

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ
КАФЕДРА ОРТОПЕДИЧНОЇ СТОМАТОЛОГІЇ

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОРТОПЕДИЧНІЙ СТОМАТОЛОГІЇ

Курс за вибором

Київ - 2024

УДК: 616.314-089.23:004.9

*Рекомендовано до друку на засіданні ЦМК стоматологічного факультету
Національного медичного університету імені О. О. Богомольця МОЗ України
(протокол № 1 від 29.08.2024)*

Установа-розробник:

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця МОЗ України.

Укладачі (автори):

Скібіцький Вадим Станиславович – доцент кафедри ортопедичної стоматології НМУ імені О.О.Богомольця, кандидат медичних наук.

Василишин Ульяна Ростиславівна – доцент кафедри ортопедичної стоматології НМУ імені О.О. Богомольця, кандидат медичних наук.

Рецензенти:

Дорошенко Світлана Іванівна – професор кафедри ортопедичної стоматології та ортодонтії ПВНЗ «Київський медичний університет, д. мед. н., професор.

Палійчук Іван Васильович – професор, д.мед.н., завідувач кафедри стоматології післядипломної освіти ІФНМУ.

Методичні рекомендації присвячені проблемі застосування цифрових технологій в ортопедичній стоматології, їх вибору в залежності від індивідуальних клінічних умов пацієнта. Її ціль – допомогти розібратися, систематизувати розрізнену інформацію, що була опублікована за останні десятиліття по даній тематиці для досягнення позитивного результату в кожному клінічному випадку, як в короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі.

Методичні рекомендації призначені для студентів 3-5курсів стоматологічного факультету, курсантів циклу спеціалізації «Ортопедична стоматологія», циклів тематичного удосконалення стоматологічних дисциплін, науковців та лікарів, які працюють у сфері стоматології.

Methodical recommendations are devoted to the problem of using digital technologies in orthopedic dentistry, their choice depending on the individual clinical conditions of the patient. Its purpose is to help to understand, to systematize the disparate information that has been published over the past decades on this topic in order to achieve a positive result in each clinical case, both in the short and long term.

Methodological recommendations are intended for students of the 3th-5th year of the Faculty of Dentistry, cadets of the specialization cycle «Prosthetic dentistry», cycles of thematic improvement of dental disciplines, scientists and doctors working in the field of dentistry.

Підп. до друку 20.05.2024. Формат 60x84/16.

Папір офсет. Гарн. NewtonС. Друк офсет. Наклад 300.

Видавництво «Книга-плюс» 03057, Київ, пр. Берестейський, 34.

Свідцтво про внесення до Державного реєстру видавців і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 4904 від 20.05.2015 р.

тел.: +38 067 403 55 05

Зміст

Застосування цифрових технологій на різних етапах реабілітації пацієнта в клініці ортопедичної стоматології....	5
Системи автоматизованого заповнення і ведення медичної документації	13
Цифрова рентгенологічна діагностика зубо-щелепного апарату.....	16
Роль дентальної фотографії в ортопедичній стоматології ...	26
Аналогова та віртуальна лицева дуга	31
Технологія автоматизованого проектування і виготовлення ортопедичних конструкцій.....	44
Використання CAD/CAM систем на етапах виготовлення ортопедичних конструкцій.....	55
Цифровий протокол протезування різними видами вкладок	63
Цифровий протокол протезування різними видами коронок.....	67
Питання до контролю.....	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

- ШІ** – штучний інтелект
- МІС** – медичні інформаційні системи
- VR** – віртуальна реальність
- AR** – доповнена реальність
- ЗЩА** – зубо-щелепний апарат
- CAD** – комп'ютерне проектування
- CAM** – комп'ютерне виготовлення
- ПЗ** – програмне забезпечення
- СОЗ** – система охорони здоров'я
- МАПК** – медичні апаратно-програмні комплекси
- АРМ** – автоматизоване робоче місце
- ЕМК** – електронна медична карта
- ЕСОЗ (eHealth)** – електронна система охорони здоров'я
- КІХ** – комп'ютеризація історії хвороби
- КТ** – комп'ютерна томографія
- КПКТ** – конусно-променева комп'ютерна томографія
- АКТ** – аксіальна комп'ютерна томографія
- МРТ** – магнітно-резонансна томографія
- ЕМГ** – електроміографія
- DSD** – цифровий дизайн посмішки
- Wax Up** – воскове моделювання зубів
- ЧПК** – числовим програмним керуванням

Застосування цифрових технологій на різних етапах реабілітації пацієнта в клініці ортопедичної стоматології

Цифрові протоколи у клініці ортопедичної стоматології

Цифрова стоматологія – розділ стоматології, що вивчає впровадження цифрових технологій в практику лікаря-стоматолога. Використовується при діагностиці, плануванні лікування та виготовленні стоматологічних конструкцій. Розвиток цифрової стоматології значно вплинув на покращення точності діагностики, ефективності лікування та якості обслуговування пацієнтів.

Перспективи розвитку цифрової стоматології

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ): використання ШІ для автоматичного аналізу рентгенівських зображень, діагностики карієсу та інших захворювань. ШІ вже починають застосовувати у МІС (медичні інформаційні системи) тому потенціал використання ШІ теж є великим.

Розвиток біоматеріалів, що застосовуються: вдосконалення матеріалів для 3D-друку, що забезпечують кращу біосумісність та тривалість використання ортопедичних конструкцій.

Технології віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR): використання доповненої та віртуальної реальності для навчання майбутніх фахівців, планування лікування та підвищення точності хірургічних процедур.

До переваг цифрової стоматології можна віднести:

- ◆ Підвищена точність і надійність: цифрові технології забезпечують точність діагностики та лікування у порівнянні з традиційними методами, що знижує ймовірність помилок і покращує результати лікування.
- ◆ Зменшення часу лікування: використання CAD/CAM технологій і 3D-друку скорочує час виготовлення ортопедичних конструкцій, що зменшує час лікування.
- ◆ Покращений комфорт для пацієнтів: інтраоральні сканери та цифрові відбитки зменшують дискомфорт, пов'язаний із традиційними методами зняття відбитків.
- ◆ Комунікація з пацієнтами: цифрові зображення та моделі дозволяють краще пояснювати пацієнтам стан їхнього здоров'я та плани лікування.

- ◆ Ефективність і економічність: автоматизація процесів зменшує витрати часу та матеріалів.

Цифровий протокол – це комплексний підхід до процесу реабілітації ЗЩА, що ґрунтується на використанні передових цифрових технологій.

Цифрові технології у клініці ортопедичної стоматології використовують при:

- Веденні медичної інформації;
- Проведенні діагностики пацієнта та встановленні діагнозу;
- Плануванні ортопедичної конструкції;
- На етапах лікування;
- Виготовленні ортопедичної конструкції.

Методи цифрових протоколів

Цифрове сканування та моделювання: використання інтраоральних сканерів дозволяє створювати високоточні цифрові відбитки зубів. Подальше використання технологій 3D-моделювання дозволяє створювати точні моделі. Це значно пришвидшує процес виготовлення та зменшує дискомфорт пацієнтів при знятті відбитків, у порівнянні з традиційними методами зняття відбитків.

Комп'ютерна томографія, зокрема конічно-променева комп'ютерна томографія: забезпечує детальні 3D зображення ЗЩА, що покращує діагностику та планування лікування пацієнта.

Комп'ютерне проектування (CAD) та комп'ютерне виготовлення (CAM): використовується для створення точних цифрових моделей та дозволяє автоматизувати процес виготовлення ортопедичних конструкцій з різних матеріалів, таких як кераміка, полімерні, композитні матеріали та метали.

3D-друк: дозволяє виготовляти незнімні та знімні ортопедичні конструкції з високою точністю та швидкістю.

Цифрове планування імплантації: цифрові навігаційні системи допомагають точно планувати та виконувати імплантаційні процедури, мінімізуючи ризики та покращуючи результати лікування.

Цілі та задачі цифрових протоколів у незнімному протезуванні

Цифрові протоколи у незнімному протезуванні мають на меті покращити якість обслуговування пацієнтів, підвищити точність виготовлення та оптимізувати процеси лікування.

Підвищення точності та якості: використання цифрових технологій дозволяє створювати високоточні ортопедичні конструкції, що відповідають анатомічним особливостям кожного пацієнта.

Естетика: завдяки цифровому моделюванню можна виготовляти конструкції, що будуть враховувати кожне побажання пацієнта з естетичного боку.

Підвищення ефективності лікування: зменшення часу виготовлення та оптимізація планування. Завдяки 3D моделюванню можна доволі швидко отримати цифрову модель майбутньої конструкції, і завдяки цьому значно зменшується час, що витрачається на лікування.

Підвищення комфорту для пацієнтів: зменшення дискомфорту при діагностиці.

Підвищення показників надійності та довговічності: зокрема, застосування сучасних матеріалів і технологій забезпечує довговічність і надійність ортопедичних конструкцій.

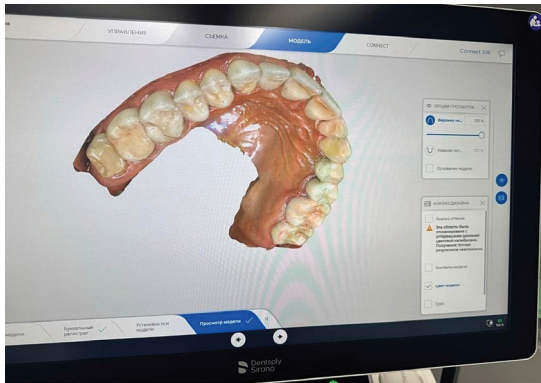
Розробка та впровадження цифрових технологій для широкого застосування. Оптимізація процесів виготовлення. Автоматизація виробництва.

Процес підготовки до цифрового протоколу починається з візуалізації щелепи та зубної архітектури (у 2D чи 3D форматі) з використанням комп'ютерної томографії та інших цифрових рентгенологічних методів. Це дозволяє отримати детальну картину структури та стану щелепи, що є необхідним для точного подальшого планування та візуалізації різних видів ортопедичних конструкцій з опорою на власних зубах та імплантатах.

Цифровий відбиток в ортопедичній стоматології

Цифровий відбиток зубів – це 3D зображення навколишніх тканин порожнини рота та зубів, створене за допомогою інтраоральної камери або оптичного сканера, яке використовується для діагностики, планування та виготовлення ортопедичних конструкцій без застосування традиційних відбиткових матеріалів (мал. 1).

При використанні традиційних методів зняття відбитків можна пропустити купу нюансів, що, в подальшому, здатні сильно повпливати на процес подальшого лікування. Поява технології цифрового відбитку значно зменшила кількість неточностей, які фізично неможливо передбачити при використанні традиційних матеріалів, а у випадку їх виникнення – одразу переробити.



Мал. 1. Цифровий відбиток зубів (фото автора)

Інтраоральні сканери – це стоматологічні пристрої, які використовують для створення 3D цифрових відбитків навколишніх тканин порожнини рота та зубів (мал. 2а і 2б). Інтраоральні сканери використовують оптичні або лазерні технології для сканування порожнини рота пацієнта, що, в подальшому, дозволяє створювати точні 3D-моделі без використання традиційних технологій отримання відбитків.



Мал. 2. Інтраоральний сканер CEREC Primescan.
Сам сканер (А) та датчик (Б) (фото автора)

3D-сканування – процес, під час якого відбувається переведення фізичної форми реального об'єкта у цифрову форму. Іншими словами, виходить тривимірна комп'ютерна модель зубних рядів. Отримання цифрових тривимірних відбитків є першим етапом під час виготовлення стоматологічних конструкцій за допомогою CAD/CAM систем.

Види сканерів

Сканери за **способом отримання інформації** поділяються на **контактні** та **безконтактні**. Контактні сканери характеризуються порівняно високою точністю сканування і невисокою вартістю порівняно з іншими видами сканерів. У них сканування здійснюється застосуванням механічного зонда. Основним недоліком у даному випадку є необхідність значних часових витрат на переміщення скануючої головки, але для даних сканерів не має значення тип сканованої поверхні.

Безконтактні сканери здійснюють сканування, застосовуючи електромагнітні хвилі. Якість сканування в цьому разі залежить від низки чинників, таких як: освітлення, матеріал і форма об'єкта сканування.

До основної переваги безконтактних сканерів відносять, передусім, швидкість отримання цифрових тривимірних відбитків, що так само супроводжується високою точністю отриманого відбитка.

Усі безконтактні сканери за принципом роботи можна розділити на 3 групи: *оптичні*, *лазерні* та *фотометричні*. На стоматологічному ринку представлена велика кількість лазерних і оптичних сканерів для отримання цифрових тривимірних відбитків.

За **призначенням** сканери поділяються на *інтраоральні* та *лабораторні*.

Принцип роботи 3D-сканерів

3D сканування є досить складним процесом. По суті, 3D-сканер проєктує джерело, що світиться (структурований промінь світла або лазерний промінь) на поверхнях об'єкта і захоплює відбиття світла від цього об'єкта за допомогою декількох камер. Так сканер отримує дані про відстань до поверхні сканованого об'єкта.

Це відбиття використовується, щоб прорахувати координати об'єкта, застосовуючи спеціальне ПЗ (програмне забезпечення). На основі цих даних будується ділянка поверхневої моделі, яка являє собою хмару, що складається з мільйонів точок. Це так зване полігональне моделювання. Після отримання достатньої кількості таких ділянок вбудована в сканер програма об'єднує їх в один тривимірний об'єкт – 3D-модель.

Під час сканування поверхні 3D-сканер стикається з різними шумами – це можуть бути як особливості самого об'єкта – сліна, рух об'єкта під час сканування, так і зовнішні несприятливі умови та характеристики самого сканера – освітлення, температура, коливання опори сканера. Під час сканування можуть утворитися зайві нерівності, які видаляються тим же ПЗ під час постобробки отриманого зображення. В кінці будується готова тривимірна модель, якою вже можна користуватися під час під час моделювання.

За потреби отриману тривимірну модель можна змінити, наприклад, обробити за допомогою програм роботи з 3D. Незважаючи на складність будови обладнання, вони доволі прості в застосуванні: достатньо ввести робочу частину сканера в порожнину рота і послідовно переміщати його від зуба до зуба по всьому зубному ряду. Завершується сканування реєстрацією прикусу пацієнта. Результат сканування у вигляді впорядкованої цифрової послідовності, що містить закодовану інформацію про сканований об'єкт, виводиться в спеціальному форматі цифрових файлів STL.

Перевагами використання цифрових відбитків в ортопедичній стоматології є:

- ◆ Точність дослідження: цифрові відбитки забезпечують високу точність відображення деталей зубів та навколишніх тканин, що, в свою чергу, знижує ризик помилок та необхідність повторних відбитків до мінімуму.
- ◆ Зручність для пацієнта: проведення сканування менш неприємний і дискомфортний для пацієнта у порівнянні з традиційним отриманням відбитків.
- ◆ Швидкість отримання цифрового відбитку займає менше часу, ніж традиційне зняття відбитку та подальше створення гіпсової моделі щелепи.
- ◆ Ефективність обробки даних: дані, отримані з цифрових відбитків швидко обробляються програмним забезпеченням, що дозволяє миттєво отримати 3D модель.
- ◆ Зручність зберігання та передавання: цифрові відбитки зберігаються в електронному форматі, їх легко можна передати в зубо-технічні лабораторії або іншим спеціалістам, використовуючи інтернет.
- ◆ Можливість редагування: 3D модель можна аналізувати та редагувати за допомоги спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє здійснювати корегування без необхідності виконання повторного сканування.

- ◆ Покращене планування лікування: цифрові відбитки дозволяють простіше та краще планувати ортопедичне лікування завдяки детальній візуалізації зубів і щелеп.
- ◆ Інтеграція з CAD/CAM технологіями: цифрові відбитки легко інтегруються з технологіями комп'ютерного проектування та виготовлення (CAD/CAM), що забезпечує виготовлення високоточних ортопедичних конструкцій.
- ◆ Зниження ризику людських помилок: автоматизація процесу знімає значну кількість помилок, що могли виникнути через людський фактор, що іноді трапляється при застосуванні традиційних методів.

