

# ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ при помощи конфокального лазерного сканирующего микроскопа ( CLSM)



**О.Б.Кулаков**

• к.м.н., руководитель  
клиники реконструктивно-  
восстановительной, пластической  
хирургии и косметологии МГМСУ



**В.В.Матюгин**

к.м.н., доцент кафедры детской  
челюстно-лицевой хирургии и  
хирургической стоматологии  
МГМСУ

Одним из направлений, влияющих на улучшение процесса интеграции дентального имплантата с костной тканью, является усовершенствование структуры наружной поверхности его эндооссальной части.

Оптимальная обработка наружной Поверхности и дизайн самого имплантата могут оказывать существенное влияние на успех имплантации [2,3]. Исследования последних лет установили, что стабильность имплантата можно усилить за счет увеличения поверхности контакта между имплантатом и костной тканью. Это достигается микроструктурированием наружной поверхности имплантата при помощи химической, механической обработки или плазменным напылением [5,13]. Исследования показали, что имплантаты с шероховатой поверхностью обладают более высокими показателями стабильности при выкручивании и при вытягивании по сравнению с гладкими имплантатами [8]. Так как костная ткань не является однородным веществом, то при гистологических

исследованиях не обнаружено сплошного соединения по всей поверхности имплантата. При исследовании имплантатов в области нижней челюсти на разрезе можно обнаружить 80,7% поверхности, покрытой костной тканью, а в области верхней челюсти — 67,2% [9]. Желание улучшить показатель "покрываемости" поверхности имплантата костной тканью привело к разработке покрытия, обладающего остеоиндуктивными свойствами. Это покрытие можно создать при помощи напыления гидроксиапатита на поверхность имплантата [7]. Но при этом нужно отметить, что стабильность соединения титана и гидроксиапатита весьма ограничена, так как напыление в результате неконтролируемого процесса резорбции изменяется, что оказывает влияние на структуру окружающей кости [10]. Точное определение взаимосвязи между понятиями "доза" (толщина покрытия) — "действие" (ответная реакция костной ткани) — "связь" (тип соединения) на сегодня отсутствует. Поэтому дальнейшее совершенствование методов структурирования и очистки поверхности имплантатов без применения дорогостоящих методов напыления и сегодня остается актуальной задачей [12].

В то же время создание модифицированных поверхностей не исключает применения имплантатов с гладкой наружной поверхностью, т.к. во многом выбор типа имплантата зависит от качества костной ткани.

В случаях преобладания плотной кортикальной кости применение гладких имплантатов является оправданным, ибо дает оптимальную посадку и площадь соприкосновения без создания участков напряжения в кости.

Целью нашего исследования явилась сравнительная оценка поверхностей циркониевых имплантатов и пяти различных европейских систем имплантатов. Исследование проводилось на базе лаборатории прикладных структур и микроаналитики (зав. лабораторией проф. Душнер) университета г. Майнца (Германия) при помощи конфокального лазерного сканирующего микроскопа (CLSM) для проведения визуальной и цифровой оценки степени шероховатости поверхности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Конфокальный лазерный сканирующий микроскоп (CLSM) Aristoplan фирмы Leica (Германия) состоит из двух частей. Одна часть - световой микроскоп, который снабжен двумя объективами с 10x и 40x увеличением. Между объективом и препаратом сохраняется воздушное пространство. Вторая часть микроскопа представлена лазерным

сканирующим устройством, соединенным с компьютером. При проведении исследования используются четыре объектива с 10x; 25x; 40x; 100x увеличением, где между линзами и препаратом необходимо присутствие специального масла.

Принцип действия микроскопа заключается в том, что рефлексированное изображение, получаемое через объективы в результате преломления по системе зеркал, поступает на детектор, который обрабатывает проходящие лучи, составляя изображение, передаваемое на монитор компьютера. При помощи движения лазерного луча происходит послойное сканирование исследуемого объекта. Изображение, получаемое на мониторе CLSM по отношению к световому микроскопу, имеет зеркальное отображение под углом 90°.

