

УДК 616.314-76-77+378.14

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КЛІНІКУ ОРТОПЕДИЧНОЇ СТОМАТОЛОГІЇ

П. А. Гасюк

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
МОЗ України»*

Найновіші технологічні розробки відкрили шлях для широкого застосування hi-tech матеріалів у стоматології. Виготовлення зубопротезних конструкцій методом комп'ютерного програмованого фрезерування гарантує максимальну точність і найвищу якість виконання робіт. Процес CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacture) вміщує в себе отримання вихідних даних за допомогою цифрового об'ємного сканування, передачу їх на комп'ютер та обробку з наступним виготовленням конструкції на автоматичному станку, який керується тим самим комп'ютером.

Ключові слова: CAD-CAM, цифрове об'ємне сканування, комп'ютер.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КЛИНИКУ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

П. А. Гасюк

ГВУЗ «Тернопольский государственный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского МОЗ Украины»

Новейшие технологические разработки открыли путь для широкого применения hi-tech материалов в стоматологии. Изготовление зубопротезных конструкций методом компьютерного программируемого фрезерования гарантирует максимальную точность и наивысшее качество выполнения работ. Процесс CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacture) вмещает в себя получение выходных данных с помощью цифрового объемного сканирования, передачу их на компьютер и обработку со следующим изготовлением конструкции на автоматическом станке, который руководствуется тем же компьютером.

Ключевые слова: CAD-CAM, цифровое объемное сканирование, компьютер

FEATURES OF INTRODUCTION OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGY IN CLINIC OF ORTHOPEDIC DENTISTRY

P. A. Hasiuk

SHEI «Ternopil State Medical University by I. Ya. Horbachevsky of MPH of Ukraine»

The newest technological developments opened a way for the wideuse of hi-tech materials in stomatology. Guarantees making of dentoprosthetic constructions the method of the computer programmable milling maximal exactness and the greatest quality of implementation of works. Process of CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacture) contains for itself the receipt of weekend of data by means of digital by volume scan-out, transmission of them on a computer and treatment with the next making of construction on an automatic machine-tool that follows the same computer.

Key words: CAD-CAM, digital by volume scan-out, computer.

Вступ. З метою підвищення точності, надійності та забезпечення оптимальних біомеханічних властивостей стоматологічних конструкцій були розроблені системи шліфування керамічних заготовок за комп'ютерною програмою методом фрезування: системи CAD/CAM – Computer Aided Design/Computer

Aided Manufacturing – автоматизований дизайн/автоматизоване виробництво. Створення таких систем було викликано жорсткістю вимог до функціональності, біосумісності та естетики при мікропротезуванні жувальних зубів, а також низькою міцністю та сумнівною біосумісністю альтернативних матеріалів,

у тому числі амальгам, композитів та різних сплавів металів [1].

Висока клінічна ефективність суцільнокерамічних мікропротезів (90–100 %), виготовлених методом CAD/CAM, підтверджена багатьма науковими дослідженнями [2, 3, 4]. Вони повністю відновлюють анатомічну форму зуба та функцію жувального апарату, адекватно формують оклюзійні та апроксимальні контакти, мають значно вищу міцність та ефективність з точки зору відновлення анатомічної форми зубів, а також функціонують у порожнині рота протягом більш тривалого часу [4]. Найновіші технологічні розробки відкрили шлях для широкого застосування Hi-tech матеріалів у стоматології. Виготовлення зубопротезних конструкцій методом комп'ютерного програмованого фрезерування гарантує максимальну точність і найвищу якість виконання робіт.

Мета дослідження: автоматизація роботи зубопротезних конструкцій методом комп'ютерного програмованого фрезерування.

Результати й обговорення. Процес CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacture) вміщує в себе отримання вихідних даних за допомогою цифрового об'ємного сканування, передачу їх на комп'ютер та обробку з наступним виготовленням конструкції на автоматичному станку, який керується тим самим комп'ютером.

Таким чином, повна система повинна включати у себе 3 елементи:

1) 3D (тривимірний) сканер; 2) комп'ютер, який обробляє інформацію і виконує моделювання майбутнього протеза; 3) станок-автомат з комп'ютерним керуванням, який виготовляє реставрацію.

