

УДК 621.8+616.314-76-77

DOI <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-51-1.39>**Н.С. Проценко,**кандидат медичних наук, доцент кафедри
ортопедичної стоматології,

Національний медичний університет

імені О. О. Богомольця,

вул. Зоологічна, 1, м. Київ, Україна, індекс 03057

**ВПРОВАДЖЕННЯ CAD/CAM
ТЕХНОЛОГІЙ В ОРТОПЕДИЧНІЙ
СТОМАТОЛОГІЇ**

Протези, виготовлені без урахування анатомо-фізіологічних особливостей тканин ясен, здійснюють несприятливий вплив на тканини протезного ложа та посилюють атрофічні процеси. Однією з основних клінічних задач в стоматології є повноцінне відновлення функції жування за рахунок високої якості виготовлених зубних протезів. Комп'ютерні програми та технології змінили та спростили життя людини в різних галузях життя та діяльності. За останній час цифрові технології почали активно застосовувати і в реставраційній стоматології. Якщо раніше виготовленням протезів займалися в ручну, починаючи з замірів, проектування та завершуючи литтям, то зараз і моделювання, і виготовлення – автоматичні процеси, які керуються комп'ютером. І це все завдяки розробці CAD/CAM технологій. CAD/CAM технології – автоматизований метод виготовлення ортопедичних конструкцій. CAD/CAM системи порівняно з традиційними методами виготовлення ортопедичних конструкцій виключає помилки людського чинника, що дозволяє досягти більш швидке та точне виготовлення протезів. Технології CAD\CAM гарантує високу точність, функціональність та деталізацію анатомії зуба та прикусу пацієнта, дозволяє візуалізувати та оптимізувати дизайн та естетичні аспекти коронки перед її виготовленням. **Висновок.** Використання CAD/CAM-технологій в стоматології має такі переваги, як: максимальна автоматизація виробництва, висока точність і функціональність моделювання та виготовлення конструкцій з урахуванням анатомічних особливостей зубощелепної системи, уникнення блювотного рефлексу у пацієнтів, максимальна якість виконання і підвищений комфорт пацієнта, значна економія часу, уникнення потрапляння відбиткових матеріалів в дихальні шляхи. Таким чином, проаналізувавши поданий матеріал можна сказати, що ортопедичні конструкції, виготовлені за допомогою CAD/CAM-технологій, повністю відповідають вимогам, а також найбільш оптимальні в співвідношенні «якість-час». CAD/CAM-технології дозволяє виробляти ортопедичні конструкції враховуючи індивідуальні особливості анатомії пацієнта. Таким чином, цей метод дозволяє вирішувати багато клінічних завдань, пов'язаних з протезуванням, максимально індивідуалізувати протези, зробити їх більш зручними та комфортними.

Ключові слова: комп'ютерне проектування, комп'ютерне виробництво, моделювання, конструкції, 3D-сканування.

N.S. Proshchenko,Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
of the Department of Orthopedic Dentistry,
Bogomolets National Medical University,
1 Zoologicheskaya street, Kyiv, Ukraine, postal code 03057**IMPLEMENTATION
OF CAD/CAM TECHNOLOGIES
IN ORTHOPEDIC DENTISTRY**

Prostheses made without taking into account the anatomical and physiological features of gum tissues have an adverse effect on the tissues of the prosthetic bed and increase atrophic processes. One of the main clinical tasks in dentistry is the full restoration of chewing function due to the high quality of manufactured dentures. Computer programs and technologies have changed and simplified human life in various branches of life and activities. In recent time, digital technologies began to actively apply in restoration dentistry. If before the manufacture of prosthetics was engaged in manual, starting with measurements, designing and completing casting, but now modeling and manufacturing are automatic processes controlled by the computer. And this is all due to the development of CAD \ CAM technology. CAD \ CAM Technologies is automated method of manufacturing orthopedic constructions. CAD \ CAM systems compared to the traditional methods of manufacturing orthopedic constructs excluding mistakes of the human factor, which allows to achieve faster and accurate manufacturing of prostheses. The CAD \ CAM technology ensures high accuracy, functionality and detail of the tooth and the bite of the patient, allows visualization and optimizing design and aesthetic aspects of the crown before it is made. **Conclusion.** The use of CAD\CAM technologies in dentistry has such advantages as: maximum automation of production, high accuracy and functionality of modeling and manufacturing structures taking into account the anatomical features of the dentoalveolar system, avoiding the gag reflex in patients, maximum quality of execution and increased patient comfort, significant time savings, avoiding the ingress of impression materials into the respiratory tract. Thus, after analyzing the presented material, we can say that orthopedic structures made using CAD\CAM technologies fully meet the requirements, as well as the most optimal in the "quality-time"ratio. CAD\CAM technology allows you to produce orthopedic structures taking into account the individual features of the patient's Anatomy. Thus, this method allows you to solve many clinical problems related to prosthetics, individualize prostheses as much as possible, and make them more convenient and comfortable.

