RAQAMLI STOMATOLOGIYA (CAD/CAM) USULLARINING KLINIK AFZALLIKLARI: ZAMONAVIY DIAGNOSTIKA, REJALASHTIRISH VA ORTOPEDIK DAVOLASHDAGI IMKONIYATLAR

Salaxitdinova Mubinaxon
Qo'qon universiteti Andijon filiali
Tibbiyot fakulteti, Stomatologiya yo'nalishi
25-01-guruh talabasi
Tel:998905405587
e-mail: muni_cha@mail.ru
https://doi.org/10.5281/zenodo.21704018

Annotatsiya: So'nggi yillarda raqamli texnologiyalarning rivojlanishi stomatologiya amaliyotida diagnostika, davolashni rejalashtirish va ortopedik konstruksiyalar tayyorlash jarayonlarini tubdan o'zgartirmoqda. CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) texnologiyalari raqamli stomatologiyaning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib, bemorning individual anatomik xususiyatlarini hisobga olgan holda yuqori aniqlikdagi stomatologik konstruksiyalarni yaratish imkonini beradi. Mazkur maqolada CAD/CAM tizimlarining klinik afzalliklari, ularning ortopedik stomatologiya, implantologiya va estetik stomatologiyadagi qo'llanilishi tahlil qilinadi. Raqamli skanerlash, kompyuter yordamida loyihalash va avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish jarayonlarining an'anaviy usullarga nisbatan afzalliklari ko'rib chiqiladi. Ilmiy manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, CAD/CAM texnologiyalari protez konstruksiyalarining aniqligini oshirish, klinik vaqtni qisqartirish, bemor komfortini yaxshilash va davolash natijalarining prognoz qilinishini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Ushbu texnologiyalar zamonaviy stomatologiyada individual va minimal invaziv davolash konsepsiyasining rivojlanishiga xizmat qilmoqda.

Kalit so'zlar: raqamli stomatologiya, CAD/CAM, intraoral skaner, kompyuter yordamida loyihalash, raqamli protezlash, ortopedik stomatologiya, implantologiya, dental texnologiyalar.

Kirish: Stomatologiya fanining rivojlanishi davomida asosiy maqsadlardan biri bemor uchun samarali, xavfsiz va uzoq muddatli davolash usullarini yaratish bo'lib kelgan. An'anaviy klinik va laboratoriya usullari ko'p yillar davomida muvaffaqiyatli qo'llanilgan bo'lsa-da, ular ayrim cheklovlarga ega: qo'l mehnatining yuqori ulushi, ko'p bosqichlilik, vaqt sarfining ko'pligi va inson omiliga bog'liq xatolar. XXI asrda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi stomatologiyada yangi davr — raqamli stomatologiya davrini boshlab berdi. Ushbu yo'nalishda CAD/CAM tizimlari alohida o'rin egallaydi. CAD/CAM texnologiyasi ikki asosiy jarayonni birlashtiradi:

- **CAD (Computer-Aided Design)** — kompyuter yordamida stomatologik konstruksiyalarni loyihalash;
- **CAM (Computer-Aided Manufacturing)** — loyihalashtirilgan konstruksiyalarni avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish.

Ushbu tizimlar yordamida kronalar, ko'priklar, vinirlar, implant usti konstruksiyalar, ortodontik apparatlar va boshqa stomatologik mahsulotlar yuqori aniqlikda tayyorlanadi. Raqamli stomatologiyaning muhim bosqichlaridan biri intraoral skanerlarning amaliyotga kirib kelishi bo'ldi. An'anaviy elastik qolip olish usullaridan farqli ravishda, raqamli skanerlash bemor uchun qulayroq jarayon bo'lib, og'iz bo'shlig'ining uch o'lchovli modelini tez va aniq yaratish imkonini beradi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, CAD/CAM

