

Як цифрові технології покращують робочі процеси при виготовленні телескопічних і конічних конструкцій у різних клінічних випадках

Телескопічні і конічні стоматологічні конструкції для знімного протезування зубів і коронок з опорою на імплантати і комбінації зуб/імплантат мають довгу і багату історію. Традиційно ці реставрації ґрунтувалися на аналогових методах виготовлення. Інтеграція цифрових технологій, проте, зробила глибокий вплив на виготовлення цих конструкцій у багатьох відношеннях, допомагаючи полегшити та зробити ефективнішим процес конструювання багатьох технічних і клінічних аспектів цих зубних протезів.

У цій статті розглядається як цифрові технології впливають на робочі процеси проектування телескопічних і конічних конструкцій у різних клінічних випадках і технічні протоколи їх виробництва.

Телескопічні і конічні дублюючі системи коронок спочатку розроблялися як зубні реставрації, призначені для закриття міжзубних проміжків, і такі концепції добре зарекомендували себе упродовж багатьох років. Телескопічна або конічна система складається з первинного абатмента, вторинного компонента, що щільно прилягає, такого як накладка або каркас, і третинної рами. Передбачається, що цей тип відновної системи може бути знятий пацієнтом для зручності чищення.

Абатменти або первинні телескопи і вторинні конуси для цих реставрацій, як правило, фрезерувалися вручну і моделювалися з воску, потім проходили повторне фрезерування. Вторинні телескопи і конуси також виготовлялися з використанням моделювальних смол, які потім виварювалися і відливалися в гіпсі. У 1980-х і 1990-х роках була впроваджена гальванопластика вторинного телескопа або конуса, а також інтеграція автоматизованого проектування/автоматизованого виробництва (CAD/CAM) для проектування і виготовлення компонентів первинного абатмента.

Зовсім нещодавно аддитивні і відновні технології зробили виготовлення третинних конструкцій і тимчасових реставрацій ефективнішим. Наприклад, у процес було включено селективне лазерне плавлення (SLM) і фрезерування цих структур з

таких матеріалів, як титан і кобальт-хром (CoCr), а також цифровий дизайн і тривимірний (3D) друк тимчасових елементів, які надіваються на основні телескопи або конуси.

Клінічні протоколи також покращали. Інтраоральні сканери, наприклад, здійснили революцію в методиці збору клінічних даних і отриманні відбитків щелеп, і це відкрило безліч нових протоколів для ведення клінічних випадків, де потрібне виготовлення телескопічних і конічних коронок. У цій статті розглядається, як цифрові технології впливають на клінічні процеси виготовлення телескопічних клінічних коронок і робочі технічні протоколи.

Інтраоральні сканування в лікарському кабінеті

Внутрішньоротове сканування може бути особливе корисним для попереднього запису даних (діагностики). Наприклад, внутрішньоротове сканування з маркерами сканування імплантатів або маркерами може бути використане для 3D-друку попередньої моделі з аналогами (фото 1), яку можна легко використовувати для виготовлення контрольних напрямних.



Фото 1. Надрукована на 3D-принтері попередня модель з аналогами для виготовлення контрольного напрямного штифта

У цьому робочому процесі увесь напрямний штифт контрольного направляючого каналу на попередній моделі також може бути відсканований за допомогою інтраорального сканера або настільного сканера, а виготовлена на замовлення відбиткова

ложка, яка має покривати порожнину рота і охоплювати сам штифт, може бути виконана в цифровому вигляді і надрукована на 3D-принтері. Цей робочий процес усуває необхідність у попередньому фізичному відбитку, що, у свою чергу, також усуває необхідність фізичної відправки попередніх моделей у зуботехнічну лабораторію і назад.

Інтраоральне сканування з використанням маркерів сканування імплантатів разом із скануванням існуючого протеза або пробним восковим макетом майбутніх реставрацій також може бути використане для оцінки наявного місця для відновної конструкції. Це полегшує процес ретельної оцінки командою фахівців стоматологів і необхідність використання лікарями вимірювальних інструментів у програмному забезпеченні, щоб можна було вибрати успішні варіанти лікування і виключити ті, які не є життєздатними, залежно від конкретного місця в зубному ряду.

