

АНАЛИЗ ОСЛОЖНЕНИЙ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

А.И.Яременко

• д.м.н., профессор, зав. кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, директор клиники челюстно-лицевой хирургии, проректор по учебной работе, ГБОУ ВПО "СПбГМУ им. акад. И.П.Павлова" Минздрава РФ
Адрес: 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8
Тел.: +7 (812) 338-78-95

М.В.Котенко

• ассистент, кафедра челюстно-лицевой хирургии и стоматологии общей практики, ГБОУ ДПО "Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей" Минздрава РФ
Адрес: 654034, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, пер. Шестакова, д. 14
Тел.: +7 (3843) 37-73-84

С.Н.Мейснер

• к.тех.н., младший научный сотрудник, ФГБУ науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Адрес: г. Томск, пр. Академический, д. 2/1
Тел.: +7 (3822) 28-69-89

В.В.Раздорский

• к.м.н., ассистент, кафедра челюстно-лицевой хирургии и стоматологии общей практики, ГБОУ ДПО "Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей" Минздрава РФ
Адрес: 654034, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., пер. Шестакова, д. 14
Тел.: +7 (3843) 37-73-84

Резюме. Индивидуальные субпериостальные имплантаты, полученные методом литья в вакууме из титана Grade-4, через 2-5 лет после установки в 10 случаях удалены в связи с дестабилизацией протезо-имплантатной системы, и в 5 случаях произошло разрушение имплантатов на уровне шейки. Ранний периимплантит и перелом 5 двухэтапных цилиндрических винтовых имплантатов из титана Grade-4 наблюдался у 13,5% пациентов и у 10,8% больных — после денальной имплантации 4 одноэтапных винтовых конструкций из титана BT1-0 (разница недостоверна $\chi^2=0,141$, $p=0,708$).

Перелом 6 пластиночных и 6 цилиндрических четырехкорневых имплантатов произошёл через 3-8 лет после протезирования, и один цилиндрических имплантат сломался через 3 недели после операции.

Изучены электронно-микроскопические изображения, результаты спектрального анализа поверхностей излома образцов наконечного имплантата из титана Grade-4, пластиночного и цилиндрического четырехкорневого имплантата из никелида титана.

Ключевые слова: денальная имплантация, титан, никелид титана, осложнения, электронная микроскопия, излом.

Inquiry into the complications of dental implantation (A.I.Yaryomenko, M.V.Kotenko, S.N.Meisner, V.V.Razdorsky).

Summary. Patient-specific subperiosteal implants made by vacuum casting method using Grade-4 titanium were removed 2-5 years after insertion in 10 cases because of prosthetic-periimplant system destabilization, and in 5 cases implant collar destruction happened. There was early periimplant pathology and fracture of 5 two-stage cylinder screw implants made of Grade-4 titanium observed in 13,5% patients and in 10,8% patients after 4 BT1-0 one-stage screw structures dental entheses (discrepancy is not tested $\chi^2=0,141$, $p=0,708$).

There were 6 blade-vent and 6 cylinder quadruple-rooted implants' fracture happened 3-8 years after prosthetic surgery; and one cylinder implant fractured 3 weeks after operation.

There were electron microscopical images, results of fracture surface spectroscopic analysis for samples of extramedullary Grade-4 titanium blade-vent implant and titanium nickeliide cylinder quadruple-rooted implant explored.

Key words: dental implantation, titanium, titanium nickeliide, complications, electron microscopy, fracture.

ВВЕДЕНИЕ

Свойства имплантационных материалов, прежде всего: инертность, адгезия, прочность, упругость — являются необходимыми качествами, предъявляемыми к имплантационным материалам [1, 4, 6].

