

Сравнительное исследование различных CAD/CAM-систем для изготовления каркасов несъемных зубных протезов

Проф. А.Н. РЯХОВСКИЙ¹, к.м.н. А.А. КАРАПЕТЯН, Г.С. АВАКОВ

Comparative study of different CAD/CAM-system for making frameworks of nonremovable dentures

A.N. RYAKHOVSKY, A.A. KARAPETJAN, G.S. AVAKOV

Центральный НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Москва

Проведено сравнительное исследование различных CAD/CAM-систем на предмет точности воспроизведения деталей поверхности, точности сканирования полостей и абатментов. Проведены измерения величин краевого зазора каркасов несъемных конструкций, изготовленных с помощью этих систем.

Ключевые слова: CAD/CAM-система, сканирование, краевой зазор.

The comparative study was carried out on different CAD/CAM-systems of precision of reproduction of components surface, precision scanning cavities and abatments. Measured value of the regional gap of the frames was made from these systems.

Key words: CAD/CAM-system, scanning, regional gap.

В настоящее время, благодаря быстрому развитию компьютерной техники, CAD/CAM-технологии прочно обосновались в практической стоматологии. Конструкционные и эстетические преимущества новых материалов, используемых системами при изготовлении ортопедических конструкций, не оставляют равнодушными стоматологов-ортопедов [1, 2, 4, 9].

Высокий интерес и огромные перспективы этой технологии привели к тому, что в настоящее время все ведущие мировые производители стоматологического оборудования готовы предложить «свою» CAD/CAM-систему [1, 4—7, 10], в результате чего на рынке появилось более 70 систем, из которых 12 уже представлены в России. В основном с помощью CAD/CAM-систем изготавливают каркасы коронок и мостовидных протезов, керамические вкладки и индивидуальные абатменты [2, 3, 8]. На каждом этапе изготовления конструкции возможны отклонения от точности, которые в конечном итоге могут повлиять на качество готового протеза. Первым этапом изготовления каркасов с помощью CAD/CAM-систем является сканирование. От точности сканера зависит сходство размеров виртуальной модели размерам натуральной, что является одним из главных факторов точности прилегания готовой конструкции [2, 4, 9]. Важной технической характеристикой сканера является порог распознавания, т.е. минимальный размер, который сканер определяет как обособленный участок, не сливающийся с другими. Однако в технической документации к сканерам данная характеристика не указана.

Кроме того, возможность изготовления вкладок с помощью CAD/CAM-систем очень актуальна в настоящее время в связи с популярностью данной конструкции у стоматологов. В отличие от изготовления коронок при изготовлении вкладок появляется необходимость сканирования глубинных участков, своего рода отверстий — ведь при препарировании под вкладку, как правило, создается полость. Однако при сканировании некоторые более глубокие и узкие участки могут выпасть из поля сканирования и не будет получено четкого изображения дна полости, что приведет к расхождениям реальной и виртуальной моделей, а в конечном итоге скажется на точности самой вкладки. В свою очередь сканирование полостей представляет большой интерес в связи с перспективой сканирования самих оттисков.

При изготовлении каркасов с помощью CAD/CAM-систем при протезировании на имплантатах происходит сканирование непосредственно абатментов. В некоторых случаях при сканировании абатментов в повседневной практике происходит выпадение изображения края абатмента. Однако четких закономерностей возникновения данной погрешности определено не было.

Качество краевого прилегания является одним из главных показателей, определяющих точность изготовления конструкции. При большом краевом зазоре возможно проникновение десневой жидкости и слюны через краевую щель, что в свою очередь может привести к растворению цементного слоя и расцементированию конструкции. Кроме того, активная колонизация бактерий в «зоне

открытого цемента» может привести к возникновению кариеса у края реставрации.

Мировой лидер в области промышленной метрологии компания «Renishaw» (Великобритания) сделала следующие выводы о размерах краевого прилегания: 0—19 мкм — отличное прилегание, отсутствие клинических проблем; 20—39 мкм — хорошее прилегание; 40—79 мкм — удовлетворительное; 80—119 мкм — приемлемое; более 120 мкм — максимальное ограничение для надежного функционирования.

