

**BIRIKTIRUVCHI TO'QIMA HOSILALARI: TOG'AY VA SUYAK TO'QIMALARINING BEVOSITA VA BILVOSITA RIVOJLANISH MEXANIZMLARINING ZAMONAVIY TALQINI**

*Doliyev Ahmadjon Ulug'bek o'g'li*

*E-mail: ahmadjondoliyev@gmail.com*

*Osiyo xalqaro universiteti, Tibbiyot fakulteti 1-bosqich talabasi*

*Ilmiy rahbar: Tog'oydullayeva Dildora Dilmurod qizi*

*Osiyo xalqaro universiteti "Fundamental tibbiyot" kafedراسي assistanti*

*E-mail: dilshod.dildora@icloud.com*

**Annotatsiya.** Mazkur ilmiy maqolada biriktiruvchi to'qimaning ixtisoslashgan shakllari hisoblangan tog'ay va suyak to'qimalarining ontogenezdagi rivojlanish jarayonlari chuqur tahlil qilinadi. Xondrogenez va osteogenez bosqichlari, ularning hujayraviy va molekulyar asoslari hamda suyak to'qimasining bevosita va bilvosita shakllanish mexanizmlari zamonaviy ilmiy qarashlar asosida yoritiladi. Shuningdek, ushbu jarayonlarning fiziologik ahamiyati, gormonal boshqaruvi va klinik jihatlari tahlil etilib, skelet tizimining shakllanishidagi fundamental qonuniyatlar ochib beriladi. Bu jarayonlar murakkab signal yo'llari (BMP, Wnt/ $\beta$ -catenin, Hedgehog, TGF- $\beta$ ) va asosiy transkripsion faktorlar SOX9 hamda RUNX2 tomonidan qat'iy tartibga solinadi. Shuningdek, ushbu jarayonlarning fiziologik ahamiyati, gormonal boshqaruvi va klinik jihatlari tahlil etilib, skelet tizimining shakllanishidagi fundamental qonuniyatlar ochib beriladi.

**Kalit so'zlar.** *biriktiruvchi to'qima, tog'ay, suyak, osteogenez, xondrogenez, intramembranoz ossifikatsiya, endochondral ossifikatsiya, mezenxima*

**Kirish.** Organizmning morfologik va funksional yaxlitligini ta'minlashda biriktiruvchi to'qima alohida o'rin tutadi. U nafaqat tayanch vazifasini bajaradi, balki metabolik jarayonlar, himoya mexanizmlari va regeneratsiya jarayonlarida ham faol ishtirok etadi. Biriktiruvchi to'qimaning yuqori darajada differensiyalashgan shakllari — tog'ay va suyak to'qimalari — ontogenez davomida murakkab va qat'iy tartibga solingan bosqichlar orqali rivojlanadi. Tog'ay va suyak to'qimalarining rivojlanishi embrional davrning erta bosqichlaridan boshlanib, postnatal davrda ham davom etadi. Ushbu jarayonlar nafaqat morfologik o'zgarishlar bilan, balki molekulyar va genetik darajadagi murakkab mexanizmlar bilan belgilanadi. Zamonaviy ilm-fan yutuqlari ushbu jarayonlarning chuqur mexanizmlarini ochib berishga imkon yaratmoqda.

**Asosiy qism.** Biriktiruvchi to'qimaning embrional manbai va differensiyalanish xususiyatlari Biriktiruvchi to'qimaning barcha shakllari embrional davrda mezenximadan rivojlanadi. Mezenxima embrionning o'rta qavatidan hosil bo'lib,