Химический состав имплантационного материала во многом определяет биологическую совместимость и механические свойства самого имплантата. Известно, что отклонения в виде органического и неорганического

загрязнения поверхности имплантатов значительно повышают риск ранней утраты имплантата, развития периимплантита [5, 8]. Увеличенное содержание ионов алюминия, кислорода, железа в материале приводит к образованию вокруг имплантата соединительнотканной прослойки, что является признаком недостаточной биоинертности материала. Предел текучести, прочностные характеристики титана BT1-0, по сравнению с технически чистым титаном Grade-4, ниже в 2 раза. По мнению некоторых авторов, титан Grade-4 для изготовления денальных имплантатов является более предпочтительным. В доступной нам литературе в основном приводятся результаты эффективности денальной имплантации с учетом конструктивных особенностей имплантатов, но без учета особенностей имплантационного материала. Ранние осложнения в виде периимплантита после денальной имплантации с применением винтовых цилиндрических конструкций наблюдаются у 8,2-15,0% больных [3, 7].

Выживаемость имплантационного протеза с удовлетворительной жевательной функцией в отдаленные сроки после протезирования наблюдается лишь в 74,9-86,1% случаях [2, 4, 7].

Самофиксирующиеся конструкции из сплава никелида титана (Ni45Ti ASTM F — Fremont, USA), TH-1 (ТУ 184220-003-16980791-2013 — "Матекс", Москва) последние 30 лет успешно применяются в денальной имплантации. В доступной нам литературе мы не обнаружили сообщений о миграции имплантатов из кости, имеются упоминания о случаях перелома денальных имплантатов [9].

Особенности разрушения денальных имплантатов и причины, провоцирующие перелом конструкций, в целом мало изучены.

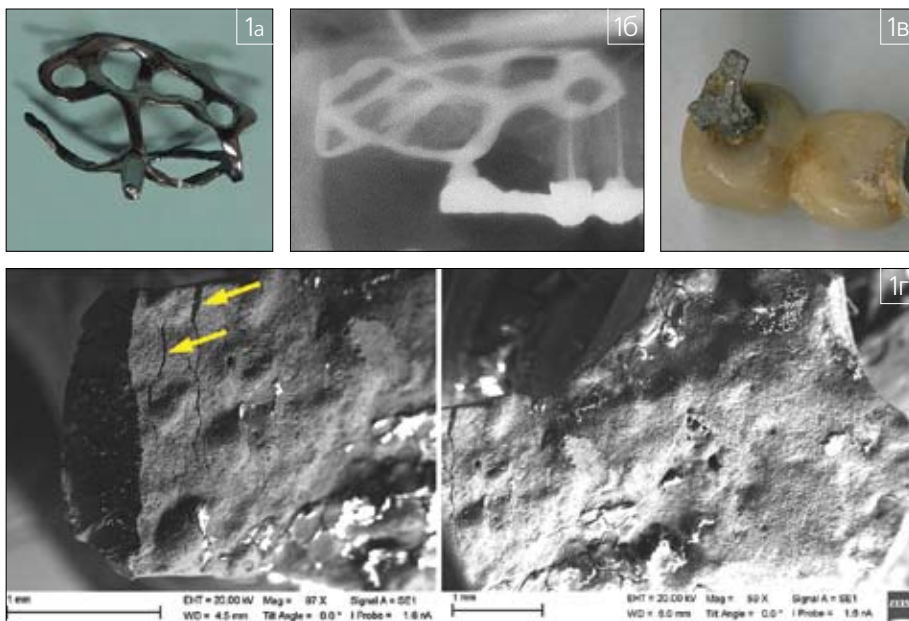
ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить особенности поверхности излома имплантатов из никелида титана и наконечных имплантатов из титана Grade-4.

