

УДК 616.314-76-77+378.14

*М.Я. Нідзельський, Г.М. Давиденко, Н.В. Цветкова, В.М. Соколовська*  
*ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія», м. Полтава*

## **РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СУЧАСНІЙ ОРТОПЕДИЧНІЙ СТОМАТОЛОГІЇ**

Найновіші технологічні розробки відкрили шлях для широкого застосування hi-tech матеріалів у стоматології. Виготовлення зубопротезних конструкцій методом комп'ютерного програмного фрезування 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.

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 певними вимогами до функціональності, біосумісності та естетики при мікропротезуванні жувальних зубів, а також низькою міцністю і сумнівною біосумісністю альтернативних матеріалів, у тому числі амальгам, композитів та різних сплавів металів [1].

Висока клінічна ефективність суцільно керамічних мікропротезів (90–100 %), виготовлених методом CAD/CAM, підтверджена науковими дослідженнями [2, 3]. Керамічні протези повністю відновлюють анатомічну форму зуба і функцію жувального апарату, адекватно формують оклюзійні та апроксимальні контакти, мають значно більш високу міцність і ефективність, а також функціонують у порожнині рота протягом більш тривалого часу. Найновіші технологічні розробки відкрили шлях для широкого застосування hi-

tech матеріалів у стоматології. Виготовлення зубопротезних конструкцій методом комп'ютерного програмованого фрезування гарантує максимальну точність і найвищу якість виконання робіт.

Процес CAD/CAM передбачає 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. Отже, повна система повинна включати три елементи: 1) 3D (тобто тривимірний) сканер; 2) комп'ютер, який обробляє інформацію та моделює майбутній протез; 3) станок-автомат з комп'ютерним керуванням, який виготовляє конструкцію.

У сучасному програмному забезпеченні для CAD/CAM-систем з'явилась опція – віртуальний артикулятор (рис. 1). Тепер складні механічні системи замінені на сучасні комп'ютерні.

В останні роки надзвичайна увага приділяється питанням гнатології, особливо роботі артикулятора. За кордоном застосування аксіографії й артикуляторів уже давно стало нормою. Але до недавнього часу відносно нові CAD/CAM-технології не давали змоги

© М.Я. Нідзельський, Г.М. Давиденко, Н.В. Цветкова, В.М. Соколовська, 2013

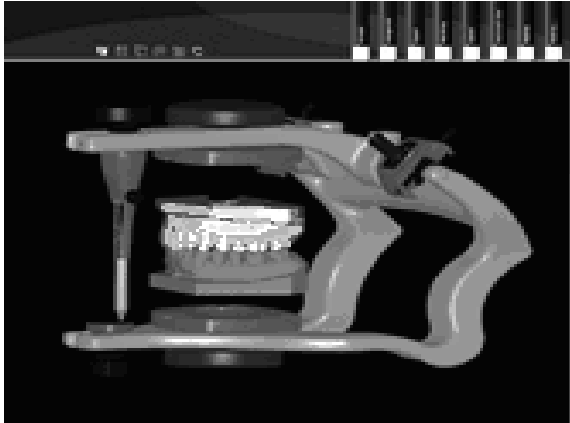


Рис. 1. Віртуальний артикулятор

побудувати функціональні оклюзії. Така можливість з'явилася зовсім недавно. Робота з віртуальним артикулятором починається з позиціонування моделей у віртуальному просторі артикулятора. Це забезпечується скануванням моделей на спеціальній підставці, яка є специфічною для кожної системи артикуляторів і забезпечує необхідне розташування моделей відносно шарнірної осі та різцевого упора. Розташування моделей відносно рам артикулятора може коригуватися мануально. Після цього встановлюються індивідуальні надбудови 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 коригуються також автоматично або мануально.

