

СТОМАТОЛОГИЯ

УДК 616.314-089.28-089.843

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ ВИНТОВЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ СИСТЕМ ANYONE (ЮЖНАЯ КОРЕЯ), BIOHORIZONS (США) И UNO(ИЗРАИЛЬ), RADIX-OSTON (БЕЛАРУСЬ) И RADIX-BALANCE (БЕЛАРУСЬ)

П. А. Гурин¹, Н. А. Скорик²

¹Институт стоматологии Национальной медицинской академии последипломного образования имени П. Л. Шупика, г. Киев,

²Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев

Введение. Актуальными задачами современных технологий производства металлических дентальных имплантатов является, во-первых, формирование хорошо развитой пористой поверхности имплантата, имеющей структурно организованную систему кратеров; во-вторых, полное исключение загрязнения поверхности частицами органического и неорганического происхождения на этапе финишной обработки поверхности. Эти факторы, как известно, играют важнейшую роль в успешной остеоинтеграции.

Цель. Представить результаты исследования морфологии и химического анализа поверхности некоторых винтовых дентальных титановых имплантатов, представленных на стоматологическом рынке.

Материалы и методы. Проведен физико-химический анализ поверхности 5-ти систем винтовых дентальных титановых имплантатов: AnyOne (Южная Корея), Biohorizons (США) и UNO (Израиль), Radix-Oston (Беларусь) и Radix-Balance (Беларусь). Использован растровый электронный микроскоп, оснащенный энергодисперсионным спектрометром.

Результаты. Определены марки титана для каждого исследованного имплантата. Установлена поверхностная концентрация основных компонентов материала и атомов примесей. Проведено сравнение морфологии поверхности в зависимости от ее финишной обработки.

Выводы. Имплантаты систем AnyOne, UNO, Radix-Oston и Radix-Balance произведены из титанового сплава Ti-6Al-4V(Grade 5). Имплантат Biohorizons изготовлен из технически чистого титана (Grade 3). Поверхности являются сравнительно гладкими со следами слабого химического травления. Установлено существенное отличие по химическому составу поверхности всех имплантатов как в отношении основных компонентов, так и технологических примесей.

Ключевые слова: дентальный имплантат, поверхность, морфология, химический состав, растровый микроскоп.

Введение. В настоящее время металлические дентальные имплантаты стали важнейшей частью терапевтического арсенала ортопедической стоматологии. Вместе с тем, до сих пор актуальной проблемой остается поиск оптимальных условий для более успешной остеоинтеграции имплантатов, сокращения сроков их приживления и увеличения длительности функционирования для пациента. В связи с этим, основными задачами большого числа экспериментальных и клинических исследований в стоматологической имплантологии являются: создание более прочных металлических материалов; правильное планирование и выбор ортопедической конструкции; разработка эффективных способов модификации поверхности имплантатов, обуславливающих идеальную биосовместимость с окружающей биологической средой; усовершенствование технологии оперативного вмешательства.

В последние годы однозначно установлено, что остеоинтеграция в значительной мере зависит не только от свойств материала, из которого изготовлен имплантат, но также в значительной степени от свойств его поверхности (шероховатость, пористость, химический состав и чистота поверхности имплантата). Оптимальные поверхностные свойства имплантатов различных конструкций являются решающим фактором для

достижения успешного результата остеоинтеграции, а также обеспечения его долгосрочной стабильности и выживаемости [1-4]. Однако, несмотря на многочисленные исследования последних лет, характеристики идеальной поверхности имплантата всё ещё находятся в процессе становления и требуют дополнительных исследований с применением современных поверхностно-чувствительных методов анализа, позволяющих получать информацию на атомно-молекулярном уровне о строении тончайших поверхностных слоев, протяженностью в несколько нанометров.

Одним из недостатков современных технологий производства металлических дентальных имплантатов является загрязнение поверхности частицами органического и неорганического происхождения. Случайные нано-или микрочастицы различной химической природы могут спровоцировать реакцию на инородное тело с последующей утратой костной ткани на ранних стадиях остеоинтеграции. В результате может наблюдаться частичная утрата остеоинтеграции имплантатов. В идеальном случае после финишной обработки поверхность имплантата должна быть стерильно чистой, не содержать примесей и быть химически инертной.

Недостаточное внимание к финишной обработке поверхности имплантата может нивелировать проявления высоких качеств объема материала и удачной конструкции, так как деградация имплантата чаще всего вызвана неблагоприятными процессами в месте контакта металла с костью. Причем затраты на подготовку поверхности составляют меньшую часть от общих затрат на изготовление имплантата.

Цель. В связи с актуальностью указанной проблемы контроля качества поверхности, цель настоящей работы заключалась в сравнительном анализе морфологических и химических характеристик поверхностей некоторых систем винтовых дентальных титановых имплантатов, представленных на стоматологическом рынке.

Материалы и методы. В настоящей работе проведен физико-химический анализ поверхности 5-ти систем винтовых дентальных титановых имплантатов: AnyOne (Южная Корея), Biohorizons (США) и UNO (Израиль), Radix-Oston (Беларусь) и

НА ДОПОМОГУ ПРАКТИЧНОМУ ЛІКАРЮ

Radix-Balance (Беларусь). На рекламных сайтах данных имплантатов приведены следующие данные о материале и способах финишной поверхностной обработки:

Система AnyOne [5]. Материал-марка титана не указана. Обработка поверхности имплантата основана на SLA технике с нанесением нанослоя из ионов кальция. Как известно, SLA техника основана на пескоструйной обработке и кислотном травлении.

Система Biohorizons [6]. Материал-специальный титановый сплав. Поверхность имплантата обрабатывается биосовместимым фосфатом кальция пескоструйным методом с последующей кислотной или щелочной обработкой. Шейка имплантата проходит обработку лазерным лучом (технология Laser-Lok).

Система Uno [7]. Материал-чистый медицинский титан. Шероховатость и микродизайн поверхности образуются в результате пескоструйной обработки и кислотного травления (SLA техника).