Але, не зважаючи на значну кількість переваг у використанні цифрових відбитків, можуть траплятися помилки при виконанні діагностики.

До таких помилок можна віднести:

- ◆ Технічні проблеми. Сюди можна віднести несправність інтраорального сканера або програмного забезпечення, неправильне позиціонування сканера при виконанні скану, помилки ПЗ, що можуть спричинити неточності, неправильне калібрування сканера, або взагалі його відсутність.
- ◆ Сторонні предмети чи біологічно активні рідини. Надмірна кількість слини чи крові, сильний блиск зубів, що здатний викликати виблиски у сканованому зображенні, наявність сторонніх предметів у роті пацієнта.
- ◆ Людський фактор. Тут можна зазначити дві основні причини. Надмірна рухливість пацієнта здатна спотворити якість відбитку (викликати розмиття чи подвійні зображення). А помилки зі сторони фахівця здатні виникнути через недостатню кількість досвіду чи неухважність.

Використання цифрової лицевої дуги та цифрового артикулятора

Цифрова лицева дуга та цифровий артикулятор є ключовими інструментами в ортопедичній стоматології, які дозволяють відтворювати та аналізувати взаємодію (функціональну та анатомічну) зубів і щелеп пацієнта. Використання цих технологій значно покращує процес діагностики, моделювання та виготовлення ортопедичних конструкцій.

Використання цифрової лицевої дуги. Цифрова лицева дуга допомагає визначити положення верхньої щелепи відносно основи черепа пацієнта та передати цю інформацію в цифровий артикулятор для подальшого аналізу та виготовлення різних видів ортопедичних конструкцій.

Основні етапи використання:

- Встановлення дуги: пацієнту на голову встановлюють лицьову дугу, яка фіксує орієнтири на черепі.
- Сканування: здійснюється цифрове сканування зубних рядів та навколишніх тканин, що дозволяє отримати 3D модель верхньої щелепи.
- Збір даних: дані про положення щелепи відносно черепа зчитуються та передаються в комп'ютерну систему.
- Обробка даних: спеціалізоване ПЗ обробляє отримані дані для створення 3D-моделі щелепи з урахуванням її анатомічного положення.

Використання цифрового артикулятора. Цифровий артикулятор дозволяє моделювати рухи щелепи та аналізувати оклюзійні контакти. Це є важливим для точного планування та виготовлення ортопедичних конструкцій.

Після виконання дослідження у цифровій лицевій дузі, інформацію імпортують у цифровий артикулятор. **Далі відбуваються наступні етапи:**

- Моделювання рухів: цифровий артикулятор відтворює рухи щелепи, що дозволяє аналізувати функціональні взаємодії зубів при різних рухах щелепи.
- Аналіз оклюзії: проводиться детальний аналіз оклюзійних контактів для виявлення потенційних проблем та планування їх усунення.
- Планування лікування: на основі отриманих даних формується план виготовлення ортопедичних конструкцій, які забезпечуватимуть оптимальну оклюзійну функцію та комфорт пацієнта.
- Перевірка конструкцій: перед виготовленням ортопедичних конструкцій їх моделюють у цифровому артикуляторі, задля перевірки точності та функціональності.

Системи автоматизованого заповнення і ведення медичної документації

Медичні інформаційні системи (МІС)

Цифрова обробка все більшого і більшого об'єму медичної та статистичної інформації у сьогоденні є можливою лише при умовах використання інформаційних технологій. Значиму роль у цих процесах займають так звані медичні інформаційні системи (МІС). МІС створені на підґрунті сучасних діючих стандартів та є призначеними для автоматизації різних процесів, що відбуваються в закладах СОЗ.

Існують різні класифікації МІС. Найбільш пристосованим в українській системі охорони здоров'я (СОЗ) є **ієрархічний принцип**, що базується на багаторівневій структурі СОЗ та включає в себе МІС **базового рівня, рівня лікувально-профілактичних установ та рівня територій**.

Основна мета МІС, що відносяться **базового рівня**: комп'ютерна підтримка роботи лікаря. Сюди можна віднести **медичні інформаційно-довідкові системи**, які призначені для пошуку і видачі медичної інформації за запитом спеціаліста. Масиви даних систем базового рівня містять довідкову медичну інформацію.

Також сюди можна віднести **медичні консультативно-діагностичні системи** (або системи прийняття лікарських рішень). Цей підтип МІС призначений для діагностики патологічних станів. В основі, в залежності від типу МКСД, обробка запитів відбувається за допомогою методів теорії імовірностей (такі системи базуються на даних всередині програми, і називаються імовірнісними) або за допомоги штучного інтелекту (як головний аналізатор, у таких системах, виступає ШІ, який робить висновки внаслідок аналізу дій досвідчених лікарів у подібних клінічних випадках, і називаються експертними).

Третій тип систем базового рівня – **медичні апаратно-програмні комплекси (МАПК)**. Їхнє призначення – інформаційна підтримки та/чи автоматизація діагностичного та лікувального процесу, що здійснюється при безпосередньому контакті з організмом пацієнта. Саме сюди можна віднести цифрові методи діагностики в ортопедичній стоматології.

І останнім підкласом є **автоматизоване робоче місце (АРМ)** лікаря. МІС цього виду призначені для автоматизації всього робочого процесу лікаря та забезпечують інформаційну підтримку при прийнятті лікарем рішень щодо подальшого процесу лікування та реабілітації пацієнта.

МІС базового рівня можуть (і повинні) входити до АРМ.

Також, з розвитком сучасних технологій, все більшої популярності здобувають **медичні веб-портали, додатки на смартфони, електронні кабінети пацієнтів тощо**. Їх також можна віднести до МІС базового рівня.

МІС рівня лікувально-профілактичних закладів можна віднести наступні підкласи:

1. МІС консультативних центрів.
2. Банки інформації медичних установ і служб.
3. Персоніфіковані реєстри. До цієї категорії МІС належать електронні медичні картки.
4. Скринінгові системи.
5. Інформаційні системи лікувально-профілактичних закладів.
6. МІС для науково-дослідних інститутів і закладів вищої освіти.

Завданнями МІС **територіального рівня** є забезпечення управління профільними і спеціалізованими медичними службами, поліклінікою, швидкою та стаціонарною допомогою населенню на рівні територій (міста, області тощо).

На цьому рівні МІС представлені такими групами:

1. МІС для роботи зі зведеною, на певній території, інформацією.
2. МІС спеціалізованих служб і напрямів.
3. МІС для керівників територіальних медичних служб.
4. Комп'ютерні телекомунікаційні мережі, що створюють єдиний інформаційний простір у сфері охорони здоров'я.

Електронна медична карта (ЕМК)

Електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ або eHealth) — українська система, що складається з багатьох компонентів, і забезпечує автоматизацію та інформатизацію ведення обліку медичних послуг й управління медичною інформацією в електронному вигляді.

Важливою частиною E-health є інтегрована електронна медична карта, яка є систематизованим та стандартизованим переліком медичних записів пацієнта в електронному вигляді, що можуть створюватись в різних закладах ОЗ, або містити посилання на записи, які можуть зберігатись в інших МІС.

Згідно із класифікацією, запропонованою американським Інститутом медичних записів (Medical Records Institute, USA), можна виокремити **5 різних етапів комп'ютеризації історії хвороби (KIX)**.

Перший рівень KIX – поява автоматизованих медичних записів.

На цьому рівні в комп'ютерну систему вноситься лише десь половина інформації про пацієнта, що в подальшому подається у вигляді звітів. Така комп'ютерна система є електронним прошарком між користувачем та

класичним веденням історії хвороби у паперовому вигляді. Функціями таких систем є реєстрація та виписка пацієнтів, зберігання результатів діагностичних процедур та лікарських призначень, протоколи оперативних втручань тощо, які паралельно йдуть у паперовому варіанті.

Другий етап КІХ – комп'ютеризований медичний запис. На цьому етапі починають використовувати системи для електронного зберігання зображень.

Третій етап КІХ – електронний медичний запис. Тут вже є необхідним мати у медичному закладі системи та обладнання, що дає можливість подальшої роботи з наявними базами даних. Кожен користувач має мати власний ідентифікатор, право доступу в залежності від посади.

Четвертий етап КІХ – системи електронних медичних записів. На цьому етапі йде систематизація інформаційних джерел, зокрема дані, що надаються різними медичними установами. Цей етап вимагає уніфікації систем ідентифікації пацієнтів, єдиної термінології, структури тощо на загальнонаціональному або вищому рівнях.

Останній, п'ятий етап розвитку КІХ – електронний запис про здоров'я. Він має майже необмежену кількість джерел інформації про здоров'я пацієнта (наприклад відомості про спосіб життя чи використання нетрадиційної медицини).

Наявність ЕМК у використанні в Україні потребує щонайменше четвертого етапу розвитку КІХ.



Мал. 3. Переваги використання автоматизованої системи хвороб (схема за Радзішевською Є. Б)

Цифрова рентгенологічна діагностика зубо-щелепного апарату

Цифрова рентгендіагностика. Показання для проведення. Цифрова рентгендіагностика зубо-щелепного апарату є важливою частиною цифрового протоколу в стоматології. Вона забезпечує точну візуалізацію ЗЩА, що є необхідним для діагностики, планування ортопедичного лікування та оцінки його результатів.

Перевагами перед плівковою рентгенографією є швидкість отримання зображення, зниження доз опромінення пацієнтів, можливості цифрової обробки зображення для більш чіткої візуалізації зон інтересу (збільшення зображення, зміна контрастності тощо), створення електронного рентгенівського архіву, що дає змогу відслідковувати процес лікування пацієнта. Також, у звичайної плівки є можливість вицвітання з часом, коли цифровий знімок зберігається в цифровому вигляді, що дає змогу повернутися до знімку через певний проміжок часу.

Основною відмінністю у принципах роботи цифрових апаратів для рентгендіагностики від плівкових є те, що під час проведення дослідження промені, що пройшли через кісткові тканини, візуалізуються не за допомогою плівки, а потрапляють на датчик, і далі зображення виводиться на екран.

Основними показаннями для проведення рентгендіагностики є:

- діагностика карієсу (виявлення каріозних уражень);
- оцінка стану кореневих каналів (визначення довжини та форми кореневих каналів, наявності запалення або інфекції);
- діагностика пародонтальних захворювань (виявлення пародонтальних кишень, втрати кісткової тканини, стану альвеолярних відростків);
- планування імплантації (оцінка кісткової тканини, визначення точного розташування і розмірів імплантатів);
- ортодонтичне лікування (оцінка положення зубів, планування переміщення зубів і ортодонтичних втручань);
- травми та пошкодження (виявлення переломів щелеп, пошкоджень зубів та прилеглих структур);
- оцінка росту і розвитку (вивчення зачатків постійних та молочних зубів, розвитку щелеп, виявлення аномалій);
- контроль після лікування (оцінка ефективності проведених лікувальних заходів, стану відновлення після хірургічних втручань).

Прицільна рентгенографія

Прицільна рентгенографія є одним із найбільш поширених методів рентгенологічної діагностики в ортопедичній стоматології. Вона дозволяє отримати детальні зображення окремих зубів та прилеглих структур для діагностики різних стоматологічних захворювань.

Метою прицільної рентгенографії є отримання чіткого та деталізованого зображення одного або декількох зубів для діагностики, планування лікування та контролю його результатів.

До переваг прицільної рентгенографії можна віднести:

- Отримання чітких зображень окремих зубів і прилеглих структур.
- Швидкість виконання.
- Зменшене радіаційне навантаження.
- Зручність зберігання і обробки зображень, їхня довговічність.

Комп'ютерна радіовізіографія. Методика проведення

Комп'ютерна радіовізіографія є сучасним методом рентгенологічного дослідження, який дозволяє отримувати цифрові зображення ЗЩА з використанням спеціальних датчиків і комп'ютерних технологій. Цей метод забезпечує високу якість зображень, зменшене радіаційне навантаження на пацієнта та миттєве отримання результатів.

Метою комп'ютерної радіовізіографії є отримання високоякісних цифрових рентгенівських зображень для діагностики стоматологічних захворювань, планування та контролю результатів лікування.

Рентгенівське зображення зчитується електронним сенсором (або електронною матрицею), що володіє високою чутливістю до рентгенівських променів. Потім зображення з матриці передається в комп'ютер, обробляється в ньому і виводиться на екран монітора. В ході обробки оцифрованого зображення може здійснюватися збільшення його розмірів, посилення контрастності, зміна полярності (з негативу на позитив), колірна корекція.

Використання цифрової рентгендіагностики дозволяє також виконати наступні дії:

- роздрукувати на папері рентгенівське зображення;
- створити банк рентгенологічних даних;
- передати знімки по локальній комп'ютерній мережі в інші функціональні підрозділи, на інші носії інформації;
- отримати двомірне зображення обличчя, порожнини рота хворого (при обстеженні, до і після фіксації і накладення протезів) за допомогою мініатюрної внутрішньоротової відеокамери;

- провести ретельний клінічний перегляд кольорового відеозображення як лікарем, так і хворим (наприклад, всіх зубів пацієнта на екрані монітора), маніпулюючи при цьому малюнком, збільшуючи його, повертаючи в площині і ін.

При роботі на рентгеновізюграфі, можливе зниження рівня іонізуючої радіації на 90% в порівнянні з об'ємними рентгенівськими методиками.

Комп'ютерна томографія. Показання. Застосування при різних клінічних випадках

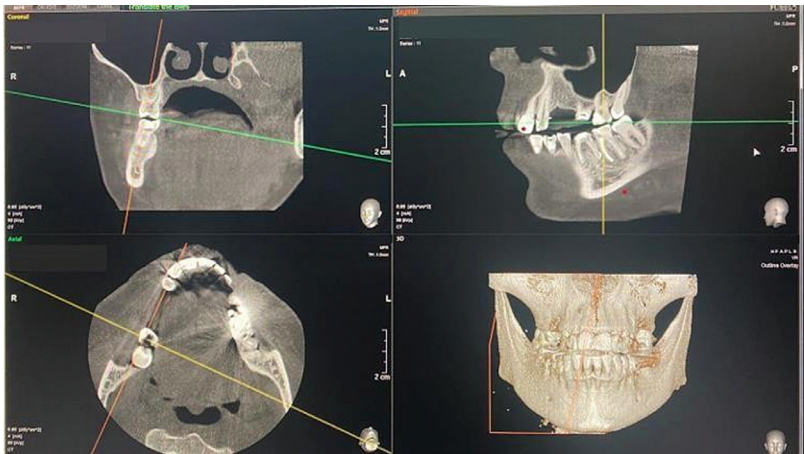
Комп'ютерна томографія (КТ) – метод діагностики, що поєднує у собі комп'ютерні технології та рентгенівські промені (мал. 4). У результаті ми отримуємо не площинне зображення (як, наприклад при цифровій рентгендіагностиці), а тривимірне. Це дає змогу вивчити досліджуваний об'єкт як того потребує лікар, і без потреби проведення додаткових знімків.

КТ можна розділити на дві групи:

Конусно-променева комп'ютерна томографія (КПКТ). Тут, після сканування спочатку відтворюється первинна 3D модель, а вже потім нарізаються шари, що відповідають аксильному зрізу.

У спеціалізованих стоматологічних КТ замість великої кількості точкових детекторів, використовується один площинний, а промінь має вигляд конуса. Кожен шар зберігається у форматі DICOM.

Аксильна комп'ютерна томографія (АКТ), у якій виділяють ще три підгрупи: послідовні, багатозрізові та спіральні КТ. Тут, для отримання



Мал. 4. Комп'ютерна томограма (фото автора)

кінцевого зображення використовують зрізи, отримані при дослідженні, накладають одне на одного, і програма «додумує» решту. Головним недоліком такого сканування є те, що неможливо отримати тонкі та ультратонкі зрізи, часто трапляються артефакти зображення, і доза опромінення є доволі високою, що не дає використовувати цей метод при первинних і контрольних дослідженнях.