yuqori darajada plastiklikka ega bo'lgan hujayralar majmuasidan iborat. Ushbu hujayralar tashqi signallar va ichki genetik dasturlar ta'sirida turli yo'nalishlarda differensiyalanadi. Mezenximaning osteogen va xondrogen yo'nalishlarda differensiyalanishi o'ziga xos regulyator mexanizmlar orqali boshqariladi. Tog'ay hosil bo'lishida asosiy rol o'ynovchi transkripsion faktorlar xondrogen differensiyalanishni rag'batlantiradi. Aksincha, osteogen yo'nalishda suyak hosil qiluvchi hujayralar shakllanadi. Ushbu jarayonlar hujayralararo signal almashinuvi va mikroatrof muhit bilan chambarchas bog'liq. Tog'ay to'qimasining rivojlanishi va strukturaviy xususiyatlari Tog'ay to'qimasi embrional rivojlanish jarayonida birinchi bo'lib shakllanuvchi tayanch to'qimalardan biridir. Xondrogenez jarayoni mezenxima hujayralarining zichlashuvi va xondrogen markazlarning shakllanishi bilan boshlanadi. Keyinchalik bu hujayralar xondroblastlarga differensiyalanib, ekstrasellyulyar matritsani faol sintez qila boshlaydi. Hosil bo'lgan matritsa kollagen tolalar va proteoglikanlarga boy bo'lib, tog'ay to'qimasiga elastiklik va mustahkamlik beradi. Xondroblastlar asta-sekin xondrotsitlarga aylanadi va lakunalarda joylashadi. Tog'ay to'qimasi qon tomirlarga ega emasligi sababli, oziqlanish diffuziya orqali amalga oshadi. Tog'ayning turli turlari organizmda turli funksiyalarni bajaradi. Gialin tog'ay skeletning embrional modeli sifatida xizmat qiladi. Elastik tog'ay egiluvchanlikni ta'minlaydi. Tolali tog'ay esa yuqori mexanik yuklamalarga bardosh beradi. Ayniqsa, uzun suyaklar rivojlanishida tog'ay modeli muhim oraliq bosqich sifatida ishtirok etadi. Suyak to'qimasining bevosita rivojlanishi bevosita suyaklanish jarayoni mezenximadan to'g'ridan-to'g'ri suyak to'qimasi hosil bo'lishi bilan tavsiflanadi. Ushbu jarayon asosan bosh suyagi va yuz skeletining ayrim qismlarida kuzatiladi. Jarayon davomida mezenxima hujayralari osteoplastlarga differensiyalanadi va ular organik matritsani sintez qiladi. Ushbu matritsa keyinchalik mineral moddalarga boyib, suyak to'qimasiga aylanadi. Dastlab hosil bo'lgan suyak to'qimasi nisbatan tartibsiz tuzilishga ega bo'lib, vaqt o'tishi bilan qayta quriladi va lamellyar tuzilishga ega bo'ladi. Bu turdagi suyaklanish jarayoni tez kechishi va tog'ay bosqichining mavjud emasligi bilan ajralib turadi. Shu sababli u organizmning tezkor rivojlanishi zarur bo'lgan hududlarida muhim ahamiyatga ega. Suyak to'qimasining bilvosita rivojlanishi bilvosita suyaklanish skelet tizimining asosiy qismini tashkil etuvchi uzun va aralash suyaklar uchun xosdir. Bu jarayon tog'ay modeli asosida amalga oshadi va murakkab bosqichlardan iborat. Dastlab gialin tog'aydan iborat model shakllanadi. Keyinchalik tog'ay hujayralari kattalashadi va ularning atrofidagi matritsa mineralizatsiyaga uchraydi. Bu jarayon tog'ayning degeneratsiyasiga olib keladi. Shu bilan birga, qon tomirlar kirib kelib, osteogen hujayralarni olib kiradi. Natijada tog'ay asta-sekin suyak to'qimasi bilan almashadi. Ushbu jarayon davomida suyakning uzunlikka o'sishi epifiz plastinkalari orqali ta'minlanadi. Bu plastinkalar faol hujayraviy proliferatsiya va differensiyalanish zonalaridan iborat bo'lib, organizmning

