

<https://doi.org/10.17116/stomat20199803152>

Сравнительное исследование поверхностей трех типов имплантатов (TiUnite, SLA, RBM) с контрольным образцом, периимплантитом, обработанных лазером Er;Cr;YSGG длиной волны 2780 нм

Т.В. ФУРЦЕВ^{1,2}, Г.М. ЗЕЕР³

¹ФГБНУ КНЦ СО РАН Институт медицинских проблем Севера, Красноярск, Россия; ²ООО ЛНУПЦ МедиДент, Красноярск, Россия; ³ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия

Цель исследования — оценка морфологического и элементного состава различных по типу поверхностей имплантатов, с диагнозом периимплантита, подвергнутых обработке лазером Er;Cr; YSGG длиной волны 2780 нм в сравнении с не подвергнутыми. Использовали имплантаты трех производителей: (1 — «NobelBiocare» (Швеция), поверхность TiUnite; 2 — «XIVE Dentsplay» (Германия), поверхность SLA; 3 — «BioHorizons» (США), поверхность RBM). Электронно-микроскопическими методами исследовали поверхности контрольных (новых) имплантатов, удаленных с диагнозом периимплантита, с диагнозом периимплантита и обработанных лазером. Выявлено, что поверхность новых стерильных имплантатов не идеальна, на ней присутствуют следы импрегнации неорганическими соединениями, выявлено большое количество посторонних химических элементов, особенно на поверхности SLA имплантата XIVE Dentsplay. Поверхность опытных имплантатов с диагнозом периимплантита очень сильно загрязнена углеродом (С), фосфором (Р), серой (S), кремнием (Si) и др. образующимися на поверхности во время воспаления. После обработки этой же поверхности лазером Er; Cr; YSGG длиной волны 2780 нм происходит очищение поверхности, и элементный состав практически полностью соответствует контрольному.

Ключевые слова: поверхность имплантата, периимплантит, лазер, электронная микроскопия, структура поверхности, химические элементы поверхности имплантата.

Comparative research of implants with three types of surface processing (TiUnite, SLA, RBM), control, with periimplantitis and processed by 2780 nm Er;Cr;YSGG laser

Т.В. FURTSEV^{1,2}, G.M. ZEER³

¹Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences — Scientific Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk, Russia; ²Dental Clinic MediDent, Krasnoyarsk, Russia; ³Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Research objective — an assessment of morphological and element composition various as surfaces of implants, with the diagnosis periimplantitis, subjected to processing by the Er laser; Cr; YSGG wave of 2780 nanometers long in comparison with not subjected. Used implants of three producers: (1 — Nobel Biocare (Sweden), TiUnite surface; 2 — XIVE Dentsplay (Germany), SLA surface; 3 — BioHorizons (USA), RBM surface). Electronic and microscopic methods investigated surfaces of the control (new) implants removed with the diagnosis periimplantit, with the diagnosis periimplantit and processed by the laser. It is revealed that the surface of new sterile implants isn't ideal, on it there are traces of impregnation by inorganic connections, a large amount of foreign chemical elements, especially on a surface of SLA of an implant of XIVE Dentsplay is revealed. The surface of skilled implants with the diagnosis periimplantit is very strongly polluted by carbon (C), phosphorus (P), sulfur (S), silicon (Si), etc., being formed on a surface during an inflammation. After processing of the same surface by the Er laser; Cr; YSGG wave of 2780 nanometers long occurs surface clarification, and the element structure almost completely corresponds to the control.

Keyword: surface of implant, treatment of periimplantit, laser, the scanning electron microscopy, structure of a surface, element composition.