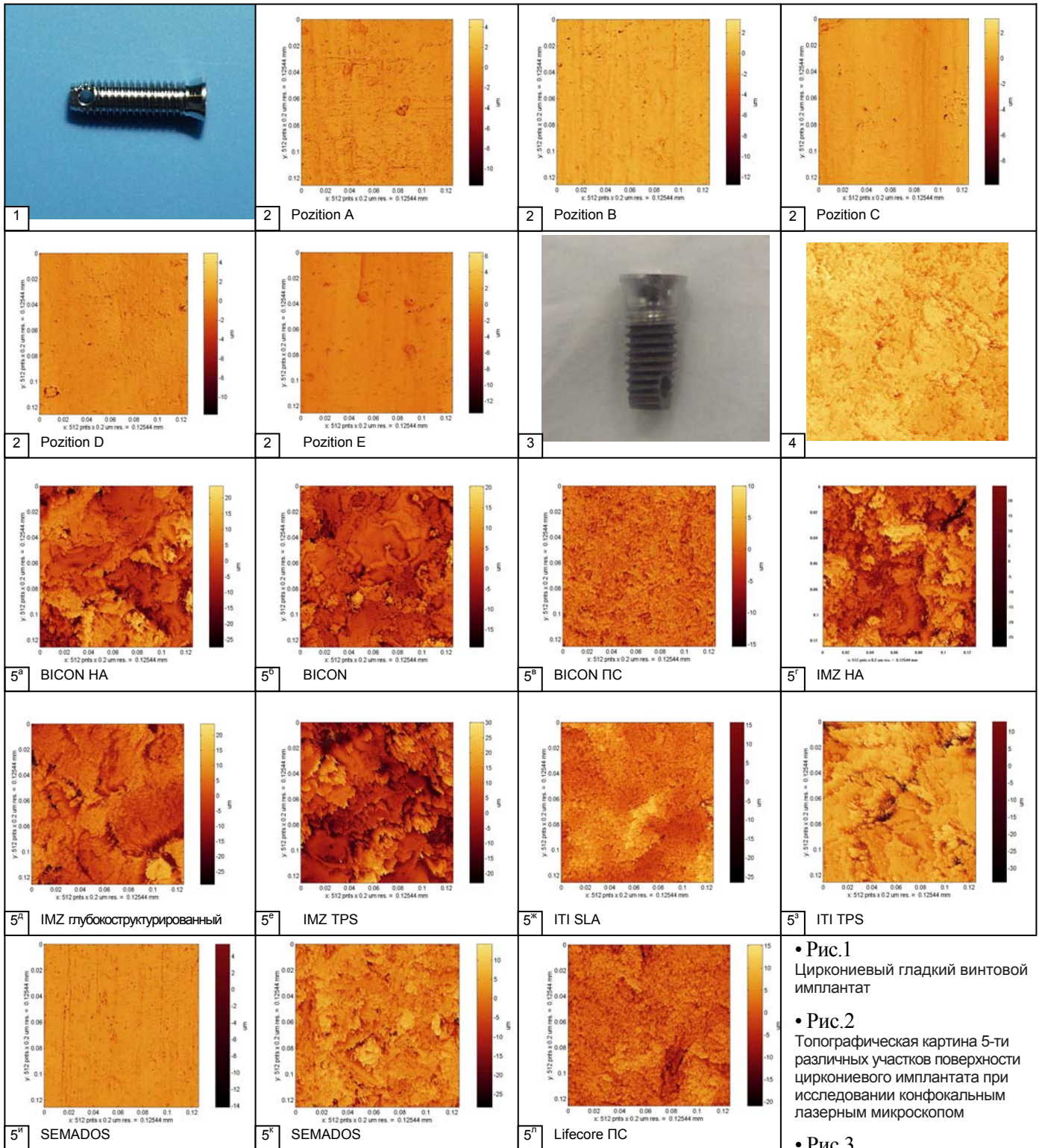
С целью сравнительной оценки модифицированных поверхностей при помощи CLSM были изучены: отечественный циркониевый имплантат "Дивадент" и 11 модификаций 5 европейских систем имплантатов с измерением 4-х показателей, характеризующих шероховатость поверхности по специальной методике. Европейские системы были представлены имплантатами:

