Opublikovano 10.04.12.Bjul. № 10. [The method of stimulation of regeneration of defects of the skin and mucous membranes and medicine for its implementation. Patent Application: 2010153012/10, 19.01.2011 Published]

41. **Mysula I. R., Suhovolec' I. O.** For patients with goergia and gpeterson types of inflammatory reactions in the background adrenalinovye mokaroma. *Medychna himija*. 2013;3(56):27-30.

42. **Konev Ju. V., Lazebnik L. B.** Endotoxin (LPS) in the pathogenesis of atherosclerosis. *Jeksperimental'naja i klinicheskaja gastrojenterologija*. 2011;11:15-26.

43. **Gjulazjan N.M., Belaja O.F. , Malov V.A. , Pak S.G. , Volchkova E.V** Lipopolysaccharides/endotoxins of gram-negative bacteria: role in the development of toxicity. *Jepidemiologija i infekcionnye bolezni*. 2014;2:11-16.

44. **Belaya O.F., Pak S.G.** Approaches to improvement of laboratory diagnosis of infectious diseases. Vestnik RAMN. 2010; 11: 50–3.

45. **Gyulazyan N.M., Belaya O.F., Pak S.G.** The frequency and level of detection of Shiga-toxin marker in different types of the course of acute intestinal infections. Epidemiologiya i infektsionnye bolezni. 2008; 4: 42–5.

46. **Lakio L., Lehto M., Tuomainen A. M., Jauhiainen M. et al.** Pro-atherogenic properties of lipopolysaccharide from the periodontal pathogen Actinobacillus actinomycetemcomitans. J Endotoxin Res. 2006;12(1):57-64.

47. **Drannik G.N.** Клиническая иммунология и аллергология. [Clinical immunology and Allergology.]. *K.: OOO «Poligraf pljus »*;2006:482.

48. **Haitov R. M., Pinegin B. V.** Immunomodulators: mechanisms of action and clinical application. *Immunologija*. 2003;4:196-203.

49. **Alibek K. Grechanyj L., Klimenko T., Pashkova A.** The fifth revolution in medicine: the role of infections in pathogenesis of aging and chronic diseases in humans. *Likars'ka sprava. Vrachebnoe delo*. 2008;1-2:3-30.

50. **Bondarenko V. M., Rjabichenko E. V.** The role of dysfunction of the intestinal barrier in maintaining a chronic inflammatory process of various localization. *ZhJeMI*. 2010;1:92-100.

51. **Smirnov V. V., Karraa L., Kuksa V. P**. Follow-up characteristics of children sick with insulin dependent diabetes mellitus at an early age. *Medicinskij nauchnyj i uchebno-metodicheskij zhurnal*. 2007;38:126-141.

52. **Levickij A. P., Vit V. V., Cisel'skij Ju. V., Selivanskaja I. A.** The effect of lipopolysaccharide E. Coli to the degree of intestinal dysbiosis and the condition of the retina of rats. *Mikrobiologija ta biotehnologija*. 2010;2:67-74.

53. **Bozkurt S. B., Hakki S. S., Hakki E. E., Durak Y., Kantarci A.** Porphyromonas gingivalis Lipopolysaccharide Induces a Pro-inflammatory Human Gingival Fibroblast Phenotype. Inflammation. 2017; Feb;40(1):144-153.

54. **Ma N., Yang D., Okamura H., Teramachi J., Hasegawa T., Qiu L., Haneji T.** Involvement of interleukin-23 induced by Porphyromonas endodontalis lipopolysaccharide in osteoclastogenesis. Mol Med Rep. 2017;Feb;15(2):559-566.

55. **Liukkonen J., Gürsoy U. K., Pussinen P. J., Suominen A. L., Könönen E.** Salivary Concentrations of Interleukin (IL)-1β, IL-17A, and IL-23 Vary in Relation to Periodontal Status. J. Periodontol. 2016;Dec;87(12):1484-1491.

56. **Liljestrand J. M., Mäntylä P., Paju S., Buhlin K. et al.** Association of Endodontic Lesions with Coronary Artery Disease.J Dent Res. 2016;Nov;95(12):1358-1365.