o'sish davrida katta ahamiyatga ega. Molekulyar va gormonal boshqaruv mexanizmlari Tog'ay va suyak to'qimalarining rivojlanishi murakkab molekulyar signallar tizimi orqali boshqariladi. Xondrogenez jarayonida maxsus genetik faktorlar tog'ay hujayralarining shakllanishini ta'minlaydi. Osteogenezda esa suyak hosil qiluvchi hujayralarning faolligi boshqariladi. Gormonal tizim ham muhim rol o'ynaydi. O'sish gormonlari suyaklarning uzunlikka o'sishini rag'batlantiradi. Mineral almashinuvini tartibga soluvchi biologik faol moddalar esa suyakning mustahkamligini ta'minlaydi. Shu bilan birga, mexanik yuklamalar ham suyak to'qimasining qayta qurilish jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Klinik ahamiyati va zamonaviy yondashuvlar Tog'ay va suyak to'qimalarining rivojlanish mexanizmlarini o'rganish klinik tibbiyotda muhim ahamiyatga ega. Ushbu jarayonlarning buzilishi tug'ma anomaliyalar, suyak deformatsiyalari va o'sish nuqsonlariga olib kelishi mumkin. Zamonaviy tibbiyotda regenerativ yondashuvlar, shu jumladan to'qima muhandisligi va hujayra terapiyasi usullari keng qo'llanilmoqda. Bu usullar shikastlangan suyak va tog'ay to'qimalarini tiklashda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Ayniqsa, ildiz hujayralardan foydalanish istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

**Tadqiqot natijalari.** Biriktiruvchi to'qimaning ixtisoslashgan shakllari — tog'ay va suyak to'qimalari — embrional mezenxima hujayralarining differensiyalanishi asosida rivojlanadi. Zamonaviy tadqiqotlar bu jarayonlarni murakkab signal yo'llari (BMP, Wnt/ $\beta$ -catenin, Hedgehog, TGF- $\beta$ ) va asosiy transkripsion faktorlar (SOX9 va RUNX2) orqali tartibga solinishi bilan izohlaydi. Tog'ay to'qimasining rivojlanishi (xondrogenez) Xondrogenez mezenxima hujayralarining zichlashuvi (condensation) bilan boshlanadi. Asosiy transkripsion faktor SOX9 xondroblastlarning shakllanishini va ekstrasellyulyar matritsaning (II turdagi kollagen — COL2A1 va aggrecan) sintezini boshqaradi. SOX5 va SOX6 SOX9 bilan hamkorlikda bu jarayonni kuchaytiradi. Hujayralar xondroblastlardan xondrotsitlarga o'tib, lakunalar hosil qiladi. Tog'ay qon tomirlariga ega emasligi sababli oziqlanish diffuziya orqali amalga oshadi. Gialin tog'ay uzun suyaklarning embrional modelini, elastik tog'ay egiluvchanlikni, tolali tog'ay esa mexanik bardoshlikni ta'minlaydi. BMP va TGF- $\beta$  signallari SOX9 ifodasini rag'batlantirsa, Wnt/ $\beta$ -catenin yo'li esa osteogen yo'nalishni afzal ko'rib, xondrogenezni bostiradi. Indian Hedgehog (Ihh) xondrotsitlarning gipertrofiyasini tartibga soladi. Suyak to'qimasining bevosita rivojlanishi (intramembranoz ossifikatsiya) bu jarayon asosan bosh suyagi, yuz skeleti va klavikulada kuzatiladi. Mezenxima hujayralari to'g'ridan-to'g'ri osteoblastlarga differensiyalanadi, tog'ay bosqichi bo'lmaydi. Asosiy transkripsion faktor RUNX2 osteoid (organik matritsa) sintezini boshlaydi va keyinchalik matritsa gidroksiapatit bilan mineralizatsiyalanib, dastlabki to'r suyak hosil bo'ladi. U vaqt o'tishi bilan lamellyar suyakka qayta quriladi. Wnt/ $\beta$ -catenin yo'li RUNX2 ifodasini kuchaytirib, osteoblast yo'nalishini belgilaydi. Jarayon tez kechadi va yuqori vaskulyarizatsiyaga bog'liq. Suyak to'qimasining