Key words: computer design, computer production, modeling, structures, 3D scanning

Вступ. Руйнування коронкової частини зуба, внаслідок різних факторів, є однією з найбільш поширених патологій зубощелепної системи. За останні роки у пацієнтів значно виросли вимоги до функціональності, естетики, довговічності зубних реставрацій та швидкості їх виготовлення.

На сьогоднішній день цим вимогам відповідають зубні протези виготовленні за допомогою CAD\CAM технологій. Цифрове сканування на відміну від зняття відбитків дає найбільш достовірну та повну інформацію. Для створення сканованої ділянки у тривимірному зображенні апарат виконує тисячі знімків в секунду. При скануванні, проектуванні зразка або при виготовленні імпланта в CAD\CAM системі відсутні похибки на деформацію відбиткового матеріалу або усадки готового зразка. За допомогою CAD\CAM технології можливо виконувати складні реконструкції зубів, виготовляти зубопротезні системи та окремі деталі ортопедичних конструкцій, використовуючи при цьому різноманітні матеріали. Висока точність технології забезпечує ideale включення ортопедичної конструкції в зубний ряд, точне прилягання, правильну оклюзію.

Основна частина. Ротова порожнина відповідно до сприйняття кольору поділяється на дві зони: червону та білу від котрих залежить естетичний вигляд ротової порожнини як одного з основних елементів обличчя людини у зв'язку з якою виникає необхідність відтворювати природний вигляд ясен при протезуванні. Отримання та аналіз інформації про рельєф ясен має велике значення для успішного ортопедичного лікування. Протези, виготовлені без урахування анатомофізіологічних особливостей тканин ясен, здійснюють несприятливий вплив на тканини протезного ложа та посилюють атрофічні процеси. Однією з основних клінічних задач в стоматології є повноцінне відновлення функції жування за рахунок високої якості виготовлених зубних протезів. Професійна CAD\CAM система була розроблена в 1970 році Брюсом Альтшулером, Франсуа Дюре, Вернером Морганом та Марко Брандестіні. Янг та Альтшулер [24] вперше представили ідею використання оптичних приладів для розробки внутрішньоротової сітчастої системи відображення поверхні в 1977 році. Першою доступною стоматологічною системою CAD\CAM стала CEREC, розроблена Морганом та Брандестіні [16]. За допомогою першого покоління стоматологічної CAD\CAM технології, які дозволяли працювати тільки з двовимірними зображеннями, було розроблено виготовлення вкладок та накладок керамічних реставрацій безпосередньо біля крісла пацієнта [17]. Професійна CAD\CAM система для зуботехнічних лабораторій це комплексне рішення, яке оптимізує діяльність лабораторії. Це дуже складна технологія, яка може включати в себе програмне забезпечення відкритого та закритого типу. Системи з відкритим програмним

забезпеченням це сукупність всіх елементів системи (фрезерних верстатів, сканера), тобто можна замінити будь-яку складову в системі, можливість зміни і розширення функцій, застосування різних технологій, роботи з різними видами композитних матеріалів і формами ортопедичних конструкцій. CAD\CAM системи з програмним забезпеченням закритого типу це всі елементи системи налаштовані в загальному програмному забезпеченні та застосовуються в роботі з конкретним типом ортопедичної конструкції, матеріалом одного виробника, що є запорукою високої точності і злагоженості всіх технологічних процесів.

Технологія CAD\CAM підходить для створення керамічних та металевих незнімних протезів різних видів: коронки, вініри, абатментів та інше. В цій технології відсутні недоліки, зокрема усадка, деформація, перегрів металу, наявність пор та інше [7]. Сьогодні виробники програмного забезпечення розширили перелік доступних інструментів. Зокрема у користувача з'явилась можливість створення відбитка з еластичного відбиткового матеріалу за допомогою інтраорального сканера «оптичний зліпок» [18], створювати цифрові моделі знімних протезів (повний знімний протез, каркас бюгельного протеза, балки для знімного протеза з опорою на імплантах), індивідуальні абатменти та індивідуальні ложки, планувати дизайн «посмішки», виготовляти тимчасові реставрації до препарування зубів, моделювати форму культі литих культових штифтових вкладок, виготовлення направляючих для дентальних імплантатів [1, 4, 5]. Не залежно від виробника будь-яка сучасна CAD\CAM система включає наступні елементи [14, 19]:

сканер – пристрій який дозволяє перевести геометрію об'єкта в цифрові данні;

програмне забезпечення для моделювання виробу (зубний протез, шаблон, індивідуальний абатмент, кістки черепа);

технологія виробництва (фрезерна установка, 3D-принтер), яка трансформує цифрові данні в готовий виріб.