1. BICON а) пескоструйная (ПС), б) титан-плазма напыление (TPS), в) напыление гидроксиапатитом (НА);
2. IMZa) глубоко структурированная, б) титан-плазма напыление (TPS), в) напыление гидроксиапатитом (НА);
3. ITI а) пескоструйная + обработанная кислотой (SLA), б) титан-плазма напыление (TPS);
4. SEMADOS а) гладкий, б) титан-плазма напыление (TPS);
5. LIFECORE а) пескоструйная (ПС).

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИМПЛАНТАТОВ ПРИ ПОМОЩИ CLSM НА ПРИМЕРЕ ГЛАДКОГО ЦИРКОНИЕВОГО ИМПЛАНТАТА "ДИВАДЕНТ"

При помощи конфокального лазерного сканирующего микроскопа изучено 5 различных участков (рис.2А-Е) на поверхности циркониевого имплантата (рис.1), на каждом из которых был произведен 161 оптический срез с интервалом в 0,25 μm (микрометров). Размер полученного изображения — 125μm. Таким образом, площадь сканируемого участка составила 125x125 μm при толщине 40 μm.

Для каждого из 161 оптического среза (с разрешением 512x512 точек) был выявлен самый светлый отражающий участок на поверхности имплантата, характеризующий



- Рис. 1 Циркониевый гладкий винтовой имплантат
- Рис. 2 Топографическая картина 5-ти различных участков поверхности циркониевого имплантата при исследовании конфокальным лазерным микроскопом
- Рис. 3 Имплантат системы "Дивадент" после модификации поверхности
- Рис. 4 Исследование поверхности циркониевого имплантата при помощи CLSM после обработки кристаллами  $ZrO_2$ .
- Рис. 5 поверхности различных систем имплантатов при исследовании конфокальным лазерным микроскопом

Таблица 1 Сравнительная оценка поверхности гладких имплантатов

Название имплантатов	Sa [ $\mu m$ ]	Sq [ $\mu m$ ]	St [ $\mu m$ ]	Ssk
SEMADOS гладкий	0,37	0,66	16,47	-4,68
Дивадент- Zr гладкий	0,45	0,73	16,44	-3,88

Таблица 2 Параметры шероховатости модифицированной поверхности циркониевого имплантата

Название имплантатов	Sq [ $\mu m$ ]	St [ $\mu m$ ]	Ssk
Дивадент- Zr ПС	2,61	39,94	-0,27



Таблица 3. Параметры шероховатости различных систем имплантатов

Название имплантатов	Sa [ μm ]	Sq [ μm ]	St [ μm ]	Ssk
SEMADOS гладкий	0,37	0,66	16,47	-4,68
Дивадент - Zr гладкий	0,45	0,73	16,44	-3,88
BICON PC	1,96	2,53	27,95	-0,79
Дивадент- Zr-PC	1,91	2,61	39,94	-0,27
LIFECORE RBM	2,95	3,68	34,91	-0,56
ITI SLA	3,32	4,20	39,78	-0,19
SEMADOS TPS	3,57	4,72	39,95	-1,26
BICON TPS	4,05	5,30	44,44	-0,68
ITI TPS	4,28	5,98	49,45	-1,97
IMZ глубокоструктур.	4,53	6,11	47,11	-1,02
BICON HA	5,92	7,54	48,71	-0,28
IMZ TPS	6,65	8,27	49,48	-0,14
IMZ HA	7,18	8,76	51,86	0,02

поверхность как наиболее гладкую, и темный участок, определяющий возвышение над уровнем поверхности. Далее при помощи компьютерной программы с последующей цифровой обработкой рассчитывалась степень шероховатости поверхности.