МАТЕРИАЛЫ

И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За период 2005-2014 гг. удалено 37 денальных имплантатов, в том числе 15 (40,5%) наконечных индивидуально изготовленных методом литья из титана Grade-4 в вакуумной печи Cyclare (J. Marita corporation — Япония), 5 (13,5%) цилиндрических двухэтапных денальных имплантатов из титана Grade-4 (Osstem SA — Корея) и 4 (10,8%) одноэтапных имплантата из титана BT1-0 (Русимплант — Москва). Были удалены 6 (16,2%) одноэтапных пластиночных конструкций с двумя опорными головками, изготовленными из никелида титана, и у 3 больных было удалено 7 (18,9%) цилиндрических одноэтапных имплантатов (ООО МИЦ СПФ — Новокузнецк). Все используемые имплантаты были сертифицированы, имелись разрешения Рос-



■Рис. 1. Фото образца №1 (индивидуальный наkostный имплантат из титана Grade-4):

а — вид имплантата перед установкой; б — рентгенограмма через 12 месяцев после протезирования; в — фото удаленного мостовидного протеза; г — электронно-микроскопические изображения поверхностей излома (стрелками указаны трещины разрушения)

здравнадзора на их производство и применение в клинике. Нарушений медицинской технологии хирургического и ортопедического этапов лечения больных с частичным отсутствием зубов при использовании метода дентальной имплантации не было.

Субпериостальные (наcostные) имплантаты из титана Grade-4 были отлиты по огнеупорной модели, полученной с прямым оттиска беззубого альвеолярного отростка верхней челюсти (разрешение Росздравнадзора на новую медицинскую технологию “Лечение пациентов с частичной и полной адентией верхней челюсти с использованием субпериостальной экспресс-имплантации” ФС №2009/314 от 04.09.2009).

У пациентов с горизонтальной и вертикальной атрофией альвеолярного отростка верхней челюсти, исключаящей установку внутрикостных имплантатов, применение индивидуально изготовленных наcostных имплантатов являлось альтернативным в случае отказа пациентов от костно-пластической реконструкции альвеолярного отростка, установки скулового имплантата.

Фиксирующими элементами субпериостальных имплантатов служили наcostные крылья, позиционированные в ретенционных пунктах основания беззубого участка альвеолярного отростка верхней челюсти по вестибулярному и небному скатам. Наcostные крылья объединялись перекидными лентами, на вершине которых располагали опорные головки, предназначенные для припасовки металлокерамического протеза.

При моделировании конструкции учитывалась необходимость равномерного распределения вертикальных жевательных нагрузок через протез и опорные головки по перекидным лентам и крыльям на основание альвеолярного отростка [2, 3]. Протез припасовывали через 5-6 месяцев после операции, в опору включали соседние с дефектом зубы.

Цилиндрические одно- и двухэтапные винтовые конструкции были установлены

у 9 больных с включенными дефектами (отсутствовало 1-2 жевательных зуба) верхнего (n=3) и нижнего (n=6) зубных рядов. Вертикальный размер беззубого участка альвеолярного отростка — не менее 16,0-18,0 мм, горизонтальный — не менее 12,0-14,0 мм. Подготовку костного ложа фрезами нарастающего диаметра выполняли при адекватном охлаждении. Первичная фиксация цилиндрических винтовых одно- и двухэтапных имплантатов осуществлялась за счет вкручивания конструкций во внутрикостное ложе до плотного контакта с костными стенками. Долговременное стабильное положение внутрикостного имплантата обеспечивалось формированием контакта имплантата с костью по типу фиброостеоинтеграции. В течение всего периода фиброостеоинтеграции (4-6 месяцев) жевательные нагрузки на имплантат не допускались. После окончательной стабилизации двухэтапных имплантатов в кости присоединяли супраструктуру и устанавливали мостовидный протез. Оклюзионную поверхность временного протеза с опорой на одноэтапные винтовые имплантаты формировали с ограниченным числом контактов или вне прикуса, протез припасовывали через 2-2,5 недели после имплантации, постоянный протез устанавливали через 3-6 месяцев.

Пластинчатые конструкции с эффектом памяти формы (толщина внутрикостного тела и головки — 1,2 мм) были установлены в области концевых дефектов нижнего зубного ряда у 5 больных и у одного пациента с концевым дефектом верхнего зубного ряда. Горизонтальный размер гребня беззубого участка альвеолярного отростка — 8,0-10,0 мм, вертикальный размер — 12,0-15,0 мм.