У сучасному програмному забезпеченні для CAD-CAM-систем з'явилась опція віртуальний артикулятор. Тепер складні механічні системи заміщені на сучасні комп'ютерні. Ця можливість реалізована наступним чином. За допомогою спеціальних пристосувань моделі щелеп (відбитки) розташовують у просторі сканера в тому положенні, яке вони займають відносно рам артикулятора. Це дозволяє програмі ідентифікувати просторове положення віртуальних зубних рядів відносно шарнірної осі. Потім програма вимагає ввести індивідуальні характеристики кутів рухів нижньої щелепи, заздалегідь визначених за допомогою аксіографії, або використовує середні значення.

В останні роки надзвичайна увага приділяється питанням гнатології, особливо роботі артикулятора. За кордоном застосування аксіографії та артикуляторів вже давно стало нормою. Але до недавнього

часу відносно молоді CAD-CAM-технології не мали змоги побудувати функціональні оклюзії. Така можливість з'явилася зовсім недавно. Робота з віртуальним артикулятором починається з позиціонування моделей в віртуальному просторі артикулятора. Це забезпечується скануванням моделей на спеціальній підставці, яка є специфічною для кожної системи артикуляторів та забезпечує необхідне розташування моделей відносно шарнірної осі та різцевого упору. Розташування моделей відносно рам артикулятора може коректуватися мануально. Після чого встановлюються індивідуальні настройки артикулятора (можуть бути стандартними) у вигляді кутів Беннета, суглобового шляху та величини миттєвого бічного зсуву, а також розміру протрузії, ретрузії та бокових рухів. Градієнтом кольору автоматично відмічаються оклюзійні контакти, які корегуються також автоматично або мануально.

Етапи виготовлення реставрацій за допомогою CAD-CAM можна роздивлятися на прикладі роботи апарата CEREC. Спочатку лікар виконує препарування порожнини під вкладку за загальноприйнятою методикою. Після того підготовлює порожнину до зняття оптичного відбитка. Оптичним відбитком називають тривимірне зображення відпрепарованого зуба, яке отримують за допомогою камери CEREC. Якість зображення контролюють на моніторі апарата CEREC. З цього починається будова майбутньої вкладки лікарем на екрані комп'ютера. Спочатку виконується переміщення тривимірного зображення зуба в систему координат. Лікар-оператор відмічає межу препарування та обмальовує нижню межу вкладки, а після – добудовує лінії екватора зуба, яких не вистачає. В автоматичному режимі апарат CEREC знаходить та промальовує жувальну верхню межу віртуальної реставрації. Слід звернути увагу, що апарат CEREC 1 не дозволяє враховувати зуби-антагоністи. Цей недолік усунутий в наступних поколіннях цього апарата CEREC 2 та CEREC 3, що дає можливість сканувати жувальну поверхню зубів-антагоністів та накладати її на реставрацію, що моделюється.

Після закінчення всіх побудов лікар-оператор відправляє віртуальну реставрацію в пам'ять фрезерувального апарата, встановлює блок матеріалу, з якого буде відфрезерована вкладка. Через певний час лікар отримує готову реставрацію, яка припасовується в порожнину рота та фіксується (рис. 1).

CAD/CAM – технологія дозволяє отримувати картаки зубних протезів найвищої точності, прекрасної біосумісності і бездоганної естетики при високій автоматизації праці.

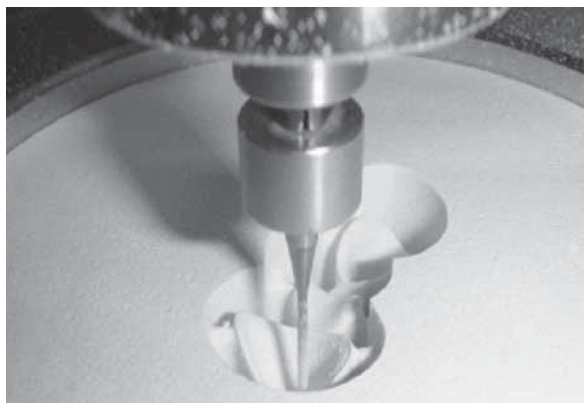


Рис. 1. Етапи виготовлення ортопедичних конструкцій за допомогою фрезерувального апарата.

