

# ВЛИЯНИЕ АУТОЛОГИЧНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ НА ОСНОВЕ НЕТКАНОГО ТИТАНОВОГО МАТЕРИАЛА СО СКВОЗНОЙ ПОРИСТОСТЬЮ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРВИЧНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

УДК 616.31.001.57–089.843–77–07  
Поступила 21.12.2014 г.



**А.Е. Щербовских**, аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и стоматологии<sup>1</sup>;  
**С.А. Гафуров**, ассистент кафедры автоматических систем энергетических установок<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный медицинский университет, Самара, 443099, ул. Чапаевская, 89;

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Самара, 443086, Московское шоссе, 34

**Цель исследования** — оценка показателей первичной стабильности моделей зубных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью, установленных по традиционной технологии и с применением технологии аутологичного модифицирования в эксперименте.

**Материалы и методы.** В рандомизированном исследовании использовались 18 препаратов нижней челюсти свиней возрастом от 9 до 13 мес. Методом периотестометрии оценивалась стабильность моделей зубных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью, установленных по традиционной технологии (1-я серия опытов, n=18) и с применением технологии аутологичного модифицирования (2-я серия опытов, n=18). Диаметр штифтов-распорок составлял 1,8; 2,0; 2,3 мм.

**Результаты.** Увеличение диаметра штифта-распорки с 1,8 до 2,3 мм в моделях зубных имплантатов со втулкой из нетканого титанового материала со сквозной пористостью повышает показатели стабильности в 7,8 раза, со втулкой из нетканого титанового материала, модифицированного аутологичной костной тканью, — в 10,06 раза. Аутологичное модифицирование костной тканью нетканого титанового материала со сквозной пористостью увеличивает показатели стабильности имплантата при диаметре штифта-распорки 1,8 мм в 1,39 раза, при 2,0 мм — в 3,5 раза, при 2,3 мм — в 1,79 раза.

**Заключение.** Аутологичное модифицирование нетканого титанового материала со сквозной пористостью позволяет оптимизировать показатели стабильности зубных имплантатов.

**Ключевые слова:** зубной имплантат; нетканый титановый материал со сквозной пористостью; первичная стабильность имплантата; аутокостная ткань; остеоинтеграция; металлорезина.

## English

## Effect of Autologous Modification of Dental Implants Based on Non-Woven Titanium Material with a Through Porosity on the Primary Stability Indices in Experiment

**A.E. Scherbovskikh**, PhD Student, Department of Maxillofacial Surgery and Dentistry<sup>1</sup>;  
**S.A. Gafurov**, Assistant, Department of Automatic Systems of Energy Devices<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State Medical University, 89 Chapayevskaya St., Samara, 443099, Russian Federation;

<sup>2</sup>Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolev (National Research University), 34 Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation

**The aim of the investigation** is to compare primary stability values of dental implant models based on titanium non-woven material with a through porosity mounted by traditional technology and the technology of autologous modification in experiment.

**Materials and Methods.** A randomized study was performed on 18 mandible models of pigs aged 9 to 13 months. Periotestometry method was used for comparative assessment of primary stability of dental implant models based on non-woven titanium material with a through porosity placed by traditional technology (the first series of tests, n=18) and that of autologous modification (the second series of tests, n=18). The diameter of pin spacers was 1.8; 2.0; 2.3 mm.

**Для контактов:** Щербовских Алексей Евгеньевич, e-mail: scherbowskikh@mail.ru

**Results.** Pin spacer diameter increase from 1.8 mm to 2.3 mm in dental implant models with titanium sleeves made of non-woven material with a through porosity increases stability values by 7.8 times, whereas for implant models with the sleeves made of the same non-woven titanium material but modified by autologous bone tissue — by 10.06 times. Autologous bone modification of titanium non-woven material with a through porosity increases stability indices of an implant with a pin spacer diameter of 1.8 mm by 1.39 times, 2.0 mm — by 3.5 times, and 2.3 mm — by 1.79 times.

**Conclusion.** Use of autologous modification technology of dental implants made of non-woven titanium material optimizes stability values of dental implants.

**Key words:** dental implant; non-woven titanium material with a through porosity; primary stability of dental implant; autobone; osseointegration; porous metal.