Системы Radix-Oston и Radix-Balance [8] изготовлены из титанового сплава (Ti-6Al-4V, Grade 5). Для очистки поверхности имплантата от технологических загрязнений используют ультразвуковую и пароструйную обработку. С целью формирования необходимой микрошероховатости поверхность имплантата подвергается пескоструйной и кислотной обработке.

Финишная обработка заключается в электрохимическом оксидировании в специальных растворах для формирования на поверхности нанослоя оксида титана. При толщине оксида около 200 нм поверхность приобретает розовый цвет (Radix-Balance). При большей толщине поверхность становится серой (Radix-Oston). Роль данного оксидного слоя заключается в нивелировании вредного воздействия атомов алюминия и ванадия, входящих в состав сплава.

Морфология и химический состав поверхности исследуемых имплантатов исследованы с помощью растрового электронного микроскопа, оснащенного спектрометром для количественного анализа присутствующих химических элементов.

Растровая электронная микроскопия (РЭМ, англ. Scanning Electron Microscopy, SEM) — метод исследования

морфологии и рельефа поверхности твердых веществ [9]. Данный метод основывается на взаимодействии сфокусированного электронного пучка с поверхностью исследуемого образца. Он позволяет существенно увеличить разрешающую способность изображения поверхности по сравнению со световой микроскопией. Основной причиной широкого использования РЭМ является высокое пространственное разрешение, достигающее в серийных приборах 10 нм. На лучших лабораторных приборах реализовано разрешение 2 нм. Другой важной чертой получаемых с помощью растрового электронного микроскопа изображений является их объёмность, обусловленная большой глубиной фокуса прибора. Современный РЭМ позволяет работать в широком диапазоне увеличений приблизительно от 10 крат до 1000000 крат, что приблизительно в 500 раз превышает предел увеличения лучших оптических микроскопов. В основе работы растрового электронного микроскопа лежит принцип сканирования исследуемой поверхности тонким электронным зондом. Диаметр зонда в основном зависит от конструктивных особенностей, прежде всего электронной оптики. В современных микроскопах диаметр зонда составляет 5-10 нм. В результате сканирования электронного зонда по поверхности материала возникают разные вторичные токи, которые улавливаются соответствующими приёмниками и преобразуются в видеосигнал. Облучение образца пучком электронов приводит не только к образованию вторичных и отражённых электронов, а также вызывает испускание характеристического рентгеновского излучения. Анализ этого излучения позволяет определить химический состав поверхности образца. Принципиальная схема растрового электронного микроскопа приведена на рис. 1. Для проведения качественного и количественного элементного анализа поверхности имплантатов использовали метод энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС). Атомы исследуемого образца под воздействием пучка электронов испускают характерное для каждого химического элемента рентгеновское излучение, что позволяет сделать выводы относительно количественного элементного состава поверхности образца.

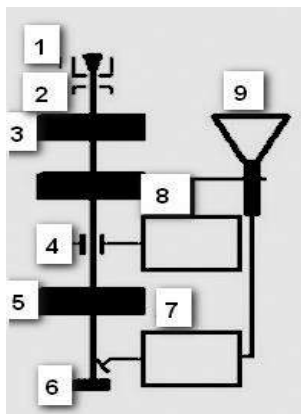


Рис. 1. Принципиальная схема РЭМ: 1-электронная пушка; 2 — анод; 3 — электронные линзы; 4 — окланяющая система; 5 — объективная электронная линза; 6 — образец; 7 — усилитель видеосигнала; 8 — генератор сканирования; 9-катодноручевая трубка (или монитор компьютера)

Химический состав в определенных зонах поверхности имплантатов выполнен с использованием электронного микроскопа MIRA 3 MLU (TESCORSAYHOLDING, Brno-Kohoutovice, Czech Republic), оснащенного энергодисперсионным рентгеновским спектрометром X-max (Oxford Instruments Abingdon, England).

Исследование морфологии поверхности имплантатов с высоким пространственным увеличением проведено с помощью растрового электронного микроскопа JSM6490LV (фирма JEOL, Япония).

Исследуемые имплантаты помещались в вакуумную камеру прибора сразу после вскрытия стерильной упаковки с целью минимального времени их пребывания в окружающей атмосфере.

Результаты. Ниже приведены данные морфологических и химических анализов для каждой системы имплантатов.

Система AnyOne. На рис. 2 приведен внешний вид имплантата и три зоны структурного и химического анализа: зона «а» — плоская выточка без резьбы; зона «б» — вершина резьбы; зона «в» — участок абадмента. Изображения морфоло-

гии поверхності для зон «а» і «б» приведені на рис. 3 і 4, відповідно. Результати локального хімічного аналізу для кожної зони приведені в табл. 1, 2 і 3, відповідно.



Рис. 2. Внешний вид имплантата AnyOne: а, б, в — зоны морфологического и химического анализа

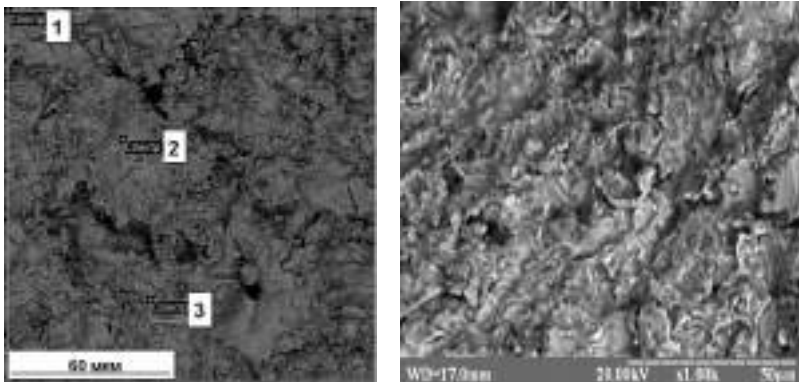


Рис. 3. Морфология поверхности в зоне «а» (плоскость): 1, 2, 3 — зоны локального химического анализа (слева); морфология с большим контрастом (справа)