Поступила 25.05.17

УДК 616.314-089.843-085.46:(546.831+546.82)

С.-Р.Р. Готь

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

ВИКОРИСТАННЯ ОКСИДУ ЦИРКОНІЮ ТА ТИТАНУ В ДЕНТАЛЬНІЙ ІМПЛАНТОЛОГІЇ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Титан та його сплави широко використовуються для виготовлення імплантатів. Цирконієві імплантати були введені в дентальну імплантологію як альтернатива титановим. Цирконій є підходящим матеріалом через його естетичні та механічні властивості, біосумісність і низьку схильність до бактеріальної адгезії. Метою дослідження було провести огляд наукових статей для порівняльного аналізу титану та оксиду цирконію, як матеріалів в імплантології. Пошук статей проводили у базі даних PubMed, де вводили ключові слова «титанові/оксид цирконієві абатменти», «імплантати», «оксид цирконію». Аналіз літератури показав статистично достовірну перевагу оксид цирконієвих абатментів над титановими для збереження природного кольору м'яких тканин. Однак, на сьогодні бракує досліджень прямого порівняння цих матеріалів у ротовій порожнині одного пацієнта, щоб надати повноцінне розуміння переваги якогось із них для виготовлення опорних структур імплантатів.

Ключові слова: *титан, оксид цирконієві абатменти, імплантати, оксид цирконію.*

© Готь С-Р., 2017.

С.-Р.Р. Готь

Львовский национальный медицинский университет имени Данила Галицкого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ И ТИТАНА В ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТОЛОГИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Титан и его сплавы широко используются для изготовления имплантатов. Циркониевые имплантаты были введены в дентальную имплантологию как альтернатива титановым. Циркоий является подходящим материалом из-за его эстетических и механических свойств, биосовместимости и низкой склонности к бактериальной адгезии. Целью исследования было провести обзор научных статей для сравнительного анализа титана и оксида циркония, как материалов в имплантологии. Поиск статей проводили в базе данных PubMed, где вводили ключевые слова «титановые / оксид циркониевые абатменты», «имплантаты», «оксид циркония». Анализ литературы показал статистически достоверное преимущество оксид циркониевых абатментов над титановыми для сохранения естественного цвета мягких тканей. Однако, на сегодняшний день не хватает исследований прямого сравнения этих материалов в ротовой полости одного пациента, чтобы предоставить полноценное понимание преимущества какого-либо из них для изготовления опорных структур имплантатов.

Ключевые слова: *титан, оксид циркониевые абатменты, имплантаты, оксид циркония.*

S.-R. Got'

Danylo Halytsky Lviv National Medical University

THE USE OF ZIRCONIUM OXIDE AND TITANIUM IN DENTAL IMPLANTOLOGY AT THE PRESENT STAGE (LITERATURE REVIEW)

ABSTRACT

Ceramic abutments (99.1 %) have similar long-term results after 5 years of function as well as metal (97.4 %) without any technical or biological differences. However, for satisfying 'white' and 'pink' esthetics the color of the implant crown and the periimplant soft tissue are crucial. Titanium abutments may cause a greyish discoloration of the periimplant mucosa but ceramic abutments show excellent esthetic results. Superior material stability compared to conventional ceramics combined with a more advantageous color is the main advantage of zirconia over titanium. The mechanical properties of zirconium oxide are very similar to metals, that's why it was called "ceramic steel". Zirconium has a high elasticity (900-1200MPa), Vickers hardness (1200), Weibull module (10-12) and compression strength of 2000 MPa. At high loads such as chewing or parafunctions, metastable tetragonal phase transforms to monoclinic and this prevents the cracks formation. Another advantage of the zirconium oxide is the low tendency to bacterial adhesion.

The aim of the study was to review the clinical and scientific articles for comparative analysis of titanium and zirconium oxide as materials used in implantology. The review started with a PubMed search which was conducted using the following key words: titanium, zirconia abutments, implants, zirconium oxide.

Clinical studies of zirconia abutments report good survival rates and biological and technical results. 11-year follow up study of Zembic at al. showed that customized single zirconia implant-abutments exhibited excellent long-term outcomes in anterior and premolar regions. No abutment or crown was lost and there were no biological complications. The cumulative success rate was 96.3 % for abutments and 90.7 % for crowns.

However, there are not enough split-mouth studies about the direct comparison of titanium and zirconia to provide a full understanding of the benefits of these materials used in dental implantology.