Матеріали та методи. Зупинимось більш детально на технології проектування з використанням комп'ютерів (Computer-Aided Design – CAD) та виготовлення з використанням комп'ютерів (Computer-Aided Manufacturing – CAM). Комп'ютерне проектування/комп'ютерне виготовлення (CAD\CAM) використовується в стоматології з 1987 року [15], безумовно, лідером цифрової стоматології є компанія Sirona CEREC. На сьогоднішній день з'явилась та оптимально велика кількість різноманітних CAD/

CAM систем, здатних вирішувати великий обсяг задач, починаючи з проектування всіх видів зубних протезів та завершуючи шаблонами для імплантації [2]. Найбільш відомими є такі стоматологічні CAD/CAM системи:

Dental System (3Shape, Данія);

Ceramill Mind CAD Software (AmannGirrbach GmbH, Австрія);

Dwos Dental Software (Dental Wings Inc., Канада);

inLab CAD SW 18 (Dentsply Sirona, США);

Dental CAD (exocad, США).

Dental System 3Shape включає в себе повний спектр професійних послуг сучасної стоматології [8]. Об'єднує 3D-сканування, CAD-моделювання, ефективно та надійні засоби обміном інформацією. Представляє широкий вибір протезування та широкий набір інструментів: Smile Composer, одночасне сканування верхнього та нижнього зубних рядів, дзеркальне відображення та копіювання зубів, динамічні віртуальні артикулятори, широкий набір інструментів скульптора. «Система від 3Shape дуже проста та зрозуміла в використанні, а сканування та моделювання в ній здійснюється надзвичайно швидко. Етапи, через котрі проходить користувач у процесі моделювання побудовані дуже зручним чином і складають логічну послідовність». Джонатан Л. Ференц доктор стоматологічної хірургії, член Американського коледжу ортопедичної стоматології, клінічний професор ортопедичної стоматології коледжу стоматології при Нью-Йоркському університеті.

«3Shape Dental System завдяки своїм 3D-сканерам та програмному забезпеченню для моделювання без сумніву на сьогоднішній день найбільш досконалою та зручною у використанні для CAD-стоматології». Кеннет А. Маламент доктор стоматологічної хірургії, член Американського коледжу ортопедичної стоматології.

Ceramill Mind CAD Software AmannGirrbach GmbH розроблене Аманном Гирбахом у співпраці з зубними техніками [3]. Програма CAD орієнтована на стандартний робочий процес в лабораторії виготовлення каркаса, коронок мостоподібних протезів, складних реставрацій, повного протезування протезів.

Dwos Dental Software Dental Wings Inc. дозволяє виконувати широкий спектр робіт, як планування конструкції протеза, встановлення імплантів при повній адентії, зокрема направляючи свердла [9]. Використання Dwos дозволяє конструювати коронки, коронки на імплантах, роз-

робку та виробництво шаблонів та виводити дані проектування для 3D-виробництва.

За допомогою програмного забезпечення inLab CAD SW 18 Dentsply Sirona є можливість створювати тривимірну реконструкцію, відправляти дані сканування та моделі реставрації в інші зуботехнічні лабораторії використовуючи портал Sirona Connect, створювати розбірні моделі згідно з даними цифрових інтраоральних відбитків або класичних сканів, сканувати мости з гвинтовою фіксацією на рівні абатментів з подальшим моделюванням та виготовленням реставрації, моделювати багатошарові мостоподібні протези з елементами ясен [10].

Dental CAD exocad це високотехнологічний інструмент зубного техника та стоматолога. Завдяки простоті в роботі, широкому вибору функцій, відкритій архітектурі, exocad став одним з найбільш використовуваних програмних продуктів [6]. Вже стандартна версія програмного забезпечення exocad Dental CAD охоплює найрізноманітніші показання, що робить його привабливим вибором як для досвідчених користувачів, так і для новачків у галузі CAD\CAM. Dental CAD exocad базове програмне забезпечення яке використовується для моделювання коронок та мостоподібних протезів. Exocad Dental CAD охоплює широкий спектр показань: анатомічні коронки/ковпачки, атакмени, мостоподібні каркаси, вкладки/накладки, вініри, роботи з восковими моделями та телескопічні коронки.