НА ДОПОМОГУ ПРАКТИЧНОМУ ЛІКАРЮ

РЭМ-ізображення внутрікостної частини даного імплантата в зонах «а» і «б» демонструють, що аналізована поверхня хоча і шерохвата, але не має структурно організованих глибоких кратерів. Останні, як відомо, відповідають за задовільну остеоінтеграцію. Для обох зон характерно наявність чорних плям, яких особливо багато в зоні «б» (вершина різьби). В табл.1 і 2 наведені дані локального хімічного аналізу в різних місцях для обох зон. Такі елементи, як Ti, Al і V, в обох випадках є основними компонентами сплаву, з якого виготовлені імплантати. Наявність в невеликій кількості домішок O, P і Ca пов'язано з нанесенням на поверхню імплантата тонкого шару гідроксиапатиту, маючого формулу $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Товщина цього шару є недостатньою для екранування матричних елементів сплаву (Al і V). Додаток кремнію (Si), найбільш ймовірно, є технологічною. Як випливає з табл. 2, в деяких місцях зони «б» виявлено велику концентрацію вуглецю, якого немає в зоні «а». Можливо, це також технологічна домішка. В темних місцях відзначається високий вміст атомів кисню і кремнію. При цьому вони повністю екранують проявлення решти елементів. Найбільш ймовірно, що темні місця є вбитими в поверхню мікрочастинками корунду (Al_2O_3), як наслідок струйної обробки. Як видно з РЕМ-ізображень вершина різьби є найбільш забрудненою частиною імплантата системи AnyOne.

За даними табл. 3 (абадмент) можна судити про те, що імплантат системи AnyOne виготовлений з титанового сплаву типу Ti-6Al-4V (Grade 5).

Таблиця 1

Локальний хімічний склад поверхні імплантата AnyOne в зоні «а» (плоскість), вес. %

Спектр	O	Al	Si	P	Ca	Ti	V
Спектр 1	6,9	4,7	0,2	0,7	0,3	83,2	3,8
Спектр 2	0,0	5,7	0,1	0,4	0,2	89,4	4,0
Спектр 3	8,77	4,31	0,15	1,33	1,20	80,59	3,67

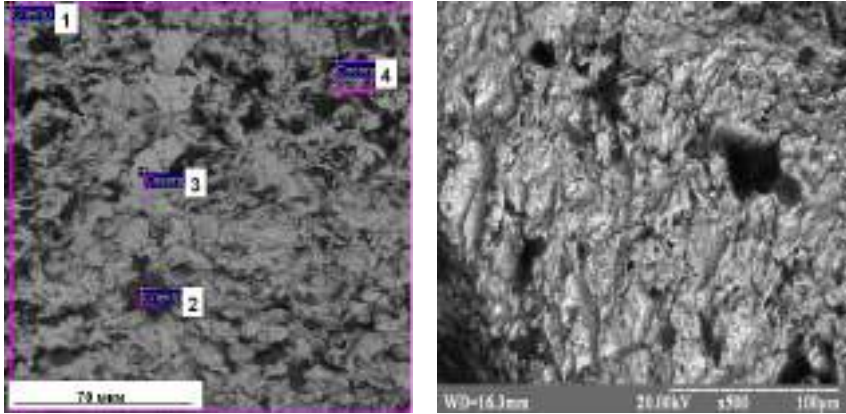


Рис. 4. Морфологія поверхні імплантата AnyOne в зоні «б» (резьба): 1, 2, 3, 4 — зони локального хімічного аналізу (слева); морфологія з великим контрастом (справа)

Таблиця 2

Локальний хімічний склад поверхні імплантата AnyOne в зоні «б» (резьба), вес. %

Спектри	C	O	Al	Si	P	Ca	Ti	V
1	10,9	17,9	4,4	0,9	0,8	1,1	61,0	2,6
2	0,0	61,8	19,1	18,5	0,0	0,0	0,5	0,0
3	0,0	0,0	7,5	0,8	0,3	0,3	88,7	2,2
4	16,8	17,1	4,0	1,3	0,5	1,2	56,4	2,4

Таблиця 3

Хімічний аналіз поверхні імплантата AnyOne в зоні «в» (абадмент), вес. %

Al	Ti	V
5,6	89,3	3,9

Система Biohorizons. На рис. 5 приведено зовнішній вигляд імплантата і дві зони структурного і хімічного аналізу: зона «а» — плоска виточка без різьби; зона «б» — вершина різьби. РЕМ-зображення морфології поверхні імплантата в даних зонах приведені на рис. 6 і рис. 7, відповідно.

НА ДОПОМОГУ ПРАКТИЧНОМУ ЛІКАРЮ

Как видно, после финишной обработки на поверхности обеих зон отсутствуют выступы и кратеры. Она имеет достаточно гладкую шероховатость, характерную для слабого химического травления. На вершине зуба наблюдаются темные пятна, как загрязнения.

Из данных, приведенных в табл. 4 и табл. 5, видно, что химический состав обеих зон существенно отличается друг от друга. Для зоны «а» основным элементом является Ti, как базовый элемент материала, из которого изготовлен имплантат. Примеси Ca и O обусловлены пескоструйкой фосфатом кальция (согласно принятой технологии). В зоне «б» базовый элемент Ti экранируется большим количеством примесей. Как и в первом случае, появление Ca связано с пескоструйкой. Остальные примеси имеют явно технологическую природу. Обращает на себя внимание высокая концентрация в некоторых точках (табл. 5) атомов C, O и Fe. Причину их появления объяснить пока затруднительно. Однако, это свидетельствует о серьезных нарушениях в технологическом процессе изготовления имплантата.