При восстановлении дефектов жевательного сегмента нижнего зубного ряда у 3 больных были задействованы 7 цилиндрических четырехкорневых имплантатов из никелида титана. Имплантаты устанавливали по принципу: “один отсутствующий зуб

— один имплантат” [2, 4]. Диаметр внутрикостного тела имплантата — 4,0 мм, высота — 10,0-12,0 мм, толщина окружающей кости по периметру имплантата — не менее 3,0 мм.

Первичная фиксация имплантатов из никелида титана достигалась за счет расхождения в костном ложе активных элементов в процессе их формовосстановления, а в последующем — врастания костной ткани в перфорационные отверстия и между активными элементами конструкций.

Временное протезирование было выполнено через 3-4 недели после операции, постоянное — через 2-3 месяца. В опору протеза были включены соседние с дефектом зубы (имплантаты).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наcostные индивидуальные имплантаты, изготовленные из титана Grade-4 путем литья в вакуумной печи Cyclare-II (J.Morita corporation — Япония), удалены у 5 (33,7%) больных в сроки от 6 месяцев до 5 лет после протезирования. Причина удаления конструкции — перелом на уровне шейки. В процессе выделения имплантатов из рубцовой ткани изменений подлежащей кости не обнаружено.

Наcostные имплантаты из титана Grade-4 через 2-5 лет после протезирования были удалены у 10 (66,7%) из 15 больных в связи с подвижностью имплантационного протеза. В результате продолжающейся атрофии альвеолярного отростка верхней челюсти контакт имплантата с костью снизился. После рассечения мягких тканей элементы имплантата извлечены без затруднений.

Стандартные винтовые двухэтапные внутрикостные дентальные имплантаты из титана Grade-4 (OsstemSA — Корея) в связи с развитием декомпенсированного периимплантита в 3 (60,0%) из 5 случаях удалены до протезирования. Имплантаты окружала рыхлая рубцовая ткань с грануляциями. Причиной удаления имплантационного протеза через 8 и 11 лет после протезирования у 2 (40,0%) пациентов послужил перелом двухэтапного винтового цилиндрического имплантата на уровне перехода супраструктуры во внутрикостную часть. В процессе удаления имплантаты захвачены щипцами через трепанационный паз в кости, окружающей его тело, и извлечены. Резьба имплантатов имела вмятины, была сглажена.

Подвижность имплантационного протеза (декомпенсированный периимплантит) выявлена у одного пациента через 2 месяца после протезирования с опорой на одноэтапный винтовой имплантат из ВТ1-0 (Русимплант, г. Москва). Из 4 удаленных одноэтапных винтовых имплантатов 3 (75,0%) сломались на уровне шейки через 3-5 лет после завершения лечения пациентов с частичным отсутствием зубов.

Полученные результаты подвергнуты статистическому анализу с применением непараметрического критерия χ^2 с поправкой на непрерывность Йейтса. Статистический анализ данных осуществлялся с помощью русифицированного пакета программы Primer Biostatistics version 4.04 by Stanton A. Glantz [статистический пакет “Биостатистика” (версия 4.03)].