В связи с вышеизложенным были поставлены следующие задачи:

- определить точность воспроизведения деталей поверхности объекта при сканировании в различных CAD/CAM-системах;
- определить точность сканирования полостей;
- выявить связь между формой пришеечной части абатмента и точностью отображения края абатмента различных систем имплантации;
- определить величину краевого зазора каркасов, изготовленных с помощью CAD/CAM-систем.

Материал и методы

В исследовании принимали участие следующие CAD/CAM-системы: PRECIDENT (DCS, Швейцария), ZENO (WIELAND DENTAL), EVEREST (KAVO, Германия), ARTICON (DENTAL DESIGN GROUP, Германия), CEREC IN LAB (SIRONA, Германия), PROCERA (NOBEL BIOCARE, Швеция), LAVA (3 M, Германия), ORGANICAL (R+K CAD/CAM, Германия), HINT ELS (HINT ELS GmbH, Германия), KATANA (NORITAKE, Япония).

Для оценки точности воспроизведения деталей поверхности в Экспериментальном научно-исследовательском институте металлообрабатывающих станков (ЭНИИМС) по предварительному эскизу была изготовлена деталь прямоугольной формы, на поверхности которой было нанесено 9 рядов насечек сверхмалых размеров по 10 насечек в каждом ряду (рис. 1). Насечки имели треугольную форму, расстояние между ними было равно их глубине. Длина каждого ряда составляла 100 мм, а расстояние между рядами — 1 мм. Размеры насечек варьировали от 20 до 150 мкм. Погрешность размеров насечек составляла 1 мкм. С этой поверхности поливинилсилоксановой массой Silagum (DMG, Германия) снимали двухслойные оттиски. По полученным оттискам из супергипса IV класса (Fuji-Rock, GC, Япония) отливали модели. Далее проводили сканирование моделей сканерами различных систем. По полученным на экране монитора изображениям делали выводы о пороге распознавания сканера.

Для оценки возможностей сканирования полостей в ЭНИИМС по предварительному эскизу была изготовлена деталь прямоугольной формы, на которой были сделаны отверстия различной глубины и диаметра: 3 ряда по 5 отверстий в каждом (рис. 2). Глубина отверстий каждого ряда составляла 4, 6 и 8 мм соответственно, а диаметр отверстий в каждом ряду варьировал от 4 до 8 мм. Конусность стенок была равна 5°. С этой детали поливинилсилоксановой массой (Silagum, DMG, Германия) снимали двухслойные оттиски, по которым отливали модели супергипсом IV класса (Fuji-Rock, GC, Япония). Далее проводили сканирование модели или ее фрагментов различными сканерами.

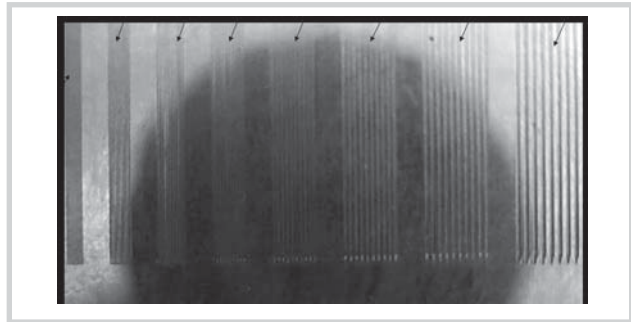


Рис. 1. Деталь с насечками.

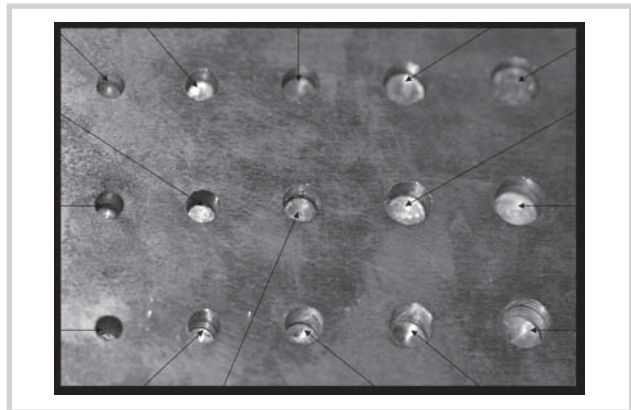


Рис. 2. Деталь с полостями.

