



# URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

UDK: 616.314-089.87:616.716-003.93:004.9

## TISH EKSTRAKSIYASIDAN KEYINGI ALVEOLYAR SUYAK NUQSONLARINI TIKLASHDA 3D-BIOPRINTING TEXNOLOGIYALARINING ISTIQBOLLARI

**Bobomurodova Risolat Abdukadirovna**

**Termiz iqtisodiyot va servis universiteti Terapevtik stomatologiya mutaxassisligi talabasi**

**Hayitova Mexrigul Alijon qizi**

**Termiz iqtisodiyot va servis universiteti Stomatologiya fanlar kafedrası o'qituvchisi**



### ANNOTATSIYA

Maqolada tish ekstraktsiyasidan keyingi alveolyar suyak rezorbsiyasini kamaytirish va nuqsonlarni regeneratsiya qilishda uch o'lchamli biologik chop etish (3D-bioprinting) texnologiyalarining istiqbollari ilmiy dalillar asosida baholandi. Ish original klinik tadqiqot emas, balki 2023–2026-yillardagi xalqaro sistematik sharhlar, meta-tahlillar, regenerativ stomatologiya bo'yicha eksperimental ishlar hamda O'zbekiston mualliflarining nashrlari asosidagi tahliliy IMRAD maqoladir. 2025-yilgi molyar ekstraktsiya meta-tahlilida 7 tadqiqot va 237 ta soket asosida an'anaviy alveolyar qirrani saqlash (ARP) spontan bitishga nisbatan gorizontaal rezorbsiyani o'rtacha 2,21 mm (95% CI 0,02–4,39) va vestibulyar vertikal rezorbsiyani 1,34 mm (0,85–1,83) kamaytirgan; qo'shimcha augmentatsiya ehtiyoji uchun RR 0,41 (0,26–0,65) bo'lgan. Bu natijalar bioprintingga emas, klinik ARP usullariga tegishlidir. 3D-bioprintingning asosiy imkoniyatlari — individual geometriya, osteogen hujayralar, gidrogel va kaltsiy-fosfat fazalari hamda angiogen signallarni boshqariladigan joylashtirish. Laboratoriya va hayvon tadqiqotlari istiqbolli, biroq ekstraktsiya soketlarida tirik hujayrali bioprinted konstruksiyalar klinik ustunligini tasdiqlovchi yetarli inson randomizatsiyalangan tadqiqotlari mavjud emas. Vaskulyarizatsiya, bioinkning mexanik mustahkamligi, sterilizatsiya, hujayra tirikligi, mahsulotning GMP ishlab chiqarilishi va uzoq muddatli implant natijalari asosiy to'siq bo'lib qolmoqda.

**Kalit so'zlar:** tish ekstraktsiyasi, alveolyar suyak, 3D-bioprinting, bioink, osteogenez, alveolyar qirrani saqlash, GelMA, gidroksiapatit, mezenximal ildiz hujayralari, vaskulyarizatsiya.

### АННОТАЦИЯ

В статье проанализированы перспективы трехмерной биопечати для восстановления дефектов альвеолярной кости после удаления зуба. Исследование представляет собой вторичный синтез клинических метаанализов по сохранению альвеолярного гребня и доклинических работ по биопечати. Метаанализ 2025 года (7 исследований, 237 лунок) выявил преимущество традиционного сохранения альвеолярного гребня над спонтанным заживлением: разница горизонтальных изменений 2,21 мм, вертикальных в вестибулярной области 1,34 мм, риск дополнительной аугментации RR 0,41. Эти показатели не являются результатами клинической биопечати. Клеточная 3D-биопечать позволяет создавать персонализированные многофазные конструкции с гидрогелями, остеогенными клетками и сигнальными молекулами, но в настоящее время ее доказательная база для постэкстракционных дефектов преимущественно доклиническая. Необходимы



# URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

стандартизация биочернил, контролируемая васкуляризация, оценка биобезопасности и многоцентровые клинические исследования.

**Ключевые слова:** удаление зуба, альвеолярная кость, 3D-биопечать, биочернила, остеогенез, сохранение гребня, гидроксипатит, стволовые клетки, васкуляризация.

## ABSTRACT

This article evaluates the prospects of three-dimensional bioprinting for regenerating post-extraction alveolar bone defects. It is a secondary evidence synthesis combining clinical meta-analyses of alveolar ridge preservation (ARP), preclinical bioprinting experiments, and relevant Uzbek publications. A 2025 meta-analysis of seven studies involving 237 molar sockets found that conventional ARP reduced horizontal ridge change by a mean difference of 2.21 mm (95% CI 0.02–4.39) and mid-buccal vertical change by 1.34 mm (0.85–1.83), while reducing the need for additional augmentation (RR 0.41; 95% CI 0.26–0.65). These clinical estimates must not be attributed to cell-laden bioprinting. Bioprinting may enable patient-specific placement of osteogenic cells, hydrogels, calcium-phosphate phases and angiogenic signals; however, evidence for viable cell-laden constructs in human extraction sockets remains predominantly preclinical. Challenges include vascularization, construct mechanics, reproducibility, good manufacturing practice, cell safety, and long-term implant-oriented outcomes. A stepwise translational research framework is proposed.