При рентгенологічних дослідженнях у будь-якому випадку трапляється спотворення зображення (спотворення конфігурації чи величин). Для панорамних знімків величина похибки більша, у прицільних вона меншого значення. При використанні конусно-прицільної комп'ютерної томографії, сканування відбувається з мінімальними значеннями похибок на фінальних сканах.

Показання до застосування комп'ютерної томографії:

- Оцінка стану кісткової тканини перед імплантацією.
- Діагностика патологій щелепно-лицевої області (кісти, пухлини, запальні процеси).
- Планування складних хірургічних втручань (видалення ретенонних зубів, остеотомії).
- Визначення місця розташування анатомічних структур (нерви, судини) для запобігання пошкодження під час операцій.
- Оцінка результатів лікування після хірургічних втручань або ортопедичних процедур.
- Виявлення прихованих патологій у випадках неясної клінічної картини.

Застосування КТ при різних клінічних випадках.

1. Імплантація зубів
2. Хірургічні втручання
3. Ортодонція
4. Травматологія
5. Пародонтологія
6. Ендодонція

Магнітно-резонансна томографія (МРТ)

Магнітно-резонансна томографія – це ще один сучасний метод діагностики захворювань порожнини рота. Його рекомендується використовувати для визначення стану м'яких тканин, які багаті водою. МРТ зубів практично не зустрічається в стоматологічній практиці, так як з його допомогою неможливо оцінити стан дентину і емалі.

Показаннями до виконання магнітно-резонансної томографії ділянки обличчя і щелепи служать:

- Асиметрія обличчя
- Біль при жуванні
- Кровоточивість ясен
- Травми лицевої області
- Патології скронево-нижньощелепного суглоба
- Парези обличчя
- Зубний біль незрозумілої етіології
- Пародонтологічні патології

Для того щоб зробити дослідження більш ефективним, може застосовуватися введення контрастної речовини. Лікарський препарат проникає в кровоносне русло і міжклітинний простір: завдяки цьому вдається візуалізувати навіть самі незначні зміни в організмі. МРТ виявляє патологічні утворення розміром від 3 мм.

Застосування ортопантомографії в комплексному обстеженні пацієнтів з захворюваннями тканин пародонта

Ортопантомографія – вид рентгенологічного дослідження, яке дає оглядовий панорамний знімок верхньої і нижньої щелепи (мал. 5).



Мал. 5. Ортопантомограма (фото автора)

Окрім використання ортопантомографії у обстеженні пацієнтів з хворобами тканин пародонта, вона є важливим допоміжним методом у плануванні та контролі при застосуванні різних видів ортопедичних конструкцій, таких як різні види коронок, мостоподібні протези, вкладки та різноманітні конструкції з опорою на імплантати. Вона забезпечує детальну оцінку стану зубів, коренів та кісткової тканини, що дозволяє точно планувати ортопедичне лікування. Завдяки високій інформативності та точності, ортопантомографія значно підвищує ефективність і безпеку ортопедичних втручань.

Показаннями до ортопантомографії при застосуванні ортопедичних конструкцій є:

- Первинна оцінка стану ЗЩА.
- Планування встановлення зубних імплантатів з урахуванням анатомічних структур (попереднє, з подальшим використанням КТ).
- Оцінка стану зубів перед виготовленням ортопедичних конструкцій.
- Контроль за станом опорних зубів і кісткової тканини.
- Виявлення прихованих патологій, що можуть повпливати на успіх ортопедичного лікування.

Функціональне значення ортопантомографії при застосуванні різних ортопедичних конструкцій:

- ◆ Первинна діагностика: забезпечує огляд всіх зубів і щелеп, що дозволяє стоматологу оцінити загальний стан ЗЩА. Окрім цього, її використовують для виявлення патологій (карієс, пульпіт, періодонтит), що можуть вплинути на результат лікування.
- ◆ Планування імплантації: проведення оцінки об'єму та якості кісткової тканини перед встановленням імплантатів (попередньо). Також визначається оптимальні місця розміщення імплантатів, враховуючи анатомічні особливості пацієнта (попередньо). Для кінцевого планування конструкції з опорою на імплантати та їх розташування використовується КТ (див. підтему «Комп'ютерна томографія»).
- ◆ Оцінка стану опорних зубів: перевірка стану коренів та періапикальних тканин зубів, що, при проведенні ортопедичного лікування, будуть використані як опора для коронок чи мостоподібних протезів. Виявлення можливих уражень, що, в подальшому можуть вплинути на стабільність ортопедичної конструкції.
- ◆ Контроль за лікуванням: оцінювання стану зубів і кісткової тканини після встановлення ортопедичних конструкцій та контроль за станом імплантатів та виявлення можливих ускладнень, таких як запалення чи відторгнення.

- ◆ Документування процесу лікування: забезпечується документальне підтвердження стану ЗЩА на різних етапах лікування та використовується для порівняння початкового стану з результатами лікування.

Використання ортопантомографії для формування клінічного діагнозу при різних видах протезування:

1. *Знімне протезування.* Ортопантографія допомагає оцінити стан зубів та альвеолярних відростків, визначити наявність та стан опорних зубів, провести оцінку стану кісткової тканини для проведення протезування.
2. *Незнімне протезування.* Проведення оцінки стану зубів, що будуть використані як опори для різних видів коронок і мостоподібних протезів, виявлення патологій коренів і періапикальних тканин, що, в подальшому, може вплинути на стабільність конструкції, планування підготовки зубів до протезування.
3. *Імплантація.* Визначають об'єм та щільність кісткової тканини при плануванні імплантації, виявляють анатомічних структур, які можуть вплинути на розташування імплантатів (нерви, судини, синуси, попередньо, для кінцевого планування використовується КТ), проведення контролю за інтеграцією імплантів у кісткову тканину після встановлення.
4. *Комбіноване протезування.* Проводять комплексну оцінку стану зубів і щелеп для планування комбінованого протезування (поєднання знімних і незнімних конструкцій), виявляють можливі ускладнення та проводять підготовку до можливих хірургічних втручань.

Застосування цифрових технологій на етапі обстеження і постановки діагнозу пацієнта в клініці ортопедичної стоматології

Етапи планування обстеження пацієнта зі скаргами з боку ЗЩА:

1. *Збір анамнезу.* Включає в себе збирання інформації про поточні скарги пацієнта, історію хвороби, попередні стоматологічні втручання, загальний стан здоров'я, алергії та прийом медикаментів. Також необхідно пам'ятати за специфічні питання та деталі скарг, таких як локалізація болю, тригери, тривалість симптомів, вплив на повсякденне життя.
2. *Клінічний огляд.* Включає в себе огляд ЗЩА (оцінка стану зубів, ясен та м'яких тканин ротової порожнини) та функціональний огляд (оцінка рухів нижньої щелепи, функції жування, перевірка м'язів обличчя та щелепи).
3. *Рентгенологічні обстеження* (див. Розділ 3).
4. *Функціональні дослідження:*
 - цифрове дослідження оклюзії. Система T-Scan використовується для детального аналізу оклюзійних контактів, виявлення неправильних контактів, розподілу навантаження при жуванні.
 - електроміографія (ЕМГ) жувальних м'язів.
 - аксіографія.

Використання системи T-scan при дослідженні оклюзійних контактів

Одним зі способів об'єктивної оцінки оклюзійних взаємовідносин є система T-Scan (мал. 6).



Мал. 6. Система T-Scan (фото автора)

T-Scan дає змогу виміряти силу і площу кожного оклюзійного контакту з урахуванням часу його виникнення, синхронність контактів, дозволяє проводити вимірювання в порожнині рота; таким чином, є більш точним і швидким методом щодо аналізу оклюзії щелеп в артикуляторі.

Дослідження оклюзії за допомогою апарату T-Scan може проводитися на різних стадіях – на етапі діагностики та планування, на етапах лікування, як контроль по завершенню лікування.

Показаннями до застосування аналізу оклюзії з використанням апарату T-Scan є:

- незнімне і знімне протезування;
- протезування з опорою на імплантатах;
- патологія скронево-нижньощелепного суглоба;
- ортодонтичне і пародонтологічне лікування.

Цей аналіз дає змогу визначити перший оклюзійний контакт при змиканні зубів, локалізацію і ступінь вираженості контактів із надмірним навантаженням або суперконтактів, розподіл навантаження на кожен зуб у зубному ряду, за сегментами і по боках. Усі перераховані параметри можуть бути визначені в динаміці з інтервалом 0,01 секунди. Крім того, система дає змогу отримати графічне зображення траєкторії підсумованого навантаження, що залежить від розподілу навантаження між правою і лівою сторонами, між передньою і бічними групами зубів.

Система T-scan включає в себе тензодатчик, розташований на підтримувальному пристрої, схему знімання та обробки сигналів з тензодатчика, а також програмне забезпечення, сумісне з операційною системою Windows.

Тензодатчик виконаний у вигляді тонкої пластини. Кожен тензодатчик використовується для одного пацієнта, після чого може зберігатися в його картці безстроково, не виключено багаторазове його застосування до 15–25 разів.

Для реєстрації оклюзії обстежуваному накладають на зубні ряди тензодатчик паралельно оклюзійній площині і просять його зімкнути щелепи. При цьому можна визначити точну послідовність виникнення оклюзійних контактів, розподіл навантаження між лівою і правою сторонами і силу змикання в кожній конкретній точці, площу і силу оклюзійних контактів. Оклюзійне зусилля закодовано за допомогою кольору: синім кольором відображається найслабший контакт, червоним – найсильніший. Дані передаються на пристрій, що реєструє результат. Аналіз проводять у 2D і 3D зображенні та виводять на екран комп'ютера. Отримані відомості можна роздрукувати на папері та залишити в амбулаторній карті пацієнта.

ента як додаткову документацію. Істотною відмінністю системи T-scan є те, що вона дає змогу вимірювати зусилля з урахуванням часу для оцінки динамічної оклюзії безпосередньо в порожнині рота пацієнта.

Цифровими діагностичними показниками оклюзійних взаємовідносин зубів слугують наступні параметри:

1. інтенсивність оклюзійних контактів зубів за кольорним кодуванням;
2. процентний розподіл площі контактів за сторонами (ліва/права) в зубному ряду;
3. процентний розподіл площі контактів за квадрантами в зубному ряду;
4. час оклюзії, який відображає часовий інтервал, з моменту першого контакту між зубами до того моменту, коли досягався і зберігався максимально щільний статичний фісурно-горбковий контакт;
5. час дезоклюзії, який відображає часовий інтервал, з моменту початку відкривання рота і до повного розмикання зубів;
6. графічне зображення траєкторії вектора сили від початку змикання до повного змикання зубів.

Інтерпретація результатів включає в себе:

1. Аналіз оклюзійних контактів (оцінка сили і розподілу оклюзійних контактів по всій щелепі; визначення моменту контакту окремих зубів під час оклюзії).
2. Виявлення патологічних контактів (ідентифікація нерівномірних навантажень, виявлення зубів, які зазнають надмірного навантаження; аналіз оклюзійної дисгармонії).

Рекомендації та планування лікування (Пропозиції щодо корекції оклюзійних контактів для забезпечення рівномірного навантаження; можливе направлення до ортодонта або хірурга для вирішення більш складних оклюзійних проблем).

Роль дентальної фотографії в ортопедичній стоматології

Метод дентальної фотографії незамінний у сучасній ортопедичній стоматології, як і рентгенографія в традиційній стоматології. Нині в стоматологічній клініці фотографію використовують для фотодокументації, маркетингу та спілкування з пацієнтом.

Перші фотоапарати, пристосовані для внутрішньоротової фотозйомки, були випущені на початку 1960-х років. До недавнього часу стоматологи користувалися звичайними однооб'єктивними дзеркальними фотоапаратами (мал. 7). Окрім цього, для отримання кращого зображення, використовують стоматологічні рефрактори та дзеркала (мал. 8). Зараз доступні нові цифрові камери.

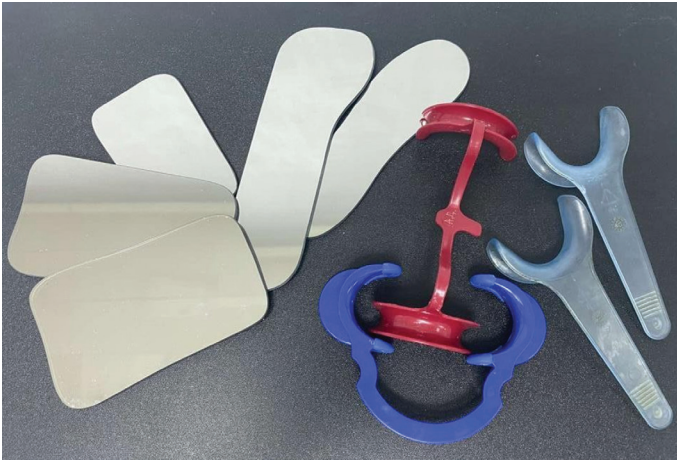
За допомогою фотографії пацієнтам можна показати стан їхньої порожнини рота на екрані під час лікування.

Існує низка причин, через які необхідно робити фотознімки в процесі стоматологічного лікування:

- для фотодокументації ситуації до, у процесі та після закінчення лікування;
- для документації роботи лікаря та його навичок. Фотодокументація є частиною загального контролю якості стоматологічної допомоги. Вона є багатим джерелом інформації для лікаря – від стану ясен пацієнта до відтінків реставрацій;
- для полегшення спілкування між лікарем і зубним техніком. За допомогою фотографії він отримує більше інформації про вимоги лікаря та пацієнта, що своєю чергою покращує результати роботи. Виготовлення одиночного фронтального вініра або коронки є одним із найважчих завдань для зубного техника. Гарне ілюстрування ситуації збільшує ймовірність успіху роботи;
- для мотивації, просвіти пацієнтів. Фотографії документують досягнення сучасної стоматології;
- для маркетингу. Фотографії до лікування і після лікування дають змогу продемонструвати заплановане лікування пацієнту. Особливо переконливо, якщо лікар демонструє свої власні клінічні випадки;
- у рекламних цілях. Після закінчення лікування фотографії «до» і «після» видаються пацієнтові на руки. З їхньою допомогою пацієнт, задоволений результатом лікування, може залучити інших пацієнтів.;
- для спілкування з працівниками охорони здоров'я та страховими компаніями, а також для судових розглядів.



Мал. 7. Однооб'єктивна дзеркальна стоматологічна фотокамера (фото автора)



Мал. 8. Стоматологічні ретрактори та дзеркала (фото автора)

У стоматології інтраоральні камери насамперед застосовуються для того, щоб пацієнт міг побачити пряме зображення його власної порожнини рота, зубів. Це допомагає лікарю переконати пацієнта в необхідності того чи іншого методу лікування. Цей досить самоінформативний метод зазвичай призводить до того, що пацієнт приймає і погоджується із запропонованим лікуванням.

У деяких випадках огляд операційного поля може бути ускладнений, у таких випадках інтраоральні камери дають змогу лікарю побачити важкодоступні ділянки й отримати їхнє зображення, яке слугуватиме орієнтиром у процесі лікування. Нині зображення на моніторах двомірні, що ускладнює визначення глибини та ширини. Тому певні процедури під непрямым контролем виконувати складніше. Без особливих зусиль можна

навчитися проводити цим способом такі нескладні двовимірні маніпуляції, як, наприклад, корекція оклюзійних контактів.

Таким чином, при використанні інтраоральних камер під час лікування стоматолог-ортопед отримує такі переваги:

- робота лікаря в розслабленому прямому положенні;
- відсутність необхідності використання збільшувальних приладів;
- можливість збільшення зображення на екрані за допомогою збільшення зображення;
- огляд важкодоступних ділянок.

Виділяють чотири основних застосування інтраоральних камер:

- демонстрація пацієнтові стану його зубів;
- симуляція результату лікування за допомогою систем візуалізації;
- роз'яснення різних методів лікування за допомогою відео;
- документація.

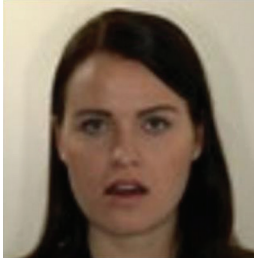
На ринку представлено кілька брендів інтраоральних камер. Це відображає швидкість розвитку цих технологій. Всі вони відповідають вимогам, представленим вище.

