ИНТРАОРАЛНИ СКАНИРАЩИ СИСТЕМИ, БАЗИРАНИ НА ПРИНЦИПА НА КОНФОКАЛНАТА МИКРОСКОПИЯ, ИЗПОЛЗВАНИ В СЪВРЕМЕННАТА ПРОТЕТИЧНА ДЕНТАЛНА МЕДИЦИНА

Кирил Гогушев, Методи Абаджиев, Калина Георгиева, Иван Денков

Катедра по протетична дентална медицина

Факултет по дентална медицина, Медицински университет - Варна

INTRAORAL SCANNING SYSTEMS BASED ON THE PRINCIPLE OF CONFOCAL LASER MICROSCOPY USED IN THE MODERN PROSTHETIC DENTISTRY

Kiril Gogushev, Metodi Abadzhiev, Kalina Georgieva, Ivan Denkov

Department of Prosthetic Dental Medicine

Faculty of Dental Medicine – Varna, Medical University of Varna

РЕЗЮМЕ

С представянето на CAD/CAM технологията за първи път през 60-те години на 20 в. и навлизането ѝ в денталната практика с научните разработки и първи прототипи през 70-те и 80-те години се слага началото на един нов дял от дентална медицина – дигиталната дентална медицина. Със създаването и въвеждането на CAD/CAM технологията се е целяло да се решат няколко основни предизвикателства в денталната медицина и в частност протетичната дентална медицина – да се увеличи точността и здравината на конструкциите, особено на тези в дисталната област; да се създават конструкции с по-естествен външен вид; да се улесни и съкрати процесът на тяхната изработка и не на последно място да се повиши комфортът както на лекарите, така и на техните пациенти. С намаляване на разходите, представяне на нови интраорални сканиращи системи и фрезоващи машини, непрекъснато подобряване и обновяване на софтуера, използване на иновативни материали, CAD/CAM индустрията еволюира с бързи темпове. Поради тази причина е важно да се знаят предимствата и недостатъците на отделните системи, какво предлага всяка от тях както в хардуерно, така и в софтуерно естество и коя би била най-подходяща за конкретната индивидуална практика.

Ключови думи: CAD CAM, интраорален скенер, оптичен отпечатък, iTero, TRIOS, 3D Progress

ABSTRACT

With the introduction of CAD/CAM (Computer-aided design and Computer-aided manufacturing) technology first in the 1960s and its entry into the dental practice with the scientific works and first prototypes created in the 1970s and 1980s a new field in dentistry has been created – digital dental medicine.

The CAD/CAM technology was created and implemented in prosthetic dentistry in particular to help solving several major challenges – to increase the accuracy and to ensure an adequate strength of the restorations, especially in the posterior area; to create restorations with more natural appearance; to make the process of the restoration manufacturing easier and faster; to increase the comfort of both doctors and their patients.

By reducing the cost of production, introducing new intraoral scanners and milling machines, constantly updating and improving the software, using innovative materials, the CAD/CAM industry is evolving fast. Therefore, it is important to know the advantages and disadvantages of the different systems and to understand what each of them has to offer in order to meet the needs of every practice individually.

Keywords: CAD CAM, intraoral scanner, digital impression, iTero, TRIOS, 3D Progress

ВЪВЕДЕНИЕ

От появата на първото CAD/CAM устройство за дентална употреба през 1971 г. досега много компании постоянно усъвършенстват и развиват тази технологията, което води до създаването на все по-прецизни и лесни за употреба интраорални сканиращи системи за употреба в кабинета (4,5).

Съществуващите интраорални сканиращи устройства са базирани на няколко безконтактни оптични технологии – конфокална микроскопия, оптична кохерентна томография, активна и пасивна триангулация и интерферометрия (10).

Основният принцип на действие на конфокалната лазерна сканираща микроскопия се свежда до получаването на изображения на фокус и с висока резолюция чрез елиминиране на излъчената светлина от тези части на обекта, които са под и над фокалната равнина (11,12).