Осложнения после дентальной имплантации цилиндрических двухэтапных имп-

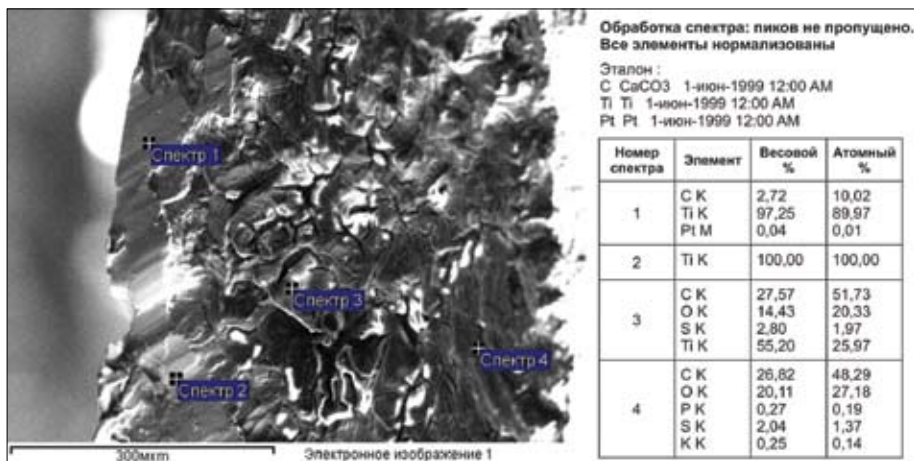


Рис. 2. Фото поверхности излома образца №1 (накостный имплантат из титана Grade-4) и результаты спектрального анализа из различных областей излома

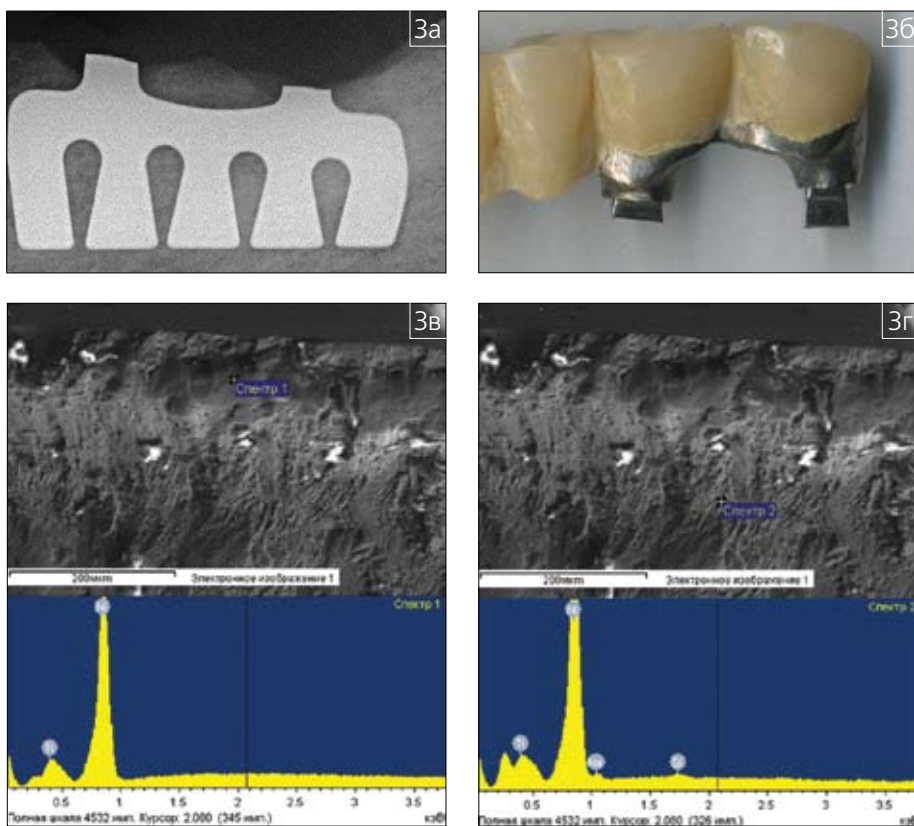


Рис. 3. Фото образца №2 (пластинчатый имплантат из никелида титана) и электронно-микроскопические изображения поверхности излома: а – рентгенограмма перед удалением имплантата; б – фото удаленного протеза; в, г – электронно-микроскопические изображения поверхности излома с областью локального анализа элементного состава и соответствующие им спектры

лантатов из титана Grade-4 и цилиндрических одноэтапных имплантатов из титана BT1-0 (частота миграции и переломов) являются статистически незначимыми ($\chi^2=0,141$, $p=0,708$).