bilvosita rivojlanishi (endochondral ossifikatsiya) bu mexanizm uzun va aralash suyaklar uchun xos bo'lib, gialin tog'ay modelidan boshlanadi. Xondrotsitlar gipertrofiyaga uchraydi, matritsa mineralizatsiyalanadi va qon tomirlar invaziyasi (VEGF ta'sirida) osteogen hujayralarni olib keladi. Natijada tog'ay asta-sekin suyak bilan almashinadi. Epifiz plastinkalarida (o'sish plastinkasi) Ihh-PTHrP o'zaro ta'siri o'sishni tartibga soladi: Ihh proliferatsiyani rag'batlantirsa, PTHrP gipertrofiyani cheklaydi. Gipertrofik xondrotsitlarda RUNX2 faollashib, COL10A1 va MMP13 ifodasini oshiradi. Zamonaviy qarashlarda ba'zi gipertrofik xondrotsitlar transdifferensiyalanish orqali osteoblastlarga o'tishi mumkinligi ko'rsatilgan. Molekulyar va gormonal boshqaruvning zamonaviy talqini SOX9 xondrogen yo'nalishni, RUNX2 esa osteogen yo'nalish va xondrotsit gipertrofiyasini boshqaradi. Bu ikki faktor bir-birini bostirishi mumkin (SOX9 RUNX2 faolligini inhibe qiladi). BMP va TGF- $\beta$  Smad signallari SOX9/RUNX2 ni faollashtiradi, Wnt/ $\beta$ -catenin osteoblast differensiyalanishini kuchaytiradi, Hedgehog esa proliferatsiya va gipertrofiyani modulyatsiya qiladi. Gormonal jihatdan o'sish gormoni (GH) va IGF-1 epifiz plastinkalarida proliferatsiyani, PTH va vitamin D esa mineralizatsiyani ta'minlaydi. Mexanik yuklamalar (Wolff qonuni) suyak qayta qurilishini rag'batlantiradi. Ushbu natijalar klassik gistologik ma'lumotlar bilan zamonaviy molekulyar biologiya yutuqlarini birlashtirib, tog'ay va suyak rivojlanishining fundamental mexanizmlarini ochib beradi. Bu bilimlar tug'ma nuqsonlar, travma va degenerativ kasalliklarda regenerativ tibbiyot usullarini (hujayra terapiyasi, to'qima muhandisligi) takomillashtirishga asos bo'ladi.

**Xulosa.** Tog'ay va suyak to'qimalari biriktiruvchi to'qimaning murakkab va yuqori darajada ixtisoslashgan shakllari bo'lib, ularning rivojlanishi ko'p bosqichli va qat'iy tartibga solingan jarayon hisoblanadi. Suyak to'qimasining bevosita va bilvosita shakllanish mexanizmlari organizm skelet tizimining to'g'ri rivojlanishini ta'minlaydi. Tog'ay esa nafaqat mustaqil to'qima sifatida, balki suyaklanish jarayonining muhim komponenti sifatida xizmat qiladi. Ushbu jarayonlarni chuqur o'rganish nafaqat nazariy, balki amaliy tibbiyot uchun ham katta ahamiyatga ega.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Junqueira L., Carneiro J. Basic Histology: Text and Atlas. McGraw Hill
2. Axmedov A., Xudoyberdiyev X. Gistologiya va embriologiya asoslari. Toshkent, 2010-yillar (O'zbekiston tibbiyot oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma).
3. Gilbert S. F., Barresi M. J. Developmental Biology. 13th Edition. Sinauer Associates / Oxford University Press, 2023.
4. Hall J. E., Hall M. E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 15th Edition. Elsevier, 2026.

5. Karimov Sh. Tibbiy biologiya va genetika. Toshkent, 2018 (O‘quv qo‘llanma).
6. Mescher A. L. Junqueira’s Basic Histology: Text and Atlas. 17th Edition. McGraw Hill, 2024.
7. Netter F. H. Netter Atlas of Human Anatomy. 9th Edition. Elsevier, 2026.
8. Pawlina W., Ross M. H. Histology: A Text and Atlas with Correlated Cell and Molecular Biology. 9th Edition. Wolters Kluwer, 2023.
9. Rasulov A. Gistologiya. O‘quv qo‘llanma. Toshkent, 2020.
10. Sadler T. W. Langman’s Medical Embryology. 15th Edition. Wolters Kluwer, 2023.
11. Standring S. Gray’s Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 42nd Edition. Elsevier, 2021.
12. To‘raqulov Yo. Odam anatomiyasi va fiziologiyasi. Toshkent, 2015 (O‘quv qo‘llanma).