Освен по типа оптична технология, която използват, интраоралните сканиращи системи се различават и по вида на създадените файлове по време на сканиране – отворен и затворен тип архитектура.

При отворения тип архитектура файловете се запазват в често използван формат, какъвто е например STL форматът, и независимо от фирмата производител могат да се използват на практика

с почти всички CAD/CAM системи за направата на крайното възстановяване (6). При затворения тип архитектура файловете се запазват във формат, който може да се импортира / използва само в софтуер за виртуален дизайн и фрезоващи машини, които са част от тази затворена система.

ЦЕЛ

Да се представят основните интраорални сканиращи системи, базирани на принципа на конфокалната микроскопия, използвани в съвременната протетична дентална медицина.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Една от широко разпространените системи за снемане на дигитални (оптични) отпечатъци, базирана на лазерно сканиращата конфокална микроскопия, е iTero от Cadent LTD, IL, представена за първи път през 2007 година (Фиг. 1.1 и Фиг. 1.2).

Фиг. 1.1 и Фиг. 1.2. Системата iTero от Cadent

Принципът ѝ на действие се изразява в излъчване на 100 000 лазерни лъча (в спектъра на червената светлина), които преминават през фокусираща оптична система и се насочват към зъбите. Тази система определя една или няколко фокални равнини в позиция, която може да се променя от мотор. По този начин се осветяват определени места от сканирания обект (т.нар. петна) и отразеният от тях светлинен поток се измерва за различни позиции от фокалната равнина. Топологията на триизмерната структура на зъбите се пресъздава на базата на точковидни позиции (сканиране на точка по точка на обекта), което придава максимален интензитет на отразените светлинни лъчи. С помощта на аналогови към дигитални конвертори и компютър отразената светлина се трансформира в триизмерно изображение (Фиг. 2) (1,2).

Фиг. 2. Сканираща система на iTero

При снемането на всеки отпечатък е необходимо да се спазят няколко последователни стъпки, които включват сканирането на 5 области от всеки препариран зъб – оклузално, лингвално / палатално, вестибуларно и апроксималните повърхности към съседните зъби. Останалите зъби от квадранта и зъбите антагонисти се сканират под ъгъл от 45° лингвално и вестибуларно. Оптичният отпечатък завършва със снемането на виртуален оклузален регистрат при състояние на централна оклузия (4).

Софтуерът разполага с редица диагностични инструменти, чрез които може да се оцени препарацията и целият отпечатък като цяло. Един от тези диагностични инструменти позволява на лекаря по дентална медицина да нанесе линията на препарацията с цел по-доброто ѝ оценяване (Фиг. 3) (9).

Фиг. 3. Оптичен отпечатък с маркирана препарационна граница

След завършване на сканиране и оценяване оптичният отпечатък се изпраща към съоръжение на Cadent, където той се трансформира в стереолитографичен модел от специална за целта смола, и след това се изпраща към лабораторията за окончателно изработване на конструкцията. Друга опция е окончателното възстановяване

не да се изработи директно по оптичния отпечатък чрез CAD/CAM, без да е необходим физически модел (4).

Системата за оптични отпечатъци **3D Progress**, създадена от MHT Optic Research AG и произведена от MHT S.p.A., комбинира лазерно сканиращата конфокална микроскопия и ефекта на Моаре (Фиг. 4).

Разликата при тази система е наличието на подвижна леща, разположена възможно най-дистално, позволяваща преместване на фокалната равнина върху обекта (Фиг. 5). Тази леща се мести в три различни позиции (4a, 4b, 4c) с цел преместване на фокалната равнина (7) върху обекта (6) в съответните позиции (7a, 7b, 7c). За получаването на необходимото качество на изображенията във всички фокални равнини използваната леща е асферична, следователно фокалната равнина не е точно равнина, а извита повърхност и сканираните повърхности изглеждат изкривени (3).