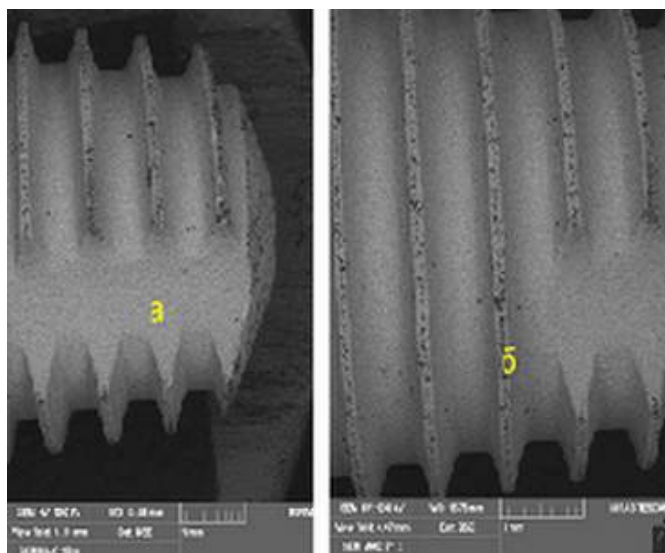


Рис. 5. Внешний вид частей имплантата Biohorizons: а, б — зоны морфологического и химического анализа

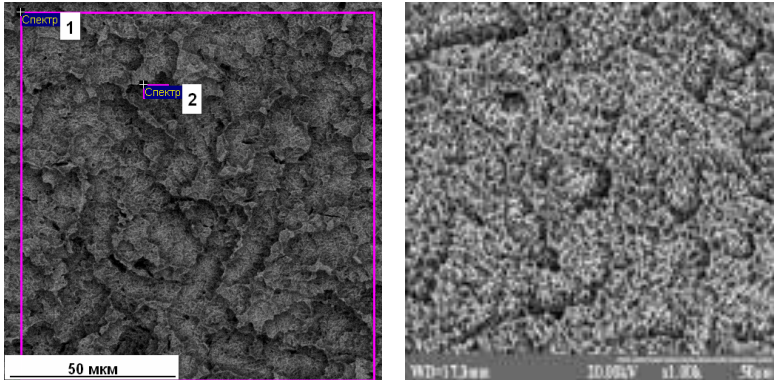


Рис. 6. Морфологія поверхності імплантата Biohorizons в зоні «а» (плоскість): 1, 2 — зони локального хімічного аналізу (слева); морфологія з більшим контрастом (справа)

Таблиця 4

Локальний хімічний склад поверхності імплантата Biohorizons в зоні «а» (плоскість), вес. %

Спектри	O	Ca	Ti
1	22,0	7,5	70,4
2	6,4	6,9	86,5

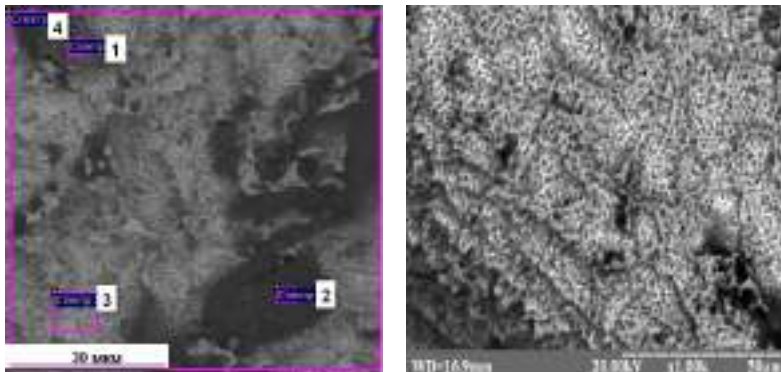


Рис. 7. Морфологія поверхності імплантата Biohorizons в зоні «б» (резьба): 1, 2, 3, 4 — зони локального хімічного аналізу (слева); морфологія з більшим контрастом (справа)

Локальний хімічний склад поверхності імплантата Biohorizons в зоні «б» (резьба), вес. %

Спектр	C	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe
1	50,0	19,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,2	1,1	28,6
2	0,0	57,0	13,3	0,0	2,2	14,3	6,7	2,2	4,1	0,0
3	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	77,1	0,0
4	9,7	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	57,2	0,0

Локальний хімічний склад поверхності абадмента імплантата Biohorizons, вес. %

Ca	Ti
0,5	99,4

Система UNO. На рис. 8. приведено зовнішній вигляд імплантата і дві зони структурного і хімічного аналізу: зона «а» — плоска виточка без різьби; зона «б» — вершина різьби. РЕМ-зображення морфології поверхності для зон «а» і «б» приведені на рис. 9, 10, відповідно. Результати локального хімічного аналізу для кожної зони приведені в табл. 7, 8 і 9, відповідно. Як видно, після фінішної обробки на поверхності обох зон відсутні висхідні і кратери. Вона має достатньо гладку шорховатість, характерну для слабкого хімічного травлення за технології SLA. Для обох зон спостерігаються темні плями, як забруднення. Останніх суттєво більше на вершині різьби.

Як видно з табл. 7, 8 і 9 в незабруднених ділянках виявлені тільки такі елементи, як Ti, Al і V. Таким чином, можна зробити висновок, що даний імплантат виготовлений з титанового сплаву типу Ti-6Al-4V (Grade 5). За результатами хімічного аналізу в темних місцях можна зробити висновок про те, що вони є частинками окислю ванадію, не видаленими процесом SLA.

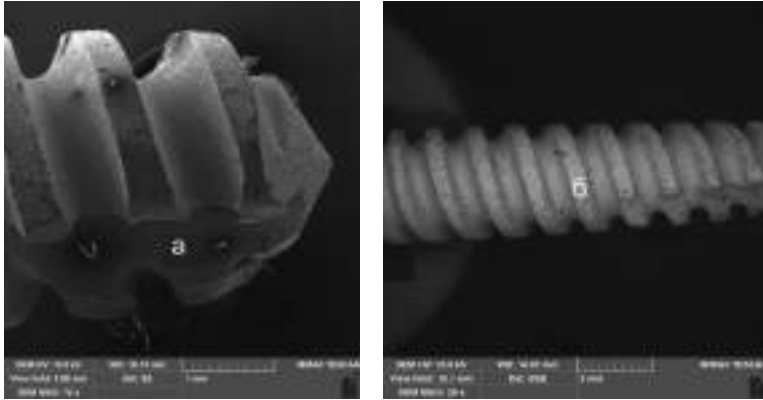


Рис. 8. Внешний вид имплантата UNO: а, б — зоны морфологического и химического анализа

