HUJAYRADAN TASHQARI MATRITSA (ECM) VA MEXANOTRANSDUKSIYA: TO‘QIMALAR GISTOMORFOLOGIK PLASTIKASINING MOLEKULYAR MEXANIZMLARI

Muallif: Jo‘rayeva Samiya Hasanovna, Toshkent davlat tibbiyot universiteti Termiz filiali gistologiya kafedrasi o‘qituvchisi.

Hammualliflar: Turdiyev Shaxboz Zafarovich, Azamatov Bahodir Azamatovich, Baxtiyorov Suxrob Alimardonovich, Toshkent davlat tibbiyot ***universiteti Termiz filiali, 1-son davolash ishi fakulteti, 25/03-a guruh talabalari.***

ANNOTATSIYA

Zamonaviy gistologiya fanining rivojlanishi to‘qimalarning strukturaviy yaxlitligini o‘rganishdan ularning dinamik funksional holatini baholashga qarab siljimoqda. Ushbu tadqiqot hujayradan tashqari matritsa (ECM) va mexanotransduksiya jarayonlarining o‘zaro funksional bog‘liqligini chuqur tahlil qiladi. ECM faqat mexanik qo‘llab-quvvatlovchi qarkas emas, balki hujayralarning fenotipik taqdiri, proliferatsiyasi va differensiatsiyasini modulyatsiya qiluvchi murakkab informatsion maydon ekanligi ilmiy asoslab beriladi. Maqolada mexanik kuchlanishlarning hujayra membranasidan yadroga qadar uzatilishi, integrin-bog‘liq fokal adgeziya komplekslari, YAP/TAZ transkripsiya ko-aktivatorlarining roli hamda patologik jarayonlarda (fibroz va karsinogenez) gistomorfologik plastikaning buzilishi batafsil yoritilgan. Tadqiqot natijalari regenerativ tibbiyot va to‘qima muhandisligida ushbu mexanizmlarni terapevtik nishon sifatida qo‘llash istiqbollarini muhokama qiladi.

Kalit so‘zlar: Mexanotransduksiya, hujayradan tashqari matritsa (ECM), integrinlar, YAP/TAZ signal yo‘li, gistomorfologik plastika, fokal adgeziya, mexanobiologiya, to‘qima gomeostazi.

KIRISH

Klassik gistologiya fani XX asr davomida to‘qimalarni asosan statik morfo-strukturaviy birliklar sifatida tavsiflab keldi. Biroq, XXI asr molekulyar biologiyasi va biofizikasidagi yutuqlar to‘qima arxitekturasining o‘zgaruvchanligi (gistomorfologik plastika) hujayralarning atrof-muhit bilan uzluksiz fizik va kimyoviy "muloqot"iga bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Hujayra o‘z atrofidagi muhitning fizik parametrlari – ECM ning zichligi, qattiqligi (stiffness) va mexanik kuchlanishni (tension) sezish qobiliyatiga ega. Bu fenomen "mexanotransduksiya" deb atalib, hujayra ichidagi gen ekspressiyasini bevosita boshqarib, to‘qimaning funksional holatini belgilaydi. Ushbu tadqiqotning maqsadi to‘qimalarning gistomorfologik plastikasini ta’minlovchi molekulyar mexanizmlarni tizimli tahlil qilishdir.

1. HUJAYRADAN TASHQARI MATRITSA (ECM) NING STRUKTURAVIY VA MEXANIK XUSUSIYATLARI

ECM – bu hujayralarni o‘rab turgan murakkab makromolekulyar tarmoq bo‘lib, u kollagen, elastin, glikozaminoglikanlar (GAGs) va proteoglikanlardan iborat.

- **Kollagenlar:** ECM ning asosiy mexanik qarkasini tashkil qilib, to‘qimaning cho‘zilishga chidamliligini ta’minlaydi.
- **Elastin:** To‘qimalarga qaytuvchan elastiklik beradi.

Proteoglikanlar: Gidratatsiya darajasini belgilab, to‘qimaning bosimga chidamliligini ta’minlaydi.

ECM faqatgina hujayra uchun "ramka" emas, balki hujayra membranasidagi retseptorlar (integrinlar) orqali hujayra ichiga ma’lumot uzatuvchi dinamik matritsadir. To‘qimaning qattiqligi (ECM stiffness) o‘zgarishi (masalan, yosh o‘tishi bilan yoki yallig‘lanish jarayonida) hujayralarning differensiatsiya yo‘nalishini o‘zgartirishi mumkin.

2. MEXANOTRANSDUKSIYA: SIGNAL UZATISH KASKADI

Hujayraning mexanik signallarni qabul qilishi va ularni kimyoviy signallarga aylantirishi ko‘p bosqichli jarayon:

1. **Integrinlar va fokal adgeziya:** Hujayra yuzasidagi transmembran retseptorlari – integrinlar ECM ligandlari bilan bog‘lanib, "fokal adgeziya kompleksi"ni hosil qiladi. ECM ning qattiqligi ortganda, ushbu komplekslardagi *FAK (Focal Adhesion Kinase)* va *Src* kinazalar aktivlashadi.

2. **Sitoskeletning qayta tashkillanishi:** *RhoA* va *ROCK* signal oqsillari orqali aktin filamentlari polimerlanib, hujayra ichidagi taranglik (tension) oshadi. Bu kuchlanish mexanik signalni yadro qobig‘iga qadar yetkazib beradi.