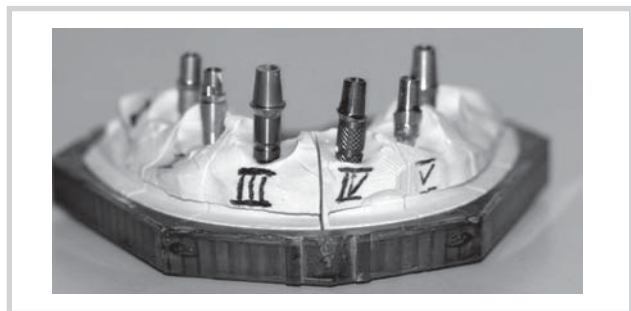


Рис. 3. Гипсовая модель с абатментами имплантатов.

Для оценки влияния формы пришеечной части абатмента на точность сканирования выбрали абатменты 6 систем имплантации, часто используемые в России: Mis, Astra, Lico, Xive, Replase, Biohorizont. Была проведена гипсовка аналогов имплантатов, после чего на них установили абатменты (рис. 3). Проводили сканирование абатментов сканерами различных CAD/CAM-систем. Кроме того, в ЭНИИМС по предварительному эскизу были изготовлены детали, сходные по форме с абатментами имплантатов, с различными углами между краем фрезерования и нижележащей стенкой. Было изготовлено 5 деталей с углами в 30, 40, 50, 60 и 70° соответственно (рис. 4). Проводили сканирование изготовленных деталей.

Измерение краевого зазора каркасов одиночных коронок и мостовидных протезов проводили с помощью цифрового микроскопа Эксперт (ЛОМО, Россия), обладающего функцией измерения линейных размеров. Гипсовый штампик вместе с каркасом устанавливали на предметное стекло микроскопа, после чего проводили фоку-

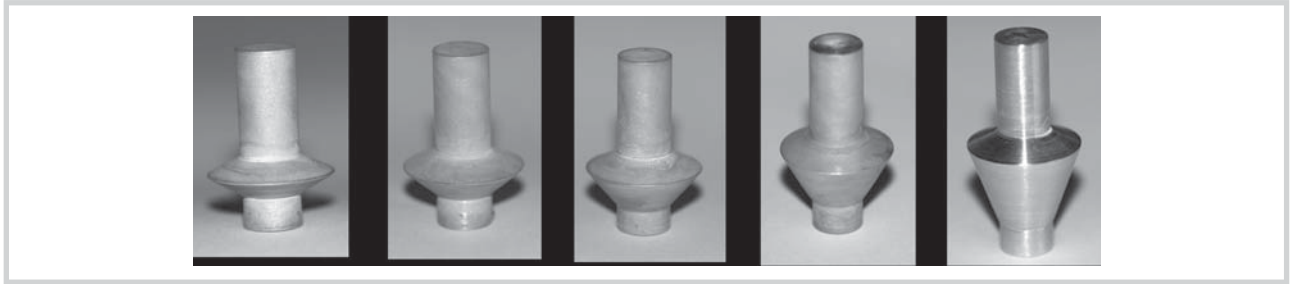


Рис. 4. Детали, сходные с абатментами имплантатов.

сировку до появления на экране монитора четкого изображения края штампика и края каркаса. На изображении фиксировали 2 точки — одну на крае каркаса, другую — на крае штампика и измеряли расстояние между ними. Измерения проводили не менее чем в 4 точках. Далее определяли среднее значение величины краевого зазора конкретного каркаса и всех каркасов, изготовленных с помощью изучаемой CAD/CAM-системы. Исследование проводилось на двух группах каркасов: 1-ю группу составили каркасы одиночных коронок (270 единиц), 2-ю группу — каркасы опорных коронок мостовидных протезов (200 единиц).