Key words: *titanium, zirconia abutments, implants, zirconium oxide.*

Актуальність. Титан та титанові сплави широко використовуються для виготовлення зубних імплантатів. Цирконієві імплантати були введені в дентальну імплантологію в якості альтернативи титановим. Саме цирконій є підходящим матеріалом через його естетичні та механічні властивості, біосумісність і низьку схильність до бактеріальної адгезії.

Діоксид цирконію (ZrO2), також, відомий як цирконій (не плутати з «циркон»), є білим кристалічним оксидом цирконію [30]. В природі представлений мінералом з моноклінною кристалічною структурою, який називається баделеїтом. Через його відмінні властивості та міцність цирконій застосовують у тих випадках, коли хочуть добитися максимально естетичного результату. Діоксид цирконію є досить гнучким, має високу стійкість до тріщин та вищий модуль пружності Юнга у порівнянні із сталлю. На додаток до його міцності можна ще відзначити відмінну здатність до інтеграції. Різноманітні дослідження показали успішне застосування цирко-

нієвих абатментів, що передбачало стабільний рівень м'яких тканин та кісткової тканини. Оксид цирконію має меншу здатність до бактеріальної адгезії та запальної інфільтрації у порівнянні з титаном. Через його гігієнічні властивості він має значні переваги при утримуванні рівня м'яких тканин естетичної зони та збереженні рівня альвеолярної кістки. [1, 2, 24, 28, 33].

Пошук наукових статей проводили у базі даних PubMed, де використовували наступні ключові слова: «титанові/оксид цирконієві абатменти», «імплантати», «оксид цирконію». Для огляду літератури проаналізували журнали з імпакт-фактором, серед яких були: «Clinical Implant Dentistry», «Clinical Oral Implants Research», «Implant Dentistry», «International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry», «Journal of Oral Implantology», «Journal of Periodontology», «Journal of Periodontology», «European Journal of Oral Implantology», «Journal of Prosthetic Dentistry», «Journal of Prosthodontics», а також, журнали «Новини стоматології», «Український стоматологічний альманах» та «Современная стоматология» та інші. До критерій включення увійшли наступні: клінічні досліди із порівнянням оксиду цирконію та титану, досліди із щонайменше 10 пацієнтами, а також, дослідження із віддаленими результатами не менше одного року.

Мета даного дослідження. Провести огляд клінічних та наукових статей для проведення порівняльного аналізу титану та оксиду цирконію, як матеріалів, які використовуються в імплантології.

Zembic. і спів. [7] оцінювали якість та довготривалість використання оксид цирконієвих абатментів із керамічними коронками. У перспективне дослідження було включено 27 пацієнтів із 54 ZrO2 абатментами (25 різців, 14 ікол, 15 премолярів на обох щелепах). Коронки фіксувались за допомогою цементу. Усі імплантати, абатменти та коронки оцінювали клінічно та рентгенологічно після 11 років використання. Для оцінки технічних характеристик застосовували модифіковані критерії громадського здоров'я Сполучених Штатів (USPHS), до яких входило наступне: тріщина конструкції, послаблення фіксації, маргінальна адаптація, анатомічна форма, стирання жувальної поверхні. До біологічних параметрів входили: глибина зондування, наліт, кровоточивість при зондуванні, стан ясенного сосочка, рецесії. Було оглянуто 16 із 31 оксид цирконієвих абатментів через 11,3 (±0,9) роки після імплантації. Результати показали, що не було втрачено жодного абатмента чи коронки. Сукупний показник успіху становив 96,3 % для абатментів і 90,7 % – для коронок: лише 2 гвинти послабились та три коронки мали незначні сколи. Автори не констатували жодних біологічних ускладнень.

Рожева Естетика. Керамічні абатменти (99,1 %) мають такі ж довготривалі результати після 5 років використання, як і металеві (97,4 %) без жодної різниці у технічних чи біологічних аспектах. При товщині м'яких тканин 2-3 мм допускаються обидва варіанти: або титанові, або керамічні абатменти, оскільки в даному випадку це не впливатиме на естетику. Однак, якщо наявний тонкий біотип ясен, або ж якщо планується пластика м'яких тканин, тоді рекомендують лише цільнокерамічні реставрації [4, 5, 33].

Оксид цирконію та титан мають схожі властивості, які стосуються довготривалої стабільності і біосумісності, однак, є суттєва відмінність у естетичних характеристиках. Колір м'яких тканин періімплантної ділянки навколо ортопедичної реставрації є визначальним фактором красивої посмішки [9, 30].

