PASTKI JAG‘ REKONSTRUKSIYASIDA VIRTUAL JARROHLIK REJALASHTIRISH VA 3D BOSMA TEXNOLOGIYALARINING KLINIK AHAMIYATI

Qo‘yliyev Humoyun Zokir o‘g‘li

Toshkent davlat tibbiyot universiteti, 5-kurs talabasi

Annotatsiya: Pastki jag‘ning katta nuqsonlarini tiklashda suyak yaxlitligi, yuz konturi va og‘iz bo‘shlig‘i funksiyalarini birgalikda hisobga olish zarur. Ushbu maqolaning maqsadi virtual jarrohlikni rejalashtirish va uch o‘lchamli bosmaning rekonstruktiv jarrohlikdagi imkoniyatlarini baholashdir. Maqolada nuqsonlarning sabablari, raqamli texnologiyalarning turlari, operatsiyadan oldingi tekshiruvlar va davolash bosqichlari yoritiladi. Chop etilgan klinik tadqiqotlarda ayrim anatomik va estetik ko‘rsatkichlar yaxshilanishi, operatsiya vaqtining qisqarishi hamda suyak bitishiga oid ijobiy natijalar qayd etilgan.

Kalit so‘zlar: pastki jag‘ rekonstruksiyasi, yuz-jag‘ xirurgiyasi, virtual jarrohlik rejalashtirish, 3D bosma, CAD/CAM, fibula transplantati, individual plastina, dental reabilitatsiya.

Kirish

Pastki jag‘ rekonstruksiyasi suyak uzluksizligini tiklash bilan birga yuzning pastki qismi shaklini, chaynash, yutish va nutq uchun zarur anatomik sharoitlarni qayta yaratishga qaratiladi. Katta nuqsonlarda qon tomirli erkin fibula transplantati, ya’ni kichik boldir suyagining o‘z tomirlari bilan ko‘chiriladigan bo‘lagi keng qo‘llanadi. Natijani baholashda suyakning joylashuvi bilan bir qatorda bemorning tashqi ko‘rinish va funksiyadan qoniqishi ham hisobga olinishi kerak.

Virtual jarrohlik rejalashtirishda kompyuter tomografiyasi ma’lumotlari asosida operatsiya oldindan modellashtiriladi. CAD/CAM atamasi kompyuter yordamida loyihalash va ishlab chiqarishni bildiradi. Ushbu yondashuv anatomik model,

suyakni kesishga yo‘naltiruvchi moslama va bemorga mos plastina tayyorlash imkonini beradi. 3D bosma ana shu raqamli loyihani jismoniy buyumga aylantirish usullaridan biridir.

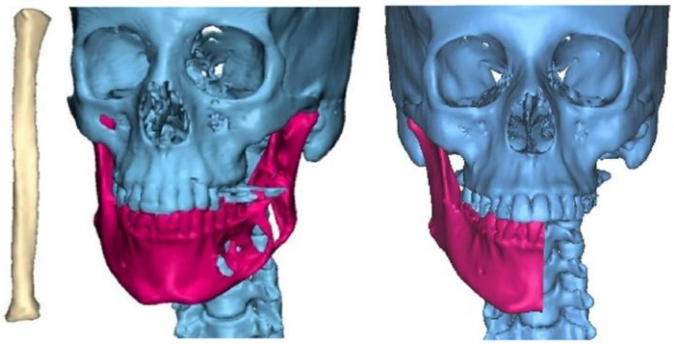
Pastki jag‘ nuqsonlarining etiologiyasi

Rekonstruksiya talab qiladigan nuqsonlar yaxshi va yomon sifatli o‘smalar rezeksiyasi, og‘ir jarohatlar, osteoradionekroz hamda osteomiyelit bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Onkologik holatlarda rezeksiya chegarasi o‘smaning tarqalishiga qarab belgilanadi. Defektning uzunligi va joylashuvi, saqlangan suyak qismlari hamda yumshoq to‘qima yo‘qotilishi rekonstruksiya rejasiga ta’sir qiladi. Shu sababli barcha bemorlar uchun bir xil transplantat yoki standart plastina yechimi mos kelmaydi.