Все полученные изображения (рис.2А-Е) были оценены при помощи следующих параметров, характеризующих шероховатость поверхностей:

Sa — средняя глубина шероховатости;

Sq — корень из среднего квадратного отклонения глубины профиля шероховатости;

St — расстояние между наивысшей и наинизшей точками;

Ssk -- кривизна топографического уровня распределения.

На основании полученных данных (таблица 1) можно полагать, что гладкий циркониевый имплантат "Дивадент" имеет параметры, характеризующие его как качественно обработанную гладкую поверхность. В сравнительном анализе с другими европейскими имплантатами он занимает достойное место в группе гладких имплантатов, что подтверждается анализом отдаленных результатов его клинического применения.

### МЕТОДИКА МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЦИРКОНИЕВОГО ИМПЛАНТАТА

Пескоструйная обработка имплантатов из циркониевого сплава Э-125 (диаметр 4 мм, длины 10,5; 12,5; 14,5 мм), изготавливаемых ООО"СЧПК ДИВА", проводилась кристаллами оксида циркония (ZrO<sub>2</sub>) (давление воздуха в инжекторе при открытом клапане 6 bar. и диаметр сопла — 1,5 мм). Имплантат закреплялся в специальном вращающемся устройстве на расстоянии 30 мм от торца сопла до обрабатываемой поверхности. Размер частиц - - 50-70 мкм. Верхняя треть полированной части имплантата изолировалась при помощи пластиковой накладки, которая предохраняла шейку и один виток резьбы имплантата.

Направление движения частиц выбиралось таким образом, чтобы оно составля-

ло 90° с осью имплантата. Время нахождения поверхности имплантата в зоне воздействия частиц оксида циркония увеличивалось с 15сек при перемещении зоны обработки к апикальной части имплантата для сегмента в 30° от длины поверхности.

Апикальная часть имплантата обрабатывалась при условии параллельности оси имплантата и направления движения частиц оксида циркония.

После модификации поверхности имплантаты промывались в 96° спирте в течение 20 минут. Далее они высушивались и упаковывались (рис.3).

Затем поверхность имплантата исследовалась по аналогичной методике при помощи CLSM (рис.4, табл.2).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Как следует из результатов исследования, представленных в таблице 3, разброс величин средней глубины шероховатости (Sa) составляет от 0,37-7,18 μm; корень из среднего квадратного отклонения глубины профиля шероховатости (Sq) - от 0,66-8,76 μm; расстояние между наивысшей и наинизшей точками (St) - от 16,47-51,86 μm; кривизна топографического уровня распределения (Ssk) от -4,68 до 0,02.

Визуальная и цифровая оценка модифицированных поверхностей имплантатов при помощи CLSM показала, что средняя глубина шероховатости поверхностей от 1,96 до 7,18 мкм (рис.5а-л).

По данным литературы, средняя глубина шероховатости поверхности после пескоструйной обработки корундом, пескоструйной обработки и протравливания смесью кислот, протравливания или плазменного напыления колеблется от 1,5 до 5 мкм и совпадает со средними значениями оптимальной шероховатости поверхности. Результаты ряда экспериментов, в которых оценивались имплантаты с различной топографией поверхности, показали, что усиление механизма записания и улучшение костеобразования наблюдалось в тех случаях, когда создавались поверхности с Sa=1,5 мкм, соответственно теоретически рассчитанной Ханнсоном как оптимальная шероховатость поверхности [1].