Jung і спів. [7] порівнювали та аналізували вплив титану та оксиду цирконію на колір м'яких тканин різної товщини. Вони взяли 10 свинячих щелеп з експериментальною ділянкою в зоні піднебіння. Щоб отримати зразки різної товщини додатково було взято м'якотканинні зрізи товщиною 0,5 і 1,0мм, які поміщали під м'якотканинні клапті на піднебінні. Зразки досліджуваних матеріалів поміщали під м'які тканини і оцінювали колір за допомогою спектрофотометра при різній товщині тканин (1.5 мм, 2мм та 3мм). Колір порівнювали із м'якими тканинами, де не було експериментальних зразків матеріалів. Відтінок змінювався в залежності від товщини сполучної тканини. Однак, титан спричинив найбільш помітну зміну кольору. Оксид цирконію не викликав жодних видимих змін кольору при товщині ясен 2мм та 3мм. Проте, при товщині 3мм людське око не бачить жодної різниці в кольорі. Автори зробили висновок, що рушійним фактором є саме товщина м'яких тканин; і у пацієнтів з тонким біотипом ясен оксид цирконію спричинить найменшу зміну кольору.

Thoma і спів. [11] вивчали, чи покриття під'ясенної частини оксид цирконієвого абатмента керамікою може позитивно вплинути на естетичний результат у порівнянні із звичайними оксид цирконієвими абатментами. Пацієнтам встановлювали абатменти із цементним або гвинтовим кріпленням: білі цирконієві абатменти або такі ж, але з напеченею рожевою керамікою в ясенній ділянці. Естетичні показники визначали за допомогою спектрофотометрії кольору м'яких тканин у періімплантній ділянці. Також, вимірювали саму товщину ясен. Результати показали, що цирконієві абатменти з рожевою керамікою мають набагато кращі естетичні показ-

ники, незалежно від товщини м'яких тканин.

Ці ж автори [12] визначали, чи флуоресцентні гібридні цирконієві абатменти дають кращі естетичні результати, ніж суцільні цирконієві абатменти, на основі спектрофотометрії. Двадцяти чотирьом пацієнтам було встановлено 2 типи конструкцій: суцільні оксид цирконієві абатменти з коронкою (контроль) та флуоресцентні гібридні цирконієві абатменти (ФГОЦА) з коронкою. Спектрофотометрію проводили тричі: перед та після встановлення абатментів, і після фіксації коронок. Різницю та зміни в кольорі тканин визначали відносно м'яких тканин біля зуба. Обидва види конструкцій мали схожі естетичні показники. Однак, при товщині ясен менше 2мм зміна кольору була більш значною навколо ФГОЦА.

Біосумісність. Grenade і спів. [13] досліджували біосумісність матеріалів з полімернаповненої керамічної решітки (PICN) із гінгівальними кераноцитами людини (HGKs). Визначали прикріплення, проліферацію та поширення клітин на зразках дисків із PICN, титану V класу, оксиду цирконію, склокераміки на основі дисилікату літію (eM) та політетрафторетилену (контроль). Для PICN та eM визначали рівень залишкового мономеру за допомогою високоефективної рідинної хроматографії, також, проводили тест на цитотоксичність.

Найкращі результати щодо поведінки клітин HGKs показали титан та оксид цирконію. PICN мав проміжні результати між Ti та ZrO2 і eM, та не проявив цитотоксичності.

Остеоінтеграція. Franchi та спів. [14] оцінювали періімплантні тканини навколо імплантатів із оксиду цирконію та титанових імплантатів з кислотно протравленою поверхнею за допомогою світлового мікроскопа. Усі зразки показали новосформовану трабекулярну кістку, хорошу васкуляризацію та щільний контакт кістки з імплантатом уже через 2 тижні.

Franchi та спів. [15], також, проводили досліди на тваринах, де визначали стан періімплантних тканини навколо імплантатів із різними типами поверхонь: гладкою, з плазмовим напиленням та цирконієвим покриттям. Після 3 місяців було визначено, що структура поверхні імплантату суттєво впливає на швидкість та модальність періімплантного остеогенезу.