**Keywords:** tooth extraction, alveolar bone, three-dimensional bioprinting, bioink, osteogenesis, ridge preservation, hydroxyapatite, stem cells, vascularization.

## KIRISH

Tish ekstraksiyasidan so'ng alveolyar qirrada biologik qayta qurilish boshlanadi. Periodontal bog'lam orqali ta'minlangan bundle bone tez rezorbsiyaga uchraydi; vestibulyar devor ingichka bo'lsa, kenglik yo'qolishi yanada kuchayadi. Qirra geometriyasining o'zgarishi keyingi implantatsiya, protezlash va estetik natijalarni murakkablashtirishi mumkin. Shuning uchun ekstraksiyadan boshlab suyak hajmini saqlash regenerativ stomatologiyaning dolzarb vazifasidir.

An'anaviy alveolar ridge preservation (ARP) odatda ksenograft, allograft, sintetik kalsiy-fosfat materiallari, kollagen membranalar va ayrim protokollarda trombosit konsentratlaridan foydalanadi. Mazkur usullar rezorbsiyani kamaytirishi mumkin, ammo anatomik kontur va tirik funksional to'qimaning to'liq qayta tiklanishini kafolatlamaydi. Katta yoki murakkab nuqsonlarda qo'shimcha augmentatsiya talab qilinishi saqlanadi.

Kompyuter tomografiyasi, segmentatsiya va qo'shimcha ishlab chiqarish yutuqlari bemorga mos karkas tayyorlash imkonini kengaytirdi. Lekin hujayrasiz 3D-printing bilan tirik hujayralar bioink tarkibida bosib chiqariladigan 3D-bioprintingni metodologik jihatdan farqlash zarur. Hujayrasiz bosilgan sintetik karkas klinik tajribadan o'tgan bo'lishi mumkin; bu holat tirik hujayrali biokonstruksiya uchun avtomatik klinik dalil yaratmaydi.

3D-bioprinting hujayralar, biomateriallar va biofaol molekulalarni uch o'lchamli tartibda joylashtirishga yo'naltirilgan. Alveolyar regeneratsiyada uning asosiy maqsadi osteogenez, angiogenez va mexanik tayanchni bir paytda tashkil etishdir. GelMA, alginat, kollagen, demineralizatsiyalangan ekstrassellyulyar matriks va gidroksiapatit asosidagi aralash bioinklar keng o'rganilmoqda.

2026-yilgi og'iz va yuz-jag' regeneratsiyasi bo'yicha sharh hujayrali bioprinting rivojlanishini in vitro sinovlar, kichik hayvon modellari, yirik hayvon modellari va insonda asosan hujayrasiz individual karkaslardan foydalanish bosqichlari bilan tavsiflaydi. Klinik jarrohlik nuqtayi nazaridan texnologiyaning eng murakkab jihati chop etilgan qalin konstruksiyada barqaror qon tomir tarmog'ini va mezbon suyak bilan uzluksiz integratsiyani shakllantirishdir.

Maqolaning maqsadi klinik ARP bo'yicha miqdoriy dalillarni 3D-bioprinting laboratoriya va preklinik natijalaridan ajratgan holda tahlil qilish, maqsadli bioink komponentlari va bosib chiqarish



# URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

texnologiyalarini baholash hamda tish ekstraksiyasidan keyingi alveolyar nuqsonlar uchun klinik translyatsiya bosqichlarini belgilashdir.

**Dalillar pog'onasi: aralash talqin qilishdan saqlanish**

Klinik ARP  
Odamlarda meta-tahlillar  
  
O'lcham saqlanishi va  
implant oldi augmentatsiyasi

3D bosma, hujayrasiz  
Dastlabki insonda qo'llash  
  
Individual shakl, lekin  
bioprinting emas

Hujayrali 3D-bioprinting  
In vitro va hayvon modeli  
  
Vaskulyarizatsiya / GMP /  
uzoq muddatli monitoring kerak

*1-rasm. Klinik ARP, hujayrasiz 3D-bosma va haqiqiy hujayrali 3D-bioprinting dalillari o'rtasidagi farq.*

## METODOLOGIYA VA ADABIYOTLAR TAHLILI

Tadqiqot dizayni — 2023–2026-yillardagi ilmiy adabiyotlarni mazmuniy va miqdoriy ikkilamchi sintez qilish. Maqola original klinik sinov, registr yoki yangi meta-tahlil emas. Klinika bo'yicha o'lcham o'zgarishlari sistematik sharhlarning e'lon qilingan pooled qiymatlaridan olindi; bioprinting bo'yicha ma'lumotlar hujayrali va hujayrasiz modellar alohida guruhlangan holda baholandi.