Сканування також може бути використане для фіксації телескопічних або конічних абатментів на робочій моделі, яка використовуватиметься разом з файлом проведеного первинного сканування з восковим макетом для виготовлення тимчасової конструкції. Сканування телескопічних або конічних абатментів на робочій моделі, разом з вторинними гальванічними накладками, встановленими поверх телескопічних або конічних абатментів, також може бути використане для цифрового проектування третинної конструкції, яка включає наявність точного і рівномірного проміжку з цементу для примірки в ротовій порожнині пацієнта, що робить можливим отримання повністю пасивного протеза.

Сканування телескопічного або конічного первинного ковпачка може бути виконане для отримання високоточного розрахунку поверхні в квадратних міліметрах (мм²), який може бути використаний для розрахунку розчину золота в процесі гальванопластики для досягнення оптимальних результатів при протезуванні телескопічними і конічними балками, що входять у конструкцію протеза.

Нарешті, можливості сканування і проектування конфігурації третинної структури дозволяють проектувати як третинні структури (шаблони) для препарування опорних зубів, так і

індивідуально спроектовані конструкції, що фрезеруються, на весь зубний ряд відповідно до третинної структури (шаблону) для препарування зубів. Отримані файли моделей зубів у форматі STL можуть бути або надруковані на 3D-принтері з ливарної смоли і поміщені для випалювання і пресування в кераміку, або подрібнені з діоксиду цирконію, склокераміки з можливістю фрезерування або нанесення гібридної кераміки. Зовсім нещодавно з'явилася можливість друкувати смоли, в яких використовуються нанокерамічні наповнювачі і які мають високу міцність і оптичні властивості.

Первинні телескопічні коронки і конуси

Більшість телескопічних і конічних коронок і ковпачків-корпусів складаються з трьох основних компонентів: первинного упору або планки; вторинного компонента, зазвичай накладки; і третинної конструкції. Як згадувалося раніше, первинні телескопи і конічні абатменти традиційно виготовлялися з використанням абатмента розробленого уперше в Каліфорнійському університеті Лос-Анджелеса, на який вручну додавався віск, а потім абатмент повністю заливався воском. Після чого абатменти гіпсували і відливали із золотого сплаву IV типу або CoCr. Це був трудомісткий процес, а складнощі з матеріалами і технікою часто призводили до некоректних результатів, таким як пористість і проміжки в основних компонентах (фото 2).



Фото 2. Представлені традиційні, відлиті із золота конічні абатменти (ковпачки)

Цифрові технології покращили не лише клінічні і технічні процеси роботи з такими компонентами, але і розширили різноманітність матеріалів, які можна використовувати для виготовлення первинних телескопічних коронок і конусів. Наприклад, на основі цифрового дизайну первинні абатменти можуть бути відфрезеровані з CoCr, титану, діоксиду цирконію і нових матеріалів, таких як поліефірефіркетон (PEEK) і поліефіркетонекетон (PEKK). Хоча для досягнення бажаного результату ці матеріали як і раніше вимагають ручного фрезерування (фото 3), первинне планування і конструювання первинних телескопічних конструкцій і конусів було значно покращене і стало ефективнішим в епоху цифрових технологій.



Фото 3. Показаний процес ручного фрезерування основного абатмента

Залежно від вибраного методу і матеріалу можуть бути досягнуті різні рівні стабільності і терміни служби цих конструкцій, тим самим можуть бути збільшені.

Типовий цифровий робочий процес при проектуванні первинних телескопічних конструкцій починається з роботи або з відсканованою робочою моделлю імплантата, або з внутрішньоротового сканування в поєднанні з фотограметричним скануванням положення імплантатів. Більшість програм для проектування в стоматології мають спеціалізований "телескопічний модуль", який розташовує усі абатменти паралельно один до одного і встановлює їх за заданим користувачем шляхом установки/видалення (фото 4).