TRIOS от 3Shape е друга система за снемане на оптични отпечатъци, която е базирана на принципа на конфокалната микроскопия с бързо време на сканиране.

Фиг. 4. Система за оптични отпечатъци 3D Progress

Фиг. 5. Схема на оптичната система на 3D Progress

Принципът на действие на тази система е непрекъснато сканиране (с точност до 20 микрона) подобно на видео запис с директно визуализиране върху екрана. Клинистът лесно може да определи препарационната граница на сканирания зъб благодарение на възможността за цветно сканиране. Системата разпознава автоматично цвета на съседните зъби по време на сканиране и записва тази информация заедно с отпечатъка (7,8).

Благодарение на ултра-бърза оптична сканираща технология, TRIOS използва до 1000 3D снимки, за да създаде изображения базирани на реални данни. Скенерът е в състояние да улови повече от 3000 2D изображения в секунда без необходимостта от използването на покриващ агент (спрей или прах), което прави сканирането

Фиг. 6. Система за оптични отпечатъци TRIOS

Фиг. 7. Оптичен отпечатък на цяла горна челюст

Фиг. 8. Оклузален регистрат при състояние на централна оклузия

бързо, точно и удобно за пациентите (Фиг. 6, Фиг. 7 и Фиг. 8).

ДИСКУСИЯ

Предимството на iTero пред другите системи за оптични отпечатъци е, че не е необходим отразяващ агент, за да бъде извършено сканирането. Липсата на отразяващи агенти налага необходимостта от включването на цветна оптична система (цветно колело) в сканиращия юнит, което води до увеличаване на неговите размери.

Най-новото поколение сканиращо устройство от Cadent, **iTero Element**, предоставя няколко значителни подобрения пред оригинала – размерът на сканиращия юнит е намален с 40%, което го прави по-лек и по-удобен за манипулиране; възможностите за сканиране са увеличени до 6000 кадъра/секунда за разлика от досегашните 800 кадъра/секунда, което прави по 20 сканирания/секунда при 1 сканиране/секунда при сегашния модел; възможност за непрекъснато сканиране, премахващо необходимостта от натискане на бутон при всяко сканиране.

3D Progress представлява лек и преносим сканиращ юнит, който може да се свърже директно с компютър.

3D Progress прави едно сканиране за 1/10 от секундата, което се равнява на средна скорост от 14 сканирания/секунда. Това позволява пълно сканиране на цяла зъбна дъга за по-малко от 3 минути. Тази система обикновено не изисква употребата на покриващи агенти върху трансlucentните повърхности с изключение на тези, които са силно рефлексивни, като например сканиране на абатмънти при имплантатно лечение.

3D Progress използва отворен тип архитектура, което позволява записването на сканираното изображение в STL файл, изпращането му в лабораторията и последващата обработка на този файл с почти всеки отворен тип CAD софтуер. Други технически предимства на 3D Progress системата са: Smart Pixel сензор, позволяващ бързо и точно сканиране; автоматично свързване на отделните сканирания в реално време; възможност за спиране и възстановяване на процеса на сканиране; възможност за откриване на препарационната граница (автоматично или полуавтоматично).

TRIOS от 3Shape предлага възможност за цветно сканиране, като самото сканиране е бързо, точно и удобно за пациентите. Възможни са заснемане на интраорални снимки с висока резолюция, премахване на нежелани анатомични

структури (език, бузи, устни) от отпечатъка в реално време и автоматичният автофокус, който не налага необходимостта устройството да се държи под определен ъгъл или разстояние от зъбите по време на сканиране. Системата също така използва отворен тип архитектура, което позволява използването на файла с почти всеки отворен тип CAD/CAM софтуер (7,8).

Сравнение на техническите данни на представените интраорални сканиращи системи е представено в Табл. 1.