Manbalarni tanlashda ekstraksiya soketlarini saqlashga oid nazoratli klinik meta-tahlillar, bioink kimyosi va dental 3D-bioprinting sharhlari, periodontal va jag' suyaklari nuqsonidagi preklinik tajribalar, shuningdek mahalliy 3D-bosma va yuz-jag' jarrohligi nashrlariga ustuvorlik berildi. Natijalar turli populyatsiya va tadqiqot dizayniga tegishli bo'lgani uchun ular o'zaro birlashtirib yangi pooled effect hisoblanmadi.

Klinik mezonlar: alveolyar qirraning gorizontaal va vertikal o'lchami (mm), qo'shimcha augmentatsiya ehtiyoji (RR), yangi suyak hosil bo'lishi va radiografik to'lish. Bioprintingning materialshunoslik mezonlari: printability, fizik-kimyoviy mustahkamlik, hujayra tirikligi, osteogen markerlar, tomir hosil bo'lishi va preklinik mikrotomografik natijalar.

2025-yilgi molyar soketlar meta-tahlilida 4 randomizatsiyalangan, 2 prospektiv norandomizatsiyalangan va 1 prospektiv case-control tadqiqotdan jami 237 ta soket baholangan. An'anaviy ARP spontan bitishdan afzal bo'lgan, biroq faqat RCT subguruhidagi kenglik natijalari sezilarli heterogenlik bilan tavsiflangan. Shuning uchun umumiy pooled natijalarni ideal yoki bir xil klinik sharoit sifatida tasvirlash to'g'ri emas.

2024-yilgi periodontal zararlangan molyar soketlarda ARP meta-tahlili 6 tadqiqot, 130 ishtirokchi va 135 soketni qamrab olgan. 68 ta soket ARP, 67 tasi spontan bitish guruhida bo'lgan. Kenglik va balandlikdagi farqlar ARP foydasiga bo'lgan, lekin dalillar ishonchliligi past yoki juda past baholangan.

Bioprinting uchun biologik muhitni modellashtirishda ekstraksiyadan keyingi infeksiyon yuklama, alveolyar suyakning mineral fazasi, kam qon bilan ta'minlangan zonalar, og'iz bo'shlig'i mexanik kuchlari va defektning individual 3D arxitekturasini inobatga olindi. Hujayrali gelni darhol implantatsiya bosimini ko'taruvchi kuchli karkas bilan birlashtirish biofabrication nuqtayi nazaridan muhim deb qaraldi.



# URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO‘YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

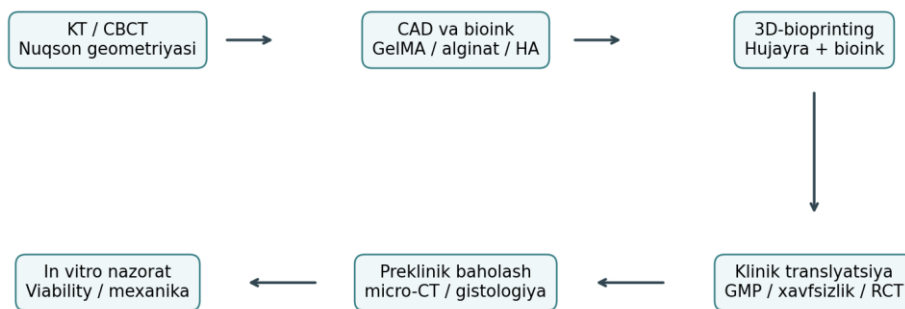
14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

O‘zbekiston manbalari sifatida mahalliy muallifning dental bioprinting istiqbollari sharhi, alveolyar atrofiyani jarrohlik davolashga oid tadqiqot hamda implantologiyada 3D-kompyuter modellash haqidagi nashrlar qo‘shildi. Ular hududiy ilmiy kontekstni yoritadi, ammo 3D-bioprintingning inson ekstraktsiya soketlarida samaradorligini isbotlovchi randomizatsiyalangan tadqiqot o‘rnini bosa olmaydi.