Етапи виготовлення конструкцій за допомогою CAD/CAM розглянуто на прикладі роботи апарата CEREC (рис. 2). Спочатку лікар препарує порожнину під вкладку за

загальноприйнятою методикою, після цього готує порожнину до зняття оптичного відбитку. Оптичним відбитком називають тривимірне зображення відпрепарованого зуба, яке отримують за допомогою камери CEREC. Якість зображення контролюють на моніторі апарата CEREC. З цього починається побудова майбутньої вкладки лікарем на екрані комп'ютера. Спочатку переміщують тривимірне зображення зуба в систему координат. Лікар-оператор відмічає межу препарування і малює нижню межу вкладки, після цього добудовує лінії екватора зуба, яких не вистачає. В автоматичному режимі апарат CEREC знаходить і промальовує жувальну верхню межу віртуальної реставрації. Слід указати, що апарат CEREC не дозволяє враховувати зуби-антагоністи. Цей недолік усунутий у наступних поколіннях апарата, що дає можливість сканувати жувальну поверхню зубів-антагоністів і накладати її на реставрацію, яка моделюється.

Після закінчення всіх побудов лікар-оператор відправляє віртуальну реставрацію до пам'яті фрезувального апарата, встановлює блок матеріалу, з якого буде відфрезерована вкладка. Через певний час лікар отримує готову реставрацію, яка припасовується в порожнині рота і фіксується.

CAD/CAM-технологія дозволяє отримувати каркаси зубних протезів найвищої точності, прекрасної біосумісності і бездоганної естетики при високій автоматизації праці; максимально виключивши неточності, заздалегідь побачити повноцінну модель зубного протеза, щоб якнайкраще спланувати сам процес протезування [4]. Завдяки комп'ютерному моделюванню можна ще до початку роботи побачити, яким буде вигляд пацієнта з новими зубами, і вибрати оптимальний ва-

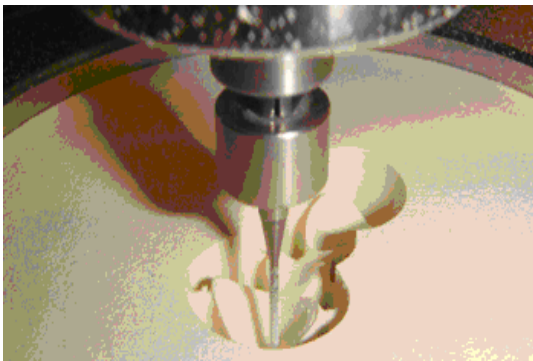


Рис. 2. Виготовлення ортопедичних конструкцій за допомогою фрезувального апарата

ріант зовнішнього вигляду і установлення протеза.

За допомогою CAD/CAM-систем можна виготовити поодинокі коронки і 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 і різні моделі для лиття. Матеріалом може бути діоксид цирконію, титан, кобальтохромовий сплав, пластмаса, віск.

У порівнянні з литтям – традиційним методом виготовлення каркасів, технологія CAD/CAM не вимагає такої високої кваліфікації і великого досвіду техніка, не займає так багато робочого часу і затрат; при роботі устаткування забруднення робочої зони значно менше, ніж при литті. Комплекс CAD/CAM може обслуговувати один технік, що є перевагою технології.

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

Розглянемо виготовлення каркаса з діоксиду цирконію у фрезерному центрі CAD/CAM повного циклу: гіпсова модель надходить до фрезерного центра, сканується за допомогою спеціального пристрою (сканера), який перетворює інформацію про зовнішній вигляд моделі в комп'ютерний файл. Далі за допомогою спеціальної комп'ютерної програми моделювання (CAD-модуль) на моделі конструюються каркас, абатмент, супраструктура і т. д. Програма пропонує конструкцію, а технік може змінювати її рухами комп'ютерної «мишки», імітуючи рухи електрошпателя, як при моделюванні воскової композиції на гіпсовій моделі. Крім того, конструкцію завжди можна розглянути в будь-якому ракурсі, «зняти» з моделі, спробувати варіанти облицювання, подивитись будь-який

розріз. В результаті досягається каркас оптимальної конструкції. Після моделювання файл з конструкцією поступає в блок управління фрезерної машини. Залежно від вибраного матеріалу фрезерна машина випилює (фрезує) із шаблону каркас. У результаті отримуємо тривимірну модель, яка створена раніше на комп'ютері. Якщо матеріалом був вибраний діоксид цирконію після фрезкування, конструкція потребує спікання (агломерації). Каркас із діоксиду цирконію поміщається в спеціальну агломераційну піч, у якій він набуває остаточних розмірів, кольору та міцності.