Результаты и обсуждение

При сравнительном анализе точности воспроизведения деталей поверхности после сканирования в случае по-

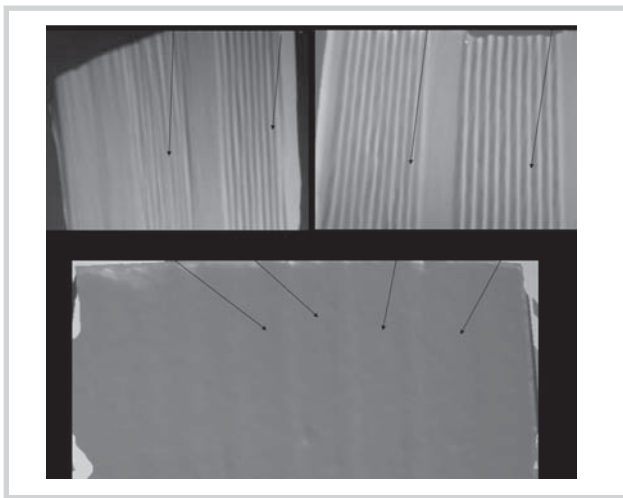


Рис. 5. Изображение после сканирования насечек.

явления на экране монитора четкого изображения насечек ряд считался распознанным. В этом случае порог распознавания сканера соответствовал размеру насечек в данном ряду. При размытой или нечеткой картине ряд считался нераспознанным (рис. 5). Полученные результаты были сведены в табл. 1.

В верхней части таблицы расположены системы, сканеры которых показали наилучший результат. Порог 150 мкм и менее распознали 5 сканеров. В нижней части таблицы расположены сканеры, показавшие худший результат.

При сканировании модели с отверстиями разной глубины и диаметра результаты делились на 3 категории: 1) совершенно четкое изображение дна отверстий на всем протяжении плоской формы (+); 2) частичное изображение дна полости не на всем протяжении (\pm); 3) дно полости совершенно не определяется, появляется изображение стенок, а поверхность дна выглядит как сквозное отверстие ($-$) (рис. 6). Результаты представлены в табл. 2.

Полное отображение дна полостей было получено только при использовании сканера системы CEREC IN LAB.

Анализ результатов сканирования абатментов различных систем имплантации позволяет сделать вывод, что во всех случаях граница абатмента имеет четкое отображение, что исключает наличие связи между строением абатментов различных систем и возникновением каких-либо погрешностей сканирования (рис. 7). При сканировании изготовленных нами деталей с углами 30 и 40° не было получено четкого изображения края. При сканировании деталей с углами 50° и выше было получено четкое изображение края (рис. 8).

В табл. 3 представлены показатели средних величин краевого прилегания для систем. Эти результаты получены после дополнительной ручной припасовки каркасов.

При измерении одиночных коронок была получена наименьшая величина краевого зазора. При измерении

Таблица 1. Результаты воспроизведения деталей поверхности сканерами в различных CAD/CAM-системах

Система	Фирма-производитель	Ряд распознанных насечек	Порог распознавания, мкм
CEREC IN LAB	SIRONA	Третий	100
PRECIDENT	DCS	Третий	100
ARTICON	DENTAL DESIGN GROUP	Второй	120
HINT ELS	HINT ELS GmbH	Первый	150
LAVA	3M	Первый	150
EVEREST	KAVO	Не распознан	>150
PROCERA	NOBEL BIOCARE	Не распознан	>150
ZENO TEC	WIELAND DENTAL	Не распознан	>150
KATANA	NORITAKE	Не распознан	>150
ORIGANICAL	R+K CAD/CAM	Не распознан	>150