| Dalillar bloki                 | Tadqiqot obyekti                       | Asosiy natija                                                                 | Baholashdagi cheklov                           |
|--------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Klinik ARP (2025)              | 7 tadqiqot; 237 molyar soket           | Gorizontal MD 2,21 mm; vestibulyar vertikal MD 1,34 mm; augmentatsiya RR 0,41 | An’anaviy ARP; bioprinting emas                |
| Zararlangan soketda ARP (2024) | 6 tadqiqot; 135 molyar soket           | Kenglik MD 3,80 mm; balandlik MD 2,18 mm                                      | Dalil ishonchliligi past/juda past             |
| Hayvon meta-tahlili (2024)     | 45 preklinik tadqiqot; turli nuqsonlar | Nazorat extraction-socket RDF 48,74%; NBF 38,73%                              | Bioprinted konstruksiyaning ta’sir bahosi emas |
| Bioprinting (2023–2026)        | In vitro va hayvon modellari           | Osteogen/angiogen natijalar istiqbolli                                        | Bir xil klinik effect size mavjud emas         |

*1-jadval. Klinik va preklinik dalillar turlarining qiyosi.*

## Taklif etilgan biologik konstruksiya ishlab chiqish zanjiri



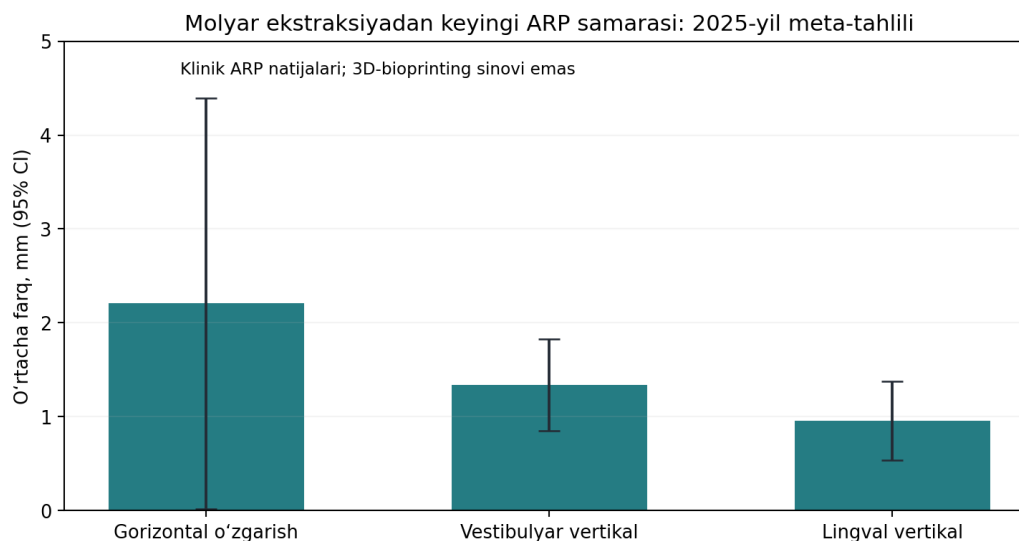
*2-rasm. Tish ekstraktsiyasi uchun individual hujayrali konstruksiyani bosqichma-bosqich ishlab chiqish modeli.*

## NATIJARAR

Klinik taqqoslash uchun 2025-yilgi meta-tahlilda ARP spontan bitishga nisbatan gorizontal alveolyar qirra yo‘qolishini o‘rtacha 2,21 mm (95% CI 0,02–4,39), mid-buccal vertikal yo‘qolishni 1,34 mm (0,85–1,83) va mid-lingual vertikal yo‘qolishni 0,96 mm (0,54–1,38) kamaytirgan. Implant qo‘yish vaqtida qo‘shimcha augmentatsiya ehtiyoji RR 0,41 (0,26–0,65) bo‘lgan. Ushbu qiymatlar bioprinted tizimga nisbat berilmaydi: ular kelajakdagi bioprinting klinik sinovlari uchun mavjud davolash bilan qiyosiy mezondir.



**URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI**  
**JANUBIY OROLBO‘YI TIBBIYOT JURNALI**  
**2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026**  
**14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740**