Дентальні фото можна поділити на три групи знімків: **екстраоральні, інтраоральні та макрознімки**. Наступні приклади найпоширеніших ракурсів було взято з «Посібник дентальної фотографії з Canon» авторства д-ра Петтері Вільякайнена (мал. 9).

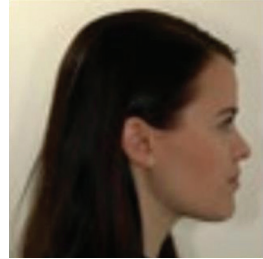
Найпоширеніші ракурси для екстраоральної зйомки



Усмішка в анфас



Розслаблені губи



Профіль

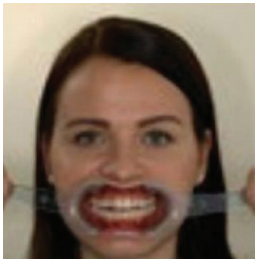
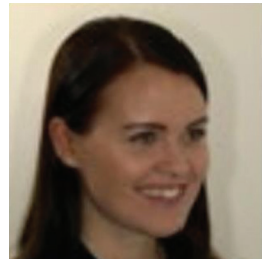


Фото з ретрактором



Усмішка в профіль



Усмішка під кутом 45°

Найпоширеніші ракурси для інтраоральної зйомки



Усмішка справа



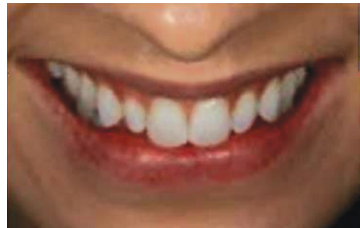
Усмішка анфас



Усмішка зліва



Вигляд збоку



Вигляд згори

Мал. 9. Найпоширеніші ракурси дентальної фотографії

Найпоширеніші ракурси для інтраоральної зйомки (продовження)



Зімкнені зуби справа з використанням ретрактора



Зімкнені передні зуби з використанням ретрактора



Зімкнені зуби зліва з використанням ретрактора



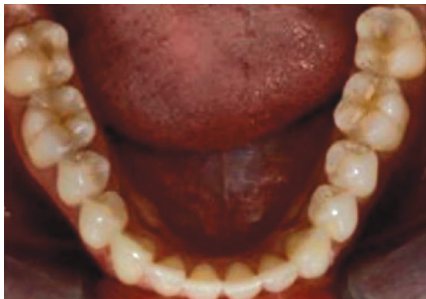
Відкриті зуби справа з використанням ретрактора



Відкриті передні зуби з використанням ретрактора



Відкриті зуби зліва з використанням ретрактора



Повні верхні та нижні оклюзійні контакти

Продовження мал. 9. Найпоширеніші ракурси дентальної фотографії

Аналогова та віртуальна лицева дуга

Показання до застосування аналогової та віртуальної лицевої дуги. Лицеві дуги (аналогові та віртуальні) є важливими інструментами в ортопедичній стоматології, для правильного позиціонування моделей щелеп у артикуляторах. Вони забезпечують точну передачу особливостей між щелепою та черепом для подальшого планування і виготовлення ортопедичних конструкцій.

Аналогові лицеві дуги

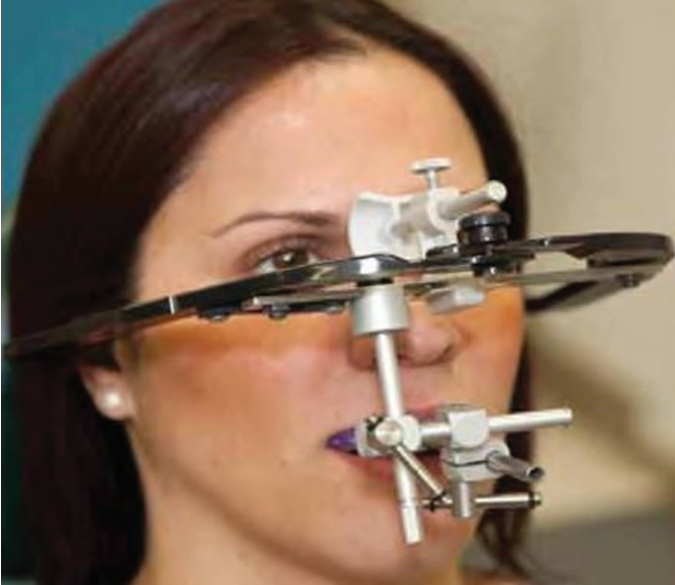
Аналогова лицева дуга (Amann Girrbach) – пристрій, що використовується в ортопедичній стоматології (мал. 10). Використовується для визначення правильного положення щелеп, оклюзійних контактів і зубів, які спрямовують рухи нижньої щелепи.



Мал. 10. Лицева дуга (Amann Girrbach) (фото автора)

З фронтальної сторони, лицева дуга фіксується на черепі пацієнта за допомогою триточкової опори (упору на перенісся та вуха). Прикусна вилка з силіконом використовується для реєстрації позиції зубів на верхній щелепі, надалі вона переноситься в артикулятор за допомогою трансферного джига.

Модель верхньої щелепи позиціонується і гіпсується до верхньої частини артикулятора. Зазвичай нехтують використанням лицевої дуги на етапі діагностики та планування лікування, внаслідок певних недоліків. Ця процедура не завжди приємна для пацієнта, тому що на вушні канали, перенісся і прикусну вилку може чинитися тиск, що викликає дискомфорт (мал. 11).



Мал. 11. Процес діагностики оклюзії аналоговою лицевою дугою (автор фото Les Kalman)

Помилки та складнощі, що виникають під час використання традиційної лицевої дуги:

- неправильне встановлення дуги;
- неправильна збірка;
- позиція пацієнта;
- неправильна орієнтація моделі верхньої щелепи;
- неправильна орієнтація моделі нижньої щелепи;
- оклюзійні співвідношення.

Помилки безпосередньо впливають на оцінку міжоклюзійного простору, оклюзійних контактів і напрямків сил, що безпосередньо впливатиме на діагностику, планування лікування, і на протезування загалом.

Якщо неправильне зіставлення моделей щелеп не виявляється на ранніх етапах, то лікування може призвести до компромісних результатів, неестетичного і нефункціонального протезування, коригувань або переробок. У будь-якому разі, наслідки включатимуть у себе: витрату часу, непотрібні економічні витрати, невдоволення пацієнта, стрес лікаря.

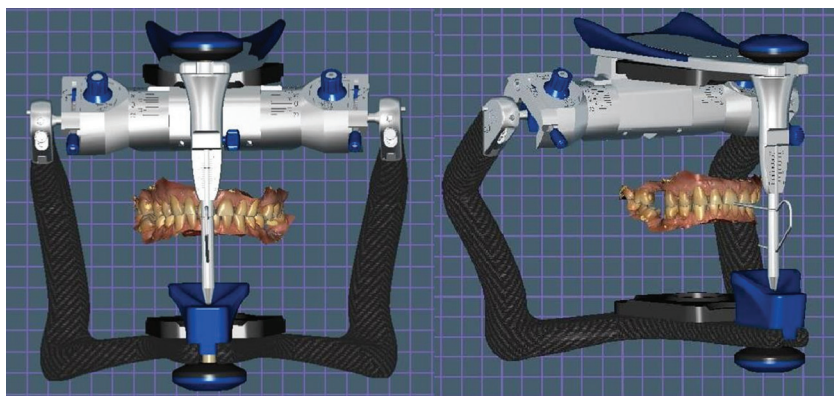
Невід'ємною частиною застосування лицевих дуг є використання методу аксографії.

Аксиографія – діагностична процедура, що дозволяє виміряти за допомогою спеціального апарату траєкторію зміщення суглоба нижньої щелепи при різних рухах. Графічні зображення показують порушення функції скронево-нижньощелепного суглоба.

За отриманими діагностичними результатами стоматологи-ортопеди проводять комплекс заходів щодо відновлення правильного функціонування зубощелепної системи.

Віртуальні лицеві дуги

Віртуальна лицева дуга – пристрій, що реєструє рухи аналогічно до фізичної лицевої дуги (мал. 12).



Мал. 12. Віртуальна лицева дуга (фото автора)

Віртуальне перенесення лицевої дуги можна практично виконати в DentalCAD на основі стандартних фронтальних і бічних фотографій пацієнта. Методика забезпечує правильне вирівнювання цифрового відбитка верхньої щелепи на віртуальному артикуляторі по відношенню до площин пацієнта та шкірних позначок термінальної осі.

Протокол виконання дослідження за допомогою віртуальної лицевої дуги.

Етап 1: отримання фотографій та передача даних.

1. Відскануйте верхньощелепну та нижньощелепну зубні дуги пацієнта пацієнта за допомогою внутрішньоротового денального сканера (3Shape TRIOS; 3Shape A/S) для отримання цифрових відбитків.
2. Помістіть 3 адгезивні мішені на голову пацієнта голову пацієнта. Розташуйте перші 2 точки поруч із скронево-нижньощелеповими суглобами, а третю – на інфраорбітальній точці.
3. Візьміть незворотний гідроколоїдний або сканований еластомерний відбитковий матеріал на пластиковій кольоровій фасетці і введіть фасетку в рот пацієнта, притискаючи її до верхньощелепної дуги.
4. Зробіть 8–10 фотографій за допомогою цифрової камери для отримання 3D просторового зв'язку форми голови з цільовими точками, пов'язаними з лицевою дугою.
5. Відскануйте відбиток і вилку за допомогою інтраорального денального сканера (3Shape TRIOS; 3Shape A/S) (мал. 13).



Мал. 13. Сканування прикусної вилки з відбитком (фото автора)

6. За допомогою програмного забезпечення для зворотної інженерії завантажте 3D-геометрію вилки та вирівняйте її з цифровим відбитком верхньої щелепи. за допомогою команди best-fit.
7. Повторіть крок 6 цього протоколу, вирівнявши 3D модель «обличчя–прикусна вилка» та «відбиток–прикусна вилка»

Етап 2: вирівнювання 3D-моделі.

8. Об'єднайте різні поверхні відсканованого цифрового відбитка верхньої щелепи в єдиний віртуальний відбиток, усуньте поверхневі аномалії, змініть організацію сітки триангульованої сітки точок і заповніть прогалини на поверхні, що залишилися після обробки даних.
9. Створіть краніальну систему координат, використовуючи 2 скронево-нижньощелепних точки та інфраорбітальну точку, розташувавши цифровий відбиток верхньої щелепи в цій системі координат.
10. Перенесіть цифровий відбиток верхньої щелепи до програмного забезпечення віртуального артикулятора, привівши краніальну систему координат до збігу з системою координат віртуального артикулятора.
11. Знайдіть цифровий відбиток нижньої щелепи, відсканувавши віртуальний міжоклюзійний запис інтраоральним сканером в центральній оклюзії з 3-х напрямків (зліва, справа та спереду). Зіставте ці скани з цифровими відбитками верхньої та нижньої щелепи, розташувавши цифровий відбиток нижньої щелепи по відношенню до відбитка верхньої щелепи у віртуальному артикуляторі в максимальній інтеркуспідації.

Порівняльна характеристика застосування аналогової та віртуальної лицевих дуг наведена у табл. 1.

Табл. 1. Порівняння аналогової та віртуальної лицеві дуги

Критерій	Аналогова лицева дуга	Віртуальна лицева дуга
Точність	Висока	Дуже висока
Швидкість	Залежить від навичок лікаря	Висока
Особливості використання	Потребує фізичних маніпуляцій	Потребує лише сканування
Зберігання даних	Фізичні моделі	Цифрові файли

Віртуальний артикулятор. Показання до застосування

Віртуальний артикулятор – це цифровий інструмент з функцією, подібною до фізичного артикулятора, тобто для аналізу динаміки оклюзії. Для цього в CAD-системі можна змоделювати екскурсійні рухи для орієнтації віртуального воскового моделювання. Існують різні способи роботи з віртуальними артикуляторами.

Однією із технік є перенесення положення гіпсових моделей, встановлених у фізичному артикуляторі, в програмне забезпечення CAD. При цьому важливо відзначити, що використання сканера, який підтримує динамічну реєстрацію оклюзії та віртуальну артикуляцію, полегшує цю процедуру для досягнення задовільних результатів, що відповідають індивідуальним особливостям пацієнта. Такі параметри, як кут Беннета, можуть бути віртуально налаштовані в програмному забезпеченні.

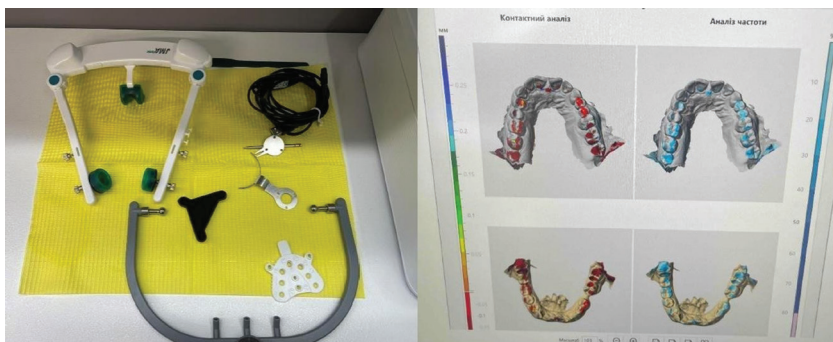
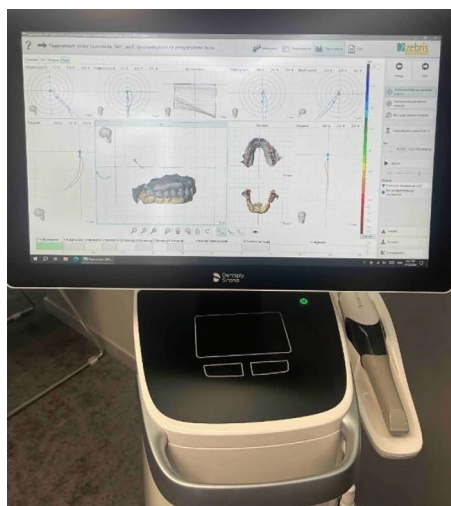
Іншим прийнятним методом є імпорт даних про рух щелепи з інших вимірювальних пристроїв. Такі дані можуть бути об'єднані з віртуальним артикулятором.

Zebri JMA – це комплексна реєструюча система, керована комп'ютером, що застосовується для отримання інформації про положення та рухи щелепи пацієнта, що, в свою чергу, дає автоматичне налаштування віртуального артикулятора (мал. 14).

Апарат має дві жорсткі вимірювальні дуги, встановлення яких у в правильному положенні значно спрощується. Лицьове кільце, верхня дуга надягається на ніс і закріплюється на потилиці над вухами за допомогою пластикового ремня на потилиці над вухами за допомогою пластикового ремня. Датчики вимірювання розташовані в рухомій дузі, яка повинна бути точно зафіксована на поверхні губ, передніх зубах нижньої щелеп.

Невелика вага нижньої дуги (що становить всього 20 г), не втомлює і не перевантажує пацієнта. Датчики, розташовані в нижній рухомій дузі, реєструють зміну інтенсивності ультразвукових хвиль, що генеруються з частотою 900 Гц, через нерухомі передавачі, розташовані у верхній дузі. Результати є точними, реєструються з точністю $\pm 0,1$ мм. Обстеження відносно коротке і просте.

Після встановлення вимірювальної дуги пацієнт виконує кілька десятків рухів нижньою щелепою. У цей момент сенсорна система реєструє траєкторії. Комп'ютер зберігає дані вимірювань у реальному часі. Важливою функцією є можливість введення додаткових точок орієнтації, що характеризують індивідуально змінні характеристики геометричної будови лицьової частини обличчя пацієнта. лицьової частини черепа па-



Мал. 14. Zebris JMA(Amann Girschbach) (фото автора)

цієнта, наслідком чого є багатопараметричний аналіз оклюзії та роботи суглобів.