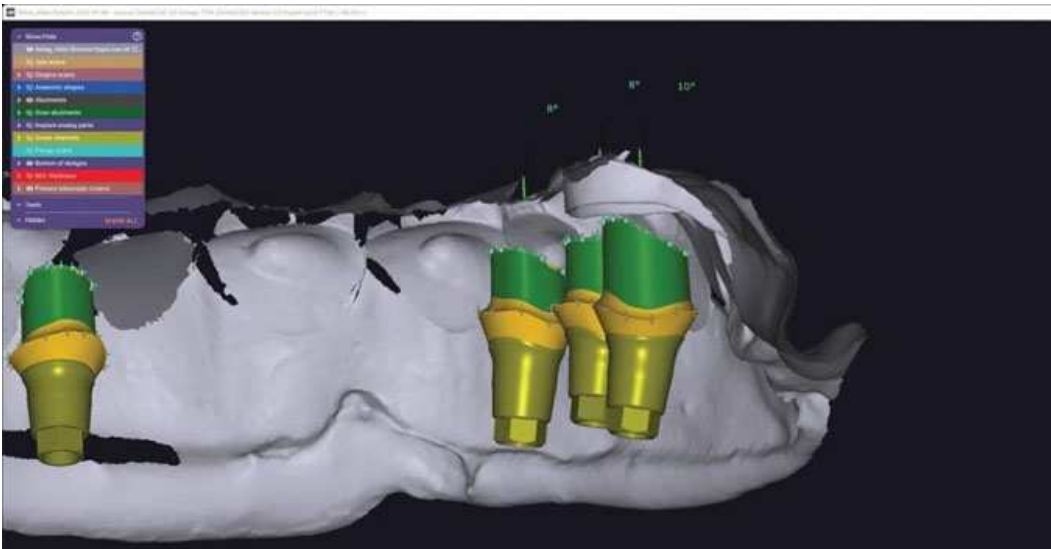


Фото 4.

Представлений телескопічний модуль абатмента з програмного забезпечення *Dental design*, розроблений у межах об'єму Проектувальникові також доступні опції зміни кута нахилу поверхні коронки; наприклад, телескопи можуть бути виконані з кутом нахилу 0 градусів або в будь-якій конічній конфігурації від 1 градуса і вище. Слід зазначити, що тільки абатменти з опорними стінками під кутом 0 градусів технічно називаються "телескопами", тоді як усе, що більше 0 градусів, вважається конічним за своєю конструкцією.

Практично кожен аспект основного телескопа чи конуса може бути відредагований і змінений у цифровому вигляді, включаючи крайові ділянки, і навіть параметри "безпека" і "мінімальна товщина" в програмному забезпеченні можуть бути встановлені відповідно до бажаних особливостей. Отвори в різьбленні можна редагувати, а для цирконієвих гібридних абатментів можна використовувати похилі гвинтові канали зі зміщенням під кутом зазвичай до 25 градусів, що є новим і значним досягненням. Фрезерні центри сторонніх виробників також можуть оснащувати кутові гвинтові канали для основних телескопічних абатментів з титану і CoCr шляхом фрезерування усього абатмента з використанням швейцарської технології токарного фрезерування.

Цифрові технології також підвищили ефективність при створенні основного телескопічного або конічного стержня для використання з вторинним компонентом типу втулки. Первинна балка може бути просто спроектована і виготовлена з наступним ручним фрезеруванням, або для дійсно комбінованого аналогового підходу, що налаштовується, модель може

бути відсканована і в програмному забезпеченні може бути спроектована балка, надмірна за об'ємом. Об'ємний дизайн стержня може бути легко надрукований за допомогою різних 3D-смол безпосередньо на імплантаті або багатoelementній платформі.

Надрукований стержень можна нагвинчувати на відбиток, а потім вручну відфрезерувати до остаточних розмірів, використовуючи аналогові матриці затверджених положень зубів (фото 5).



Фото 5.

Надрукована балка нагвинчується на заготівлю і вручну фрезерується до остаточних розмірів

Дизайн крайової втулки налаштувати вручну, і після завершення роботи первинну балку можна відсканувати і створити у вигляді копіювальної фрези разом зі сканованою моделлю з маркерами сканування і відправити до фрезерного центру для відтворення (фото 6).