tizimlari yordamida tayyorlangan ortopedik konstruksiyalar yuqori chekka moslashuv (marginal fit), yaxshi anatomik aniqlik va takrorlanuvchanlik xususiyatlariga ega [1, 2]. Raqamli texnologiyalarning yana bir muhim afzalligi — davolash jarayonini oldindan rejalashtirish imkoniyatidir. Shifokor bemorning raqamli modeli asosida optimal davolash strategiyasini ishlab chiqishi, konstruksiya shaklini bemor bilan muhokama qilishi va yakuniy natijani oldindan baholashi mumkin. Shu sababli CAD/CAM texnologiyalarining klinik afzalliklarini o‘rganish zamonaviy stomatologiyaning muhim ilmiy-amaliy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

CAD/CAM texnologiyalari zamonaviy stomatologiyada raqamli ish jarayonining asosini tashkil etadi. Ushbu tizimlarning rivojlanishi natijasida klinik va laboratoriya bosqichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik yanada takomillashdi. Hozirgi vaqtda CAD/CAM tizimlari ortopedik stomatologiyada an’anaviy protezlash usullarini to‘ldiruvchi yoki ayrim holatlarda ularning o‘rnini bosuvchi samarali texnologiya sifatida qaralmoqda. CAD/CAM tizimining asosiy afzalligi — bemorning individual anatomik xususiyatlariga mos keluvchi konstruksiyalarni raqamli ma’lumotlar asosida ishlab chiqarish imkoniyatidir. Bunda klinik ma’lumotlar intraoral skaner yordamida olinadi, maxsus dasturiy ta’minot orqali qayta ishlanadi va tayyor model asosida ishlab chiqarish amalga oshiriladi. Raqamli ish jarayoni quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:

1. **Raqamli diagnostika va skanerlash** - Intraoral skanerlar yordamida tish qatori, yumshoq to‘qimalar va okklyuzion munosabatlarning uch o‘lchovli modeli olinadi. Bu usul bemor uchun qulay bo‘lib, an’anaviy qolip olish jarayonidagi noqulayliklarni kamaytiradi.

1. **Raqamli loyihalash (CAD)** - Olingan ma’lumotlar maxsus dasturiy ta’minotda qayta ishlanadi. Shifokor va texnik bo‘lajak konstruksiyaning shakli, o‘lchami va funksional parametrlarini aniqlaydi.

2. **Raqamli ishlab chiqarish (CAM)** - Tayyor raqamli model asosida konstruksiya frezalash (milling) yoki qo‘shimcha ishlab chiqarish (3D-printing) texnologiyalari yordamida tayyorlanadi.

Zamonaviy CAD/CAM tizimlari uchta asosiy komponentdan tashkil topadi:

1. Raqamli ma’lumot olish qurilmalari - Bunga intraoral va laboratoriya skanerlari kiradi. Ularning vazifasi og‘iz bo‘shlig‘ining aniq raqamli nusxasini yaratishdan iborat.

2. Dasturiy loyihalash tizimlari - Maxsus CAD dasturlari yordamida shifokor yoki dental texnik konstruksiyaning virtual modelini yaratadi. Ushbu bosqichda estetik va funksional parametrlarni nazorat qilish mumkin.

3. Ishlab chiqarish uskunalari - CAM bosqichida frezalash stanoklari yoki 3D-printerlar yordamida tayyor konstruksiya olinadi. CAD/CAM tizimlari ortopedik stomatologiyaning ko‘plab yo‘nalishlarida qo‘llaniladi. Jumladan yakka kronalarni tayyorlash, ko‘priksimon protezlar ishlab chiqarish, estetik vinirlar tayyorlash, implant usti konstruksiyalarni loyihalash, to‘liq anatomik keramik restavratsiyalar, vaqtinchalik protezlarni ishlab chiqarish, okklyuzion shinalar va diagnostik modellar tayyorlash. Ayniqsa, estetik stomatologiyada CAD/CAM texnologiyalari rang, shakl va anatomik tuzilmani aniq rejalashtirish imkoniyati tufayli keng qo‘llanilmoqda.