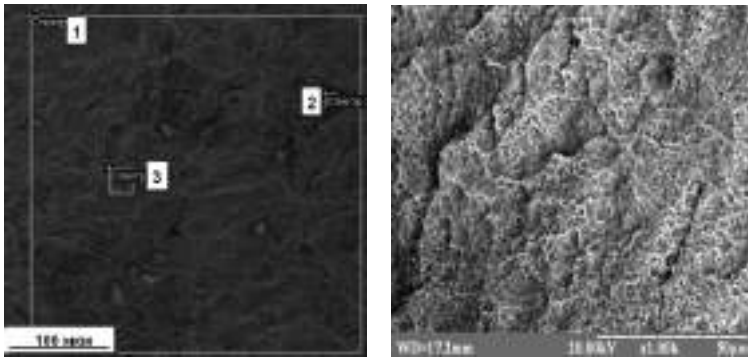


Рис. 9. Морфология поверхности имплантата UNO в зоне «а» (плоскость): 1, 2, 3 — зоны локального химического анализа (слева); морфология с большим контрастом (справа)

Таблица 7
Локальный химический состав поверхности имплантата UNO в зоне «а» (плоскость), вес. %

Спектр	O	Al	Ti	V
Спектр 1	13,2	9,5	73,9	3,3
Спектр 2	50,5	40,5	8,4	0,4
Спектр 3	0,0	5,8	90,1	4,0

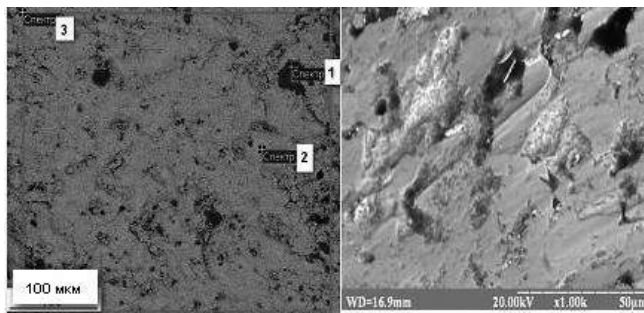


Рис. 10. Морфология поверхности имплантата UNO в зоне «б» (резьба): 1, 2, 3 — зоны локального химического анализа (слева); морфология с большим контрастом (справа)

Таблица 8

Локальный химический состав поверхности имплантата UNO в зоне «б» (резьба), вес. %

Спектр	O	Al	Ti	V
Спектр 1	48,6	49,6	0,9	0,6
Спектр 2	0,0	4,4	91,9	3,5
Спектр 3	7,6	6,1	81,9	4,2

Таблица 9

Локальный химический состав поверхности абадмента имплантата UNO, вес. %

O	Al	Ti	V
12,0	8,5	76,0	3,3

Система Radix-Oston. На рис. 11 приведен внешний вид имплантата и три зоны структурного и химического анализа: зона «а» — участки абадмента (глянцевая и матовая); зона «вершина» и зона «б» — «впадина». РЭМ-изображения морфологии поверхности для указанных зон приведены на рис. 12, 13, 14 и 15 соответственно. Результаты локального химического анализа для каждой зоны приведены в табл. 10 и 11, соответственно. Глянцевая часть абадмента имеет рельеф, типичный для механической обработки. Матовая и другие

участки отражают результат финишной подготовки поверхности имплантата (пескоструйная и кислотная обработка). Во всех случаях рельеф достаточно гладкий без структуры глубоких впадин и возвышений.

Химический анализ показал наличие таких сплавных компонентов, как Ti, Al и V. Т.е., данный имплантат изготовлен из титанового сплава типа Ti-6Al-4V (Grade 5). Темные пятна, содержащие высокие концентрации кислорода и алюминия, представляют собой вбитые частицы корунда (Al_2O_3). Остальные участки характеризуют присутствие оксида титан (результат специального электрохимического оксидирования). Примесь углерода, по-видимому, является технологическим загрязнением.

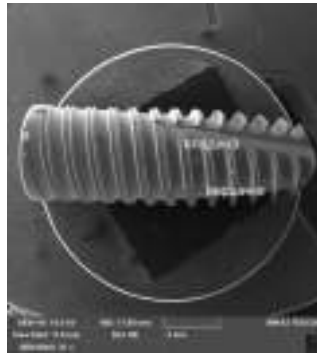


Рис. 11. Внешний вид имплантата Radix-Oston: «а»; «впадина» и «вершина» — зоны морфологического и химического анализа.

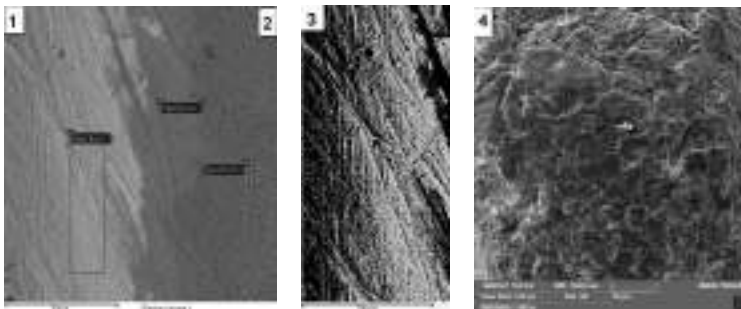


Рис. 12. Поверхность имплантата Radix-Oston в зоне «а». Морфология: 1, 3 — «а» — глянец; 2, 4 — «а» — матовая с разным увеличением. 1, 2 — зоны локального химического анализа

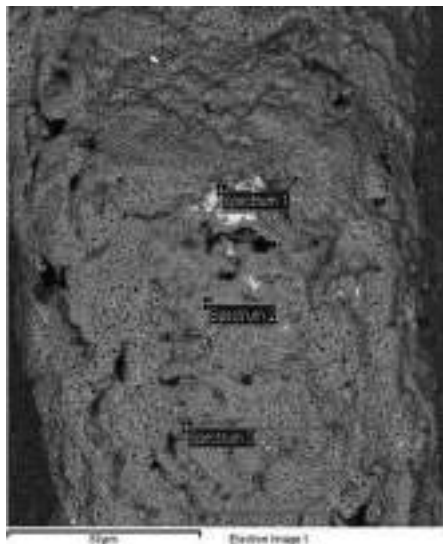


Рис. 13. Локальний хімічний склад поверхні імплантата Radix- Oston в зоні — «а» — глянец (1) и «а» — матовая (2), вес. %