Висновок. Використання CAD\CAM-технологій в стоматології має такі переваги, як: максимальна автоматизація виробництва, висока точність і функціональність моделювання та виготовлення конструкцій з урахуванням анатомічних особливостей зубощелепної системи, уникнення блювотного рефлексу у пацієнтів, максимальна якість виконання і підвищений комфорт пацієнта, значна економія часу, уникнення потрапляння відбиткових матеріалів в дихальні шляхи. Таким чином, проаналізувавши поданий матеріал можна сказати, що ортопедичні конструкції, виготовлені за допомогою CAD\CAM-технологій, повністю відповідають вимогам, а також найбільш оптимальні в співвідношенні «якість-час». CAD\CAM-технологій дозволяє виробляти ортопедичні конструкції враховуючи індивідуальні особливості анатомії пацієнта. Таким чином, цей метод дозволяє вирішувати багато клінічних завдань, пов'язаних з протезуванням, максимально індивідуалізувати протези, зробити їх більш зручними та комфортними.

Література:

1. Albuha Al-Mussawi, R. M. & Farid, F. (2016). Computer-Based Technologies in Dentistry: Types and Applications. *Journal of dentistry (Tehran)*, 13(3), 215-222. PMID: 28392819; PMCID: PMC5376549
2. Alghazzawi, T. F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *Journal of Prosthodontic Research*, 60 (2), 72-84. doi: 10.1016/j.jpor.2016.01.003
3. Amanngirrbach. Aviatable from: <https://www.amanngirrbach.com/en/home/>
4. Bidra, A. S., Taylor, T. D. & Agar, J. R. (2013). Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(6), 361-366. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60318-2.
5. Chen, J., Ahmad, R., Suenaga, H., Li, W., Sasaki, K., Swain, M. & Li, Q. (2015). Shape Optimization for Additive Manufacturing of Removable Partial Dentures--A New Paradigm for Prosthetic CAD/CAM. *PLoS One*, 10(7), e0132552. doi: 10.1371/journal.pone.0132552.
6. Create perfectly integrated dental CAD/CAM solutions with exocad software. Aviatable from: <https://exocad.com>
7. de Mendonça, A. F., Furtado, de Mendonça, M., White, G. S., Sara, G. & Littlefair, D. (2016). Total CAD/CAM Supported Method for Manufacturing Removable Complete Dentures. *Case Reports in Dentistry* 2016, 1259581. doi: 10.1155/2016/1259581.
8. Dental CAD/CAM Solutions. Aviatable from: <https://www.3shape.com/en>
9. Dental Wings Products and Solutions. Aviatable from: <https://dentalwings.com>
10. Dentsply Sirona is a leading supplier of professional dental products and technologies. Aviatable from.
11. Giordano, R. (2003). CAD/CAM: an overview of machine sandmaterials. *Journal of Technologic Dentistry*, 20, 20-30.
12. Groten, M., Girthofer, S., & Probst, L. (1997). Marginal fit consistency of copy-milled all-ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(12), 871-881. doi: 10.1046/j.1365-2842.1997.00592.x.
13. Hintersher, J, inventor (1994). Verfahren zur Herstellung Dental-prothesen. Europäische Patentschrift EP 0630622B1. June 23.
14. Liu, P. R. (2005). A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 26(7), 507-508. PMID: 16060380.
15. Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S. & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspective from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*, 28(1):44-56. doi: 10.4012/dmj.28.44.
16. Mörmann, W. H. & Brandestini, M. (2006) The fundamental inventive principles of CEREC CAD/CAM. In: Mörmann, W. H. (ed.). State of the art of CADS/CAM restorations: 20 years of CEREC. London: Quintessence
17. Mormann, W. H. (2004). The origin of the CEREC method: a personal review of the first 5 years. *International Journal of Computerized Dentistry*, 7(1), 11-24. English, German. PMID: 15317305
18. Mormann, W. H. (2006). The evolution of the CEREC system. *Journal of the American Dental Association*, 137, 7S-13S. doi: 10.14219/jada.archive.2006.0398.
19. Patel, N. (2014). Contemporary dental CAD/CAM: modern chairside/lab applications and the future of computerized dentistry. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 35(10):739-746; quiz 747, 756. PMID: 25454527.
20. Posada, M. & Nathanson, D. (2010). Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM single crown restorations. In: Conference: IADR General Session 2010, *International Association of Dental Research meeting. Barcelona, Spain*, Abstract 532.
21. Sulaiman, F., Chai, J., Jameson, L. M. & Wozniak, W. T. (1997). A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress and Procera crowns. *International Journal of Prosthodontics*, 10(5), 478-484.
22. Tinschert, J, Natt, G., Hassenpflug, S. & Spiekermann, H.(2004). Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. *International Journal of Computerized Dentistry*, 7(1), 25-45.
23. Witkowski, S. (2005). CAD/CAM in dental technology. *Quintessence of Dental Technology*, 28, 169-184.
24. Young, J. M. & Altschuler, B. R. (1977). Laser holography in dentistry. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 38(2), 216-225. doi: 10.1016/0022-3913(77)90289-x.