Прогресс в понимании процессов остеоинтеграции обусловил развитие новых материалов для дентальной имплантологии. Однако встречаемость различных осложнений при их использовании говорит о целесообразности дальнейших исследований. Особое значение для остеоинтеграции имеет биологическое взаимодействие между имплантатом и окружающей его костью [1–4]. В последние годы оптимизации образования костной ткани на поверхности раздела имплантат–кость добивались за счет модуляции остеобластов, адгезии и пролиферации через индуцирование структурных модификаций поверхности имплантата, в том числе и на наноуровне. Для достижения лучших результатов имплантации развиваются традиционные технологии, направленные на химико-физическую модификацию поверхности дентальных имплантатов [5–9]. На макроскопическом уровне дизайн имплантата, форма резьбы, шаг, пористость являются основополагающими для обеспечения стабильности. В частности, использование меньшего шага резьбы, более глубокого ее профиля, сквозной пористости материала, более длинных и более крупных имплантатов увеличивает площадь контактирования их поверхности с окружающей костной тканью [10].

Одним из перспективных направлений в изготовлении дентальных имплантатов является использование нетканого титанового материала со сквозной пористостью (металлорезина), представляющего собой упруго-демпферный пористый материал [11]. В настоящее время в стоматологии имеется широкий спектр биоматериалов, обладающих выраженным остеоиндуктивным и остеокондуктивным потенциалом [12]. На сегодняшний день одним из наиболее оптимальных типов костно-пластических материалов остается аутологичная костная ткань [13, 14]. По существующим технологиям биологически активные покрытия на имплантатах получают электрохимическими методами, методами плазменного, магнетронного, лазерного напыления биоактивного материала. Высокоэнергетические воздействия, характерные для данных методов, приводят к частичной деструкции материалов и снижению их эффективности. Для нанесения покрытий используется сложное дорогостоящее оборудование, эксплуатация которого требует высококвалифицированного персонала, специально оборудованных помещений и т.д., что приводит к удорожанию готовой продукции [15]. Следовательно,

наибольшую перспективу среди технологий по включению в состав имплантата остеоиндуктора или остеокондуктора будет иметь технология холодного прессования, позволяющая сохранить свойства биоактивного материала.

Стабилизация дентального имплантата является одним из основополагающих факторов успешной остеоинтеграции и должна поддерживаться на всех этапах лечения с целью предотвращения микроэкзкурсии имплантата, которая может привести к его дезинтеграции. Первичная стабильность имеет механическую природу и зависит от формы, размера имплантата, качества костной ткани, клинической методики имплантации. Структурная и функциональная интеграция поверхности зубного имплантата с окружающей костной тканью (остеоинтеграция) имеет решающее значение для краткосрочной и долгосрочной перспективы исхода дентальной имплантации. На данный момент существует достаточное количество клинических методов оценки состояния комплекса имплантат–кость, которые свидетельствуют как об оптимизации процессов остеоинтеграции дентального имплантата, так и об их нарушении. Одним из современных методов измерения степени подвижности дентальных имплантатов является оценка с помощью системы PERIOTEST M (Siemens, Германия). Она позволяет обеспечить достоверную информацию о состоянии комплекса имплантат–кость [16]. Представляет интерес оценка с помощью этой системы состояния стабильности дентальных имплантатов при использовании технологии аутологичной модификации нетканого титанового материала со сквозной пористостью.

**Цель исследования** — оценка показателей первичной стабильности моделей дентальных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью, установленных по традиционной технологии и с применением технологии аутологичного модифицирования.

**Материалы и методы.** В рандомизированном исследовании использовались 18 препаратов нижней челюсти свиней возрастом от 9 до 13 мес. Исследование препаратов осуществлялось в течение 2 ч после забоя животного. Препараты нижней челюсти были очищены от мягких тканей и помещены в увлажненные физиологическим раствором салфетки. Орошение физиологическим раствором проводили на всех подготови-

Таблица 1

Возраст животных, состояние зубных рядов

№ препарата нижней челюсти	Возраст животного, мес.	Состояние зубного ряда
1	10	Интактный
2	11	Интактный
3	10	Интактный
4	10	Интактный
5	13	Интактный
6	11	Частичное отсутствие зубов
7	11	Интактный
8	10	Интактный
9	10	Интактный
10	9	Интактный
11	10	Интактный
12	11	Интактный
13	12	Интактный
14	10	Интактный
15	10	Интактный
16	9	Частичное отсутствие зубов
17	10	Интактный
18	13	Интактный

тельных этапах и при препарировании костной ткани нижней челюсти для минимизации процессов дегидратации тканей. Все препараты, включенные в исследование, имели частично беззубую челюсть или интактный зубной ряд (табл. 1).