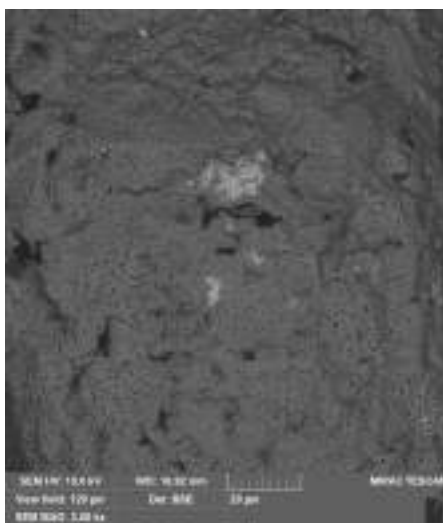
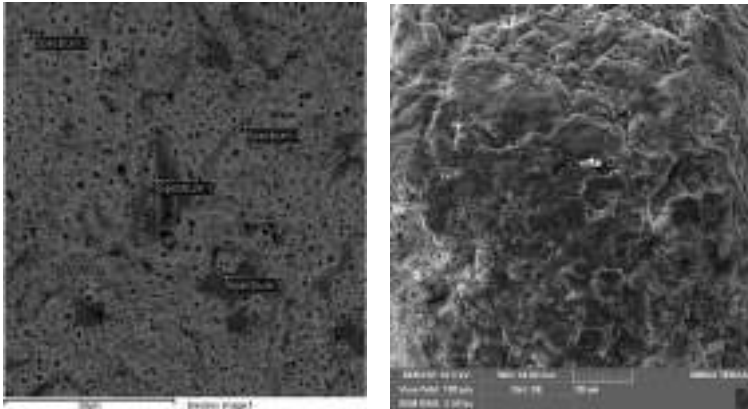


Рис. 14. Морфологія поверхні імплантата Radix- Oston в зоні «вершина»: слева-зони хімічного аналізу; справа-морфологія с більшим контрастом

**Локальний хімічний склад поверхності
імплантата Radix-Oston в зоні «вершина», вес. %**

Спектри	C	O	Al	Si	P	Ti	V
Спектр 1	1,4	11,4	6,9	0,1	0,5	76,5	2,9
Спектр 2	2,0	25,1	6,8	0,2	4,3	59,3	2,0
Спектр 3	3,8	44,7	8,3	0,3	12,8	29,9	0,0



**Рис. 15. Морфологія поверхності імплантата Radix-Oston
в зоні «впадина»: слева-зони хімічного аналізу;
справа-морфологія з великим контрастом**

Таблиця 11

**Локальний хімічний склад поверхності
імплантата Radix-Oston в зоні «впадина» вес. %**

Спектри	C	O	Al	Si	P	Ti
Спектр 1	2,9	46,6	46,7	0,1	0,8	2,6
Спектр 2	2,7	46,3	44,9	0,2	1,1	4,5
Спектр 3	1,8	42,7	6,0	0,2	13,3	35,7
Спектр 4	2,6	43,3	4,5	0,3	14,4	34,7

Система Radix-Balance. На рис. 15 приведено зовнішній вигляд імплантата і 4 зони структурного і хімічного аналізу: зона «а» — ділянка аб'єкта «глянцева»; зона «а» — ділянка аб'єкта «матовий»; зона «впадина» і зона «вершина».

НА ДОПОМОГУ ПРАКТИЧНОМУ ЛІКАРЮ

РЭМ-ізображення морфології поверхні для указаних зон приведено на рис. 17, 18 і 19, відповідно. Результати локального хімічного аналізу для кожної зони приведені в табл. 12, 13 і 14, відповідно. Глянцевая частина аб'єкта відображає рельєф, сформований після механічної обробки. Матова і інші частини є результатом фінішної підготовки поверхні імплантата (пескоструйна і кислотна обробка). Во всіх випадках рельєф достатньо гладкий без структури глибоких впадин і возвишень.

Хімічний аналіз (табл. 12-13) показав присутність основних сплавних елементів (Ti, Al і V.), свідельствующих про те, що для виготовлення даного імплантата використано титановий сплав типу Ti-6Al-4V (Grade 5). Темні плями, що містять високі концентрації кисню і алюмінію, є результатом відбиття електронів від вбитих частинок корунду (Al_2O_3). Решта частин характеризують присутність оксиду титану (результат спеціального електрохімічного окислення). Відсутність атомів ванадію в зоні «впадина» можна пояснити ефектом екранування поверхні більш товстим шаром оксиду титану (табл. 13). Примісь углероду, виявлену для всіх зон аналізу, можна вважати технологічним забрудненням.

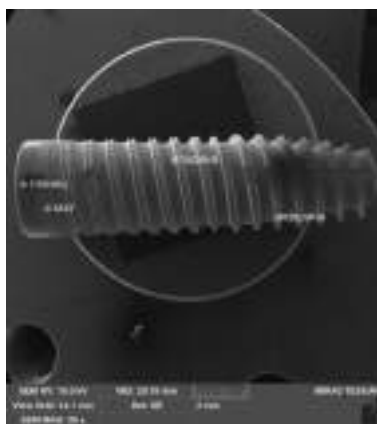


Рис. 16. Зовнішній вигляд імплантата Radix-Balance: «а» — глянець; «а» — матова; «впадина» і «вершина» — зони морфологічного і хімічного аналізу

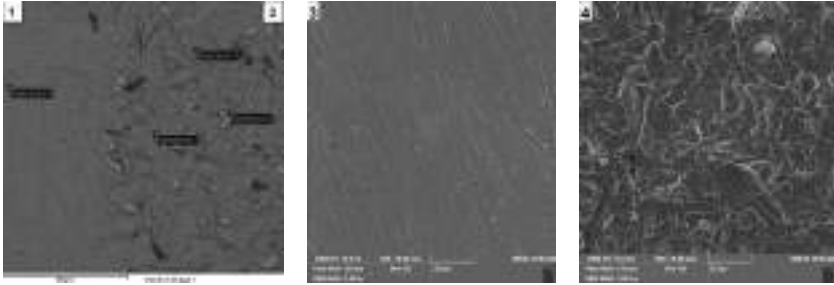


Рис. 17. Поверхность имплантата Radix-Balance в зоне «а». Морфология: 1, 3 — «а» — глянец; 2, 4 — «а» — матовая с разным увеличением. 1, 2 — зоны локального химического анализа