Технологія дозволяє максимально виключивши неточності заздалегідь побачити повноцінну модель зубного протеза, щоб якнайкраще спланувати сам процес протезування. Завдяки комп'ютерному моделюванню можна ще до початку роботи побачити, яким буде вигляд пацієнта з новими зубами, і вибрати оптимальний варіант зовнішнього вигляду та установки протеза.

За допомогою CAD/CAM-систем можна виготовити поодинокі коронки та мостоподібні протези малої і великої протяжності, телескопічні коронки, індивідуальні абатменти для імплантатів, відтворити повну анатомічну форму для моделей прес-кераміки, що наноситься на каркас (overpress), створити тимчасові коронки в повний профіль та різні литні моделі. Матеріалом може служити діоксид цирконію, титан, кобальтхромовий сплав, пластмаса, віск.

У порівнянні з литвом – традиційним методом виготовлення каркасів (створення воскової композиції, підготовка литникової форми, литво, розпаковування, обробка і припасування) технологія CAD/CAM не вимагає такої високої кваліфікації і великого досвіду техніки, не займає так багато робочого часу та площ. При роботі CAD/CAM – устаткування немає такого забруднення робочої зони, як при литві. В принципі, комплекс CAD/CAM може обслуговувати один технік.

До особливих переваг CAD/CAM належать: найвища точність виготовлення (відхилення розмірів 15–20 мкм, порівняно з 50–70 мкм при литві); високий рівень автоматизації праці (заощадження робочого часу техніка більш ніж в п'ять разів); велика продуктивність (до 120 од./добу); можливість моделювання на робочому місці, широкий спектр матеріалів, компактність устаткування (CAD/CAM-комплекс займає приміщення площею 10 м²).

Розглянемо виготовлення каркаса з діоксиду цирконію у фрезерному центрі CAD/CAM повного циклу: гіпсова модель поступає у фрезерний центр. Гіпсова модель сканується за допомогою спеціального пристрою (сканера). Сканер перетворює інформацію про зовнішній вигляд моделі в комп'ютерний файл. Далі за допомогою спеціальної комп'ютерної програми моделювання (CAD-модуль) на моделі конструюється каркас, абатмент, супраструктура тощо. Програма пропонує конструкцію, а технік може змінювати її рухами комп'ютерної «мишки» приблизно так, як на гіпсовій моделі робиться воскова композиція електрошпателем. Крім того, конструкцію завжди можна розглянути у будь-якому ракурсі, «зняти» з моделі, спробувати варіанти облицювання, розглянути будь-який переріз. В результаті виходить оптимальна конструкція каркаса. Після моделювання файл з конструкцією поступає у блок управління фрезерної машини. Залежно від вибраного матеріалу фрезерна машина випилює (фрезерує) із заготовки каркас. В результаті в матеріалі утілюється тривимірна модель, створена раніше на комп'ютері. Якщо матеріалом був вибраний діоксид цирконію, після фрезерування конструкція потребує спікання (агломерація). Каркас з діоксиду цирконію поміщається в спеціальну агломераційну піч, в якій він набуває остаточного розміру, кольору і міцності. Міцний, естетичний, точний і легкий каркас готовий.

На сьогоднішній день на стоматологічному ринку представлені багато CAD/CAM-систем, наприклад: CADESTHETICS (фірма IVOCAR VIVADENT, Ліхтенштейн, 2007) призначена для виготовлення поодиноких каркасів, супраконструкцій імплантатів, каркасів мостоподібних протезів фронтальної та бокової ділянок; CERCON (фірма DEGUSSA, Німеччина, 2003) призначена для виготовлення тільки кар-