Для корреспонденции: Фурцев Тарас Владимирович — профессор института медицинских проблем Севера ФГБНУ КНЦ СО РАН, ул. П. Железняк, 3ж, Красноярск, Россия, 660022; моб. тел.: +7(902)924-5004; e-mail: taras.furtsev@gmail.com

Актуальность

На сегодняшний день большое количество стоматологов используют дентальную имплантацию в качестве метода реабилитации для пациентов. Отсюда растет количество осложнений, связанных с этим методом лечения, в частности, возникновение периимплантита [1—3]. Одним из ин-

тересных и перспективных методов лечения периимплантита может быть лечение с помощью лазерных технологий. На сегодняшний день достаточно большое количество работ посвящено воздействию на воспалительный очаг вокруг имплантата и сам имплантат различными типами лазеров. Основная задача такого лечения — добиться микробной деконтаминации поверхности имплантата [4—7]. Известно, что поверхности имплантатов, в зависимости от произ-

© Т.В. Фурцев, Г.М. Зеер, 2019

водителя, различаются с точки зрения чистоты поверхности [8]. Это в свою очередь может сказываться на качестве и сроках остеоинтеграции и иммунном ответе со стороны организма, соответственно и на успешности проводимого лечения. На сегодняшний день работ, посвященных изучению поверхностей имплантатов и их влиянию на риски развития и лечения периимплантита, в научной литературе мало. В связи с вышесказанным методы лечения периимплантита остаются по-прежнему актуальными.

Цель исследования — оценка морфологического и элементного состава различных по типу поверхностей имплантатов, с диагнозом периимплантит, подвергнутых обработке лазером Er;Cr; YSGG длиной волны 2780 нм в сравнении с не подвергнутыми.

Материал и методы

Для исследования использовали по 2 имплантата трех производителей с разными поверхностями: 1 — «NobelBiocare» (Швеция), поверхность TiUnite (анодированный диоксид титана); 2 — «XIVE Dentsplay» (Германия), поверхность SLA (пескоструйная обработка оксидом алюминия)/кислотное травление); 3 — «BioHorizons» (США), поверхность RBM (струйная обработка гидроксиапатитом/кислотное травление).

Все имплантаты функционировали от 3 до 10 лет, удаление имплантатов проводилось по диагнозу — периимплантит. После удаления поверхность имплантатов подвергнута обработке лазером Er;Cr; YSGG длиной волны 2780 нм при следующих характеристиках: мощность 1.5 Вт, частота 15 Гц, вода/воздух 20/20. Для контроля использовали по одному имплантату из стерильной упаковки от каждого производителя. Исследованию подвергали 3 поверхности: 1 — инфицированную поверхность имплантата, которая находилась в непосредственном контакте с грануляционной тканью без обработки лазером; 2 — инфицированную поверхность, подвергнувшуюся обработке лазером Er;Cr; 3 — поверхность абсолютно нового, из упаковки имплантата — контроль. Электронно-микроскопические исследования проводили в лаборатории электронной микроскопии Центра коллективного пользования Сибирского федерального университета на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JEOL JSM 7001-F (Япония), укомплектованном энергодисперсионным спектрометром. Морфологию поверхности изучали во вторичных электронах на увеличениях: $\times 1,5k$ и $\times 5k$. Качественный и количественный элементный анализ поверхности имплантатов производился методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX).

Результаты и обсуждение

Исследование поверхности имплантатов проведено методами сканирующей электронной микроскопии, СЭМ изображения типичных структур поверхности имплантатов (контроль), полученные на увеличении 1.5k, представлены на **рисунке**.

Анализ изображений структуры поверхности контрольного имплантата NobelBiocare — поверхность TiUnite показал, что его поверхность — микропористая, имеются трещины, которые возникают, скорее всего, в процессе анодирования (**см. рисунок, а**).

На поверхности TiUnite имплантата с диагнозом периимплантит, выявлены загрязнения, в составе которых обнаружены углерод (C), фосфор (P), кислород (O), а также алюминий (Al), кремний (Si), кальций (Ca), натрий (Na), по-видимому, произошла диффузия этих элементов из костной ткани, причем доля фосфора и углерода довольно значительна (**табл. 1**).