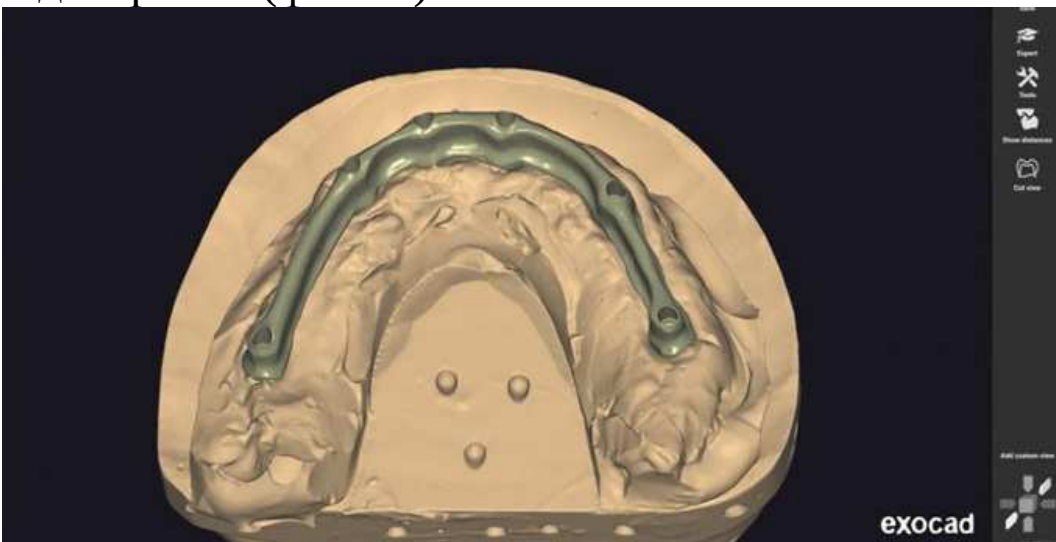


Фото 6.

Представлений файл сканування первинної балки для доопрацювання STL-файлу для фрезерування

Вторинні телескопічні коронки і конуси

Вторинні телескопічні коронки традиційно виготовлялися з використанням смоли для нанесення малюнка безпосередньо на ретельно відполірований первинний абатмент, який потім вкладався і відливався або із сплаву золота IV типу, або з CoCr. Цей процес був дуже чутливим до техніки виконання і досить трудомістким.

Наприкінці 1980-х років гальванопластика була впроваджена як дієвий засіб передбачуваного створення однорідної вторинної телескопічної коронки або конусного ковпачка в адитивному процесі електроосадження на поверхню первинного абатмента. Ці вторинні компоненти з "гальванічного" золота потенційно могли відповідати первинному компоненту з точністю приблизно до 4 мікрон, і більшість установок для гальванопластики були здатні виготовляти ці покриття завтовшки 200 або 300 мікрон (фото 7)



Фото 7.

Представлені вторинні коронки з гальванічного золота

Переваги гальванопластики з високим вмістом золота були очевидні: чисте золото було і залишається високо біосумісним, а збіг при примірці, досягнутий за допомогою електроосадження, був і залишається видатним фактором до цього дня. Крім того, електроформувальні установки можуть використовуватися для виготовлення гальванічних "втулок" на первинних телескопічних і конічних балкових конструкціях. Деякі з цих пристроїв вимагають розрахунку довжини поверхні балки, а також потрібен розрахунок необхідної кількості

використовуваного розчину золота. Це ще одна сфера, де цифрові досягнення стали надзвичайно корисними.

Традиційно фахівець мав виміряти розміри балки і розрахувати поверхню в мм квадратних. Це був дещо неточний і непередбачуваний спосіб розрахунку цієї поверхні. Проте в епоху цифрових технологій технічні фахівці можуть просто імпортувати сканування первинної балки в програмне забезпечення, вибрати поверхню для розрахунку і отримати миттєвий і точний вимір площі поверхні в міліметрах квадратних (фото 8).