Порядок використання віртуального артикулятора в цифровому протоколі:

- ◆ *Імпорт інтраоральних знімків в програму.* На цьому етапі щелепно-лицьове співвідношення, отримане за допомогою оклюзійного дослідження буде автоматично переартикульовано відповідно до лицевої дуги.
- ◆ *Сканування лицевої дуги разом з індексом перенесення.* Цей етап виконується за допомогою інтраорального сканера, а отримане 3D-зображення експортується разом зі сканами дуг. Реєстрація

лицевої дуги з індексом вноситься в Exocad у вигляді загальної сітки, а також віртуальний індекс, який буде орієнтувати правильне положення розрізу. Після імпорту вищезгаданих 3D-сіток необхідно вирівняти лицеву частину з заповнювачем .

- ♦ *Вирівнювання сітки верхньої щелепи з лицевою частиною.* Як і у випадку з традиційним налаштуванням, сканування верхньої щелепи можна вирівняти з сіткою оклюзійної реєстрації лицевої дуги. Таким чином, оцифрована верхня дуга мігрує в положення, зареєстроване в роті пацієнта.
- ♦ *Імпорт еталону щелепно-лицьового співвідношення.* На цьому кроці віртуальний запис імпортується в запис артикуляції дуг і вже готовий до фінального етапу артикуляції моделей (мал. 15).



Мал. 15. Віртуальний артикулятор, що готовий до дослідження (фото Arthur R.G. Cortes)

- ♦ *Остаточна перевірка збірки та налаштування артикулятора.* Коли моделі встановлені, можна відкрити модуль артикулятора і вибрати потрібну модель. Активувавши візуалізацію додаткових сіток, можна перевірити збірку та моделі в положенні. Після цього етапу проводяться вимірювання і симуляція рухів, які були зареєстровані і використані на всіх етапах процесу проектування раніше запропонованої роботи.

Існує два типи віртуальних артикуляторів, а саме: повністю налаштовуваний (регульований) і математично змодельований. Повністю регульований віртуальний артикулятор записує/відтворює точні шляхи руху нижньої щелепи, використовуючи електронну систему реєстрації

щелеп. Потім оцифровані зубні дуги рухаються за цими траєкторіями руху, які можна побачити на екрані комп'ютера, що складається з трьох основних вікон, які показують однаковий рух дуг з різних площин. Програмне забезпечення розраховує та візуалізує як статичні, так і кінетичні оклюзійні контакти і використовується під час проектування та корекції оклюзійних поверхонь у CAD. Останні версії програмного забезпечення включають ортодонтичний модуль, що створює віртуальні установки. Цей програмний інструмент також дає змогу спостерігати взаємозв'язок і вплив рухливості суглобів на оклюзію. Математично модельований віртуальний артикулятор записує/відтворює рухи артикулятора на основі математичного моделювання рухів артикулятора. Повністю регульований 3D-віртуальний артикулятор здатний відтворювати всі рухи артикулятора. Ці віртуальні артикулятори допускають додаткові налаштування.

Цифрове планування дизайну посмішки – DSD (Digital Smile Design)

Цифровий дизайн посмішки (DSD) базується на відео- та фотографічному естетичному аналізі обличчя пацієнта для кращого аналізу взаємозв'язку зубів, ясен, губ та обличчя в русі. Концепція DSD має на меті допомогти візуалізувати проблеми пацієнта та надати практичну інформацію про можливі рішення та власний вибір.

DSD забезпечує багатогранний концептуальний підхід до естетичної стоматології:

- Візуалізація естетичного планування та проєкту дизайну посмішки;
- Покращує комунікацію між ортопедами-стоматологами, зуботехнічною лабораторією та пацієнтами, які беруть участь у плануванні нової та красивої посмішки;
- Гарна комунікація з пацієнтом, збільшує участь пацієнта в процесі проєктування посмішки, мотивує та інформує його про переваги стоматологічного лікування.

Завдяки DSD ці три ключові аспекти полегшуються за допомогою візуальної комунікації, яка покращує розуміння естетичних проблем. Ключ до успіху – знайти той дизайн, який найкраще гармоніює з морфологічними та психологічними аспектами пацієнта. DSD прагне допомогти в цьому завданні, створюючи канал для комунікації між стоматологом-ортопедом і пацієнтом, щоб полегшити цей процес.

Мати зубний ряд без біологічних і функціональних проблем – це вже само по собі достатньо, але це не завжди задовольняє вимогливих пацієнтів. Для них переважає фізична краса та естетика, і, дуже часто, саме це є основною причиною їхнього візиту до стоматолога-ортопеда. Їхнє уявлення не завжди збігаються з об'єктивними ознаками фізичної краси зубів (форма, колір), що відповідають індивідуальним рисам обличчя.

DSD-технологія забезпечує зв'язок між сприйняттям пацієнтом кінцевих результатів лікування та реаліями лікування та реальними результатами, які досить часто розходяться. Це, в свою чергу, призводить до неприємних наслідків, таких як незадоволеність пацієнта, розчарування по відношенню до стоматолога-ортопеда та дизайном кінцевої конструкції. З програмою DSD цього можна уникнути. Вона спирається на встановлені об'єктивних особливостей обличчя (форма, колір), створюючи таким чином віртуальний образ пацієнта, аналізує і візуалізує «ідеальний» зубний ряд відповідно до індивідуальних особливостей, які б гармонійно поєднувався з іншими частинами «композиції».

Однією з багатьох програм, розроблених для Smile Design, є VisagiSMile. Протокол роботи з цією програмою наведено нижче.

Етапи роботи з програмою:

- 1) Стоматолог-ортопед починає роботу над клінічним випадком зі знімка обличчя пацієнта та його калібрування (мал. 16).



Мал. 16. Захоплення та калібрування обличчя пацієнта (тут, і далі по протоколу, автор фото Гергана Каснакова)

- 2) Стоматолог розмічає так звану «карту обличчя», яка визначає характеристики обличчя. Для цього програма використовує біоконстанти (так звані референтні точки), які є відправними точками для зубного протезування. Це антропологічні точки на поверхні черепа та шкіри відповідно, які мають постійне положення у фас і профіль. На основі створеної карти визначають тип обличчя (мал. 17).



Мал. 17. Розмітка «картки обличчя»

- 3) Пацієнт проходить короткий психологічний тест, який допомагає VisagiSMile визначити його темперамент та особисті уподобання. Пацієнт може вибрати форму, колір і текстуру зубів, а також інші параметри дизайну своєї посмішки (мал. 18).



Мал. 18. Психологічний тест на визначення темпераменту пацієнта

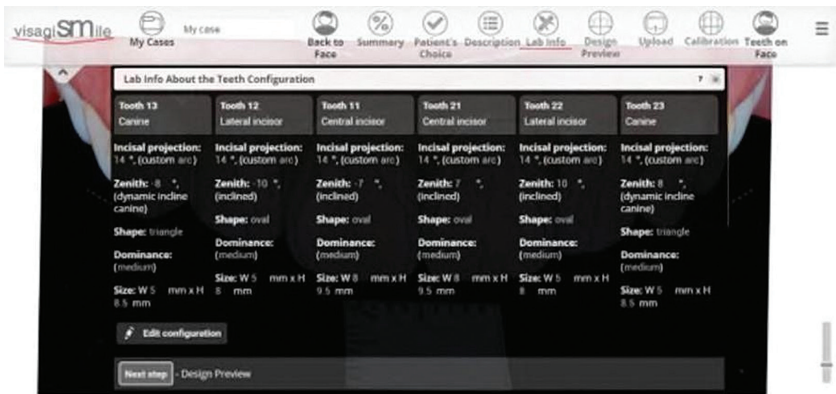
- 4) На основі форми обличчя, темпераменту та індивідуальних переваг пацієнта, VisagiSMile створює і відображає гармонійний дизайн конфігурації зубів (мал. 19). Стоматолог-ортопед адаптує дизайн на фотографії зубів пацієнта, причому параметри кожного зуба встановлюються індивідуально (мал. 20 і мал. 21). Пацієнт бачить, як буде виглядати його посмішка після лікування. Малюнок, створений за допомогою VisagiSMile, відправляється в зуботехнічну лабораторію для виготовлення бажаної конструкції.



Мал. 19. Проектування конфігурації зуба



Мал. 20. Адаптація конструкції по фотографії зубів пацієнта



Мал. 21. Налаштування параметрів кожного зуба окремо

Технологія автоматизованого проектування і виготовлення ортопедичних конструкцій

Wax-up. Mock-up. Exocad

Воскове моделювання зубів (Wax Up) – це особлива стоматологічна процедура на етапі планування протезування, спрямована на виготовлення моделей зубів пацієнта, щоб заздалегідь вивчити, як внесені зміни позначаться на роботі всієї зубощелепної системи. Технологія полягає у виготовленні гіпсових моделей щелеп, на яких за допомогою воску лабораторний технік, як скульптор, створює прототипи відповідних мікропротезів, виходячи з індивідуальних параметрів пацієнта (мал. 25).

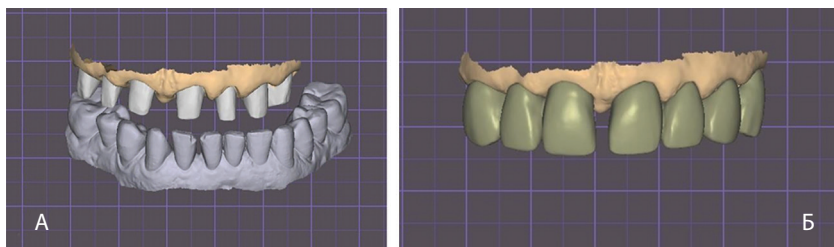
Етапи моделювання Wax-Up.

- За допомогою ложки відповідного для щелепи розміру і силіконової маси знімаються відбитки з обох щелеп.
- Фіксується звичне змикання щелеп.
- Виготовляється гіпсова модель зубів.
- Моделі фіксуються в артикуляторі, і налаштовуються всі жувальні рухи зубощелепного апарату.
- На гіпсовій моделі проводять wax up для візуалізації (мал. 22).



Мал. 22. Виготовлення моделі wax up на основі гіпсової моделі щелеп пацієнта (фото автора)

Цифровий Wax-up практично нічим не відрізняється від звичайного. У процесі створюється 3D візуалізація передбачуваного результату, що створюється на основі скану пацієнта (мал. 23).



Мал. 23. А – 3D модель до проведення та Б – після проведення цифрового Wax-up'у (фото автора)

Повна послідовність процесу.

1. Проведення сканування за допомогою інтраоральної камери та виконання дентальних фотографій.
2. Завантаження файлу скану та цифрових фотографій в програму для подальшого моделювання.
3. Об'єднання 2D-фотографії посмішки та файлу 3D-сканування.
4. Накладання цифрового шаблону силуету посмішки (автоматичне додавання та редагування напрямних; вибір контурних форм на 2D-зображенні) на зображення посмішки пацієнта (мал. 24).



Мал. 24. Шаблон силуету цифрової посмішки (автор фото Andrew Sedler)

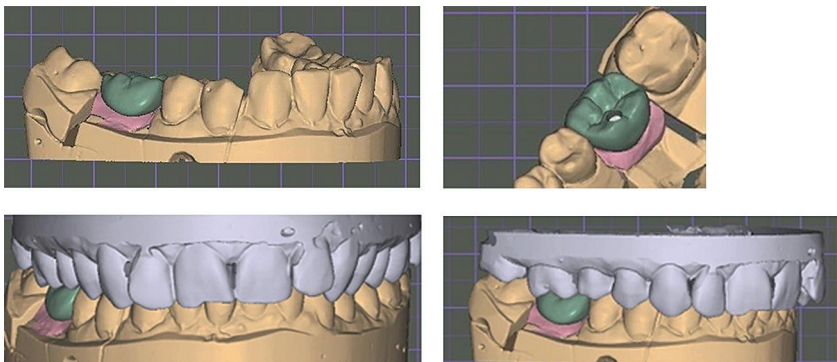
5. Віртуальним зубам пацієнта в цифровому вигляді надається форма, відповідна шаблону посмішки.

6. 3D-модельовання дозволяє проводити оцінку з різних ракурсів.
7. Модель тестується в цифровому артикуляторі (мал. 25).



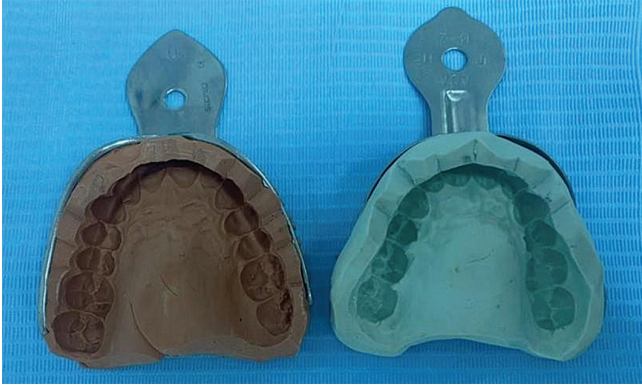
Мал. 25. Віртуальний артикулятор в програмі Exocad
(автор фото Andrew Sedler)

8. Представлення пацієнту моделі Wax-up та 3D візуалізації.
9. Друк моделі для подальшого використання.



Мал. 26. Діагностичний wax up коронки (фото автора)

Силіконовий ключ – це відбиток з зубного ряду та суміжних структур пацієнта. Силіконовий ключ застосовують при проведенні ортопедичних реставрацій зубів для точного відтворення анатомічної форми зуба, особливо поверхні піднебіння (мал. 27).



Мал. 27. Силіконовий ключ (фото автора)

Mock-Up

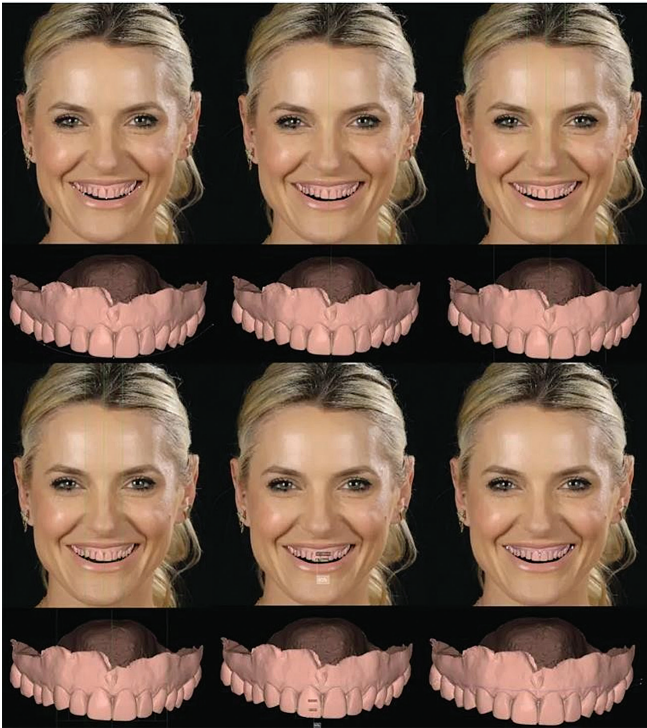
Mock-up – тимчасові конструкції, що виготовляються на основі 3D моделі. Це найкращий спосіб зрозуміти, наскільки зручна майбутня конструкція.

Етапи Mock-Up.