Анализ поверхности имплантата с диагнозом «периимплантит», обработанной лазером, показал элементный состав, в котором присутствует фосфор (P), тем не менее, по химическому составу он практически соответствует первоначальному состоянию (контролю) (**см. табл. 1**).

Контрольный имплантат XIVE Dentsplay, поверхность SLA, имеет микрошероховатую поверхность, гетерогенную вследствие загрязнений (**см. рисунок, б**). Анализ структуры поверхности и элементного состава новых имплантатов XIVE Dentsplay выявил значительное наличие загрязнений, состоящих из углерода (C), азота (N), алюминия (Al), натрия (Na), кремния (Si), цинка (Zn), фосфора (P), хлора (Cl), серы (S) (**табл. 2**).

Поверхность SLA имплантата с периимплантитом также сильно загрязнена (**см. табл. 2**), определено большое количество углерода (C) и алюминия (Al), который, по-видимому, остался после пескоструйной обработки, также выявлено наличие цинка (Zn) и серы (S).

Поверхность SLA с периимплантитом, подвергнутая обработке лазером, выглядит значительно чище контрольного имплантата. На поверхности имеются следы оплавления с микротрещинами. Анализ ее элементного состава показал снижение содержания углерода (C), отсутствует цинк (Zn) и сера (S) (**см. табл. 2**).

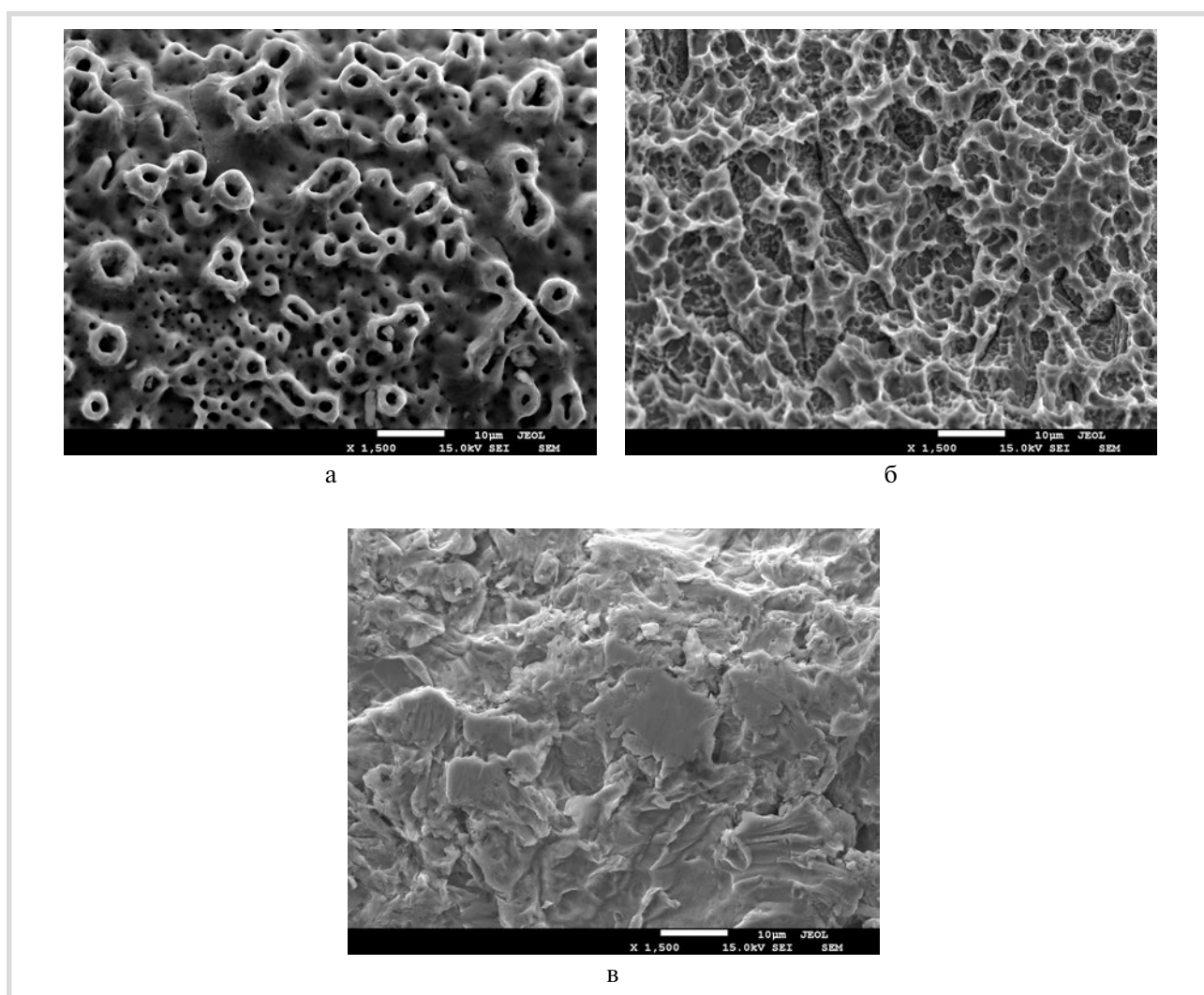
Поверхность контрольного имплантата BioHorizon имеет микрошероховатость, довольно чистая, обнаружено незначительное количество посторонних включений (**см. рисунок, б**), в составе которых присутствуют углерод (C), причем только в области апекса, а также кальций (Ca) и