касів поодиноких коронок та мостоподібних протезів фронтальної і бокової ділянок з 4–5 елементів; DSC PRECIDENT (фірма D.C.S.AG, Швейцарія, 1993) призначена для виготовлення коронок і каркасів мостоподібних протезів різної протяжності, які лімітовані тільки товщиною блоку того матеріалу, який піддається фрезеруванню; DIGIDENT (фірма GIRRABCH DENTAL, Німеччина, 2005) призначена для виготовлення каркасів або повністю анатомічних поодиноких коронок, мостоподібних протезів протяжністю у 8 елементів, фронтальної та бокової ділянок, вкладки; ETKON SYSTEM (фірма ETKON AG, США, 2009) призначена для виготовлення каркасів коронок та мостоподібних протезів до 5 елементів з цирконієвої кераміки і мостоподібні протези із титану. Дана система дозволяє використовувати оксид цирконію, золото, титан, кераміку, на основі оксиду алюмінію; EVEREST (фірма KAVO, Німеччина, 2009) може виготовляти анатомічні елементи, мостоподібні протези, коронки з різних матеріалів; FIT CICERO (фірма ELEPHANT DENTAL B.V., Нідерланди, 2002) – застосовується для створення каркасів, вкладок типу інлей/онлей; GN-1 (фірма G.C., Японія, 2002) для виготовлення поодиноких анатомічних коронок, каркасів, вкладок з титану, кераміки та композитів; LAVA (фірма 3M ESPE, США, 2001) застосовується для виготовлення каркасів поодиноких коронок, мостоподібних протезів до 4 елементів з кераміки на основі оксиду та мостоподібних протезів з 3–4 елементів фронтальної та бокової груп зубів, вкладки типу інлей/онлей, повні анатомічні коронки та мостоподібні протези, каркаси з гірляндою і анатомічною жувальною поверхнею. Матеріали: титан,

золото, кераміка на основі літіуму дисилікату, суцільнокерамічні каркаси та коронки; PROCERA ALL CERAM (фірма NOBEL BIOCARE, Швеція, 1986) використовується для виготовлення каркасів, мостоподібних протезів з 3 елементів у фронтальній та боковій ділянках, каркаси вінірів товщиною 0,25 мм супраструктури імплантів з формувальником ясен; WOLCERAM (фірма WOLZ-DENTALTECHNIK, Німеччина, 1998) виготовляє каркаси поодиноких коронок, мостоподібних протезів до 4 елементів фронтальної та бокової ділянок, супраструктури імплантів.

До недоліків системи CAD/CAM можна віднести високу вартість усіх систем.

Висновок. Перевага системи CAD/CAM – її значна оперативність, адже більше не вимагається робити відбитки і виготовляти тимчасові коронки. Ця фаза роботи виконується за допомогою комп'ютерних технологій, що спричиняє зниження витрат на реставрацію. Крім того, косметичний ефект при використанні цієї системи набагато вищий, ніж при роботі з традиційними технологіями. Сучасна CAD/CAM в стоматології унеможливорює ряд недоліків в порівнянні з традиційними методами лікування. Нова система CAD/CAM автоматизує усі фази виробництва протеза і економить час лікаря і пацієнта. На відміну від традиційного ручного виготовлення коронок, ця технологія виключає можливість будь-якої помилки, оскільки система реєструє навіть мікронні відхилення від заданих параметрів. Завдяки настільки точній методиці виготовлення у пацієнта, навіть після довгого часу, жодних проблем не виникає.

Література

1. Жаров М. Непрямі композитні реставрації при значному руйнуванні коронок бічних зубів / М. Жаров, Є. Крупінський // Новини стоматології. – 2005. – Вип. 4 (45). – С. 77–83.
2. Заблоцький Я. В. Математичне моделювання заміщення дефектів зубних рядів незнімними протезами з опорою на остеointегровані імплантати / Я. В. Заблоцький, Н. М. Дидик, М. М. Гжегоцький // Новини стоматології. – 2005. Вип. 4 (45). – С. 56–62.
3. Мандзюк Т. Огляд проблем комп'ютерного моделювання біомеханічних систем / Т. Мандзюк, В. Вовк // Стоматологічний вісник Львівського університету. – 2008. – Вип. 14. – С. 105–122.
4. Ausiello P. 3D-finite element analyses of cusp movements in a human upper premolar, restored with adhesive resin-based composites / P. Ausiello, A. Apicella, C.L. Davidson, S. Rengo // J. of Biomechanics. – 2007. – Vol. 34, № 10. – P. 1269–1277.