Пациенты с установленными пластиночными имплантатами из никелида титана через 3-8 лет после протезирования обратились с жалобами на подвижность протеза. При рентгенологическом контроле выявлен перелом пластиночных имплантатов на уровне шейки. Внутрикостные элементы конструкции извлечены с трудом, к поверхности имплантата плотно прилежали пластины костной ткани.

У одного пациента перелом одной из четырех оппозитно разведенных ножек цилиндрического имплантата из никелида титана был выявлен перед протезированием. У двух больных разрушение 6 цилиндрических имплантатов, установленных при концевых дефектах нижнего зубного ряда, произошло через 3 и 5 лет после лечения. Области разрушения имплантатов были на уровне оппозитного разведения ножек и месте перехода шейки во внутрикостную часть.

С целью выявления особенностей разрушения накостного имплантата из титана Grade-4, полученного методом литья (образец №1), пластиночного и цилиндрического

имплантатов из никелида титана (образцы №2 и №3) были изучены поверхности изломов. Исследования проведены на растровом электронном микроскопе EVO 50 (Zeiss, Германия, ЦПК ИФПМ СО РАН “НАНО-ТЕХ”), с использованием микрорентгеновского спектрометра INCA (Oxford Instruments, Англия).

При анализе электронно-микроскопических изображений поверхности излома имплантата из титана (образец №1) выявлены магистральные трещины, которые распространяются через поперечное сечение и вдоль которых наблюдается катастрофическое разрушение образца. Структура материала сильно неоднородна. Внутренний объем характеризуется типом зернограничного хрупкого разрушения (разрушения по границам зерен). Наружный слой характеризуется сглаженным рельефом, характерным для вязкого типа разрушения. Вероятно, основной причиной разрушения являлось наличие хрупкой внутренней области, объем которой соизмерим с размерами образца в целом (рис. 1).

Детальный микроанализ химического состава материала образца выявил присутствие значительного количества углерода во внутреннем объеме образца, превышающего 60 ат.%. На наш взгляд, углерод находится не на поверхности, а в матрице сплава. Напротив, наружный слой с пластичным рельефом излома имеет в составе почти 100 ат.% Ti. Это говорит в пользу качественного вывода о причине разрушения данного образца, обусловленного неоднородностью фазового состава и, вероятно, наличием карбидов титана в материнской фазе и по границам зерен этой фазы (рис. 2).

Можно предполагать, что нарушения технологии литья при изготовлении имплантата из титана (образец №1) привели к изменению химического состава и структуры материала, что существенно снизило прочность конструкции.

Изучена поверхность излома пластинчатого имплантата из никелида титана (образец №2), толщиной на уровне шейки 1,2 мм, установленного в области жевательных зубов. В процессе анализа электронно-микроскопических изображений поверхности излома выявлена область локализации деформации. Вокруг кромки явных различий, следов трещин на рельефе поверхности не обнаружено. Сравнительный микрорентгено-спектральный анализ показал, что химический состав материала образца №2 по всей площади поверхности (включая кромки) однороден, не выявлено различий в концентрации основных элементов (титана и никеля) в различных областях на поверхности излома, содержание углерода и кислорода и других примесных элементов минимально (Na — 2,43, Si — 0,64 концентрация, ат.% (± 1 ат.%)) (рис. 3).

При конструировании пластиночного имплантата из никелида титана (образец №2) не была предусмотрена возможность значительных знакопеременных жевательных нагрузок, что повлияло на снижение сроков выживаемости имплантационного протеза. Перенапряжение и деформация в наиболее нагружаемой зоне имплантата привели к его разрушению.