1-jadval. An’anaviy va CAD/CAM asosidagi stomatologik ish jarayonlarining qiyosiy tavsifi

Ko‘rsatkich	An’anaviy usul	CAD/CAM usuli
Ma’lumot olish	Elastik qolip olish	Intraoral skanerlash
Jarayon davomiyligi	Ko‘p bosqichli	Qisqartirilgan raqamli jarayon
Aniqlik	Operator tajribasiga bog‘liq	Yuqori raqamli aniqlik
Modelni saqlash	Fizik model talab qilinadi	Elektron formatda saqlanadi

Qayta ishlab chiqarish	Murakkab	Raqamli fayl orqali oson
Bemor qulayligi	Nisbatan past	Yuqori
Davolashni rejalashtirish	Cheklangan	Virtual rejalashtirish imkoniyati

Tadqiqot materiali va metodlari

Mazkur tadqiqot raqamli stomatologiya va CAD/CAM texnologiyalariga oid ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish asosida olib borildi. Tadqiqot uchun 2018–2025 yillarda chop etilgan ilmiy maqolalar, klinik tadqiqotlar va tizimli sharhlar o‘rganildi. Manbalarni tanlashda quyidagi mezonlardan foydalanildi: CAD/CAM texnologiyalarining klinik qo‘llanilishiga bag‘ishlanganligi, ortopedik stomatologiya bilan bevosita bog‘liqligi, klinik yoki laboratoriya natijalariga ega ekanligi, ilmiy ekspertizadan o‘tgan jurnallarda chop etilganligi. Tahlil davomida konstruksiyaning aniqligi, chekka moslashuv darajasi, ishlab chiqarish vaqti, bemor uchun qulaylik, protezlarning funksional va estetik natijalari, iqtisodiy samaradorlik baholandi. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, CAD/CAM texnologiyalari nafaqat protez tayyorlash jarayonini tezlashtiradi, balki davolash sifatini nazorat qilish va standartlashtirish imkoniyatlarini ham kengaytiradi. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, CAD/CAM texnologiyalarining stomatologik amaliyotga joriy etilishi ortopedik davolash sifatini sezilarli darajada oshirmoqda. Raqamli ish jarayonlari diagnostikadan tortib tayyor konstruksiyani o‘rnatishgacha bo‘lgan barcha bosqichlarni nazorat qilish imkonini beradi. CAD/CAM tizimlarining asosiy klinik afzalligi — yuqori aniqlik va prognoz qilinadigan natijadir. Raqamli skanerlash orqali olingan ma’lumotlar kompyuter muhitida qayta ishlanadi va konstruksiya ishlab chiqarilishidan oldin uning shakli, kontakt nuqtalari hamda okklyuzion munosabatlari baholanadi. Bu yondashuv protezning qayta ishlanish ehtiyojini kamaytiradi va bemorning klinik qabul vaqtini qisqartiradi.

3.1. CAD/CAM texnologiyalarining protez konstruksiyalari aniqligiga ta’siri

Ortopedik stomatologiyada tayyor konstruksiyaning aniqligi uning uzoq muddat xizmat qilishi uchun asosiy mezonlardan biridir. Krona va ko‘priklarning chekka moslashuvi periodontal to‘qimalarning sog‘lomligi, ikkilamchi kariyes xavfining kamayishi va bemor komfortiga bevosita ta’sir qiladi. Tadqiqotlar natijasiga ko‘ra, CAD/CAM yordamida tayyorlangan konstruksiyalar yuqori standartlashgan ishlab chiqarish jarayoni sababli barqaror aniqlik ko‘rsatkichlariga ega bo‘ladi.