Sollazo та спів. [16] досліджували титанові імплантати з цирконієвим покриттям, які потенційно мали специфічний біологічний ефект. Відсоток щільного контакту кістка-імплантат (ККІ) після 4 тижнів у титанових імплантатів становив 31,8±3,05 % та 43,8±2,05 % – у імплантатів із цирконієвим покриттям. Було встановлено, що цирконієве покриття посилює процес остеоінтеграції.

Bacchelli і спів.[17] вивчали остеоінтеграцію та визначили наступне: після 2 тижнів щільний кістка-імплантат контакт спостерігався у 34,5 % полірованих імплантатів, 44,7 % – у імплантатів із плазмовим напиленням; 53,4 % – у імплантатів із покриттям з оксиду алюмінію і 35,5 % – у імплантатів з цирконієвим напиленням. Це єдине дослідження, яке показало, що оксид цирконію не є кращим за інші покриття. Це аргументується тим, що був дуже короткий експериментальний період – лише два тижні.

Scarano і спів. [18] показали кісткову реакцію на цирконієві імплантати через 4 тижні після їх встановлення. Зазначили значну товщину новосформованої кістки і відсоток ККІ становив 68,4 %. Ці дослідження показали, що оксид цирконієві імплантати є дуже біосумісними та остеокондуктивними.

Kohal та спів. [19] оцінювали реакцію м'яких та твердих тканин на цирконієві імплантати із піскоструменевою обробкою поверхні та порівнювали її із титановими імплантатами з поверхнею SLA. Середнє значення ККІ із мінералізованою кістковою тканиною через 9 місяців після встановлення імплантатів та 5 місяців навантаження становило 72,9 % у титанових імплантатів та 67,4 % – у оксид цирконієвих.

Hoffmann і спів. [20] гістологічно оцінювали ступінь контакту ранньої кістки навколо діоксид цирконію через 2 та 4 тижні після встановлення імплантатів. Діоксид цирконієві імплантати продемонстрували дещо вищий ступінь кісткової аппозиції (54 %-55 %) в порівнянні з титаном (42 %-52 %) після 2 тижня, проте, після 4 тижнів кісткова апозиція була вища у титанових імплантів(68 %-91 %), ніж цирконієвих(62 %-80 %).

Langhoff і спів. [21] порівнювали ККІ у титанових імплантатів із хімічно модифікованою поверхнею (плазмове напилення), із фармакологічно модифікованою (біфосфонати або колаген 1 типу із хондроїтин сульфатом), із поверхнею SLA у титанових та цирконієвих імплантатів. Цирконієві імплантати показали на 20 % кращий контакт з кісткою, ніж у титанових імплантатів після 2 та 4 тижнів, однак, спостерігалось певне зниження ефективності після 8 тижнів. Хоча, статистично різниця не була значимою, проте, була явна тенденція до того, що хімічно та фармакологічно модифіковані імплантати продемонстрували кращі значення ККІ після 8 тижнів спостереження, ніж цирконієві імплантати із плазмовим напиленням. Усі титанові імплантати мали схожі значення ККІ після 2 тижнів (57-61 %); лише оксид цирконієві мали значно кращі показники (77 %).

У дослідженні, проведеному Deprich та спів. [22], порівнювали 24 цирконієві імплантати із

кислотно протравленою поверхнею із 24 імплантатами з технічно чистого титану, також з кислотно протравленою поверхнею. Після 12 тижнів успішна остеоінтеграція відзначалась у всіх досліджуваних зразках. Не було жодної значимої різниці у міцності та щільності прикріплення імплантатів у даному часовому проміжку. Ці ж дослідники порівняли реакцію остеобластів на поверхнях оксиду цирконію (Konus) та титану [23]. Досліджували та порівнювали кінетику прикріплення, швидкість проліферації і синтез кісткових білків на обох типах поверхонь. У перший день проліферація клітин на обох поверхнях була схожою. На 3 день ріст клітин був значно вищим на поверхні ZrO2, ніж на титані. На 5 день проліферація клітин була все ще значно більшою на оксиді цирконію.

В останньому дослідженні, проведеному даною групою дослідників, порівнювали в експерименті на тваринах кісткову тканину навколо цирконієвих та титанових імплантатів із кислотно протравленою поверхнею із однаковим макроскопічним дизайном. Після 1, 4 та 12 тижня ККІ був дещо кращим навколо титанових імплантатів. Проте, не було зазначено статистично значимої різниці між двома групами. Результати продемонстрували, що оксид цирконієві імплантати із модифікованою поверхнею мають такі ж результати успішної остеоінтеграції, як і титанові імплантати.