Из анализа электронно-микроскопических изображений различных областей по-

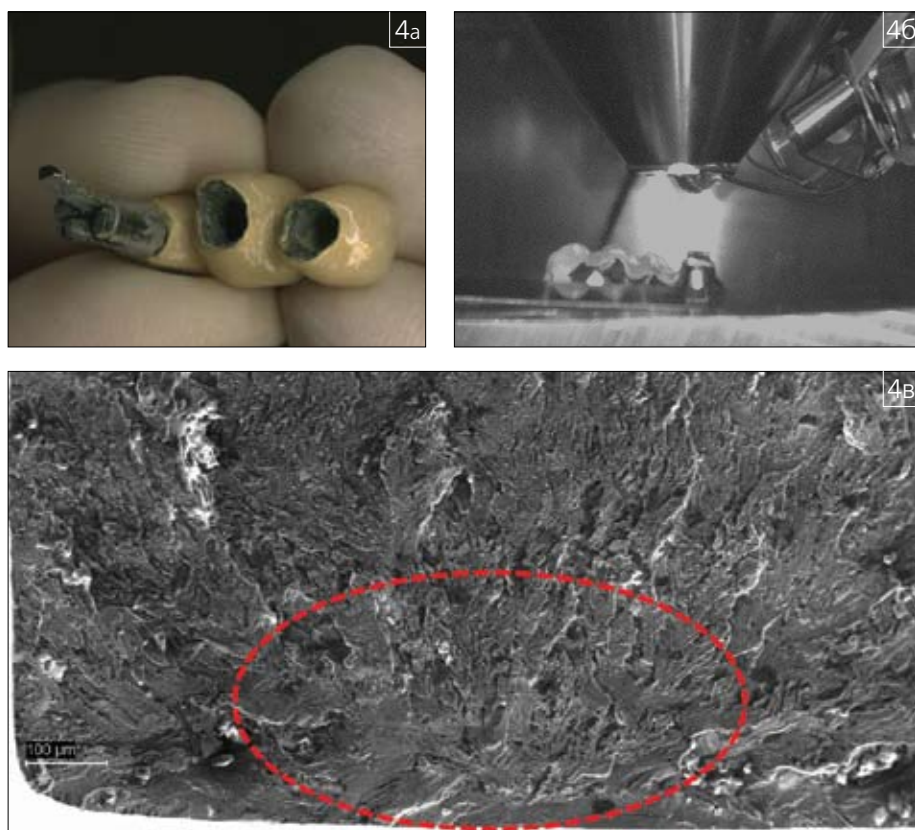


Рис. 4. Фото образца №3 (цилиндрический имплантат из никелида титана) и электронно-микроскопическое изображение поверхности излома: а – фото протеза после удаления; б – положение имплантата в рабочей камере микроскопа; в – изображение поверхности излома (выделена область деформации)

Таблица 1. Атомные концентрации основных элементов на поверхности излома образца №3 (цилиндрический имплантат из никелида титана)

Элементы	Весовой %			Атомный %		
	Спектр №1	Спектр №2	Спектр №3	Спектр №1	Спектр №2	Спектр №3
С К	-	19.85	26.49	-	30.48	53.55
О К	-	39.96	9.89	-	46.07	15.01
Na К	-	0.44	2.81	-	0.36	2.97
Mg К	-	5.01	0.63	-	3.80	0.63
Al К	-	4.90	-	-	3.35	-
Si К	-	12.06	0.38	-	7.92	0.33
Cl К	-	-	0.59	-	-	0.40
S К	-	0.42	-	-	0.24	-
K К	-	0.33	0.54	-	0.15	0.34
Ca К	-	15.24	0.94	-	7.01	0.57
Ti К	40.30	0.61	25.06	45.28	0.23	12.71
Mn К	-	0.26	-	-	0.09	-
Ni К	59.70	0.94	32.67	54.72	0.29	13.51

верхности излома образца №3 из никелида титана следует, что в объеме образца материал находился преимущественно в мартенситном состоянии с характерным мартенситным рельефом пластинчатого типа. При изучении рельефа поверхности разрушения наблюдаются ступенчатые сколы вдоль отдельных пластин с элементами вязкого разрушения. Вдоль кромки образца такого рельефа не наблюдается. Скол соответствует хрупкому разрушению. Имеет место область локализации деформации, около которой наблюдается ряд поперечных трещин. Вероятное место разрушения расположено вблизи данной области (рис. 4).