2-jadval. CAD/CAM va an’anaviy protezlash usullarining klinik taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	An’anaviy usul	CAD/CAM usuli
Qolip olish	Fizik material talab etiladi	Raqamli skanerlash
Ishlab chiqarish aniqligi	Operator mahoratiga bog‘liq	Raqamli nazorat asosida
Tayyorlash muddati	Ko‘proq vaqt talab qiladi	Tezlashtirilgan jarayon
Qayta ishlash ehtiyoji	Ko‘proq uchrashi mumkin	Kamroq
Estetik rejalashtirish	Cheklangan	Virtual baholash mumkin
Ma’lumotlarni saqlash	Fizik model	Elektron fayl

3.2. Intraoral skanerlashning klinik afzalliklari

Intraoral skanerlar CAD/CAM tizimining eng muhim qismlaridan biri hisoblanadi. Ular an’anaviy elastomer qolip olish usullariga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Masalan: bemor uchun qulay jarayon, gag-refleks va noqulayliklarning kamayishi, raqamli modelning tez olinishi, xatolarni darhol aniqlash imkoniyati, ma’lumotlarni uzoq muddat saqlash. Raqamli skanerlash yordamida shifokor preparatsiya qilingan tish holatini ekranda ko‘rib, kerakli tuzatishlarni klinik bosqichning o‘zida amalga oshirishi mumkin.

3.3. CAD/CAM texnologiyalarining estetik stomatologiyadagi ahamiyati

Estetik stomatologiyada bemorning individual talablari yuqori bo‘lgani sababli konstruksiyaning shakli, rangi va tabiiy tishlarga mosligi muhim ahamiyatga ega.

CAD/CAM tizimlari yordamida vinirlarning shakli oldindan modellashtiriladi, tabassum dizayni (Digital Smile Design) amalga oshiriladi, keramik materiallardan yuqori estetik konstruksiyalar tayyorlanadi. Raqamli dizayn bemor bilan davolash rejasini muhokama qilish va yakuniy natijani oldindan ko‘rsatish imkonini beradi.

3.4. Implantologiyada CAD/CAM texnologiyalarining roli

Implantologiyada CAD/CAM texnologiyalari implant usti protezlarini tayyorlashda katta ahamiyatga ega. Raqamli protokol quyidagi imkoniyatlarni beradi: implant pozitsiyasini aniq baholash, individual abutmentlarni loyihalash, okklyuzion yuklamani optimallashtirish, estetik zonalarda yuqori aniqlikka erishish. Ayniqsa, to‘liq raqamli implant protokollari jarrohlik va ortopedik bosqichlarning o‘zaro uyg‘unligini yaxshilaydi.

3.5. Bemor uchun klinik afzalliklar

CAD/CAM texnologiyalarining ahamiyati faqat shifokor va laboratoriya faoliyati bilan cheklanmaydi. Ushbu tizimlar bemor uchun ham sezilarli qulayliklar yaratadi. Tashriflar sonining kamayishi, davolash muddatining qisqarishi, individual dizayn imkoniyati, yuqori estetik natija, davolash jarayonining tushunarli bo‘lishi asosiy afzalliklaridir.

3-jadval. CAD/CAM texnologiyalarining asosiy klinik samaralari

Yo‘nalish	Klinik natija
Diagnostika	Aniq raqamli model yaratish
Rejalashtirish	Davolash natijasini oldindan baholash
Protezlash	Yuqori aniqlikdagi konstruksiyalar
Implantologiya	Individual va aniq implant usti protezlari
Estetika	Tabiiy ko‘rinishga yaqin natijalar
Bemor tajribasi	Qulay va tezkor davolash