Таблица 12

Локальный химический состав поверхности имплантата Balance в зоне — «а» — глянец (1) и «а» — матовая (2), вес. %

Спектры	С	О	Al	Р	Ti	V
Спектр 1-мат.	2,0	26,6	4,6	0,8	62,9	3,1
Спектр 2-мат.	1,9	27,4	4,2	1,1	62,5	2,9
Спектр 3-мат.	1,6	29,9	4,2	1,3	59,6	3,3
Спектр 4-глянец	1,3	29,7	4,3	1,0	60,4	3,2

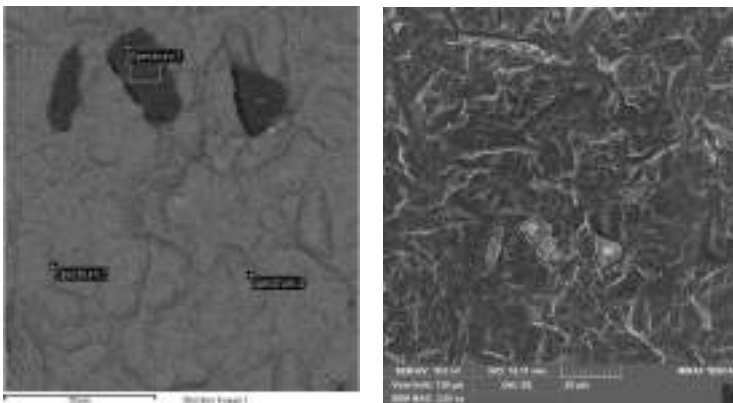


Рис. 18. Морфология поверхности имплантата Radix-Balance в зоне «впадина»: слева — зоны химического анализа; справа — морфология с большим контрастом.

Локальный химический состав поверхности
имплантата Radix-Balance в зоне «впадина», вес. %

Спектры	C	O	Al	Si	P	Ti
Спектр 1	2,3	46,1	50,1	0,0	0,0	1,6
Спектр 2	1,4	29,6	3,9	0,0	1,0	61,0
Спектр 3	1,1	28,7	4,2	0,1	1,2	61,8

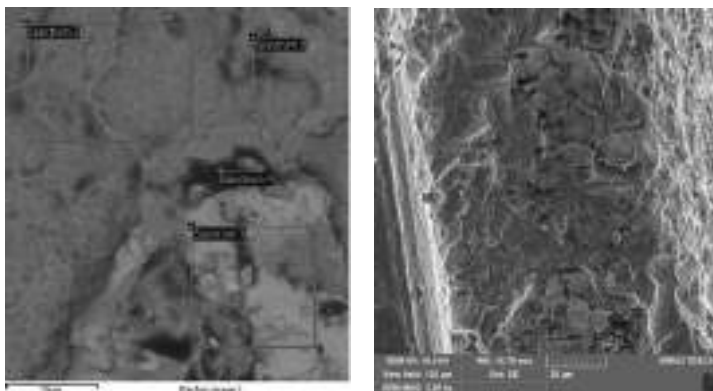


Рис. 19. Морфология поверхности имплантата Radix-Balance
в зоне «вершина»: слева — зоны химического анализа;
справа — морфология с большим контрастом

Локальный химический состав поверхности
имплантата Radix-Balance в зоне «вершина», вес. %

Спектры	C	O	Na	Al	P	Cl	Ca	Ti	V
Спектр 1	4,8	21,7	0,0	4,5	0,7	0,0	0,0	65,4	2,9
Спектр 2	3,2	29,7	0,0	4,2	1,1	0,0	0,0	59,4	2,3
Спектр 3	5,2	29,9	0,0	4,0	1,1	0,0	0,0	57,1	2,5
Спектр 4	33,4	17,4	0,9	1,7	1,5	0,7	4,2	37,0	2,3

Выводы. На основании результатов исследования морфологии и химического анализа поверхности имплантатов систем AnyOne, Biohorizons, UNO, Radix-Oston и Radix-Balance,

полученных методом растровой электронной микроскопии с локальным химическим анализом можно сделать следующие выводы:

1. Имплантаты систем AnyOne, UNO, Radix-Oston и Radix-Balance произведены из титанового сплава Ti-6Al-4V(Grade 5). Химический анализ в этих случаях показывает наличие титана как основного, а алюминия и ванадия как легирующих элементов. Для имплантата системы Biohorizons во всех случайно выбранных точках химический анализ показывает только пики титана, как основного элемента. Следовательно, данный имплантат изготовлен из технически чистого титана (Grade 3).

2. РЭМ-изображения морфологии поверхности всех исследованных имплантатов показали отсутствие структурированного рельефа, состоящего из резких впадин и выступов. Поверхности являются сравнительно гладкими со следами слабого химического травления.

3. За исключением имплантата системы Biohorizons на поверхности остальных имплантатов обнаружены внедренные частицы абразива (корунд- Al_2O_3).

4. Наличие атомов углерода на поверхности всех имплантатов за исключением системы UNO свидетельствует о загрязнении поверхности частицами органического происхождения. Наиболее загрязненными участками являются вершины резьб.

5. Наличие атомов кальция, фосфора и кислорода можно объяснить нанесением на поверхность имплантатов фосфата кальция.

6. Высокая концентрация атомов кислорода на поверхности имплантатов систем Radix-Oston и Radix-Balance обусловлена технологией электрохимического оксидирования.

7. Примесные атомы железа, серы, калия и кремния можно считать технологическими загрязнениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко А. В. Поверхность имплантата — ее роль и значение в остеоинтеграции/А. В. Павленко, С. А. Горбань, Р. Р. Ильк, А. Shterenberg//Современная стоматология. — 2009. — № 4 (48). — С. 101-108.
2. Васильев М. А. Физиологический отклик на состояние поверхности металлических дентальных имплантатов /М. А. Васильев, В. И. Беда, П. А. Гурин. — Львов: Гал-Дент. — 2010. — 118 с.