В качестве экспериментальной модели зоны имплантации использовали нижний край подбородочного отдела нижней челюсти.

**Описание эксперимента.** В качестве прототипа для экспериментальной модели дентального имплантата была взята оригинальная конструкция, которая состояла из штифта-распорки, расклинивающего внутрикостную пористую втулку в форме цилиндра, и из нетканого титанового материала (металлорезины) со сквозной пористостью [17]. Нами разработана также технология аутологичного модифицирования моделей дентальных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью [18].



Рис. 1. Цилиндрическая втулка, модифицированная аутологичной костной тканью

При формировании костного ложа полученную костную стружку собирали в дозатор, объем которого соответствовал объему пористости имплантата, после чего проводили укладку нетканого титанового материала со сквозной пористостью в пресс-форму. При укладке материала в пресс-форму костную стружку засыпали в воронку пресс-формы, после чего заготовку погрузили в пресс-форму и производили холдное прессование (рис. 1).

Препараты нижней челюсти свиньи фиксировали в слесарных тисках на верстаке.

Модель дентального имплантата состояла из цилиндрической втулки на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью, выполненной из титановой проволоки марки ВТ-00 толщиной 0,08 мм и штифта-распорки. Внешний диаметр втулки — 3,5 мм, внутренний диаметр — 1,6 мм, длина — 7 мм, объем пористости —  $70 \pm 2\%$ . Цилиндрическая втулка, объем пористости которой был модифицирован аутологичной костной тканью, имела идентичные размеры (рис. 2).

В качестве элемента модели дентального имплантата, а именно штифта-распорки, использовали винты для остеосинтеза Stryker (Stryker, Германия, Швейцария) диаметрами 1,8; 2,0; 2,3 мм. По нижнему краю нижней челюсти в подбородочной области симметрично по отношению к средней линии при помощи шести фрез поэтапно формировали костные ложа диаметром 3,5 мм глубиной 7 мм (рис. 3).

Исследование проводили одновременно на двух группах зубов, расположенных в пределах одной челюсти справа и слева от сагиттальной линии, проходящей через середину подбородочного отдела нижнего края нижней челюсти. В 1-й группе в три костные ложа челюсти устанавливали модели дентальных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью; во 2-й группе, на противоположной стороне челюсти, — три модели дентальных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью, модифицированных аутологичной костной тканью. В каждое костное ложе производили установку втулки, во внутренний канал

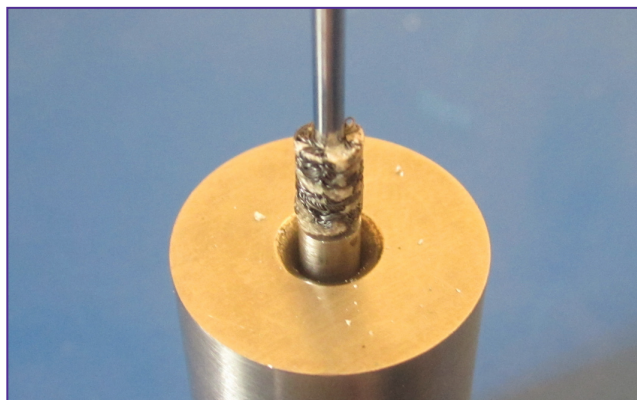


Рис. 2. Модели дентального имплантата, установленные в нижний край нижней челюсти





**Рис. 3.** Технология аутологичного модифицирования нетканого титанового материала со сквозной пористостью

которой вкручивали штифт-распорку. Таким образом, в каждой группе устанавливали по три штифта-распорки диаметром 1,8; 2,0; 2,3 мм.