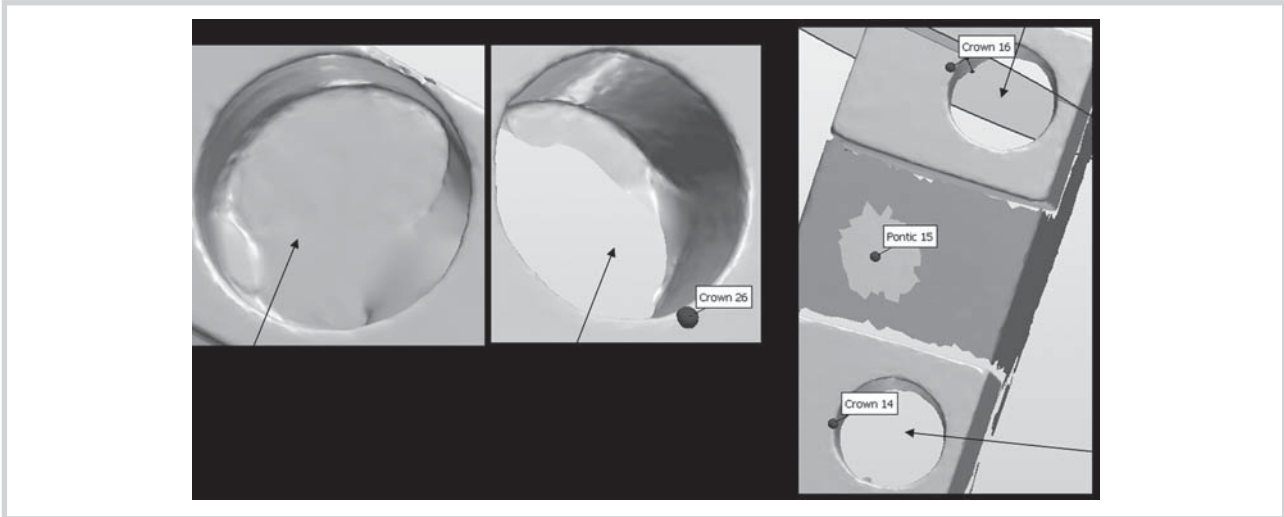


Рис. 6. Изображение после сканирования полостей.



Рис. 7. Изображение после сканирования абатментов различных систем имплантации.



Рис. 8. Изображение после сканирования деталей, сходных с абатментами с различными углами в пришеечной области.

Таблица 2. Результаты сканирования полостей в различных CAD/CAM-системах

Система (сканер)	Фирма	I ряд (глубина L, 4 мм)			II ряд (глубина L, 6 мм)					III ряд (глубина L, 8мм)						
		Диаметр D, мм														
		4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
EVEREST (KaVo Everest scan)	KAVO	+	+	+	+	+	-	-	±	±	±	-	-	-	-	-
HINT ELS (hiScanµ)	HINT ELS GmbH	±	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	±	±	+
ARTICON (SmartOptics Activity 101)	Dental Design Group	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
CEREC IN LAB (CEREC Scan 3)	SIRONA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ZENO (3 Shape D 200)	WIELAND DENTAL	-	-	-	±	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORGANICAL (3 Shape D 250)	R+K CAD/CAM	-	-	-	±	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KATANA (3 Shape SC-2)	NORITAKE	-	-	-	±	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAVA (Lava Scan ST)	3M	±	±	±	±	+	-	±	±	±	±	-	-	±	±	±

Таблица 3. Средние величины краевого зазора каркасов ($M \pm m$)

Система	Фирма-производитель	Средняя величина краевого зазора каркасов, мкм	
		одиночных коронок	опорных коронок мостовидных протезов
LAVA	3M	24±2,3	33±2,2
ORGANICAL	R+K CAD/CAM	29±2,2	40±2,5
KATANA	NORITAKE	38±2,5	46±2,5
HINT ELS	HINT ELS GmbH	39±2,2	54±2,4
ZENO TEC	WIELAND DENTAL	41±4,1	54±4,0
ARTICON	DENTAL DESIGN GROUP	42±4,4	51±4,5
EVEREST	KAVO	43±4,3	57±4,2
CEREC IN LAB	SIRONA	48±2,4	59±4,0
PROCERA	NOBEL BIOCARE	63±2,2	76±2,4

Таблица 4. Средние показатели величин краевого зазора каркасов до и после припасовки ($M \pm m$)

Система	Фирма-производитель	Средняя величина краевого зазора каркасов, мкм	
		до припасовки	после припасовки
LAVA	3M	56±4,2	29±2,2
KATANA	NORITAKE	70±4,0	42±2,5
HINT ELS	HINT ELS GmbH	86±4,4	47±2,3
ZENO TEC	WIELAND DENTAL	96±6,0	48±4,1
ARTICON	DENTAL DESIGN GROUP	101±6,2	47±4,5
CEREC IN LAB	SIRONA	102±6,1	54±2,9

мостовидных протезов эта величина увеличивалась. Это связано с наличием нескольких культей у мостовидного протеза, не всегда идеально параллельных между собой.