Таблица 1. Элементный состав, поверхность TiUnite, атомн. %

Spectr	C	O	Na	Al	Si	P	K	Ca	Ti
TiUnite-контроль (TiUnite-control)									
Sp 1		68,54				4,92			26,53
Sp 2		57,49				6,76			35,75
TiUnite-периимплантит (TiUnite-periimplantit)									
Sp 1	14,46	39,16	0,71	0,39	0,51	17,58	0,55	25,22	1,42
Sp 2		37,97				10,46			51,57
TiUnite-периимплантит + лазер (TiUnite-periimplantit + laser)									
Sp 1		58,63				3,19		0,42	37,76
Sp 2		55,91				3,72		0,77	39,59

Таблица 2. Элементный состав поверхности SLA

Spectr	C	O	Al	Si	S	P	Cl	K	Ca	Ti	Zn
SLA-контроль (SLA-control)											
Sp 2	48,39	19,01		0,25	0,62		1,43	0,17	0,90	27,89	1,35
Sp 3	23,12									76,88	
SLA-периимплантит (SLA-periimplantit)											
Sp 1	70,54	7,44	1,67	1,72	0,65			0,66			17,32
Sp 2	76,77	20,52	0,32		0,46				0,18		1,75
SLA-периимплантит + лазер (SLA-periimplantit + laser)											
Sp 3				12,02							87,98
Sp 4	15,42	46,70		1,01		0,40			0,28		36,19



СЭМ изображения структуры поверхности новых имплантатов (контроль), $\times 1.5k$.

а — NobelBiocare, поверхность TiUnite; б — XIVE Dentsplay, поверхность SLA; в — BioHorizons, поверхность RBM.

фосфор (P), вероятно, оставшиеся после струйной обработки (табл. 3).

Исследование поверхности имплантата BioHorizons с периимплантитом выявило наличие большого количества посторонних включений. Элементный состав включений выявил такие элементы, как углерод (C), кислород (O), фос-

фор (P), серу (S), хлор (Cl), кальций (Ca), никель (Ni), хром (Cr) (см. табл. 3).