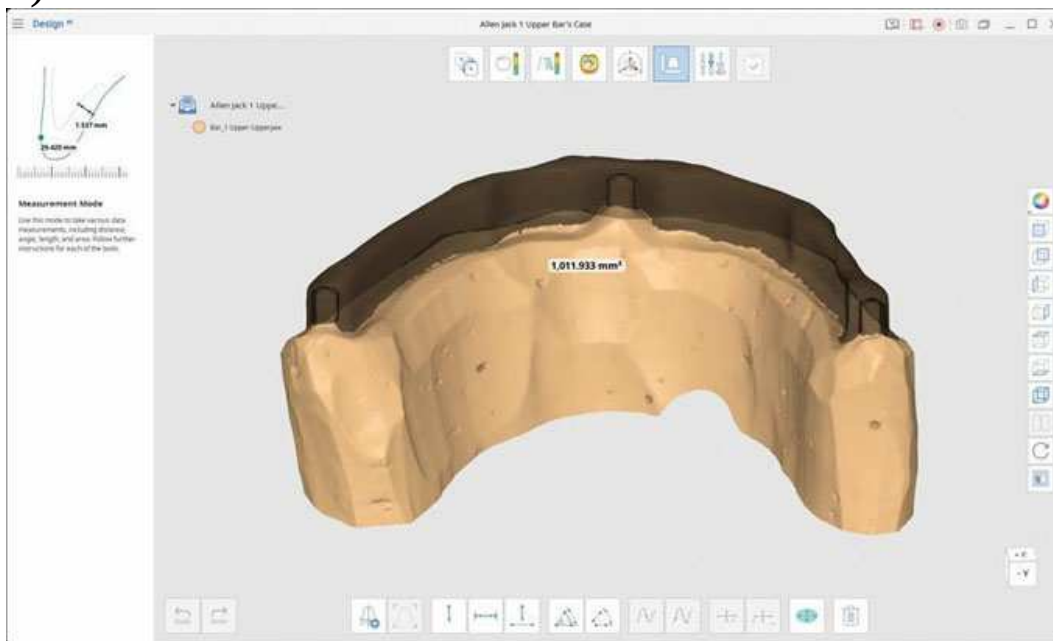


Фото 8. Цифрове отримання точного виміру площі поверхні основної балкової конструкції протеза

Повністю цифровий робочий процес також може бути використаний для проектування накладок для фрезерування з різних матеріалів з використанням варіантів "офсетна накладка" або "вторинний телескоп". Це може дозволити фрезерувати файли вторинного дизайну в РЕЕК або РЕКК, або усю вторинну і третинну структуру виготовляти як єдине ціле в РЕЕК, РЕКК, titanium або CoCr (цей конкретний метод як і раніше вимагає ручного регулювання для досягнення прийнятної підгонки до основного телескопічного або кінцевого абатмента). Важливо зауважити, що при проектуванні вторинного компонента завжди слід використовувати тактильний сканер. Це пов'язано з тим, що тактильне сканування дозволяє отримати набагато точніший цифровий запис поверхні первинних опор у порівнянні з оптичним скануванням.

Третинні структури

Традиційно третинні структури оброблялися воском по моделі, що виплавлялася, де цементна прокладка створювалася вручну, а потім відливалася в CoCr. Цей метод був трудомістким і призводив до можливості утворення пористості в третинній структурі.

Цифрове проектування дає технічним фахівцям можливість підвищити точність і узгодженість, оскільки вони можуть використовувати задані параметри для цементних прокладок, які ідеально поєднуються з адгезивними полімерними цementsами, використовуваними для фіксації вторинних і третинних компонентів конструкцій усередині ротової порожнини. Третинні структури з цифровим дизайном також дозволяють використовувати нескінченну різноманітність варіантів дизайну залежно від індивідуальних параметрів пацієнта в будь-якому випадку.

Наприклад, якщо в певних ділянках конкретного випадку простір для реставрації обмежений, при необхідності в ключових місцях можна використовувати язичні або піднебінні ділянки з полірованого металу. Можна використовувати цифрові вирізи з передбачуваного положення зуба, а для фіксації акрилом і композитними матеріалами можна використовувати широкий діапазон геометрії. Потім малюнок можна надрукувати за допомогою SLM або фрезерувати з титану або CoCr (фото 9).