**Описание способа измерения данных.** Первичную стабильность дентальных имплантатов оценивали при помощи аппарата PERIOTEST M (Siemens, Германия). Прибор состоит из ударного устройства, выполненного в виде наконечника, и устройства, измеряющего время возврата подвижной части прибора в исходное положение. Наконечник передает зубу электронно-контролируемый механический импульс, регулирующая катушка обеспечивает постоянную частоту импульсов бойка с компенсацией трения и силы тяжести. Получив электрический импульс, боек наносит удар по поверхности зуба или имплантата. Сила взаимодействия бойка и зуба преобразуется пьезокристаллом в аналоговый электрический сигнал, который оцифровывается в блоке аналого-цифрового преобразователя и передается в процессор. По окончании цикла из 16 ударов процессор вызывает данные из оперативного запоминающего устройства и, усреднив их значения, проводит логическое сравнение с матрицей (значениями, полученными экспериментальным путем). Определив, к какой группе относится результат, прибор посылает сигналы звуковому и индикаторному блокам для вывода данных в голосовой и цифровой форме. До начала следующего

измерения результат сохраняется и отображается на индикаторе в виде цифрового индекса. Каждый тест был повторен не менее трех раз, после чего определяли среднестатистическое значение. При статистической обработке результатов исследования вычисляли среднеарифметическое (M), среднюю ошибку среднего арифметического (m). Для оценки достоверности различий использовали непараметрический критерий Манна–Уитни для независимых групп. Различия уровня признака в сравниваемых группах считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Полученные в ходе исследования значения перидентометрии первичной стабильности моделей дентальных имплантатов показали ее зависимость от диаметра штифта-распорки и наличия аутологичной модификации нетканого титанового материала со сквозной пористостью (табл. 2).

Сравнение моделей дентальных имплантатов с штифтами-распорками диаметром 1,8; 2,0; 2,3 мм показало, что увеличение диаметра приводит к лучшей стабилизации моделей дентальных имплантатов как в 1-й, так и во 2-й группах. Сравнение моделей дентальных имплантатов с одинаковым диаметром штифтов-распорок как в 1-й, так и во 2-й группах показало, что во всех случаях показания прибора PERIOTEST M для нетканого титанового материала со сквозной пористостью, модифицированного аутологичной костной тканью, были выше, чем для нетканого титанового материала со сквозной пористостью. Эта закономерность справедлива для всех диаметров штифтов-распорок в моделях дентальных имплантатов (рис. 4).

Увеличение диаметра штифта-распорки с 1,8 до 2,3 мм в моделях дентальных имплантатов со втулкой из нетканого титанового материала со сквозной пористостью повышает показатели первичной стабильности в 7,8 раза; со втулкой из нетканого титанового материала, модифицированного аутологичной костной тканью, — в 10,06 раза. Аутологичное модифицирование костной тканью нетканого титанового материала со сквозной пористостью увеличивает показатели первичной стабильности имплантатов при диаметре штифта-распорки 1,8 мм в 1,39 раза, при 2,0 мм — в 3,5 раза, при 2,3 мм — в 1,79 раза.

Таким образом, данные экспериментального исследования возможности использования аутологичного

Таблица 2

**Значения перидентометрии первичной стабильности моделей дентальных имплантатов в зависимости от диаметра штифта-распорки и наличия аутологичной модификации нетканого титанового материала со сквозной пористостью, усл. ед. (M±m)**

Диаметр штифта-распорки, мм	1-я группа — нетканый титановый материал со сквозной пористостью	2-я группа — нетканый титановый материал, модифицированный аутологичной костной стружкой	Разница значений
1,8 (n=18)	40,33±0,24	29,06±0,19*	11,27
2,0 (n=18)	18,67±0,28	5,33±0,14*	13,34
2,3 (n=18)	5,17±0,17	2,89±0,14*	2,28

\* — статистически значимая разница значений в 1-й и 2-й группах,  $p < 0,05$ .