Утворення біоплівки. Бактеріальна адгезія безпосередньо пов'язана із характером поверхні. Однак, жорсткість поверхні не є єдиним фактором, який сприяє утворенню зубної бляшки. Більше того, доведено, що ретенційним пунктом для бактерій служать дефекти поверхні (тріщини, ямки, потертості), з яких саме і починається їх поширення [24].

Періімплантити, спричинені зубним нальотом, є найбільш поширеною причиною втрати імплантату [25]. Rimondini і спів. [26] порівнювали інтенсивність бактеріальної адгезії на полікристалах тетрагонального цирконію стабілізованого ітрієм (Y-TZP) та на машинно обробленому титані (технічно чистий титан, Grade 4) у досліді *in vivo* та *in vitro*. Зразки мали еквівалентну шорсткість поверхні середніх значень (Ra). Дослід *in vivo* показав значно меншу кількість коків та паличок на оксиді цирконію у порівнянні із титаном. Однак, не було жодної різниці у досліді in vitro, де культивували Actinomyces spp. або P. gingivalis. Scarano і співавтори [24] порівняли зразки з оксиду цирконію та титану зі значеннями шорсткості поверхні 0,76 мкм і 0,73 мкм відповідно, та встановили, що відсоток покриття поверхні бактеріями становив 12,1 % на оксиді цирконію та 19,3 % – на титані. Проте, деякі дослідження повідомляли про схожість біологічних властивостей титану та оксиду цирконію з точки зору адсорбції білка, складу біоплівки і бактеріальної адгезії на поверхнях.

Природною реакцією на наявність бактерій є вивільнення медіаторів запалення, що веде до втрати кістки. Окрім оцінки зубної бляшки існує ще один метод для вивчення гігієнічних властивостей, який полягає у визначенні наступних факторів запалення: фактор росту ендотелію судин (VEGF), експресія синтази оксиду азоту, запальна інфільтрація та щільність мікросудин у періімплантних тканинах. Підвищений рівень цих факторів вказує на наявність запалення, викликаного накопиченням бактерій.

У 2006 році Degidi et al. [27] визначали фактори запалення для порівняльної оцінки гігієнічних властивостей цирконію та титану. У досліді брали участь пацієнти, яким встановлювали імплантати. Половина абатментів була з цирконію, а інша – з титану. Після 6 місяців проводили біопсію та аналізували тканини на наявність медіаторів запалення. Значно менша запальна інфільтрація спостерігалась навколо цирконієвих абатментів.

Однак, варто зазначити, що незалежно від застосованого матеріалу, якщо між імплантатом та абатментом буде нещільний контакт, то це однозначно призведе до запального процесу та втрати рівня кістки. У таких випадках рекомендують замінити платформу абатмента, щоб усунути щілину та зупинити втрату альвеолярної кістки.

Rohling і спів. [28] вивчали та порівнювали утворення біоплівки на титанових та оксид цирконієвих поверхнях за допомогою *in vitro* моделі біоплівки з трьох видів мікроорганізмів та зубної бляшки. Їхні результати показали значно меншу товщину біоплівки та зниження інтенсивності утворення зубної бляшки після 72 годин інкубації на дисках із оксиду цирконію у порівнянні із титановими дисками.

Готь і спів. [1, 2] також проводили досліди in vivo та in vitro, де порівнювали інтенсивність утворення біоплівки на трьох видах титанових поверхнях та оксиді цирконію. Результати продемонстрували, що адгезія мікроорганізмів була значно меншою на поверхні оксиду цирконію.

Механічні властивості. Механічні властивості оксиду цирконію дуже схожі до металів, в силу чого він був названий «керамічною сталлю». Цирконій має високу пружність (900-1200МРа), твердість по Віккерсу (1200), модуль Вейбулла (10-12) і міцність на стискання 2000 МПа, все це необхідне для довгострокової стабільності і успіху[30, 32]. При великих навантаженнях, як наприклад, жуванні чи парафункціях,

кристалічна модифікація, при якій метастабільна тетрагональна фаза переходить в моноклінну, запобігає утворенню тріщин.