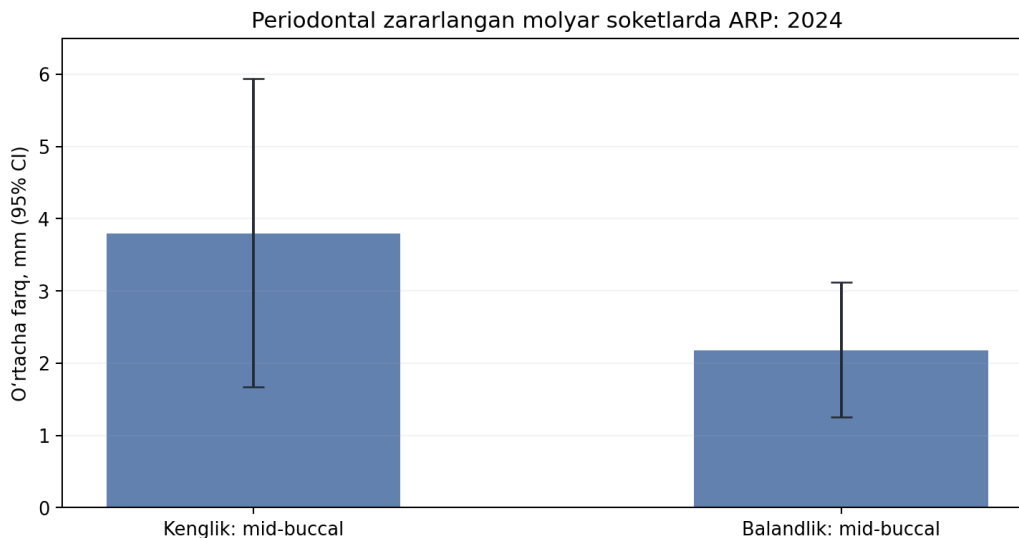


3-rasm. Molyar tish ekstraksiyasidan keyingi klinik ARP meta-tahlili, o'rtacha farq va 95% ishonch oralig'i (2025).

| Ko'rsatkich                | MD / RR | 95% CI    | Tafsir                                     |
|----------------------------|---------|-----------|--------------------------------------------|
| Gorizonttal rezorbsiya, mm | MD 2,21 | 0,02–4,39 | ARP rezorbsiyani kamaytiradi               |
| Mid-buccal vertikal, mm    | MD 1,34 | 0,85–1,83 | Vestibulyar suyak konturi yaxshi saqlanadi |
| Mid-lingual vertikal, mm   | MD 0,96 | 0,54–1,38 | Lingval tomonida ham farq mavjud           |
| Qo'shimcha augmentatsiya   | RR 0,41 | 0,26–0,65 | Qo'shimcha muolajaga ehtiyoj kamaygan      |

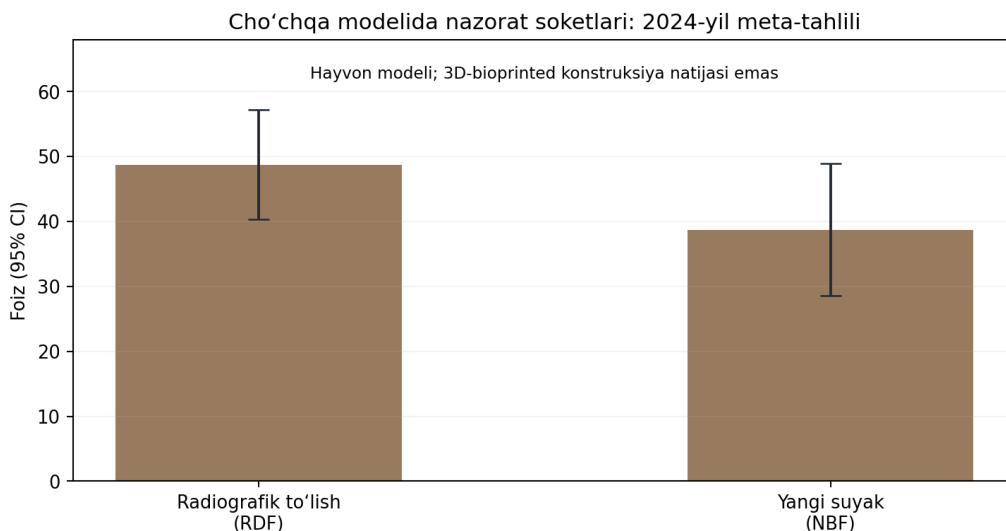
2-jadval. ARP bo'yicha klinik meta-tahlil natijalari (bioprinting emas).

Periodontal zararlangan molyar soketlarda alohida meta-tahlil qirra cho'qqisidan 1 mm pastdagi mid-buccal kenglik farqini 3,80 mm (95% CI 1,67–5,94), mid-buccal balandlik farqini 2,18 mm (1,25–3,12) deb baholagan. Bu natijalar nuqson fenotipi muhimligini ko'rsatadi: keng destruksiya mavjudligi regenerativ materialni nafaqat shaklga, balki biologik yallig'lanish muhitiga moslashni ham talab qiladi.



*4-rasm. Periodontal zararlangan molyar socketlarda ARP va spontan bitish farqi (2024-yil meta-tahlili).*

Preklinik fonni baholash uchun cho'chqa modellariga oid 45 tadqiqotni birlashtirgan 2024-yilgi sharhda nazorat extraction-socket guruhi uchun radiografik defekt to'lishi taxminan 48,74% (95% CI 40,35–57,13), yangi suyak hosil bo'lishi 38,73% (28,57–48,89) ekani ko'rsatilgan. Ushbu raqamlar tajribaviy modellarda kutiladigan fon regeneratsiyasini aks ettiradi. Ularni bioprintingning foiz samarasi sifatida talqin qilish mumkin emas.