Таблица 1. Сравнение на техническите данни на различните интраорални сканиращи системи

Интра-орален скенер	Компания	Принцип на работа	Източник на светлина	Тип на изображения	Необходимост от покриващ агент	Наличие на пристолна фрезоваща машина	Изходящ формат на файловете/тип архитектура
ITero	Cadent LTD (IL)	Паралелна конфокална микроскопия	Червена лазерна светлина	Множество изображения	Не	Не	Собствен формат и STL
3D Progress	MHT S.P.A.(IT) – MHT Optic Research AG (CH)	Конфокална микроскопия и ефект на Моаре		3 изображения	Понякога	Не	Отворена система (STL)
Trios	3Shape A/S (DK)	Конфокална микроскопия		Множество изображения	Не	Не	Отворена система (STL)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Една от задачите на интраоралните сканиращи системи е да се преодолеят проблемите и недостатъците, свързани с процеса на снемане на отпечатък и последващата му обработка в лабораторията – нестабилност на отпечатъчните материали, разкъсване на препарационната граница при изваждане на отпечатъка от протезното поле, обемни изменения при отливането на работни модели, геометрични и пространствени несъответствия между работните модели и препарираните зъби и др.

Основните предимства на тези устройства са по-голямата прецизност и по-лесната употреба, в резултат на което се получават по-дълготрайни, здрави, естетични и точни възстановявания. Благодарение на тези сканиращи системи е възможно получаването на много точни триизмерни изображения от препарирания зъб, няколко зъба или цяла зъбна редица, като се съкращава времето за снемане на отпечатък и има възможност за дигитално архивиране на информацията. Тези изображения могат да се използват за съз-

даването на различен вид конструкции директно в кабинета или да се направят изключително точни работни модели в зъботехническата лаборатория (4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Babayoff N., I. Glaser-Inbari. Imaging a three-dimensional structure by confocal focussing an array of light beams. International Publication WO Patent
2. Babayoff N., I. Glaser-Inbari, Method and apparatus for imaging three- dimensional structure, US Patent 2007/0109559.
3. Berner M. Optical system for a confocal microscope, US Patent 2010/0085636 A1, 2010.
4. Birnbaum NS, Aaronson HB, Stevens C, Cohen B: 3D Digital Scanners: A High-Tech Approach to More Accurate Dental Impressions. Inside Dentistry, 2009, 5, p.70-74.
5. Duret F., J.D. Preston. CAD/CAM imaging in dentistry. Curr Opin Dent, 1991, 1(2), p. 150–4.
6. Fasbinder D.J. CAD/CAM. Inside Dentistry, 2011, 7(7), p.82.
7. Fisker R., H. Öjelund, R. Kjær, M. van Der Poel, A.A. Qazi, K.J. Hollenbeck. Focus scanning apparatus. International Publication WO 2010/145669 A1; 2010, Dec. 00/08415, 2000.

8. Hack G.D., S. Patzelt. Evaluation of the Accuracy of Six Intraoral Scanning Devices: An in-vitro Investigation. Collaborative Evaluation, 2015, 10(4), p.1-5.
9. Jacobson B. Taking the headache out of impressions. Dentistry Today, 2007, 26(9), p.74-76.
10. Logozzo S., G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi, L. Governi, L. Blois. A Comparative Analysis Of Intraoral 3d Digital Scanners For Restorative Dentistry. The Internet Journal of Medical Technology, 2008, 5, p.1-18.
11. Logozzo S., E.M. Zanetti, G. Franceschini, A. Kilpelä, A. Mäkynen. Recent advances in dental optics-PartI: 3Dintraoral scanners for restorative dentistry. Optics and Lasers in Engineering, 2014, 54, p.203-221.
12. Pawley J.B. Handbook of biological confocal microscopy. 3 ed. New York: Springer, 2006.

Адрес за кореспонденция:
д-р Кирил Георгиев Гогушев
Факултет по дентална медицина
Катедра по протетична дентална медицина
Медицински университет
„Проф. д-р Параскев Стоянов“ – Варна
бул. „Цар Освободител“ 84, гр. Варна, 9000
тел. 0897093011
e-mail: kiril.gogushev@gmail.com