Silva і спів. [31] досліджували вплив підготовки коронки на надійність одноетапних імплантатів з оксиду цирконію. Вони виявили, що опірність до тріщин без виготовлення коронки становила 1023.3 N, а із коронкою – 1111.7 N. Проте, в іншому дослідженні показали, що підготовка опорних структур імплантатів має негативний вплив на їх міцність [32]. Дослідники оцінювали стійкість до зламів одноетапних імплантатів з оксиду цирконію (Sigma) після їх тестування у симуляторі з оклюзійними навантаженнями після 5 років використання. Тріщини виникли при навантаженні від 725 до 850 N без наявності супраструктур та при навантаженні від 539 до 607 N, якщо були присутні супраструктури імплантатів. Вони прийшли до висновку, що в середньому межа міцності імплантатів з діоксиду цирконію коливалася в рамках клінічного застосування.

Висновки. Аналіз літератури показав статистично достовірну перевагу оксид цирконієвих абатментів над титановими для збереження природного кольору м’яких тканин, оскільки вони дають прекрасний естетичний результат і є вибором номер один для пацієнтів із тонким біотипом ясен. Оксид цирконію, також, продемонстрував значно меншу присутність бактерій, і цей факт є важливим для забезпечення здоров’я м’яких тканин навколо імплантата. Однак, на сьогодні є недостатньо досліджень прямого порівняння оксиду цирконію з титаном в ротовій порожнині одного пацієнта для надання повноцінного розуміння переваги якогось із матеріалів для виготовлення опорних структур імплантатів.

REFERENCES

1. **Got' S. R. Ugrin, M. M., Fal', O. M., Bari-ljak, A. Ja., Panas, M. A**. The intensity of biofilm formation on titanium and zirconium oxide abutments in the experiment in vitro. *Novyny stomatologii'.* 2017;1:76-81.

2. **Got', S. R., Ugryn, M. M., Fal', O. M., Baryljak, A. Ja., Panas, M. A** The intensity of biofilm formation on titanium and zirconium oxide surfaces in the experiment in vivo on the example Streptococcus mitis та Streptococcus salivarius. *Ukrai'ns'kyj stomatologichnyj al'manah.* 2017;1:53-60.

3. **Koleda P. A., Zholudev S. E.** Experience in the application of individually milled abutments made of zirconium dioxide with a veneer ceramic for prosthetic group implants. *Problemy stomatologii.* 2011; 2:26-28

4. **Kostenko Je. Ja., Bokoch A. V., Kenjuk A. T**. A comprehensive approach to orthopedic treatment and rehabilitation of dental patients with defects of dentition in the esthetic zone. *Sovremennaja stomatologija*. 2016;5:60-65.

5. **Gomes A.L, Montero J.** Zirconia implant abutments: a review. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011;16(1): 50-5.

6. **Scarano *A.*, Piatelli *M.*, *Caputi S.*, *Favero G.*, Piatelli A.** Mucosal considerations for osseointegrated implants bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. Journal of Periodontology.2004; 75(2), 292-296.

7. **Zembic A., Philipp A., Hämmerle C., Wohlwend A., Sailer I.** Eleven-Year Follow-Up of a Prospective Study of Zirconia Implant Abutments Supporting Single All-Ceramic Crowns in Anterior and Premolar Regions. 2015; 17(2) :343–764.

8. **Nair S. J., Chittaranjan B., Avinash A., Rajyalakshmi R., Jagini, A., Reddy R.** Zirconia Dental Implants : an Overview. International Journal of Dental and Health Sciences. 2015; 2(4).

9. **Nakamura K., Kanno T., Milleding P., Ortengren U.** Zirconia as a dental implant abutment material: a systematic review. The International Journal of Prosthodontics.2010; 23(4): 299–309.

10. **Jung R., Sailer I., Hämmerle C.** In *Vitro Color Changes* of Soft Tissues. Caused by Restorative Materials. Int J Periodontics Restorative Dent. 2007;27(3):251-7.

11. Thoma The Esthetic Effect of Veneered Zirconia Abutments for Single-Tooth Implant Reconstructions: A Randomized Controlled Clinical Trial Clinical Implant Dentistry. 2016;18(6): 1210–1217.

12. **Thoma D.S., Gamper F.B., Sapata V.M.** Spectrophotometric analysis of fluorescent zirconia abutments compared to “conventional” zirconia abutments: A within subject controlled clinical trial. Dent Mater. 2017;33(4):427-433.

