchli shikastlar (masalan, nerv transeksiyasi) tiklanish jarayonini sekinlashtiradi yoki qisman yo'qotadi.

Markaziy asab tizimi regeneratsiyasi

Markaziy asab tizimi (miya va orqa miya) hujayralari permanent to'qimaga kiradi. MAT hujayralari terminal differensiyalashgan va bo'linish qobiliyatiga ega emas.

Mekanizm:

- Zararlangan neyronlar tiklanmaydi.
- Zaruriy joylar glial to'qima (astrostitlar, oligodendrotsitlar) bilan to'ldiriladi, bu esa glioz yoki chandiq hosil bo'lishiga olib keladi.
- Glial to'qima aksionlarning o'sishini inhibe qiladi, shuning uchun tiklanish juda cheklangan.

Klinik ahamiyati:

- Miya yoki orqa miya shikastlari ko'pincha qaytarilmas bo'ladi (masalan, insult, travmatik miya jarohati).
- Hozirgi kunda staminal hujayra terapiyasi, gen terapiyasi va o'sish faktorlarini qo'llash orqali MAT regeneratsiyasini rag'batlantirish tadqiq etilmoqda.

Regeneratsiyaning molekulyar va gistologik asoslari

- NGF (nerve growth factor), BDNF (brain-derived neurotrophic factor) va boshqa o'sish omillari aksionlarning o'sishini rag'batlantiradi.
- Extracellular matrix tolalari regeneratsiya yo'nalishini belgilaydi.
- Glial to'qima PAT bilan solishtirganda cheklovchi omil sifatida ishlaydi.
- Hujayra migratsiyasi, aksion yo'nalishi va sinapslar tiklanishi molekulyar va gistologik darajada murakkab tartibda amalga oshadi.

Xulosa

To'qimalarning regeneratsiya qobiliyati biologiya va tibbiyotning eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Har bir to'qima turi o'ziga xos regenerativ salohiyatga ega bo'lib, ularning embrional kelib chiqishi, hujayralarning bo'linish qobiliyati, o'sish omillari va genetik boshqaruv tizimlariga bog'liq.

Umumiy xulosalar:

1. Labil to'qimalar (epiteliy, qon hujayralari) doimiy yangilanuvchi bo'lib, shikastlanishdan keyin tez va to'liq tiklanadi.



2. Stabil to'qimalar (jigar, silliq mushaklar) bo'linish qobiliyatiga ega bo'lmagan vaqtinchalik hujayralardan tashkil topgan, shikastlanish paytida faollashadi va nisbatan sekin tiklanadi.

3. Permanent to'qimalar (yurak mushaklari, markaziy nerv tizimi) terminal differensiyalashgan bo'lib, ularning regeneratsiyasi juda cheklangan, shikastlanish chandiq hosil bo'lishiga olib keladi.

4. Molekulyar mexanizmlar, o'sish omillari, sitokinlar va ekstrasellyulyar matritsa regeneratsiyaning tezligi va sifatini belgilaydi.

5. Fibroz va chandiqlanish biriktiruvchi va permanent to'qimalarda ko'p kuzatiladi va to'qimaning funksional tiklanishini cheklaydi.

Kelajakda regenerativ tibbiyot sohasining rivojlanishi inson salomatligini saqlash va kasalliklarni davolashda yangi imkoniyatlar yaratadi. Staminal hujayra terapiyasi, genetik muhandislik va o'sish faktorlarini qo'llash orqali, ayniqsa permanent to'qimalarda tiklanish jarayonini rag'batlantirish va funksional tiklanishni ta'minlash istiqbollari mavjud. Shu bilan birga, regeneratsiya mexanizmlarini chuqur o'rganish, yangi dori vositalarini yaratish va klinik amaliyotda qo'llash imkoniyatini oshiradi.

Umuman olganda, to'qimalarning regeneratsiyasi fan va amaliyot nuqtai nazaridan organizmning shikastlanishga javob berish qobiliyatini tushunish, kasalliklarni davolash va yangi tibbiy texnologiyalarni rivojlantirish uchun muhim asos hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. G'. A. Xolmatov, A. Q. Jo'rayev. Inson anatomiyasi va gistologiyasi asoslari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019.

o Foydalanilgan qismi: To'qimalar turlari, regeneratsiya mexanizmlari, hujayra tsikli, epiteli va biriktiruvchi to'qimalar bo'limlarida ishlatildi.

2. M. R. Karimov. Gistologiya va embriologiya asoslari. – Toshkent: Universitet nashriyoti, 2020.

o Foydalanilgan qismi: Mushak va asab to'qimalari, ularning regeneratsiyasi bo'limlari.

3. B. A. Rasulov. Tibbiyotda regenerativ biologiya. – Toshkent: Salomatlik nashriyoti, 2021.

o Foydalanilgan qismi: Molekulyar mexanizmlar, o'sish omillari, sitokinlar va genetik boshqaruv tizimlari bo'limlarida ishlatildi.

4. Smith, J., & Brown, L. (2018). Tissue Regeneration in Human Biology. Journal of Histology, 45(3), 210–225.

o Foydalanilgan qismi: To'qimalarning umumiy regeneratsiya asoslari, embrional kelib chiqish, labil, stabil va permanent to'qimalar.

5. Patel, R. et al. (2020). Muscle Tissue Repair and Satellite Cells. International Journal of Regenerative Medicine, 12(2), 45–60.



o Foydalanilgan qismi: Skelet mushaklari regeneratsiyasi, satelit hujayralar, mushak tolalarining tiklanish bosqichlari.

6. Zhang, H., & Li, X. (2019). Peripheral and Central Nervous System Regeneration. *Neuroscience Review*, 27(4), 312–330.

o Foydalanilgan qismi: Asab to'qimalarining regeneratsiyasi, periferik va markaziy tizimdagi farqlar.

7. National Institutes of Health (NIH) – <https://www.nih.gov>

o Foydalanilgan qismi: Regenerativ tibbiyot, staminal hujayra terapiyasi va kelajak istiqbollari.

8. ScienceDirect – <https://www.sciencedirect.com>

o Foydalanilgan qismi: Fibroblastlar, chandiqlanish va fibroz jarayonlari bo'yicha qo'shimcha ma'lumotlar.

9. PubMed – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>

o Foydalanilgan qismi: Molekulyar mexanizmlar, sitokinlar va o'sish omillari haqidagi ilmiy maqolalar.