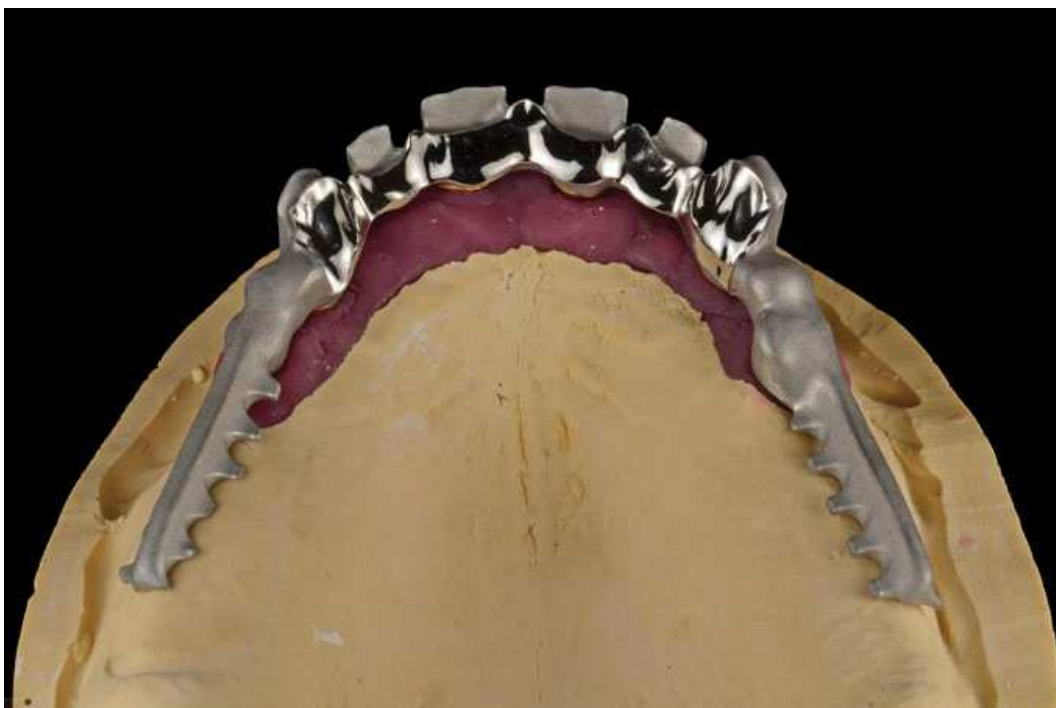


Фото 9.
Третин-

на структура з цифровим дизайном, що фрезерується в CoCr

Конструкції з цифровим дизайном також можуть спростити порядок виконання робіт і заощадити значну кількість часу, зазвичай потрібну при використанні традиційного технологічного процесу виготовлення в хронологічному порядку. Наприклад, для більшості третинних конструкцій, які використовуються спільно з вторинним компонентом, фахівець має дочекатися завершення виготовлення вторинного компонента. Проте під час внутрішнього аналізу, проведеного в лабораторії автора, був знайдений алгоритм проектування первинних компонентів протеза разом з одночасним дизайном третинної офсетної коронки, який забезпечував ідеальне прилягання при фіксації на цемент конструкцій у певному заданому

місці (фото 10).