Raqamli rekonstruksiya texnologiyalarining turlari

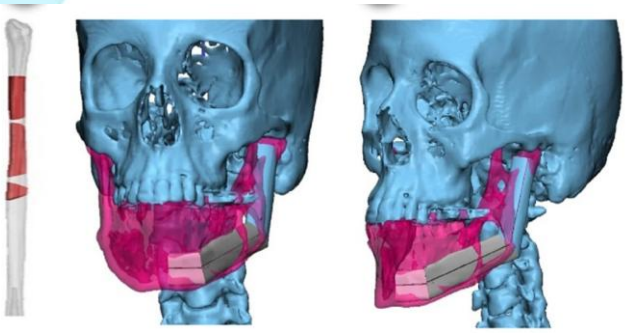
Anatomik model bemorning jag‘ shaklini jismoniy ko‘rinishda aks ettiradi. U rekonstruktiv plastinani oldindan bukish va suyak segmentlari joylashuvini baholash uchun ishlatiladi. Kesish yo‘naltirgichi esa rejalashtirilgan osteotomiya, ya’ni suyakni kesish chizig‘i va burchagini operatsiyaga ko‘chirishga xizmat qiladi.

Individual rekonstruktiv plastina bemorning anatomiyasi va tanlangan transplantat shakliga mos loyihalanadi. Wüster ismli tadqiqotchi kurak suyagi transplantati bilan rekonstruksiyada bemorga xos 3D bosilgan titan plastinalarni o‘rgangan. Shunga qaramay, tayyor konstruksiyaning mosligi uni o‘rnatish aniqligi va atrofdagi yumshoq to‘qimalarga ham bog‘liq bo‘lgan.



Diagnostika va operatsiyadan oldingi rejalashtirish

Baholash klinik ko‘rik, nuqsonning sababi va hajmini aniqlashdan boshlanadi. Onkologik bemorda biopsiya natijasi hamda o‘smaning tarqalishi jarrohlik rejasiga kiritiladi. Al-Sabahining tadqiqotida yuz skeleti KT tekshiruvi bilan birga fibula donor sohasining tomirlarini baholash uchun ikki tomonlama KT angiografiya qo‘llagan.

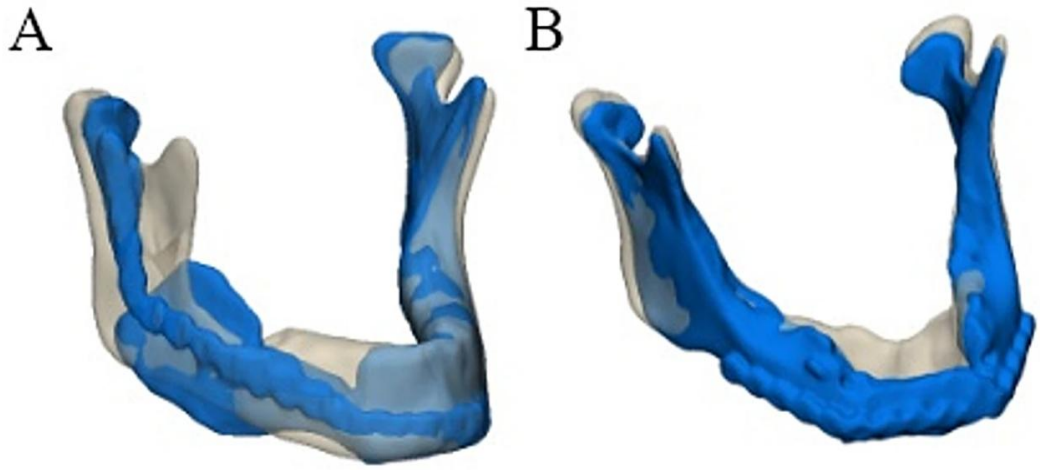


KT tasvirlari asosida jag‘ va donor suyakning raqamli modeli hosil qilinadi. So‘ng rezeksiya chegaralari, fibula segmentlarining soni, ularning kesish burchaklari va joylashuvi belgilanadi. Saqlangan anatomik tuzilmalar va qarama-qarshi tomon shakli orientir sifatida ishlatilishi mumkin. Yakuniy reja yuz konturi, jag‘ bo‘g‘imi holati hamda kelajakdagi tish protezlash ehtiyojlari bilan muvofiqlashtiriladi.

Jarrohlik davolash va reabilitatsiya

Raqamli reja operatsiya vaqtida kesish yo‘naltirgichlari va rekonstruktiv plastina orqali amalga oshiriladi. Qon tomirli fibula segmentlari nuqsonga mos joylashtirilib, saqlangan jag‘ qismlariga mahkamlanadi; transplantat qon aylanishi mikrotomir anastomozlari yordamida tiklanadi. Keyingi dental implantatsiya ham kompyuterda rejalashtirilishi mumkin. Bunda suyak segmentlarining o‘zaro munosabati va protez uchun qulay joylashuvi birgalikda ko‘rib chiqiladi.