**Из проведенного исследования можно сделать вывод, что конфокальный лазерный сканирующий микроскоп дает возможность объективно провести визуальную и цифровую оценку поверхности имплантатов. Методика обработки циркониевых имплантатов кристаллами оксида циркония позволяет подготовить поверхность имплантатов со средней глубиной шероховатости Sa=1,91 мкм, что наиболее приближено к оптимальным параметрам шероховатости.**

### ЛИТЕРАТУРА

- Cooper L.F. Роль топографии поверхности в регенерации и сохранении кости при установке титановых эндооссальных зубных имплантатов. // Новое в стоматологии №8, 2002 (108). - С.83-92.
- Esposito M., Hirsch J.M., Lekholm U., Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. // Etiopathogenesis. Eur J Oral Sci 1998; 106:721-764.
- Esposito M., Thomsen P., Molne J., Gretzer C., Ericson L.E., Lekholm U.: Immunohistochemistry of soft tissue surrounding late failures of Branemark implants. Clin Oral Implants Res 1997; 8: 352-366.
- Ivanoff C.J., Sennerby L., Johansson C., Rangert B., Lekholm U.: Influence of implant diameters on the integration of screw implants. An experimental study in rabbits. Int J Oral Maxillofac Sug 1997; 26: 141-148.
- Konig-Junior B., Beck T.J., Kappert H.F., Kappert C.C., Masuko T.S.: A study of different calcification areas in newly formed bone 8 weeks after insertion of dental implants in rabbit tibias. Anat Anz 1998; 180: 471-475.
- Lekholm U., Zarb G.A. Patient selection and preparation. In Branemark P-L, Zarb G.A., Albrekton T. Tissue Integrated Prosthesis. Chicago: Quintessence; 1985, p 202.
- Li J. Bone-implant interface remaining tissues on the implant surface after push-out test: an SEM observation. Biomed Mater Eng 1997; 7: 379-385.
- Pebe P., Bardot R., Trimad /., Pesquara A., Lucente L., Nishimura R., Nasr H.: Counter torque testing and histomorphometric analysis of various implant surfaces in canines: a pilot study. Implant Dent 1997; 6: 256-265.
- Piatelli A., Corigliano M., Scarano A., Quaranta M.: Bone reactions to early occlusal loading of two stage titanium plasma-sprayed implants: a pilot study in monkeys. Int J Periodontics Restorative Dent 1997; 17: 162-169.
- Piatelli A., Scarano A., Di Alberti L., Piatelli M.: Histological and histochemical analyses of acid and alkaline phosphatase around hydroxyapatite-coated implants: a time course study in rabbit. Biomaterials 1997; 18: 1191-1194.
- Steflik D.E., Corpe R.S., Lake F.T., Young T.R., Sisk A.L., Parr G.R., Hanes P.), Berkery D.J.: Ultrastructural analyses of the attachment zone between bone and implanted biomaterials. J Biomed Mater Res 1998; 39: 611-620.
- Wennerberg A., Ektessabi A., Albrektsson T., Johansson C., Andersson B.: A 1-yaer follow-up of implants of differing surface roughness placed in rabbit bone. Int J Maxillofac Implants 1997; 12: 486-494.
- Wie H., Hero H., Solheim T.: Hot isostatic pressing-processed hydroxyapatite-coated titanium implants: light microscopic and scanning electron microscopic investigation. Int Oral Maxillofac Implants 1998; 13: 837-844.
- Кулаков О.Б., Лебенко И.Ю., Матюнин В.В., Головин К.И., Чиликин Л.В., Nagursky Н. Изучение взаимодействия винтовых имплантатов из сплава циркония Э-125 с костной тканью в эксперименте на животных. // Российский стоматологический журнал №4. - 2000. - С.8-10.
- Кулаков О.Б., Матюнин В.В., Головин К.И., Кизон Л.З. Применение дентальных имплантатов после проведенных реконструктивных операций на челюстных костях. Материалы 8-ой Всероссийской научно-практической конференции "Актуальные проблемы стоматологии" Москва, 23-26 апреля 2002. - С.289-290.