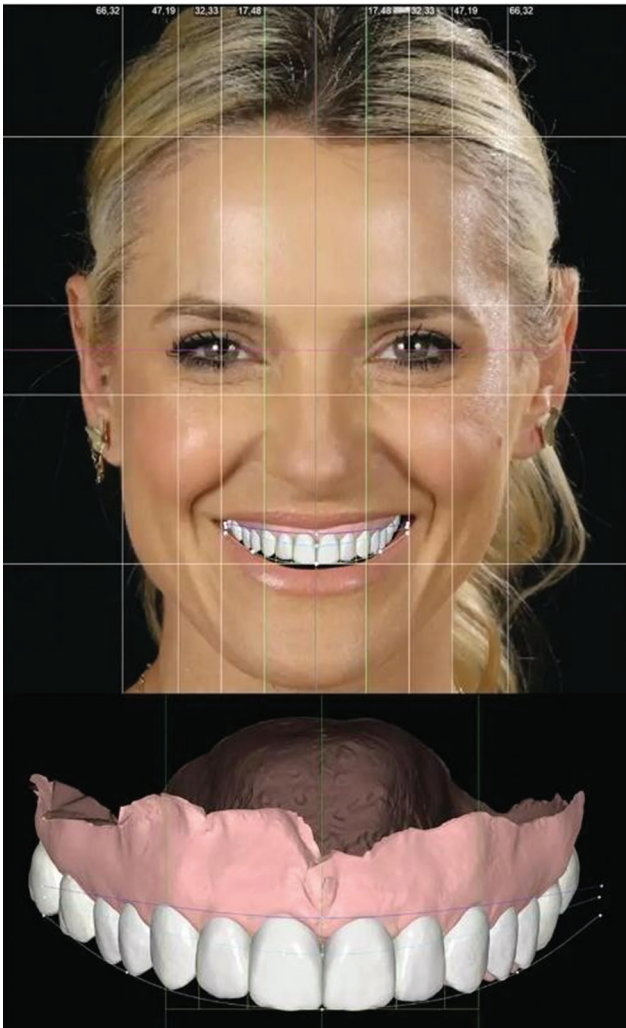
- Після внесення необхідних змін та узгодження моделі wax up з пацієнтом, на основі моделі виготовляється силіконовий ключ.
- У силіконовий ключ закладається спеціальна пластмаса.
- Отриманий зліпок надягають на зуби пацієнта. Після видалення силікону на зубах залишаються тимчасові реставрації. Це дає змогу пацієнту зрозуміти остаточний результат лікування.

Порядок виконання цифрового Mock up'у.

- Імпорт інтраорального знімку верхньої щелепи пацієнта в програму. Вирівнювання інтраорального знімку з фотографією пацієнта. Це робиться для того, щоб виконати початковий 2D-стоматологічний аналіз пацієнта за допомогою стоматологічних референтних ліній (мал. 28).
- Створення моделі mock up на основі отриманого положення референтних ліній (мал. 29).



Мал. 28. Інтраоральне сканування пацієнта
(автори фото Dr Charles Melo and Dr Alexandre D. Teixeira Neto)



Мал. 29. Цифровий Mock up, створений на основі інтраорального сканування на основі отриманих референтних ліній (автори фото Dr Charles Melo and Dr Alexandre D. Teixeira Neto)

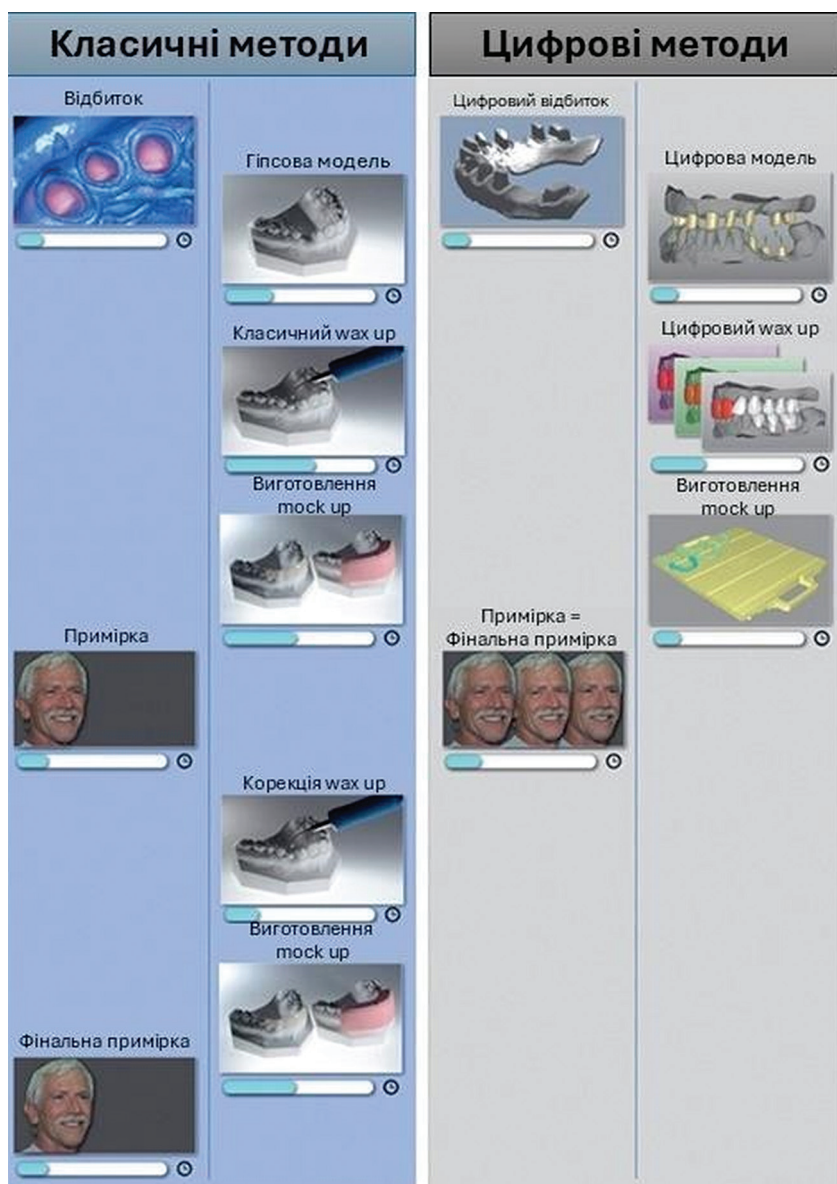
- Вирівнювання отриманої моделі mock up зі сканом обличчя пацієнта (мал. 30).



Мал. 30. Накладання цифрового Mock up'у на обличчя пацієнта (автори фото Dr Charles Melo and Dr Alexandre D. Teixeira Neto)

- Ґрунтуючись на ідеальній формі зубів, що була отримана в результаті аналізу, а також потреб і очікувань пацієнта, йде підбір «ідеальної посмішки».

На мал. 31 наведена порівняльна схема процесів класичного та цифрового wax up та mock up.



Мал. 31. Порівняльна характеристика класичних та цифрових методів Mock up та Wax up (схема за Sancho-Puchades et al)

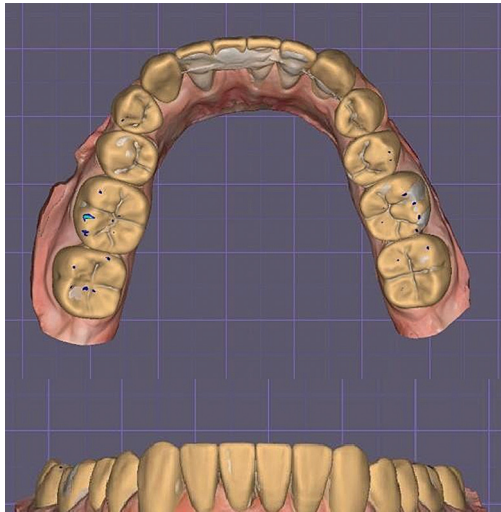
Exocad

Exocad Dental Cad є досить популярною серед фахівців. Програма була створена 2008 року в Німеччині, завдяки оновленням і модулям ПЗ розширюється разом із функціональними можливостями.

Стандартна версія «Exocad DentalCAD» (мал. 32) охоплює широкий спектр показань: анатомічні коронки, анатомічні/прості ковпачки, атакменти, мостоподібний каркас, вкладки/накладки, вініри, робота з восковими моделями, телескопічні коронки.

На додаток до стандартної версії є спеціальні модулі, що дають змогу розширити перелік зуботехнічного сервісу. Для «Exocad DentalCAD»:

- «FullDenture Module» – цифрове моделювання повних знімних протезів;
- «Implant Module» – моделювання абатментів і мостоподібних реставрацій із гвинтовою фіксацією;
- «Bar Module» – моделювання стандартних і складних балок;
- «Model Creator» – створення фізичних моделей на підставі даних цифрових зліпків цифрових відбитків;
- «Bite Splint Module» – моделювання оклюзійних кап;
- «PartialCAD Module» – моделювання бюгельних протезів;
- «Jaw Motion Import» – імпорт траєкторій руху щелепи із зовнішніх пристроїв;



Мал. 32. Моделювання коронок у ПЗ Exocad (фото автора)

- «Virtual Articulator» – моделювання руху щелепи з урахуванням динамічної оклюзії.

Робота в Exocad починається із завантаження моделей у програму. Якщо вони отримані аналоговим методом, то через CAD-сканер зліпки завантажуються паралельно зі скануванням, тобто зубний технік оцінює результат ще до завершення процесу і за необхідності додатково покриває антивідблисковим спреєм місця, які не вдалося відзняти.

Якщо файл має формат STL, то моделі будуть представлені в гіпсовому вигляді. Формат PLY, передає природний «живий» вигляд твердих і м'яких тканин.

Далі, за допомогою спеціаліста та ШІ відбувається цифрова обробка.

Комп'ютерна хірургія

На сьогодні **комп'ютерну хірургію** можна умовно розділити на *дві групи: комп'ютерно-керована (статична) хірургія, і комп'ютерно-навігаційна (динамічна) хірургія.*

Відповідно до консенсусної заяви, опублікованої Hämmerle et al 2009р, ці терміни визначаються наступним чином наступним чином:

Комп'ютерно-навігаційна (статична) хірургія. Використання статичного хірургічного посібника, який відтворює віртуальну позицію імплантату безпосередньо з даних КТ і не допускає інтраопераційної модифікацію положення імплантату під час операції.

Комп'ютерно-навігаційна (динамічна) хірургія. Використання хірургічної навігаційної системи, яка відтворює віртуальну позицію імплантату безпосередньо за даними КТ і дозволяє змінювати положення імплантату під час операції.

Кількість статичних хірургічних систем, доступних на ринку, є більшою, ніж кількість комп'ютерно-навігаційних систем, і сьогодні статичні керовані системи стали загальноприйнятим методом лікування.

Близько 20 програм планування для шаблонно-керованої хірургії з використанням шаблонів (Simplant/Surgiguide Facilitate ExpertEase, Easy Guide (CAD Implant, Praxim), InVivoDental, CTV (PraxisSoft) DentalVox (Era Scientific), DentalSlice тощо) зараз доступні на ринку. Більшість з них ґрунтується на використанні індивідуально підібраного хірургічного шаблону, який виготовляється відповідно до попередньо обробленого даними планування.

Хірургічні шаблони можна класифікувати на основі типу опорної форми на кісткові, зубні та слизові. Важливо відзначити, що за допомогою хірургічних шаблонів з опорою на зуби і слизову оболонку можна проводити операції з імплантації за допомогою безклаптевої хірургічної

техніки. Крім того, деякі системи дозволяють негайне навантаження на імплантати, забезпечуючи тимчасове або остаточне протезування з опорою на імплантати, який передопераційно створюється на основі даних цифрового планування за допомогою CAD/CAM-технологій.

Оптимальне позиціонування імплантату в мезіодистальному, короно-апикальному та орофациальному напрямку є має важливе значення для досягнення успіху в лікуванні протезами з опорою на імплантати. Особливо в показаннях з множинною відсутністю зубів, в яких відсутні орієнтири з сусідніх зубів, використання хірургічного орієнтира, який ґрунтується на ортопедичному плані та моделі mock-up, є надзвичайно важливим. Mock-up приміряють на пацієнта, щоб оцінити критичні естетичні та функціональні параметри і це слугуватиме основою для діагностичного шаблону, в якому за допомогою рентгенівських знімків візуалізуються заплановані положення зубів.

Використовуючи програмне забезпечення для планування імплантації, можна здійснити цифровий вибір та позиціонування імплантатів, що дозволить визначити найкращий можливий компроміс між бажаним положенням імплантатів з ортопедичної точки зору та хірургічною доцільністю, що визначається анатомією та станом альвеолярних структур, що лежать в основі імплантату. Таким чином, цифрові технології дійсно дають змогу хірургу-імплантологу встановити імплантат під контролем стоматолога-ортопеда найкращим чином і повинні бути невід'ємною частиною комп'ютерно-керованої хірургії.

Використання CAD/CAM систем на етапах виготовлення ортопедичних конструкцій

CAD/CAM – це сучасна технологія виробництва каркасів зубних протезів за допомогою комп'ютерного моделювання та фрезерування. CAD/CAM-технологія дає змогу отримувати каркаси зубних протезів високої точності, біосумісності та естетики. Аббревіатура розшифровується як **Computer-Aided Design (CAD)**, конструювання та моделювання за допомогою комп'ютера, і **Computer-Aided manufacture (CAM)** – виготовлення за комп'ютерною програмою.

Цифрова технологія CAD/CAM складається з таких основних компонентів: зчитування інформації, моделювання конструкції зубного протеза (CAD) і виготовлення протеза (CAM).

На першому етапі використовують сканер для зчитування тривимірних просторових даних із препарованої поверхні зуба або штампика та перетворення цих даних у цифрову інформацію.

Після зчитування даних використовують програму комп'ютерного моделювання (CAD) для планування та розрахунків форми зубного протеза на екрані монітора. Цифрові дані створеної конструкції використовують для виготовлення остаточного зубного протеза.

До переваг CAD/CAM системи належать висока точність виготовлення (відхилення розмірів 15–20 мкм порівняно з 50–80 мкм під час лиття), високий рівень автоматизації праці, велика продуктивність, широкий спектр матеріалів, компактність обладнання, можливість моделювання на робочому місці, а процес фрезерування проводити у спеціальному обробному центрі.

Основна відмінність між системами копіювання та використанням цифрових методів у системах CAD/CAM для застосування в клінічній практиці полягає у скануванні. Особливістю цифрових систем CAD/CAM є метод, що використовується для вимірювання межі препарування зуба під вкладку, облицювання або коронку. Сканування здійснюється як інтраоральним, так і позаротовим способом. Зчитування інформації може здійснюватися оптичним або механічним методом.

Використання настільного сканера може бути задовільним варіантом, щоб допомогти лікареві проводити дослідження, не покидаючи лабораторію. Кроки, необхідні для використання цього обладнання, прості; кожен пристрій може мати деякі відмінності, але здебільшого вони дуже схожі. Необхідно мати певний простір для встановлення сканера та комп'ютер, який буде використовуватися для встановлення програмного забезпечення для сканування, зберігання та, можливо, надсилання

файлів. Важливо, щоб цей комп'ютер використовувався тільки для цієї функції, уникаючи рутинних функцій, які можуть призвести до несправностей і уповільнення роботи, що ускладнить використання обладнання.

На основі сканування, виконаного на настільному сканері, можна виконати такі операції:

- цифровий діагностичний відбиток.
- індивідуальні ложки для повних знімних протезів.
- базиси для повних знімних протезів.
- вініри, коронки, вкладки/накладки з кераміки, цирконію і металу;
- оклюзійні пластинки.
- хірургічні шаблони.
- конструкції для протезів на імплантатах.

Дотримуючись покрокового опису, лікар зможе без проблем користуватися настільним сканером (мал. 33). Важливо, щоб фахівець дотримувався конкретних інструкцій для кожної моделі сканера, але кроки в основному схожі.

1. Пристрій для калібрування настільного сканера.
2. Автоматичний настільний сканер 3Shape з калібрувальним пристроєм, належним чином налаштований для процесу друку.
3. Модель, надрукована в смолі, яка буде скануватися, настільні сканери мають можливість сканувати друковані моделі, гіпсові моделі та негативні відбитки.
4. На опорному столику модель належним чином закріплена для її надійної фіксації.
5. Правильно встановлена модель оклюзійною поверхнею до джерела світла; автоматично увімкнеться додаткове світло, попереджаючи про те, що модель готова до сканування.
6. Активація автоматичного сканування програмним забезпеченням; скануючий стіл переміститься на 360°, щоб забезпечити сканування всіх інтерфейсів моделі.
7. Після запуску нового проекту в програмі 3Shape з'явиться вікно з усіма наявними зубами, після чого необхідно вибрати зуб, який буде оброблятися. Також у верхньому правому полі необхідно вибрати тип роботи, що буде виконуватися, наприклад, коронка, вінір або діагностичний вінір.
8. Попереднє сканування виконується для всієї дуги; це займає близько 9 секунд, але не має такої кількості деталей.
9. Потім ми вибираємо ділянку, для якої ми хочемо отримати більше деталей, наприклад, конкретний зуб.