Tanlangan bemorlarda rekonstruksiya bilan bir vaqtda dental implantlar va vaqtinchalik tish protezi o‘rnatiladigan “Jaw in a Day” yondashuvi qo‘llanadi. Mount Sinai markazining rasmiy ma’lumotida bu usul jag‘ rezeksiyasi, fibula bilan tiklash va vaqtinchalik tishlarni bitta operatsiyaga birlashtirishi bayon qilingan. Bu nom to‘qimalarning bir kunda to‘liq bitishini anglatmaydi: keyingi kuzatuv, protezni moslash va doimiy protez tayyorlash bosqichlari saqlanadi. Reabilitatsiya rejasi



jarroh va ortoped-stomatolog hamkorligida tuziladi.

Klinik tadqiqotlar natijalari va muhokama

Al-Sabahi va uning hamkasblarining 2022-yilgi randomizatsiyalangan tadqiqotida 22 bemor teng ikki guruhga ajratilgan. Individual kesish yo‘naltirgichi qo‘llangan guruhda o‘rtacha operatsiya vaqti 562,91 ± 51,22 daqiqa, model asosida, ammo individual yo‘naltirgichsiz ishlangan guruhda 663,55 ± 53,43 daqiqa bo‘lgan. Transplantat ishemiya vaqti mos ravishda 97,55 ± 16,80 va 172,45 ± 21,87 daqiqani tashkil etgan. Ko‘rsatkichlar o‘rtacha qiymat ± standart og‘ish shaklida berilgan; bo‘yin disseksiyasi vaqti hisobga kiritilmagan. Nazorat guruhi ham 3D modeldan foydalangani sababli ushbu taqqoslash individual yo‘naltirgichli va modelga asoslangan ikki yondashuv orasidagi farqni aks ettiradi. Kichik tanlanma natijalarni umumlashtirishni cheklaydi.

May va hamkasblari 260 bemor qatnashgan retrospektiv tadqiqotda suyak bitishini baholagan. Virtual rejalashtirish va 3D yo‘naltirgichlar ishlatilgan 28 bemordan birida suyak bitmasligi kuzatilgan; an’anaviy usuldagi 232 bemordan 46 tasida shu

holat qayd etilgan. Maqolada bu ko‘rsatkichlar yaxlitlab 4% va 20% sifatida berilgan, farq uchun p = 0,036 bo‘lgan. Kuzatuv tadqiqoti bo‘lgani sababli usul tanlovi va boshqa klinik omillar ta’sirini to‘liq ajratib bo‘lmaydi [7].

Marquardt esa 2025-yilgi ishida dastlabki 44 bemordan yakuniy tasviriy tahlilga 25 nafarini kiritgan. Operatsiyadan oldingi va keyingi anatomik moslikni baholashda o‘rtacha mutlaq tafovut 3,10 mm bo‘lgan. Nazorat guruhi yo‘qligi va ko‘plab holatlarning tasvir sifati yoki mavjudligi sababli chiqarilishi ushbu natijani boshqa usullardan ustunlik isboti sifatida qabul qilishga imkon bermaydi [2].

Giraudi 2026-yilgi retrospektiv ishida 32 bemor, jumladan CAD/CAM guruhida 21 va model yordamidagi an’anaviy guruhda 11 bemorni baholagan. CAD/CAM guruhida estetik qoniqish va bemor bildirgan nutq bilan bog‘liq shikoyatlar bo‘yicha yaxshiroq natijalar kuzatilgan. Nutq ko‘rsatkichi uchun p = 0,01 bo‘lgan; boshqa funksional mezonlarda farqlar statistik ahamiyatga yetmagan. Demak, estetik yoki ayrim funksional foydani barcha funksiyalar yaxshilanishi bilan tenglashtirish mumkin emas.

Wüsterning tadqiqoti 2026-yilgi 15 bemorli tadqiqoti texnologiyaning cheklovlarini ko‘rsatdi. Kurak suyagi transplantati va individual plastinalar qo‘llanganiga qaramay, uch bemorda og‘iz ichida plastina ochilishi va uch bemorda jag‘ bilan transplantat orasida bitmaslik aniqlangan. Bu holatlar bir-birini istisno qiluvchi guruhlar sifatida jamlanmasligi kerak. Mualliflar yumshoq to‘qima hajmi yo‘naltirgichning suyakka aniq o‘rnashishini qiyinlashtirishi mumkinligini qayd etgan.

Asosiy cheklovlar

Iqtisodiy baholashda material xarajati bilan butun davolash xarajatini farqlash zarur. Moe va hammualliflarining 26 bemorli ishida markaz ichida tayyorlangan CAD/CAM vositalari uchun bir holatga o‘rtacha 3,87 AQSH dollari material xarajati qayd etilgan. Bu raqam printer, dastur, xodim mehnati va operatsiyaning to‘liq narxini ifodalamaydi. Uni boshqa mamlakat yoki markaz uchun tayyor iqtisodiy ko‘rsatkich sifatida qo‘llash mumkin emas.