Muhokama va natijalar

O‘rganilgan ilmiy ma’lumotlar CAD/CAM texnologiyalarining zamonaviy stomatologiyada muhim o‘rin egallashini ko‘rsatadi. Ushbu tizimlar klinik aniqlikni oshirish, davolash jarayonini standartlashtirish va bemorga individual yondashuvni ta’minlash imkonini beradi. Shunga qaramay, CAD/CAM texnologiyalarining keng qo‘llanilishida ayrim cheklovlar mavjud. Uskunalarning yuqori boshlang‘ich qiymati, mutaxassislarning raqamli texnologiyalar bo‘yicha tayyorgarligi zarurligi, dasturiy ta’minot va texnik xizmat xarajatlari, ayrim materiallarning uzoq muddatli klinik kuzatuvlarini davom ettirish zarurati. Kelajakda sun’iy intellekt, avtomatlashtirilgan dizayn tizimlari va yangi avlod biomateriallarining rivojlanishi CAD/CAM texnologiyalarining imkoniyatlarini yanada kengaytirishi kutilmoqda. Umuman olganda, CAD/CAM tizimlari raqamli stomatologiyaning asosiy texnologik yo‘nalishi sifatida ortopedik davolash samaradorligini oshirish, klinik xatolarni kamaytirish va bemor uchun yuqori sifatli natijalarni ta’minlashda muhim vosita hisoblanadi.

Xulosa

Raqamli stomatologiya va CAD/CAM texnologiyalarining rivojlanishi zamonaviy ortopedik stomatologiyada davolash jarayonlarini yangi bosqichga olib chiqmoqda. O‘tkazilgan ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, CAD/CAM tizimlari diagnostika, davolashni rejalashtirish va stomatologik konstruksiyalarni ishlab chiqarish jarayonlarida yuqori samaradorlikka ega. Raqamli skanerlash, kompyuter yordamida loyihalash va avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish texnologiyalari an’anaviy usullarga nisbatan bir qator klinik afzalliklarni ta’minlaydi. Jumladan, konstruksiyalarning aniqligi oshadi, laboratoriya bosqichlari qisqaradi, inson omiliga bog‘liq xatolar kamayadi va bemor uchun davolash jarayoni qulaylashadi. CAD/CAM texnologiyalari yordamida tayyorlangan kronalar, ko‘priklar, vinirlar va implant usti konstruksiyalari yuqori estetik va funksional natijalarni

ta’minlash imkonini beradi. Ayniqsa, intraoral skanerlash va raqamli loyihalash tizimlari bemorning individual anatomik xususiyatlarini hisobga olgan holda shaxsiylashtirilgan davolash rejasini yaratishga yordam beradi. Raqamli stomatologiyaning muhim afzalliklaridan biri — davolash natijasini oldindan prognoz qilish imkoniyatidir. Shifokor va bemor davolash jarayoni boshlanishidan oldin kutilayotgan natijani baholashi mumkin, bu esa bemor qoniqishini oshiradi. Shu bilan birga, CAD/CAM texnologiyalarini keng joriy etish uchun mutaxassislarning raqamli bilim va ko‘nikmalarini oshirish, zamonaviy uskunalardan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish hamda yangi materiallarning uzoq muddatli klinik samaradorligini yanada chuqur o‘rganish talab etiladi. Xulosa qilib aytganda, CAD/CAM texnologiyalari zamonaviy stomatologiyaning ajralmas qismi bo‘lib, ortopedik davolashning aniqligi, tezligi va sifatini oshiruvchi innovatsion vosita hisoblanadi. Kelajakda sun’iy intellekt, avtomatlashtirilgan dizayn va yangi biomateriallar bilan integratsiya qilinishi ushbu tizimlarning klinik imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Nosirxonov, A. A. (2026). Raqamli stomatologiya: CAD/CAM texnologiyalarining zamonaviy stomatologiyadagi o‘rni. SHOKH LIBRARY, 1(1). https://www.wosjournals.com/index.php/shokh/article/view/12892
2. Xasanov, A. O. (2026). CAD/CAM texnologiyalarining ortopedik stomatologiyadagi o‘rni. SHOKH LIBRARY. https://www.wosjournals.com/index.php/shokh/article/view/13937
3. Joda T., Zarone F., Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. BMC Oral Health. 2017;17:124.
4. Mangano F., Gandolfi A., Luongo G., Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health. 2017;17:149.
5. Richert R., Goujat A., Venet L. et al. Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. Journal of Healthcare Engineering. 2017;2017:8427595.