Мал. 33. Схема і пояснення використання САМ
(автор фото-схеми Arthur R.G. Cortes)

10. Після цього вибору виконується ще одне сканування, трохи довше, що дає більш точну і достовірну модель відсканованого елемента.
11. Для протезування або хірургічного втручання необхідно відсканувати основну та антагоністичну дуги.
12. Після сканування елемента та дуги-антагоніста необхідно зареєструвати оклюзію. Для цього важливо, щоб у ротовій порожнині була виготовлена оклюзійний реєстрат, який може бути композитний, восковий або з використанням силікону для реєстрації оклюзії. Деякі сканери навіть дозволяють сканувати артикулятор в максимальному інтеркуспідальному положенні.
13. Після накладання запису оклюзії на робочу модель та модель-антагоніст сканер сам встановить щелепно-лицьове співвідношення між моделями.
14. Після завершення генерується STL-файл, який можна експортувати в CAD-програми, такі як Inlab, DentalCAD або навіть Meshmixer.

САМ – це механічна обробка (фрезерування) з обраного матеріалу для зубного протеза, керована цифровою програмою.

Нині, все більшої популярності також здобуває 3D друк.

Загалом, адитивне виробництво працює шляхом нашарування частинок, що склеюються, за допомогою різних процесів, доки не буде отримано бажаний 3D-об'єкт. На відміну від процесів віднімання, що використовуються у фрезерних верстатах, де видалений матеріал не може бути використаний повторно, ця технологія економить матеріал і виробляє мало відходів, оскільки додає лише необхідний матеріал.

Зазвичай об'єкт друкується з файлу формату STL або OBJ, але існує кілька варіацій залежно від програмного забезпечення та обладнання. Ці файли створюються на основі зображень, отриманих за допомогою сканування та конусно-променевої комп'ютерної томографії (КПКТ), і обробляються в програмному забезпеченні для автоматизованого проектування (CAD). Після отримання остаточного STL-файлу програмне забезпечення виконує нарізку для відправки на друк на 3D-обладнанні.

Протези, спроектовані за допомогою програми CAD, виготовляються за допомогою пристрою DDM (digital device manufacturing – укр.: пряме цифрове виробництво). Ці пристрої, як правило, відносяться до однієї з двох категорій: Subtractive Manufacturing Technology (SMT) або Additive Manufacturing Technology (AMT).

SMT – це більш поширена технологія, заснована на звичайному фрезерування з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Зазвичай ці системи базуються на високошвидкісній технології фрезерування, за допомогою якої заготовка з однорідного матеріалу формується шляхом видалення дрібної стружки одним або декількома однією

або декількома фрезами, що переміщуються по декількох осях та/або обертаються відносно заготовки. Кількість ступенів свободи руху фрези і матеріалу обмежує складну геометрію руху матеріалу обмежує складна геометрія та особливості деталі, що виготовляється.

Як правило, фрезерні пристрої для SMT мають від трьох до п'яти ступенів свободи свободи; чотири або більше ступенів свободи необхідні для фрезерування виступів. Вони використовують високошвидкісні фрези, і оскільки вони обертаються набагато швидше, ніж у звичайних фрезерних верстатах, сили різання залишаються невеликими. Таким чином, охолодження не потрібно, оскільки видалення стружки буферизує тепло і вібрації можна звести до мінімуму. Мінімальний розмір елемента та якість поверхні визначаються розміром ріжучого інструменту та швидкістю обертання.

3D-геометрія з CAD-файлу використовується для створення траєкторій руху інструменту для керування пристроєм SMT. Штифти, або литники, повинні бути додані до виготовленої форми, щоб утримувати заготовку під час процесу виготовлення. Далі створюється цифровий файл, який визначає вибір інструменту: траєкторії руху шпинделя, переміщення заготовки та швидкості шпинделя. швидкості обертання шпинделя.

Як правило, програмне забезпечення постачається з пристроєм SMT. Ці програмні пакети часто обмежують користувача певними заготовками матеріалу певної форми («блоки» або «шайби»). Залежно від використовуваного матеріалу Залежно від використовуваного матеріалу, деякі маніпуляції з подальшою обробкою матеріалу, наприклад, спікання реставрації із зеленої кераміки, або нанесення естетичної обробки, наприклад, фарбування або глазурування, або укладання звичайної порцеляни на кофердам.

Переваги SMT включають в себе наступне:

- SMT добре підходить для виготовлення, коли поверхня та форма є складними;
- Простота використання – процес зняття матеріалу не є складним, тому шанси на невдачу низькі;
- Здатність працювати з некоректними STL-файлами – системи не чутливі до дрібних невідповідностей в геометрії твердого тіла і можуть обробляти навіть з окремими поверхнями мінімальної товщини;
- Вибір матеріалів – можна виготовляти з будь-якого матеріалу; – Визначена точність – відстань між траєкторіями інструменту може бути обрана, як правило, від 0,01 мм до 10 мм і більше. Однак, швидкість побудови швидкість роботи тим повільніша, чим вища роздільна здатність;

До недоліків SMT відносяться:

- Не підходить для виготовлення поперечного перерізу – не можна виготовляти конструкції всередині конструкцій або закритих порожнистих конструкцій;

Обмежена вісь обертання – існує деяке обмеження точності та досяжності органічної форми через кількість осей, що є дозволеною в даному виді верстату. Базовий верстат з ЧПУ використовує 3 керовані осі: x , y та z . Просунуті верстати можуть бути оснащені четвертою віссю (поворотний стіл), або 5 осями, де інструмент можна обертати, щоб наблизитися до геометрії з різних напрямків;

- Знос фрези – через особливості технології фрези можуть затуплятися і ставати неефективними якщо потрібно обробляти тверді матеріали. У стоматологічному виробництві часто використовують неспечені матеріали, для збільшення терміну служби фрези.

Технології SMT, як правило, обмежені геометричною складністю і не підходять для виготовлення для виробництва всіх форм; однак, АМТ може виготовляти набагато складніші органічні форми.

Методи АМТ комерційно доступні вже більше 30 років, з тих пір, як процес, відомий як стереолітографія (SLA) був запатентований. Цей процес формує тривимірні геометрії довільної складності шляхом опромінення тонких шарів фотополімеру концентрованим пучком ультрафіолетового світла. Відтоді цей процес «друку» тонких шарів прогресував до різних технологій з використанням матеріалів.

Більшість комерційно доступних апаратів АМ будують деталь послідовними шарами, що укладаються вертикально (вісь z). Матеріал наноситься в площині поперечній до вертикалі (площина x – y), і шари наносяться послідовно. Залежно від процесу часто потрібні додаткові опорні конструкції для фіксації деталі під час процесу нанесення шарів і підтримки навислих частин в протидію силам тяжіння.

На відміну від SMT, що давно асоціюється з традиційним виробництвом, АМТ пропонує не тільки гнучкість у виробництві більш органічних форм, але й більш консервативний процес з більшим доступом до місця споживання з більшою економією витрат на робочу силу. Але повний потенціал виробництва все ще у процесі розробки.

На відміну від SMT, в АМТ застосовуються найрізноманітніші методи виготовлення, проте ми можемо узагальнити їхні переваги та недоліки.

До переваг АМТ-пристроїв можна віднести:

- ♦ Свобода дизайну – практично необмежена щодо того, що можна спроектувати що може бути спроектовано для АМТ, включаючи порожнисті та функціонуючі пристрої/швидкі прототипи;

- ♦ Виготовлення складної геометрії – складна конструкція може бути виготовлена за одне виготовлення за один виробничий цикл можна виготовити складну конструкцію, на відміну від SMT, де різні частини де потрібно виготовляти та збирати різні деталі;
- ♦ Простота використання – складність системи полягає в дизайні .stl-файлу для виготовлення. Елементи можна масштабувати і легко орієнтувати на виробничих платформах, після того, як платформа практично «завантажена», залишається лише натиснути кнопку «ОК» і виробництво починається.

До недоліків АМТ можна віднести:

- ♦ Вартість – початкова вартість більшості комерційно доступних пристроїв АМТ може бути значно вищою за 100 000 доларів США. Однак, деякі з менших виробників можуть коштувати в діапазоні 15 000–60 000 доларів США.
- ♦ Фінішна обробка – як правило, вироблена продукція потребує подальшої обробки та полірування, особливо це стосується металевих АМТ. Існує необхідність забезпечити певну пост-полірування або за допомогою ЧПУ або ручними методами, хоча роздільна здатність верстатів і розміри порошку продовжують вдосконалюватися і в кінцевому підсумку будуть конкурувати з поверхнями, отриманими фрезеруванням.
- ♦ Матеріали – асортимент матеріалів залежить від до використуваного АМТ. На відміну від ЧПУ, яке може загалом може використовуватися на будь-якому матеріалі, який може витримати силу фрезерування, метод виробництва має обмеження в матеріалах, які можна використовувати.
- ♦ Дизайн продукту – хоча існує велика свободу в дизайні, АМТ дуже чутливий до невідповідності у файлі STL. Крім того, програмне забезпечення для маніпулювання файлами може бути дорогим.

Порівняно з традиційним методом виготовлення каркасів литтям (створення воскової композиції, підготовка ливарної форми, лиття, розпакування, обробка та припасування), технологія CAD/CAM має особливі переваги.

В СМЦ НМУ ім. О.О. Богомольця наявні 3D-принтер Form 2 (Formlabs, Inc., США) (мал. 34) та лабораторний 3D-сканер Medit Identica Light (мал. 35).



Мал. 34. 3D-принтер Form 2 (Formlabs, Inc., США)



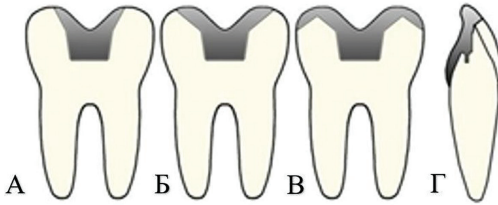
Мал. 35. Лабораторний 3D-сканер Medit Identica Light

Цифровий протокол протезування різними видами вкладок

Вкладка – незнімний мікропротез, що відновлює анатомічну і функціональну цілісність зуба. Причинами руйнування зубів можуть бути карієс, гіпоплазія емалі, підвищена стертість твердих тканин зуба, клиновидні дефекти, ушкодження травматичного характеру тощо.

Вкладки можуть бути класифіковані зазначеним нижче чином. За топографією і конструктивними особливостями.

- inlay – як правило, розташовується на оклюзійній поверхні зуба, відновлюючи її анатомічну форму. Вершини горбів завжди збережені (мал. 36, а). Варіантами подібних мікропротезів є inlay-O – вкладка, що відновлює оклюзійну поверхню; inlay-OD і inlay-OM – вкладки, що відновлюють оклюзійно-медіальну або оклюзійно-дистальну поверхні, inlay-MOD – вкладка, що відновлює оклюзійну й обидві апроксимальні поверхні зуба;



Мал. 36. Види вкладок за топографією і конструктивними особливостями

- onlay – розташовується на жувальній поверхні коронкової частини зуба і служить для відновлення її анатомічної форми, перекриваючи один або кілька жувальних бугрів. Бічні стінки зуба частково збережені (мал. 36, б);
- overlay – відновлює анатомічну форму всієї жувальної поверхні та частково зруйновані стінки коронкової частини зуба (мал. 36, в);
- pinlay – вкладка, що має додаткові ретенційні пристосування у вигляді штифтів (мал. 36, г).

За матеріалом та технологією виготовлення:

- металеві (зі сплавів благородних і неблагородних металів). Технологія виготовлення – лиття металу за восковою або пластмасовою репродукцією. Залежно від способу отримання репродукції майбутньої вкладки розрізняють прямий і непрямий методи виготовлення металевих вкладок;

- композитні (пластмасові або полімерні). Виготовлені з полімерних матеріалів способом фото- або хімічної полімеризації;
- керамічні. Технології виготовлення – традиційне спікання керамічної маси на вогнетривкій моделі, лиття керамічної маси під тиском, фрезерування;
- комбіновані (металокерамічні або металокомпозитні). Нині застосовується високоточна технологія виготовлення каркасів мікропротезів із використанням гальваноформінгу.

За функціональним значенням:

- відновлювальні – служать для відтворення анатомічної форми і функціональної цілісності коронкової частини зуба;
- опорні – за наявності малих включених дефектів зубних рядів можуть відігравати роль опорних елементів адгезійних мостоподібних протезів;
- шинувальні – у разі ураження періодонта виконують функцію шинування гіпермобільних зубів під час виготовлення балкових (вкладочних) шин.

Показання до застосування вкладок:

1. Каріозні порожнини всіх класів за Блеком.
2. Відновлення пошкоджених твердих тканин зуба внаслідок травми, гіпоплазії емалі, клиновидних дефектів, карієсу.
3. Відновлення жувальної поверхні при стиранні зубів.
4. Заміна великих дефектних пломб, що часто поєднуються з рецидивуючим карієсом.

Протипоказання до застосування вкладок:

1. Поверхні зубів важкодоступні для формування порожнин під вкладки.
2. Невеликі каріозні порожнини.
3. Зуби з неповноцінною крихкою емаллю.
4. Циркулярний карієс.
5. Системний карієс, важкі форми карієсу.
6. Порожнини MOD у поєднанні з пришийковим карієсом або клиновидним дефектом.
7. Незадовільна гігієна порожнини рота.
8. Бруксизм, шкідливі звички.
9. Неможливість створити сухе операційне поле внаслідок глибокого сублінгвального препарування.
10. Депульповані зуби через ослаблену структуру твердих тканин.

В цифровому протоколі виготовлення вкладок можна виділити 5 основних етапів: препарування, сканування, конструювання моделі, виготовлення, фіксація (мал. 37).



До процедурний вигляд зубів



Препарування Inlay та Onlay



Відскановані
препаровані зуби



Сканування прикусу зі
сторони щоки для вирів-
нювання моделі



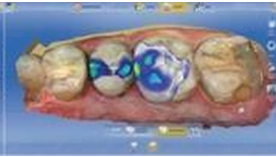
Позиціонування
моделей зубів-
антагоністів



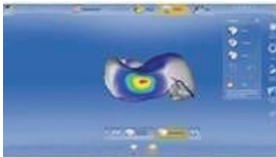
Визначення краю
препарування



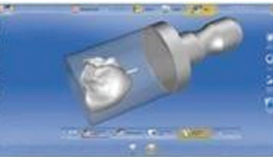
Початковий дизайн,
отриманий автоматично



Редакування
оклюзійних контактів
та їх щільності



Редакування розміру
проксимального
контакту та
його щільності



Вікно фрезерування



Відфрезерована
реставрація у блоку

Мал. 37. Цифровий протокол виготовлення вкладки з використанням CAM/CAD та CEREC (автор фото Carl F. Driscoll)



Onlay зафіксована на dual cure resin цемент

Вигляд Onlay та Inlay з Lava Ultimate після фіксації

Продовження мал. 37

Цифровий протокол протезування різними видами коронок

Штучна коронка – це зубний незнімний протез, що накладається на спеціально підготовлену природну або штучну культю зуба для відновлення її анатомічної форми і функції або для фіксації зубних протезів, різних ортопедичних апаратів і шин. Вони можуть застосовуватися як самостійний вид незнімного протезування або складової частини інших ортопедичних конструкцій.

У зв'язку з тим, що штучні коронки мають різну конструкцію і призначені для різних цілей, їх систематизують за певними ознаками.

За конструкцією чи за величиною обхвату зуба:

- повні, тобто такі, що покривають усі поверхні зуба;
- екваторні (що доходять до екватора зуба);
- напівкоронки (покривають тільки оральну, апроксимальні поверхні і ріжучий край фронтальної групи зубів);
- тричетвертні (якщо така конструкція виготовляється на премоляри, оскільки вони покривають 3/4 зуба);
- зі штифтом;
- телескопічні.