3D bosilgan buyumning geometrik aniqligi uning biologik va mexanik xavfsizligini avtomatik tasdiqlamaydi. FDAning texnik qo‘llanmasida material nazorati, ishlab chiqarish jarayonini validatsiya qilish, o‘lchamlarni tekshirish, mexanik sinovlar, qoldiq materiallarni tozalash, sterilizatsiya va biokompatibillik masalalari yoritilgan. Klinik foydalanishda buyumning mo‘ljallangan vazifasiga mos tekshiruvlar zarur. Ko‘rgazmali model, operatsion yo‘naltirgich va doimiy implantning xavfsizlik talablari bir xil deb qaralmasligi kerak.

Tanlangan dalillardan kelib chiqib, amaliy joriy etish jarroh, radiolog, ortoped-stomatolog va texnik mutaxassisning kelishilgan ishini talab qiladi. Kelgusi tadqiqotlarda anatomik aniqlik bilan birga suyak bitishi, chaynash, nutq, bemor qoniqishi va jami xarajatlarni yagona mezonlar bilan baholash maqsadga muvofiq. Ushbu sharhda manbalar tizimli protokol asosida tanlanmagani sababli tanlovga bog‘liq tarafkashlik ehtimoli ham mavjud.

Xulosa

Virtual jarrohlik rejalashtirish va 3D bosma pastki jag‘ rekonstruksiyasini bemor anatomiyasiga moslashtirishga xizmat qiladi. Mavjud tadqiqotlar ayrim anatomik va estetik natijalar, operatsiya vaqti hamda suyak bitishi bo‘yicha foyda bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Dalillarning cheklanganligi universal ustunlik haqida xulosa chiqarishga yo‘l qo‘ymaydi. Klinik qaror nuqson xususiyatlari, bemorning holati, onkologik talablar va markaz imkoniyatlariga asoslanishi kerak. Raqamli texnologiyaning qiymati rejaning amaliy bajarilishi, xavfsizlik va keyingi reabilitatsiya natijalari bilan baholanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Giraudi C, Gugliotta Y, Secco F, Novaresio A, Fasolis M, Ramieri G. Mandibular reconstruction with fibula free flap: a comparative analysis of clinical outcomes of CAD/CAM-assisted surgery versus model-assisted conventional technique. Oral and Maxillofacial Surgery. 2026;30:139. DOI: 10.1007/s10006-026-01630-9.

2. Marquardt MD, Cowen E, Fenberg R, et al. Mandibular reconstruction outcomes for in-house patient-specific solutions. 3D Printing in Medicine. 2025;11:31. DOI: 10.1186/s41205-025-00280-z.
3. Ren W, Gao L, Li S, et al. Virtual Planning and 3D printing modeling for mandibular reconstruction with fibula free flap. Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal. 2018;23(3):e359–e366. DOI: 10.4317/medoral.22295.
4. Wüster J, Brandenburg M, Elter TL, et al. Accuracy of CAD/CAM planned mandibular reconstruction with scapula free flaps in reconstructive head and neck surgery – A single center study. Oral and Maxillofacial Surgery. 2026;30:22. DOI: 10.1007/s10006-026-01505-z.
5. Al-Sabahi ME, Jamali OM, Shindy MI, Moussa BG, Amin AAW, Zedan MH. Aesthetic Reconstruction of Onco-surgical Mandibular Defects Using Free Fibular Flap with and without CAD/CAM Customized Osteotomy Guide: A Randomized Controlled Clinical Trial. BMC Cancer. 2022;22:1252. DOI: 10.1186/s12885-022-10322-y.
6. Mount Sinai. Jaw in a Day Surgery at Mount Sinai [Internet]. Murojaat sanasi: 20.09.2026. Rasmiy manba.
7. May MM, Howe BM, O'Byrne TJ, et al. Short and long-term outcomes of three-dimensional printed surgical guides and virtual surgical planning versus conventional methods for fibula free flap reconstruction of the mandible: Decreased nonunion and complication rates. Head & Neck. 2021;43(8):2342–2352. DOI: 10.1002/hed.26688.
8. Moe J, Foss J, Herster R, et al. An In-House Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Workflow for Maxillofacial Free Flap Reconstruction is Associated With a Low Cost and High Accuracy. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2021;79(1):227–236. DOI: 10.1016/j.joms.2020.07.216.
9. U.S. Food and Drug Administration. Technical Considerations for Additive Manufactured Medical Devices. Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff. 2017 [Internet]. Murojaat sanasi: 20.09.2026. Rasmiy manba.