На сьогоднішній день на стоматологічному ринку представлено багато CAD/CAM-систем, серед яких найбільшим попитом користуються наступні:

- CAD ESTHETICS (фірма IVOCCLAR VIVADENT, Ліхтенштейн, 2007) – призначена для виготовлення поодиноких каркасів, супраконструкцій імплантів, каркасів мостоподібних протезів фронтальної та бокової ділянок;

- CERCON (фірма DEGUSSA, Німеччина, 2003) – для виготовлення тільки каркасів поодиноких коронок і мостоподібних протезів фронтальної і бокової ділянок, до складу яких входять 4–5 елементів;

- DIGIDENT (фірма GIRRABCH DENTAL, Німеччина, 2005) – для виготовлення каркасів або повних анатомічних поодиноких коронок, мостоподібних протезів протяжністю у 8 елементів, фронтальної та бокової ділянок, вкладок;

- ETKON SYSTEM (фірма ETKON AG, США, 2009) – для виготовлення каркасів коронок і мостоподібних протезів до 5 елементів із цирконієвої кераміки і мостоподібних протезів із титану. Дана система дозволяє використовувати оксид цирконію, золото, титан, кераміку на основі оксиду алюмінію;

- EVEREST (фірма KAVO, Німеччина, 2009) – для виготовлення анатомічних елементів протезів, мостоподібних протезів, коронок з різних матеріалів;

- FIT CICERO (фірма ELEPHANT DENTAL V.V., Голландія, 2002) – для створення каркасів, вкладок типу інлей/онлей;

- GN-1 (фірма G.C., Японія, 2002) – для виготовлення поодиноких анатомічних коро-

нок, каркасів, вкладок із титану, кераміки та композитів.

Таким чином, встановлена перевага системи CAD/CAM: більша оперативність, яка не потребує отримання відбитків і виготовлення тимчасових коронок, тим самим зменшуючи собівартість конструкції [5]; набагато вищий, ніж при роботі з традиційними технологіями, косметичний ефект. Сучасна CAD/CAM дозволяє уникнути ряду ускладнень і недоліків,

що зустрічаються при традиційних методах лікування. Усі фази виробництва протеза за цією системою автоматизовані і економлять час лікаря і пацієнта. При цьому можливість будь-якої помилки виключена, так як системою реєструються навіть мікронні відхилення від заданих параметрів. Завдяки настільки точній методиці виготовлення у пацієнта навіть після тривалого користування протезом не спостерігається ускладнень.

### Список літератури

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 остеоінтегровані імплантати / Я.В. Заблоцький, Н.М. Дидик, М.М. Гжегоцький // Новини стоматології. – 2005. – Вип. 4 (45). – С. 56–62.
3. *Вовк В.Д.* Огляд проблем комп'ютерного моделювання біомеханічних систем / В.Д. Вовк, Т.С. Мандзюк // Вісник Львівськ. ун-ту ім. Франка. – Львів, 2008. – Вип. 14. – С. 105–122.
4. *Шиллинбург Г.* Основы препарирования зубов для изготовления литых металлических, металлокерамических, керамических реставраций / Г. Шиллинбург, Р. Якоби, С. Брокетт. – М., 2006. – 300 с.
5. 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. Biomechanics. – 2007. – Vol. 34, № 10. – P. 1269–1277.

**М.Я. Нидзельский, А.Н. Давыденко, Н.В. Цветкова, В.М. Соколовская**

### РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

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 получение выходных данных с помощью цифрового объемного сканирования, передачу их на компьютер и обработку с последующим изготовлением конструкции на автоматическом станке, управляемом тем же компьютером.

**Ключевые слова:** CAD/CAM, цифровое объемное сканирование, компьютер.

**М.Я. Nidzelsky, A.N. Davydenko, N.V. Tsvetkova, V.M. Sokolovskaya**

### A ROLE OF COMPUTER TECHNOLOGIES IN MODERN ORTHOPEDIC STOMATOLOGY

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.

Поступила 28.10.13