В некоторых случаях нам удалось оценить качество краевого прилегания каркасов сразу после фрезерования без ручной припасовки. В этом случае эти показатели находились в пределах «приемлемых» величин, но после ручной припасовки они улучшались (табл. 4).

Таким образом, проведенное исследование показало, что среди изученных сканеров лучшим порогом распознавания обладают системы PRECIDENT и CEREC IN LAB. Три другие системы LAVA, HINT ELS и ARTICON показали порог распознавания 150 мкм. Остальные системы обладают порогом более 150 мкм. Это позволяет сделать вывод о том, что в случае наличия шероховатостей и острых граней многие сканеры не отображают эти мелкие детали поверхности, сглаживают их и виртуальная модель может отличаться от натуральной. Поэтому поверхности отпрепарированных зубов должны быть гладкими.

Для изготовления вкладок возможно использование систем HINT ELS, CEREC IN LAB, ARTICON. Сканеры других систем отображают лишь полости диаметром 8 мм

и глубиной 4 мм. Полости зубов с такими размерами не встречаются.

Связи между строением абатментов различных систем имплантации и возникновением искажений при сканировании не обнаружено. При фрезеровании абатментов и при изготовлении индивидуальных абатментов с дальнейшим изготовлением каркасов с помощью CAD/CAM-систем желательно оставлять угол между краем и нижележащей стенкой 50° и более.

Наилучший размер краевого зазора показывают системы LAVA и ORGANICAL. Средние размеры краевого зазора каркасов, изготовленных этими системами, а также системами HINT ELS, KATANA, находятся в пределах значений «хорошее прилегание». Средние размеры краевого зазора каркасов, изготовленных системами ZENO, EVEREST, ARTICON, CEREC IN LAB, PROCERA, находятся в пределах значений «удовлетворительное прилегание».

Для каркасов несъемных протезов, изготовленных на CAD/CAM-системах, краевой зазор коронок в составе мостовидных протезов выше по сравнению с аналогичными показателями одиночных коронок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебеденко И.Ю., Перегудов А.Б., Вафин С.М. Компьютерные реставрационные технологии в стоматологии. Реальность и перспективы. Стоматология для всех 2002;1:40—45.
2. Вольвач С.И. Основные тенденции развития технологий CAD/CAM (1999—2001). Новое в стоматологии 2002;3:103:9—23 (спец. вып.).
3. Горюнов В.В. Бриллиантовые головы ... рожают бриллиантовые идеи. Панорама ортопедической стоматологии 2003;3:16—21.
4. Раховский А.Н., Карапетян А.А., Трифонов В.Б. Сравнение четырех CAD/CAM-систем для изготовления зубных протезов. Панорама ортопедической стоматологии 2006;3:8—19.
5. Вольвач С.И. Обзор новых разработок и модификаций известных технологий CAD/CAM стоматологического назначения. Новое в стоматологии для зубных техников 2003;7:75.
6. Вольвач С.И. Обзор новых разработок и модификаций известных технологий CAD/CAM стоматологического назначения. Часть II. Технологии изготовления цельнокерамических реставраций из мягкой керамики. Новое в стоматологии для зубных техников 2003;8:98—102.
7. Вольвач С.И. Обзор новых разработок и модификаций известных технологий CAD/CAM стоматологического назначения. Часть III. Технологии изготовления цельнокерамических реставраций из мягкой керамики. Новое в стоматологии для зубных техников 2004;2:75—81.
8. Schopp S., Meyer L. Eine grosse oder 100000 kleine Erfolgsgeschichten? Dental Dialogue 2005;2:26—30.
9. Rekow E.D. Dental CAD/CAM systems: a 20 year success story. CAD/CAM technology in restorative dental care 2006;5:5—6S.
10. Riquier R. Scanner im Vergleichstest. Quintessenz Zahntech 2006;1:33:2—10.