За методом виготовлення:

- штаповані;
- литі;
- паяні, або шовні (зараз практично не застосовуються);
- виготовлені методом полімеризації;
- виготовлені методом спікання;
- виготовлені методом CAM/CAD.

Залежно від матеріалу:

- металеві (благородні сплави – золото, срібло–паладій; неблагородні сплави – хром–нікель, кобальт–хром, титан).
- безметалові (пластмасові, порцелянові);
- комбіновані, тобто обличковані пластмасою, композитом, керамічною масою (металопластмасові, металокерамічні, безметалові з обличкуванням керамікою).

За призначенням чи виконуючою функцією:

- відновлювальні;
- опорні (у мостоподібних протезах та в інших видах ортопедичних конструкцій);
- шинувальні;

- фіксувальні (для утримання ліків, ортодонтичних або щелепно-лицьових апаратів);
- тимчасові та постійні.

Показання до виготовлення штучними коронками:

- 1) патологія твердих тканин зубів (карієс, клиновидні дефекти, патологічне стирання, гіпоплазія, флюороз, ерозія), травматичні пошкодження, які неможливо відновити пломбуванням або виготовленням вкладок. Ступінь руйнування природної коронки зуба становить 50–80%;
- 2) необхідність відновлення висоти нижньої третини обличчя в разі її зниження (патологічна стирання зубів, патологія прикусу);
- 3) аномалії форми зубів (зуби Гетчінсона, Фурнье, Пфлюгера, Турнера, шипоподібні);
- 4) аномалії положення зубів;
- 5) порушення кольору природних зубів (дисплазія Капдепона – Стентона, мармурова хвороба, гіпоплазія, флюороз, загибель пульпи, неправильне лікування);
- 6) зуби, призначені для фіксації незнімних або знімних протезів (телескопічні коронки);
- 7) конвергенція, дивергенція або висування зубів під час їхнього зішліфовування (феномен Попова – Годона);
- 8) спеціальна підготовка зуба (під кламер або оклюзійну накладку);
- 9) шинування при захворюваннях пародонта і переломах щелеп;
- 10) фіксація ортопедичних, ортодонтичних або щелепно-лицьових апаратів.

Протипоказання до виготовлення штучних коронок:

- 1) *відносні:*
 - несанована порожнина рота (наявність зубних відкладень, незапломбовані каріозні порожнини, невидалені зруйновані зуби та їхні корені, коронки зуба, зруйновані більш ніж на 1/2 висоти);
 - зуби з невилікуваними вогнищами хронічного запалення в ділянці крайового або верхівкового періодонта (незапломбовані, недопломбовані, важкодоступні канали, кістогранульоми, кісти, свищі);
 - незакінчені ріст щелеп і формування коренів зубів;
 - важкий загальний стан здоров'я (інфаркт міокарда, ішемічна хвороба серця, гостра форма гіпертонічної хвороби);
- 2) *абсолютні:*
 - інтактні зуби, якщо їх не використовують як опору для інших конструкцій;

- патологічна рухливість зуба III ступеня;
- хронічні вогнища інфекції в ділянці періодонта, що не піддаються лікуванню.

До штучної коронки висувається низка вимог. Вона повинна:

- відновлювати анатомічну форму зуба, мати добре виражений екватор;
- щільно прилягати до тканин зуба в ділянці шийки;
- створювати щільний контакт із сусідніми зубами (контактний пункт) і зубами протилежної щелепи, не підвищуючи міжальвеолярну висоту;
- занурюватися в зубоясенну борозну на 0,2–0,3 мм або доходить до краю ясен;
- максимально відновлювати порушені естетичні норми, відповідаючи кольору природних зубів;
- відновлювати функції жування і мовлення;
- не перешкоджати змиканню зубних рядів у будь-яких оклюзійних;
- мати помірно виражені та заокруглені бугри жувальних зубів;
- не блокувати рух нижньої щелепи.

В цифровому протоколі виготовлення коронок можна виділити 7 основних етапів: підготовка (вибір конструкції, за необхідності – ендодонтичне лікування), препарування, сканування, конструювання моделі, виготовлення (етапи фрезерування та сінтеризації), припасування (за потреби), фіксація (мал. 38).

За допомогою цифрового протоколу ми можемо виготовляти не тільки цирконієві коронки та вкладки, а також тимчасові конструкції (фрезерування, 3D-друк), мостоподібні протези, каркаси бюгельних протезів, цирконієві комбіновані та керамічні коронки, металеві коронки (селективне спікання друк), індивідуальні абатменти, хірургічні шаблони, елементи холодної хірургії тощо.



Зображення відсканованої кукси зуба



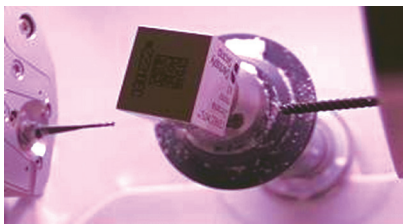
Межі уступа відпрепарованої кукси зуба



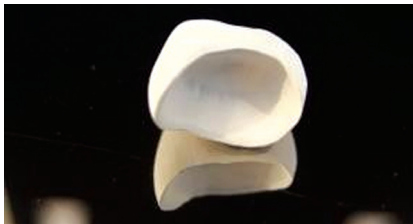
Моделювання штучної коронки з діоксиду цирконію – вестибулярна стінка



Моделювання штучної коронки з діоксиду цирконію – оклюзійна поверхня



Моделювання штучної коронки з діоксиду цирконію – вестибулярна стінка



Штучна коронка виготовлена за допомогою системи CAD/CAM з діоксиду цирконію після фрезерування



Постійна коронка з діоксиду цирконію в CEREC SpeedFire



Кінцевий вигляд штучної коронки з діоксиду цирконію перед фіксацією в ротовій порожнині

Мал. 38. Цифровий протокол виготовлення цирконієвої коронки з використанням CAM/CAD та CEREC (автор фото – Dr. Cecilie Terjesen)



Штучна коронка з діоксиду цирконію після фіксації в ротовій порожнині – вестибулярна стінка



Штучна коронка з діоксиду цирконію після фіксації в ротовій порожнині – оклюзійна поверхня

Продовження мал. 38. Цифровий протокол виготовлення цирконієвої коронки з використанням CAM/CAD та CEREC (автор фото – Dr. Cecilie Terjesen)

Питання до контролю

1. Що таке цифрова стоматологія?
2. У яких випадках використовують цифровий протокол у клініці ортопедичної стоматології?
3. МІС: визначення, класифікація, застосування в клініці ортопедичної стоматології.
4. Методи цифрової рентгендіагностики.
5. Використання T-Scan в діагностиці.
6. Дентальне фото і його застосування в ортопедичній стоматології.
7. Основні види дентальної зйомки.
8. Використання віртуальної лицевої дуги.
9. Використання віртуального артикулятора в цифровому протоколі.
10. Послідовність проведення цифрового Wax Up.
11. Що таке силіконовий ключ?
12. Послідовність проведення цифрового Mock Up.
13. CAD/CAM технології в ортопедичній стоматології. Етапи використання.
14. Основні етапи цифрового протоколу виготовлення вкладок.
15. Основні етапи цифрового протоколу виготовлення коронок.

Тестові питання

1. Хворому Б. – 40 років, лікар виготовляє порцелянову коронку цифровим методом на 11 зуб. На яку ширину формується уступ по периметру шийки інтактного зуба?
 - А. Без уступу
 - Б. 0,2–0,4 мм
 - В. 0,4–0,7 мм
 - Г. 1–2 мм
2. Пацієнтові планується виготовити керамічну коронку на 21 зуб. З яким за формою уступом доцільно препарувати зуб?
 - А. Без уступу
 - Б. 120°
 - В. 90°
 - Г. 30°

3. Припасування керамічної коронки здійснюють виявленням передчасних контактів між коронкою й стінками кукси зуба за допомогою:
 - А. Корежуючих силіконових відбиткових мас
 - Б. Рідкого гіпсу
 - В. Альгінатних відбиткових мас
 - Г. Розігрітого воску
4. Які механізми забезпечують утримання незнімних зубних протезів на відпрепарованому зубі?
 - А. Неадгезивне (механічне) з'єднання
 - Б. Мікромеханічне зчеплення
 - В. Молекулярна адгезія
 - Г. Всі відповіді вірні
5. Хвора 24 роки звернулася зі скаргами на косметичний дефект передніх зубів верхньої щелепи. Об'єктивно: ортогнатичний прикус, коронки 11 і 21 зубів відновлені пломбами на 1/3 висоти, 12 і 22 запломбовані за IV класом за Блеком. Яку ортопедичну конструкцію можна запропонувати?
 - А. Керамічні коронки
 - Б. Металокерамічні коронки
 - В. Керамічні вініри
 - Г. Керамічні вкладки

Варіант/номер	1	2	3	4	5
	В	Б	В	Г	А

Список рекомендованої літератури

Основна

1. Cortes AR, editor. Digital Dentistry: A Step-by-Step Guide and Case Atlas. John Wiley & Sons; 2022 Aug 1.
2. Driscoll Carl F. et al. (2015). Clinical Applications of Digital Dental Technology (1st ed.). Wiley.
3. Підручник «Зубопротезна техніка»; Рожко М.М., Неспрядько В.П., Палійчук І.В., та ін. - К.: «Книга-плюс», 2016. – 604 с.
4. Рожко М.М., Неспрядько В.П., Палійчук І.В. Ортопедична стоматологія. ВСВ «Медицина», 2020. –720 с.

Додаткова

1. Моделювання анатомічної форми зубів [Текст] підруч. для студентів мед. закл. вищ. освіти / П. С. Фліс [та ін.]. – К.: Медицина, 2019. – 352 с.
2. Пропедевтика ортопедичної стоматології [Текст]: підруч. для студентів мед. закл. вищ. освіти / П. С. Фліс [та ін.]; за ред. П. С. Фліса. 2-ге вид. – К.: Медицина, 2020. – 328 с.
3. Пропедевтика ортопедичної стоматології: підруч. для студентів стомат. ф-тів вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / С. Г. Черкашин [та ін.]; ред. С. І. Черкашин. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2016. – 300 с.
4. Радзішевська Є. Б., Висоцька О. В. Р 15 Інформаційні технології в медицині. E-health / за ред. В. Г. Книгавка. – Харків: ХНМУ, 2019. – 72 с.
5. Рентгенографічні дослідження в стоматології: рекомендації для відбору пацієнтів і обмеження радіаційного впливу : навч.-метод. посібник для лікарів-інтернів за спец. «Стоматологія» та лікарів-стоматологів / І. І. Соколова, Н. М. Удовиченко, С. І. Герман та ін. – Харків : ХНМУ, 2020. – 64 с.
6. Abdulla M, Ali H, Jamel R. CAD-CAM technology: a literature review. Al-Rafidain Dental J 2020;20(1):95–113.
7. Amezua X, Iturrate M, Garikano X, Solaberrieta E. Analysis of the impact of the facial scanning method on the precision of a virtual facebow record technique: An in vivo study. J Prosthet Dent. 2023 Sep;130(3):382-391. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.10.025. Epub 2021 Dec 13. PMID: 34916065.
8. Brenes C, Jurgutis L, Babb CS. Digital face-bow transfer technique using the dentofacial analyzer for dental esthetics and 2-D, 3-D smile design: A clinical report. J Oral Science Rehabilitation. 2018 Jun;4(2):22–30.
9. da Silva RL, Kim JH, Markarian RA, Falacho R, Cortes DN, Costa AJ, Cortes AR. Introduction to Digital Dentistry. Digital Dentistry: A Step-by-Step Guide and Case Atlas. 2022 Jul 29:1-7.

10. Jain P, Gupta M. Digitization in Dentistry. Springer; 2021.
11. Kalman, Les & Chrapka, Julia & Joseph, Yasmin. (2016). Digitizing the Facebow: A Clinician/Technician Communication Tool. *The International journal of prosthodontics*. 29. 35-37. 10.11607/ijp.4748.
12. Kilova, Kristina. "Digital Smile Design (DSD)- Technology of the Future." *Knowledge International Journal*, 2018.
13. Lepidi, L., Galli, M., Mastrangelo, F., Venezia, P., Joda, T., Wang, H., & Li, J. (2020). Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? *Journal of Prosthodontics*. doi:10.1111/jopr.13240
14. Li J, Chen Z, Decker AM, Wang HL, Joda T, Mendonca G, Lepidi L. Trueness and Precision of Economical Smartphone-Based Virtual Facebow Records. *J Prosthodont*. 2022 Jan;31(1):22-9
15. Marques S, Ribeiro P, Falcao C, et al. Digital impressions in implant dentistry: a literature review. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(3):1020.
16. Methani MM, Revilla-León M, Zandinejad A. The potential of additive manufacturing technologies and their processing parameters for the fabrication of all-ceramic crowns: a review. *J Esthet Restor Dent* 2020;32(2):182–92.
17. Mizumoto RM, Yilmaz B, McGlumphy EA Jr, et al. Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent* 2020;123(1):96–104.
18. Pitta J, Hjerpe J, Burkhardt F, et al. Mechanical stability and technical outcomes of monolithic CAD/CAM fabricated abutment-crowns supported by tita.
19. Rekow ED. Digital dentistry: the new state of the art—Is it disruptive or destructive? *Dental Mater* 2020;36(1):9–24.
20. Revilla-León M, Meyer MJ, Zandinejad A, et al. Additive manufacturing technologies for processing zirconia in dental applications. *Int J Comput Dent* 2020; 23(1):27–37.
21. Revilla-León M, Zeitler JM, Kois JC. An overview of the different digital facebow methods for transferring the maxillary cast into the virtual articulator. *J Esthet Restor Dent*. 2024 May 22. doi: 10.1111/jerd.13264. Epub ahead of print. PMID: 38778662.
22. Solaberrieta, E., Garmendia, A., Minguez, R., Brizuela, A., & Pradies, G. (2015). Virtual facebow technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(6), 751–755. doi:10.1016/j.prosdent.2015.06.01
23. Stuani VT, Ferreira R, Manfredi GG, Cardoso MV, Sant'Ana AC. Photogrammetry as an alternative for acquiring digital dental models: A proof of concept. *Medical hypotheses*. 2019 Jul 1;128:43-9.
24. Tallarico M. Computerization and digital workflow in medicine: Focus on digital dentistry. *Materials*. 2020 May 8;13(9):2172.

25. Tamimi F, Hirayama H. Digital restorative dentistry. Springer International Publishing; 2019.
26. Yeung M, Abdulmajeed A, Carrico CK, et al. Accuracy and precision of 3Dprinted implant surgical guides with different implant systems: an in vitro study. J Prosthet Dent 2020;123(6):821–8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.027>. Epub 2019 Oct 23. PMID: 31653399.
27. Король Д., Кіндій Д., Рамусь М., Зубченко С., Калашніков Д., Тончева К. Технологія виготовлення незнімних зубних протезів. – Полтава: ПП Астроя, 2021. – 142с.
28. Marina Medeiros Toste Coelho dos Santos et al. DSD and CAD/CAM integration in the planning and execution of an oral rehabilitation procedure: a case report. Clin Lab Res Den 2019; p. 1-6. DOI <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2357-8041.clrd.2019.151911>

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Електронний ресурс – <https://d-nb.info/1152067036/34>
2. Електронний ресурс – <https://www.tjo.org.tw/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=tjo>
3. Електронний ресурс – <https://digital-dentistry.org/e-book-now-available/>
4. Електронний ресурс – <https://www.pdfdrive.com/digital-dentistry-new-materials-and-techniquesd57654507.html>
5. Електронний ресурс – <https://go.digitalsmiledesign.com/hubfs/Lite%20Dentistry%20Masterclass%20Assets/DSD%20Direct%20Clinical%20Guide.pdf>
6. Електронний ресурс – <https://www.dsdplanningcenter.com/pdf/dsd-video-photo-protocol.pdf>
7. Електронний ресурс – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
8. Електронний ресурс – <https://www.dentsplysirona.com/en-us>