13. Biocompatibility of polymer-infiltrated-ceramic-network (PICN) materials with Human Gingival Keratinocytes (HGKs) Grenade, Charlotte et al. Dental Materials , Volume 33 , Issue 3 , 333 – 343

14. Franchi M, Bacchelli B, Giavaresi G, et al. Influence of different implant surfaces on peri-implant osteogenesis: histomorphometric analysis in sheep. J Periodontol. 2007;78:879–888.

15. **Franchi M. Bacchelli B. Martini D. et al**. Early detachment of titanium particles from various different surfaces of endosseous dental implants. Biomaterials.2004;25:2239–2246.

16. **Sollazzo V, Pezzetti F, Scarano A, et al.** Zirconium oxide coating improves implant osseointegration in vivo. Dent Mater. 2008;24:357–361.

17. **Bacchelli B., Giavaresi G., Franchi M. et al**. Influence of a zirconia sandblasting treated surface on peri-implant bone healing: an experimental study in sheep. Acta Biomater. 2009;5:2246–2257.

18. **Scarano A., Di Carlo F., Quaranta M., Piattelli A.** Bone response to zirconia ceramic implants: an experimental study in rabbits. J Oral Implantol. 2003;29:8–12.

19. **Kohal R.J., Weng D., Ba¨chle M., Strub J.R.** Loaded custom-made zirconia and titanium implants show similar osseointegration: an animal experiment. J Periodontol. 2004;75:1262–1268.

20. **Hoffmann O., Angelov N., Gallez F., Jung R.E., Weber F.E**. The zirconia implant-bone interface: a preliminary histologic evaluation in rabbits. Int J Oral Maxillofac Implants. 2008;23:691–695.

21. **Langhoff J.D., Voelter K., Scharnweber D., et al.** Comparison of chemically and pharmaceutically modified titanium and zirconia implant surfaces in dentistry: a study in sheep. Int J Oral Maxillofac Surg. 2008;37:1125–1132.

22. **Depprich R., Zipprich H., Ommerborn M. et al.** Osseointegration of zirconia implants: an SEM observation of the bone-implant interface. Head Face Med. 2008;4:25.

23. **Depprich R., Ommerborn M., Zipprich H. et al.** Behavior of osteoblastic cells cultured on titanium and structured zirconia surfaces. Head Face Med. 2008;4:29.

24. **Scarano A., Piattelli M., Caputi S., Favero G.A., Piattelli A.** Bacterial adhesion on commercially pure Titanium and Zirconium Oxide discs: an in vivo human studyJ Periodontology. 2004; 75(2).

25. **Hauser-Gerspach Irmgard.** Bactericidal effects of different laser systems on bacteria adhered to dental implant surfaces: an in vitro study comparing zirconia with titanium. Clin. Oral Impl. Res. 2010; 21: 277–283.

26. **Rimondini L., Cerroni L., Carrassi A., Torricelli P.** Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. Int J Oral Maxillofac Implants. 2002;17(6):793-8.

27. **Degidi M., Artese L., Scarano A., Perrotti V., Gehrke P., Piattelli A.** Inflammatory infiltrate, microvessel density, nitric oxide synthase expression, vascular endothelial growth factor expression, and proliferative activity in peri-implant soft tissues around titanium and zirconium oxide healing caps. J Periodontol. 2006;77(1):73-80.

28. **Gahlert M., Rohling S, Wieland M**. *In Vitro Biofilm Formation* On Titanium And Zirconia implant surfaces. Journal of Periodontology 88(3):1-16. 2016

29. **Denry I., Kelly J.R.** State of the art of zirconia for dental applications. Dent. Mater. 2008; 24: 299-307.

30. **Özkurt Z., Kazazoğlu E.** Zirconia Dental Implants: A Literature Review. Journal of Oral Implantology2011; 37(3), 367–376.

31. **Silva N.R., Coelho P.G., Fernandes C.A., Navarro J.M., Dias R.A., Thompson V.P.** Reliability of one-piece ceramic implant. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2009;88: 419–426.

32. **Andreiotelli M., Kohal R.J.** Fracture strength of zirconia implants after artificial aging. Clin Implant Dent Relat Res. 2009;11:158–166.

33. **Linkevicius T., Vaitelis J.** The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: A systematic review and meta-analysis. Clinical Oral Implants Research. 2015; 26:139–147.

Надійшла 23.05.17