Поверхность с периимплантитом, обработанная лазером, имеет следы оплавления. Она значительно чище и по элементному составу практически соответствует составу контрольного имплантата. Кроме того, не обнаружено эле-

Таблица 3. Элементный состав поверхности RBM

Spectr	C	N	O	Al	P	S	Ca	Ti	V
RBM-контроль (RBM-control)									
Sp 1				8,35			0,76	87,05	3,84
Sp 2				8,31	1,15			87,61	2,94
RBM-периимплантит (RBM-periimplantit)									
Sp 2	60,49	14,30	15,42	0,91	0,22	0,78		7,49	0,39
Sp 4	74,00		21,80	0,34	0,41	0,67		2,78	
RBM-периимплантит + лазер (RBM-periimplantit + laser)									
Sp 2			49,06	5,63				44,05	1,25
Sp 3			47,13	5,52				45,54	1,82

ментов кальция (Ca) и фосфора (P), но выявлено высокое содержание кислорода (O), что говорит об образовании оксидов (см. табл. 3).

Заключение

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что поверхность исследуемых новых стерильных имплантатов не идеальна, на ней присутствуют следы импрегнации неорганическими соединениями, выявлено большое количество посторонних химических элементов, особенно на поверхности SLA имплантата XIVE Dentsplay. Поверхность опытных имплантатов с диагнозом периимплантит сильно загрязнена химическими элементами, причем

количество таких, как углерод (C), фосфор (P), сера (S), кремний (Si) и др. образующихся на поверхности во время воспаления, является значительным. После обработки этой же поверхности лазером Er; Cr; YSGG длиной волны 2780 нм происходит очищение поверхности, и элементный состав практически полностью соответствует контрольному. Возможно, воздействие лазера не только позволяет де-контaminировать поверхность от бактерий, но и очистить от посторонних включений, которые в свою очередь могут побуждать иммунный ответ со стороны организма, что в свою очередь может сказаться на не благоприятном прогнозе лечения периимплантита.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Renvert S, Persson GR. Periodontitis as a potential risk factor for peri-implantitis. *J Clin Periodontol.* 2009;36(suppl 10):9-14. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2009.01416.x>
- Heitz-Mayfield LJ. Peri-implant diseases: Diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol.* 2008;35(suppl 8):292-304. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2008.01275.x>
- Galindo-Moreno P, Fauri M, Avila-Ortiz G, Fernandez E. Influence of alcohol and tobacco habits on peri-implant marginal bone loss: A prospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16(5):579-586. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01148.x>
- Кулаков А.А., Хамраев Т.К., Каспаров А.С., Амиров А.Р. Использование эрбиевого лазера для устранения осложнений имплантологического лечения. *Стоматология.* 2012;91:6:55-58. [Kulakov AA, Khamraev TK, Kasparov AS, Amirov AR. Use of erbium laser for treatment of dental implant complications. *Stomatologiya.* 2012;91:6:55-58. (In Russ.)].
- Takasaki AA, Aoki A, Mizutani K, Kikuchi S, Oda S, Ishikawa I. Er:YAG Laser therapy for peri-implant infection: A histological study. *Lasers Med Sci.* 2007;22 (3):143-157. <https://doi.org/10.1007/s10103-006-0430-x>
- Schwarz F, Bieling K, Nuesry E, Sculean A, Becker J. Clinical and histological healing pattern of peri-implantitis lesions following non-surgical treatment with an Er:YAG Laser. *Laser Surg Med.* 2006;38(7):663-671. <https://doi.org/10.1002/lsm.20347>
- Renvert S, Lindhal C, Roos-Jansaker AM, Persson R. Treatment of peri-implantitis using Er:YAG Laser or an air-abrasive device. A randomised clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2011;38(1):65-73. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2010.01646.x>
- Davidas JP. Looking for a new international standard for characterization, classification and identification of surfaces in implantable materials: the long march for the evaluation of dental implant surfaces has just begun. *POSEIDO.* 2014;2(1):1-5.

Поступила 25.11.18

Received 25.11.18