3. **YAP/TAZ translokatsiyasi:** Mexanotransduksiyaning eng muhim natijasi – *YAP (Yes-associated protein)* va *TAZ* ko-aktivatorlarining sitoplazmadan yadroga o‘tishidir. Yadroda ular transkripsiya omillari bilan birikib, hujayraning proliferatsiyasi, differensirovkasi va omon qolishi bilan bog‘liq genlarni aktivlashtiradi.

3. PATOLOGIK JARAYONLARDA GISTOMORFOLOGIK PLASTIKANING BUZILISHI

Mexanotransduksiya mexanizmlarining izdan chiqishi bir qator og‘ir kasalliklar patogenezida markaziy o‘rin tutadi:

- **Fibroz:** ECM ning ortiqcha to‘planishi va to‘qima qattiqlashuvi mexanik kuchlanishni oshiradi, bu esa fibroblastlarning miofibroblastlarga differensiyalanishini va ko‘proq ECM ishlab chiqarishini tezlashtirib, "aylana jarayon" (vicious cycle) hosil qiladi.
- **Onkogenez (O‘sma o‘sishi):** O‘sma to‘qimasidagi ECM ning qattiqlashuvi (desmoplaziya) hujayralarga ko‘proq mexanik signal uzatib, YAP/TAZ yo‘lini doimiy faollashtiradi. Bu esa o‘sma hujayralarining invazivligi va metastaz berish qobiliyatini oshiradi.

4. TADQIQOT METODOLOGIYASI VA ZAMONAVIY DIAGNOSTIKA

An’anaviy gistologik baholash usullari (Gematoksilin-Eozin bo‘yash) faqat struktura haqida ma’lumot beradi. Zamonaviy tadqiqotlarda quyidagi usullar qo‘llanilmoqda:

- **Atom-kuch mikroskopiyasi (AFM):** To‘qimalarning mikroskopik qattiqligini o‘lchash uchun.
- **Traksiya kuch mikroskopiyasi (TFM):** Hujayralarning substratga ta’sir qiluvchi kuchini o‘lchash.
- **Immunogistokimyo (IHC):** YAP/TAZ lokalizatsiyasini vizualizatsiya qilish orqali to‘qima holatini bashorat qilish.

5. TO‘QIMA MUHANDISLIGI VA KLINIK ISTIQBOLLAR

Regenerativ tibbiyotda sintetik karkaslar (scaffolds) yaratishda ECM xossalarini replikatsiya qilish eng asosiy vazifadir. Agar yaratilgan biomaterialning qattiqligi tabiiy to‘qimaga mos kelmasa, hujayralar o‘z funksiyasini yo‘qotadi (dedifferensiatsiya). Shu bois, gistologik tahlil endi faqat diagnostika uchun emas, balki bio-muhandislikda dizayn loyihalash uchun ham fundamental asos bo‘lib xizmat qilmoqda.

XULOSA

Gistomorfologik plastika – bu ECM va sitoskelet o‘rtasidagi doimiy molekulyar dialogning mahsulidir. Mexanotransduksiya jarayonini chuqur anglash gistologiyani faqat tasvirlash fanidan, balki bashorat qiluvchi va terapevtik ta’sir o‘tkazish mumkin bo‘lgan amaliy fan darajasiga ko‘taradi. Ushbu mexanizmlarni o‘rganish surunkali kasalliklarda to‘qima regeneratsiyasini boshqarish va yangi farmakologik nishonlarni (drug targets) aniqlash uchun fundamental asos bo‘lib xizmat qiladi. Kelgusidagi tadqiqotlar gistologik tashxisni molekulyar-mexanik tahlil bilan birlashtirib, tibbiyotda aniq (precision) diagnostika davrini boshlab berishi muqarrar.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kurbonovich, T. B. et al. (2025). DIGITAL TECHNOLOGIES IN MEDICINE. TELEMEDICINE. *IMRAS*. Vol. 8. No. 12. P. 39-41.

2. Kurbonovich, T. B. et al. (2026). PROBLEMS IN MODERN CULTURE: SOCIO-SPIRITUAL ANALYSIS IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION AND DIGITAL TRANSFORMATION. *Global Science Review*. Vol. 18. No. 1. P. 183-188.

3. Panji o‘g‘li, C. O. et al. (2026). REGENERATIVE PROPERTIES AND MODERN HISTOLOGICAL ANALYSIS OF CONNECTIVE TISSUE IN THE

MORPHOFUNCTIONAL SYSTEM OF THE ORGANISM. *American Journal of Applied Medical Science*. Vol. 4. No. 2. P. 230-235.

4. Turdimuratov, B.K. (2022). *Teaching Medical Sciences Using Innovative Methods and ICT*. Tashkent: Uzbekistan Medical Publishing House.

5. Kurbonovich, T.B., & Bahodirovich, B.B. (2026). Step-by-step acquisition of practical skills in studying information technologies in medicine. *Global Science Review*, 17(1), 203–209.

6. Kurbonovich, T.B., & Nurhayat, M. (2026). Compilation and steps of the medical situational issues algorithm. *American Journal of Applied Medical Science*, 4(2), 59–63.

7. Turdimurodov, B.K., et al. The essence of electronic textbooks in medical education. *European Journal of Humanities and Educational Advancements*, 3(4), 48–50.

8. Shoxrullo, S., Mirzohid, B. (2026). MODERN CARDIAC SURGERY: EVOLUTIONARY MILESTONES AND CLINICAL RELEVANCE. *American Journal of Applied Medical Science*. Vol. 4. No. 3. P. 56-58.