3. Abraham C. M. A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments / C. M. Abraham //OpenDent J. — 2014. — Vol. 8. — P. 50-5.
4. Parekh R. B. Surface modifications forendosseous dental implants / R. B. Parekh, O. Shetty, R. Tabassum//Int. J. Oral Implantol.Clin.Res. — 2012. —Vol. 3. — P. 116-21.
5. AnyOne імплантат [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://megagen.com.ua/anyone/>.
6. Імплантація зубів BioHorizons [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://dentalmir.ru/service/implantation/biohorizons-implantation/>.
7. Імплантационная система MIS [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mis-implants.ru/katalog/mis/implantaty/uno/>.
8. Нанокристалічний титан по технології SPD-tech. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.radix.ru/technologies/nanocrystalline-titanium/>.
9. Черепин В. Т. Методи и приборы для анализа поверхности материалов. Справочник / В. Т. Черепин, М. А. Васильев.— Киев: Наукова думка. — 1982. — 400 с.

Порівняльний морфологічний і хімічний аналіз поверхні гвинтових дентальних імплантатів систем AnyOne (Південна Корея), Biohorizons (США) і UNO (Ізраїль), Radix-Oston (Білорусь) і Radix-Balance (Білорусь)

П. О. Гурін, М. А. Скорик

**Інститут стоматології Національної медичної академії
післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, м. Київ,
Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ**

Вступ. Актуальними завданнями сучасних технологій виробництва металевих дентальних імплантатів є, по-перше, формування добре розвиненої пористої поверхні імплантату, що має структурно організовану систему кратерів; по-друге, повне виключення забруднення поверхні частинками органічної та неорганічного походження на етапі фінішної обробки поверхні. Ці фактори, як відомо, грають найважливішу роль в успішній остеоінтеграції.

Мета. Представити результати дослідження морфології та хімічного аналізу поверхні деяких гвинтових дентальних титанових імплантатів, представлених на стоматологічному ринку.

Матеріали та методи. Проведено фізико-хімічний аналіз поверхні 5-ти систем гвинтових дентальних титанових імплантатів: AnyOne (Південна Корея), Biohorizons (США) і UNO (Ізраїль), Radix-Oston (Білорусь) і Radix-Balance (Білорусь). Використаний растровий електронний мікроскоп, оснащений енергодисперсійним спектрометром.

Результати. Визначено марки титану для кожного дослідженого імплантату. Встановлено поверхнева концентрація основних компонентів матеріалу і атомів домішок. Проведено порівняння морфології поверхні в залежності від її фінішної обробки.

Висновки. Імплантати систем AnyOne, UNO, Radix-Oston і Radix-Balance зроблені з титанового сплаву Ti-6Al-4V (Grade 5). Імплантат Biohorizons виготовлений з технічно чистого титану (Grade 3). Поверхні є порівняно гладкими зі слідами слабкого хімічного травлення. Встановлено суттєва відмінність за хімічним складом поверхні всіх імплантатів як щодо основних компонентів, так і технологічних домішок.

Ключові слова: дентальний імплантат, поверхня, морфологія, хімічний склад, растровий мікроскоп.

Comparative morphological and chemical analysis of the screw dental implants surface of systems AnyOne (South Korea), Biohorizons (USA), UNO (Israel), Radix-Oston (Belarus) and Radix-Balance (Belarus)

P. O. Guryн, M. A. Skoryk

Institute of Dentistry of Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education, Kyiv,

Institute for Metal Physics National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Introduction. The actual tasks of modern technologies for the production of metal dental implants are, firstly, the formation of a well-developed porous implant surface that has a structurally organized system of craters; Secondly, the complete elimination of surface contamination by organic and inorganic particles at the stage of surface finishing. These factors are known to play a crucial role in successful osteointegration.

Goal. To highlight the results of studying the morphology and chemical analysis of the surface of some screw dental titanium implants presented on the dental market.

Materials and methods. There was performed a physical and chemical analysis of the surface of 5 systems of screw dental titanium implants: AnyOne (South Korea), Biohorizons (USA) and UNO (Israel), Radix-Oston (Belarus) and Radix-Balance (Belarus).

НА ДОПОМОГУ ПРАКТИЧНОМУ ЛІКАРЮ

A scanning electron microscope equipped with an energy dispersive spectrometer was used.

Results. Titanium grades were determined for each implant examined. The surface concentration of the main components of the material and impurity atoms was established. The morphology of the surface was compared with its final processing.

Conclusions. Implant systems AnyOne, UNO, Radix-Oston and Radix-Balance are made of titanium alloy Ti-6Al-4V (Grade 5). The implant Biohorizons is made of commercially pure titanium (Grade 3). Surfaces are relatively smooth with traces of weak chemical etching. A significant difference in the chemical composition of the surface of all implants has been established both with respect to the main components and technological impurities.

Key words: dental implant, surface, morphology, chemical composition, raster microscope.

Відомості про авторів:

Гурин Петро Олексійович — кандидат медичних наук, доцент кафедри ортопедичної стоматології Інституту стоматології Національної медичної академії післядипломної освіти імені П. Л. Шупика. Адреса: м. Київ, вул. Дорогожицька, 9.

Скорик Микола Анатолійович — завідувач лабораторією електронної мікроскопії Інституту металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України. Адреса: м. Київ, бульвар Академіка Вернадського, 36.

УДК 616.311.-02:616.314-089

ОСОБЛИВОСТІ АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У ОСІБ ІЗ ТРАНСВЕРЗАЛЬНИМИ АНОМАЛІЯМИ ОКЛЮЗІЇ

М. С. Дрогоморецька, М. К. Білоус

**Національна медична академія післядипломної освіти
імені П. Л. Шупика, м. Київ**

Вступ. Незважаючи на стрімкий розвиток ортодонції, проблема якісного лікування осіб із трансверзальними аномаліями оклюзії залишається ще не вирішеною [1-3]. При даній патології