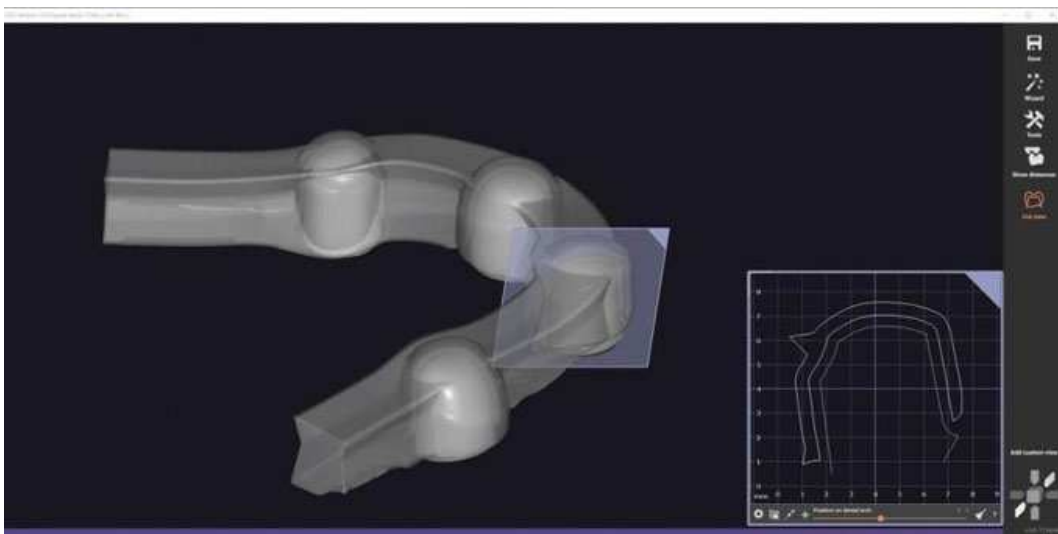


Фото 10.

Інструмент поперечного перерізу

Цей алгоритм також може бути використаний для проектування третинної коронки того ж дня, що і первинний телескопічний або конічний абатмент; він враховує відновний процес ручного фрезерування і адитивний процес створення гальванічного покриття чи вторинного виготовлення способом фрезерування. Використання цього алгоритму, згенерованого цифровим способом, може значно скоротити час виготовлення, оскільки усі компоненти можуть бути виготовлені в один той самий день.

Цифровий дизайн також дозволяє використовувати розпірки, для утримання місця з файлу STL для спеціалізованих кріплень, які призначені для спільної роботи з телескопічними опорами і планками. Ці кріплення з файлу STL можна легко прикріпити цифровим способом до поверхні основного абатмента або планки, а третинна рама може бути виконана звер-

ху первинної конструкції з елементами, що замикаються, для кріплення, так що після фрезерування кріплення можна просто вставити в третинну раму протеза.

Телескопічні і конічні тимчасові реставрації

Значні зміни і удосконалення при використанні цифрових робочих процесів і технологій також вплинули на виготовлення тимчасових реставрацій. Впродовж багатьох років тимчасові протези виготовлялися вручну з поліметилметакрилатних матеріалів і композитів, розроблених для цієї мети. Разом з появою CAD/CAM-фрезерування з'явилися тимчасові деталі, що фрезерувалися з матеріалів, забарвлених у колір зубів, і нині доступна безліч варіантів, включаючи багатошарові шайби.

Зовсім нещодавно 3D-друк здійснив значний вплив на багато аспектів стоматологічних технологій, включаючи виготовлення тимчасових реставрацій. Спочатку 3D-смоли, що використовувалися для цієї мети, були визнані дещо крихкими, але зараз існує безліч 3D-смол з нанокерамічним наповнювачем, які демонструють значні перспективи. Нанокерамічні гібридні 3D-смоли мають покращені оптичні властивості і міцність у порівнянні з більш ранніми 3D-смолами. Крім того, як не дивно, новіші протоколи, налаштування 3D-принтера і збірні пластини сторонніх виробників у поєднанні із спеціальними налаштуваннями можуть забезпечити друк тимчасових елементів для протезування усієї зубної дуги прямо в клініці приблизно за 30 хвилин (фото 11).



Фото 11. Тимчасова реставрація усієї зубної дуги, виконана на 3D-принтері в клініці

На фото 12 і фото 13 показаний закінчений випадок виготовлення телескопічного протеза.



Фото 12.

Приклад готового телескопічного протеза, вигляд спереду



Фото 13.

Приклад готової телескопічної конструкції протеза, вигляд з боку оклюзії

Висновок

Хоча традиційні телескопічні реставрації аналогового виробництва мають довгу історію, у міру того як цифрові технології стають усе більш доступними і поширеними, відбувається поступове зрушення в бік включення цих нових технологій і матеріалів у робочий процес для таких випадків, і розробки нових цифрових протоколів і робочих процесів для виготовлення цих реставрацій. Нові матеріали і технології роблять телескопічні і конічні знімні реставрації більш передбачуваними, ефективними варіантами лікування на сьогодні.

Автор: Аріан Деутсч