Оценка элементного состава во внутреннем объеме образца и вблизи его кромки по-

казывает высокую концентрацию углерода и кислорода в приповерхностном слое образца. Именно это может быть причиной разрушения образца в результате упрочнения и охрупчивания поверхностного слоя по механизму дисперсионного упрочнения частицами оксидов и карбидов титана, источниками которых являются примесные элементы — кислород и углерод (табл. 1).

Jean-Paul Davidas приводит результаты изучения поверхности дентальных имплантатов известных зарубежных производителей [5]. У многих моделей имплантатов выявлено значительное загрязнение поверхности органическими (углерод) и неорганическими (кальций, сера, кремний, фтор) включениями, что значительно повышает риск ранней

утраты имплантатов, развитие периимплантитов. Исследование поверхности изломов удаленных в отдаленные сроки после имплантации конструкций позволяет предположить, что отклонения физико-химических параметров имплантационных материалов существенно усиливаются в активной среде организма под влиянием функциональных нагрузок, контакта с материалами протеза и, в конечном итоге, приводят к разрушению имплантата.

Способ исследования поверхностей излома с применением растровой электронной микроскопии с микрорентгеновской спектрографией позволил выявить структурные нарушения и отклонения химического состава исследуемых имплантатов, а также области деформации от перенапряжения. Полученные результаты исследования позволяют усовершенствовать конструирование в соответствии с клиническими задачами и улучшить стандарты качества при изготовлении дентальных имплантатов.

Выводы

1. Ранние и поздние осложнения после имплантации винтовых цилиндрических двухэтапных и одноэтапных имплантатов из титана Grade-4 и ВТ1-0 встречается одинаково часто, соответственно в 13,5% и 10,8% случаях.
2. К разрушению конструкций приводит нарушение структуры и химического состава материала, а также перенапряжения в области максимальных нагрузок на имплантат.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вильяме Д.Ф., Роуф Р. Имплантаты в хирургии: пер. с англ. - М.: Медицина, 1978. - 139 с.
2. Суров О.Н. Зубное протезирование на имплантатах. - М.: Медицина, 1993. - 208 с.
3. Суров О.Н. Современная практика субпериостальной имплантации // Новое в стоматологии. - 2009. - №4. - С. 1-27.
4. Уайз М. Ошибки протезирования. Лечение пациентов с несостоятельностью реставрации зубного ряда: пер. с англ. в 2 т. - М.: Азбука, 2007. - Т.1. - 350 с.
5. Davidas J.-P. 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. - Vol. 2. - № 1. - P. 1-5.
6. Del Fabbro M., Ceresoli V. The fate of marginal bone around axial vs. tilted implants: a systematic review // Eur. J. Oral. Implantol. - 2014. - Vol. 7. - Suppl. 2. - P. 171-189.
7. Elias C.N., Fernandes D.J., Resende C.R., Roestel J. Mechanical properties, surface morphology and stability of a modified commercially pure high strength titanium alloy for dental implants // Dent. Mater. - 2015. - Feb. - Vol. 31. - № 2. - e1-e13. - DOI:10.1016/j.dental.2014.10.002.
8. Li J.Y., Wang H.L. Biomarkers associated with periimplant diseases // Implant Dent. - 2014. - Oct. - Vol. 23. - № 5. - P. 607-611. - DOI:10.1097/ID.000000000000129.
9. Meisner L.L., Nikonova I.V., Razdorskiy V.V., Kotenko M.V. Corrosive resistance and biocompatibility of titanium nickelide with enriched titanium by nanosized S-layers formed by ion beam and electron beam methods // Perspektivniye materialy. - 2009. - №2. - P. 32-44.