*5-rasm. Hayvon ekstraksiya socketlarida nazorat bitishining taxminiy fon qiymatlari (2024-yilgi meta-tahlil).*

| Bioink elementi                | Asosiy vazifa                              | Baholash ko'rsatkichi                   |
|--------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| GelMA / kollagen / alginat     | Hujayra uchun gidrogel mikro muhiti        | Rheology, printability, viability       |
| Gidroksiapatit / $\beta$ -TCP  | Mineral o'tkazuvchanlik va mexanik tayanch | Minerallashuv, mustahkamlik, osteogenez |
| MSC / PDLSC / DPSC             | Osteogen differensiyalanish                | ALP, RUNX2, osteocalcin                 |
| VEGF va tomirlashtirish moduli | Kapillyar infiltratsiyani rag'batlantirish | CD31, perfuziya, mikro-CT               |



# URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

| Bioink elementi     | Asosiy vazifa              | Baholash ko'rsatkichi           |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Qatlamli geometriya | Nuqson shaklini takrorlash | Dimensional fidelity, g'ovaklik |

### 3-jadval. Bioprinting uchun potensial komponentlar va ilmiy endpointlar.

2023-yilgi periodontal modelda GelMA va decellularized extracellular matrix asosidagi hujayrali bioprinted modul beagle itlarda periodontal boylam va mineralizatsiyalangan alveolyar suyak regeneratsiyasini yaxshilagan. Bu yondashuv multiphasic konstruksiyaning biologik imkoniyatini namoyish etadi, ammo aynan tish ekstraksiyasidan keyingi inson soketi uchun klinik samaradorlikni isbotlamaydi.

Ekstraksiyadan keyingi defektlar uchun texnologik yo'nalishda CBCT asosida defekt segmentatsiyasi, yuqori mustahkamlikdagi tayanch faza va pastroq viskozitetdagi tirik bioinkning koaksial yoki qatlamli joylashtirilishi mantiqiy. Hujayralarning chop etishdagi mexanik shikastlanishini kamaytirish, gidrogel parchalanish muddatini yangi suyak hosil bo'lish tezligi bilan moslashtirish va o'sish omillarining nazoratli ajralishi hal qiluvchi mezonlardir.

| Baholash bosqichi              | Minimal nazorat                                          | Natija turi                  |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|
| In vitro                       | 3D aniqlik, hujayra hayotchanligi, bakterial barqarorlik | Preklinik ishlash xususiyati |
| Kichik hayvon                  | micro-CT, gistologiya, toksiklik                         | Biologik mexanizm            |
| Yirik hayvon, soket modeli     | Kenglik/balandlik, tomirlanish, suyak sifati             | Anatomik yaqinlashuv         |
| GMP va steril ishlab chiqarish | Batch reproducibility, identifikatsiya, sterillik        | Texnologik tayyorgarlik      |
| Odamda dastlabki xavfsizlik    | Nojo'ya hodisalar va 3D suyak o'zgarishi                 | Klinik xavfsizlik signali    |
| Nazoratli klinik qiyos         | ARP standartiga nisbatan o'lcham, implant natijasi       | Haqiqiy klinik samaradorlik  |

### 4-jadval. 3D-bioprintingni klinik tadqiqotga olib chiqish mezonlari.

Hozirgi dalillar asosida hujayrali 3D-bioprintingning klinik ARPdan ustunligini ifodalovchi ishonchli pooled MD, RR yoki implant survival koeffitsientini hisoblash mumkin emas. Shuning uchun maqola yangi bioprinted konstruksiyaning soxta tajriba statistikasi yoki tasdiqlanmagan klinik natijalarini keltirmaydi. Statistik grafiklarda faqat nashr qilingan mos populyatsiyaga tegishli qiymatlar aks ettirildi.

## MUHOKAMA

Ekstraksiyadan keyingi alveolyar kontur yo'qolishi odatda ingichka vestibulyar plastinka va periodontal bog'lamning uzilishi bilan boshlanadi. Shuning uchun faqat soketning bo'sh hajmini graft bilan to'ldirish yetarli emas: biologik resorbsiya tezligi, periost va yumshoq to'qima yopilishi ham hisobga olinadi. Hujayrali bioprintingning nazariy ustunligi regeneratsiyalanadigan suyakni g'ovak arxitektura va angiogen nişalar bilan bir vaqtda tashkil etishida bo'lishi mumkin.

Bioprintingda material tanlash mexanik va biologik talablar o'rtasidagi murosaga asoslanadi. Juda yumshoq gel osteogen hujayralarni yaxshi saqlashi mumkin, biroq og'iz bo'shlig'i yuklamasi va ko'chishga bardosh bermaydi. Qattiq mineral karkas esa stabilitetni yaxshilaydi, lekin past diffuziya, g'ovaklarni yopish yoki kuchli ekstruziya paytidagi hujayra o'limi muammosini tug'dirishi mumkin.



# URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Vaskulyarizatsiya asosiy klinik to'siqdir. Qalin biokonstruksiyaning markaziy zonalariga kislorod va ozuqa yetib bormasa, hujayra faoliyati susayadi. VEGF bilan modifikatsiya, kanalchali arxitektura va endoteliya hujayralarini ko'chirish istiqbolli, ammo bu yechimlar tirik odam soketlarida uzoq muddatli xavfsizlik va barqarorlik bo'yicha yetarli baholanmagan.

2026-yilgi xalqaro sharhning muhim xulosasi shuki, insonda individual 3D-bosma hujayrasiz karkaslarning dastlabki amaliyoti mavjud bo'lishi hujayrali 3D-bioprinting klinik jihatdan standartga aylanganini anglatmaydi. Aynan shu terminologik ajratish mahalliy innovatsion loyihalarni rejalash va klinik reklama da'volarini tekshirishda muhim.

Bioprinted scaffoldning maqsadi klinik ARP bilan raqobat qilish uchun avval mavjud standart natijalarni ortda qoldirishdan ko'ra, muayyan katta yoki murakkab nuqson guruhida qo'shimcha klinik qiymatni ko'rsatish bo'lishi mumkin. Masalan, vestibulyar plastinkasi shikastlangan, implantatsiya uchun 3D qirra shakli yetishmaydigan yoki odatdagi graft bilan bir necha bosqich talab qiladigan vaziyatlar istiqbolli, ammo sinovga muhtoj yo'nalishlardir.

O'zbekiston sharoitida 3D-bioprintingni klinikga joriy etishdan oldin CBCT segmentatsiyasi, biomateriallar fizik-kimyoviy laboratoriyasi, mikrobiologik nazorat va maxsus hujayra ishlab chiqarish infratuzilmasi zarur. Mahalliy nashrlarda bioprinting, alveolyar atrofiyani regenerativ davolash va raqamli implantologiya yo'nalishlari muhokama qilinmoqda. Biroq ularni birgalikda standartlashgan preklinik protokol va prospektiv klinik registrga aylantirish talab etiladi.

Kelgusi nazoratli sinovda asosiy endpoint sifatida 4–6 oydagi CBCT bo'yicha gorizonta/vertikal o'zgarishlar, ikkilamchi endpoint sifatida gistomorfometrik vital bone fraction, qo'shimcha augmentatsiya ehtiyoji, implant qo'yish mumkinligi, 1–3 yillik peri-implant suyak barqarorligi va nojo'ya hodisalar qayd etilishi maqsadga muvofiq. Standart ARP bilan bir xil defekt fenotiplarida randomizatsiya va ko'r baholash ishlab chiqilishi kerak.

Statistik dalillar ehtiyotkorlik bilan o'qilishi kerak: klinik 2025 meta-tahlilidagi 2,21 mm farq boshqa soketlar va materiallarda aynan takrorlanishi kafolatlanmaydi; periodontal zararlangan soketlar 2024 tahlilidagi 3,80 mm qiymat esa boshqa populyatsiyaga tegishli. Hayvonlar meta-tahlilidagi 48,74% fon radiografik to'lish ham klinik inson natijasi emas. Bu sonlarni bir grafika "bioprinting samarasi" deb yig'ish noto'g'ri.

| Texnologiya                         | Dalilning bugungi darajasi                     | Izlanish uchun asosiy savol                                  |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| An'anaviy ARP                       | Insonda meta-tahlillar bor                     | Qaysi nuqson fenotipiga qaysi graft optimal?                 |
| Hujayrasiz 3D-bosma                 | Dastlabki klinik konstruksiyalar va preklinika | Individual karkas standart grafitdan ustunmi?                |
| Hujayrali 3D-bioprinting            | Asosan laboratoriya va hayvon tadqiqotlari     | Vaskulyarizatsiya va suyak integratsiyasi barqarormi?        |
| Ko'p fazali biomimetik konstruksiya | Dastlabki preklinik periodontal modellari      | Bir bosqichda suyak-yumshoq to'qima integratsiyasi mumkinmi? |

5-jadval. Alveolyar nuqsonlar uchun regenerativ texnologiyalarning dalil darajasi.

## XULOSA

Tish ekstraksiyasidan so'ng alveolyar qirra hajmi sezilarli qayta quriladi; klinik ARP o'lcham yo'qolishini kamaytirishi va keyingi implantatsiya uchun qo'shimcha augmentatsiya ehtiyojini pasaytirishi mumkin. 2025-yilgi meta-tahlilda gorizonta farq 2,21 mm, vestibulyar vertikal farq 1,34 mm va augmentatsiya RR 0,41 bo'lgan.



# URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Hujayrali 3D-bioprinting individual uch o'lchamli geometriya, osteogen hujayra, gidrogel, mineral faza va angiogen omillarni bir konstruksiyada uyg'unlashtirish imkoniyatiga ega. U an'anaviy graflarning ayrim biologik cheklovlarini kelajakda kamaytirishi mumkin.

Biroq mavjud inson tadqiqotlari hujayrasiz 3D-bosma implantlar va klinik ARPga ko'proq taalluqli; ekstraktsiya soketida tirik hujayrali 3D-bioprintingning ustunligi yetarli randomizatsiyalangan tadqiqotlar bilan tasdiqlanmagan.

Klinik translyatsiya uchun material printabilitysi, mexanik barqarorlik, hujayra tirikligi, vaskulyarizatsiya, mikrobiologik xavfsizlik, GMP ishlab chiqarish va uzoq muddatli implant natijalarini standartlash talab etiladi.

O'zbekistonda dastlab CBCT-geometriya asosidagi hujayrasiz maketlar, bioink sinovi va nazoratli preklinik tadqiqotlar orqali multimarkazli platforma rivojlantirilishi, keyinchalik etik hamda regulator talablar bajarilgach inson xavfsizlik sinovlariga o'tilishi maqsadga muvofiq.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Wei, Y.-P., Han, Z.-Y., Hu, W.-J., et al. (2025). Alveolar ridge preservation at molar extraction sites: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 25(1), 102074. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2024.102074>
2. Efficacy of alveolar ridge preservation in periodontally compromised molar extraction sites: A systematic review and meta-analysis. (2024). *Journal of Clinical Medicine*, 13(5), 1198. <https://doi.org/10.3390/jcm13051198>
3. Apaza-Bedoya, K., et al. (2024). Efficacy of alveolar ridge preservation with xenografts and resorbable socket sealing materials in the esthetic region: A systematic review with meta-analyses. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. <https://doi.org/10.1111/cid.13257>
4. Shanbhag, S., et al. (2024). Regeneration of alveolar bone defects in the experimental pig model: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*. <https://doi.org/10.1111/clr.14253>
5. Dixit, S., Shayeb, M. A. L., Kathayat, G., & Rokaya, D. (2026). Clinical translation of 3D bioprinting in oral and maxillofacial reconstruction: Recent progress and future directions. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 16(2), 101401. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2026.01.005>
6. Bioprinting and biomaterials for dental alveolar tissue regeneration. (2023). *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10140526/>
7. Miao, G., et al. (2023). 3D bioprinting of a bioactive composite scaffold for cell delivery in periodontal tissue regeneration. *Biomolecules*, 13(7), 1062. <https://doi.org/10.3390/biom13071062>
8. Yang, et al. (2023). A 3D-bioprinted functional module based on decellularized extracellular matrix bioink for periodontal regeneration. *Advanced Science*. <https://doi.org/10.1002/advs.202205041>
9. Yin, Y., Shuai, F., Liu, X., Zhao, Y., Han, X., & Zhao, H. (2025). Biomaterials and therapeutic strategies designed for tooth extraction socket healing. *Biomaterials*, 316, 122975. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2024.122975>
10. Almeida, N. D., et al. (2024). 3D bioprinting techniques and bioinks for periodontal tissues regeneration: A literature review. *Biomimetics*, 9(8), 480. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9080480>
11. A'zamqulova, D. B. qizi. (2025). 3D bioprinting texnologiyasi yordamida tish va milk to'qimalarini regeneratsiya qilish istiqbollari. Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi, 45(1), 310–313. <https://doi.org/10.71337/inlibrary.uz.tinnint.93791>
12. Jilonov, A., Qudratov, Sh., & Fayzullayeva, F. (2012). Novyy podkhod k khirurgicheskomu lecheniyu atrofii alveolyarnogo otrostka chelyusti [Alveolyar o'siq atrofiyasini



**URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI  
JANUBIY OROLBO‘YI TIBBIYOT JURNALI**

**2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026**

**14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740**

jarrohlik davolashga yangi yondashuv]. Stomatologiya, 124–129.  
<https://doi.org/10.71337/inlibrary.uz.stomatologiya.3840>

13. Mukaddaskhonova, M. D., Pulatova, B. Zh., Khasanov, Sh. M., & Khasanov, I. I. (2022). Optimizatsiya khirurgicheskogo etapa dentalnoy implantatsii na osnove kompyuternogo modelirovaniya [Dental implantatsiyaning jarrohlik bosqichini kompyuter modellashtirish asosida optimallashtirish]. Aktualnye problemy stomatologii i chelyustno-litsevoy khirurgii. <https://doi.org/10.71337/inlibrary.uz.problems-dentistry.15700>