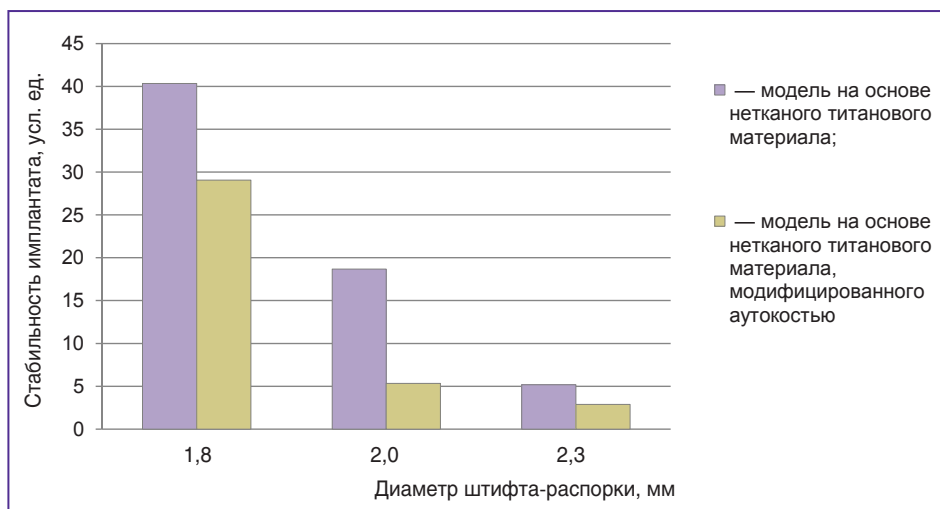


Рис. 4. Значения показателей прибора PERIOTEST M для двух исследуемых групп

модифицирования нетканого титанового материала со сквозной пористостью для оптимизации показателей первичной стабильности дентальных имплантатов свидетельствуют, что показания прибора PERIOTEST M зависят от диаметра штифта-распорки внутрикостной части модели дентального имплантата и плотности нетканого титанового материала со сквозной пористостью, регулируемой через аутологичную костную модификацию. Увеличение диаметра штифта-распорки приводит к стабилизации дентальных имплантатов в обеих исследуемых группах. При этом стабильность имплантатов, модифицированных аутологичной костной стружкой, в среднем выше стабильности немодифицированных имплантатов примерно в два раза. Однако стабильность дентальных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью выше в моделях с большим диаметром штифта-распорки внутрикостной части.

**Заключение.** Технология аутологичного модифицирования оптимизирует показатели первичной стабильности дентальных имплантатов посредством увеличения плотности нетканого титанового материала со сквозной пористостью.

**Финансирование исследования.** Работа проведена на личные средства авторов.

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликта интересов.

## Литература

1. von Wilmsky C., Moest T., Nkenke E., Stelzle F., Schlegel K.A. Implants in bone: part I. A current overview about tissue response, surface modifications and future perspectives. *Oral Maxillofac Surg* 2014; 18(3): 243–257, <http://dx.doi.org/10.1007/s10006-013-0398-1>.
2. von Wilmsky C., Moest T., Nkenke E., Stelzle F., Schlegel K.A. Implants in bone: Part II. Research on implant osseointegration. *Oral Maxillofac Surg* 2014; 18(4): 355–372, <http://dx.doi.org/10.1007/s10006-013-0397-2>.
3. Gittens R.A., Scheideler L., Rupp F., Hyzy S.L., Geis-Gerstorfer J., Schwartz Z., Boyan B.D. A review on the

wettability of dental implant surfaces II: Biological and clinical aspects. *Acta Biomater* 2014; 10(7): 2907–2918, <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2014.03.032>.

4. Mathieu V., Vayron R., Richard G., Lambert G., Naili S., Meningaud J.P., Haiat G. Biomechanical determinants of the stability of dental implants: influence of the bone-implant interface properties. *J Biomech* 2014; 47(1): 3–13, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.09.021>.

5. Markhoff J., Mick E., Mitrovic A., Pasold J., Wegner K., Bader R. Surface modifications of dental ceramic implants with different glass solder matrices: in vitro analyses with human primary osteoblasts and epithelial cells. *Biomed Res Int* 2014; 2014: 742180, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/742180>.

6. Cheng A., Humayun A., Cohen D.J., Boyan B.D., Schwartz Z. Additively manufactured 3D porous Ti-6Al-4V constructs mimic trabecular bone structure and regulate osteoblast proliferation, differentiation and local factor production in a porosity and surface roughness dependent manner. *Biofabrication* 2014; 6(4): 045007, <http://dx.doi.org/10.1088/1758-5082/6/4/045007>.

7. Hong Y.S., Kim J., Han J.S., Yeo I.S. Effects of hydrophilicity and fluoride surface modifications to titanium dental implants on early osseointegration: an in vivo study. *Implant Dent* 2014; 23(5): 529–533, <http://dx.doi.org/10.1097/id.000000000000131>.

8. Lugovskoy A., Lugovskoy S. Production of hydroxyapatite layers on the plasma electrolytically oxidized surface of titanium alloys. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2014; 43: 527–532, <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2014.07.030>.

9. Ballo A.M., Cekic-Nagas I., Ergun G., Lassila L., Palmquist A., Borchardt P., Lausmaa J., Thomsen P., Vallittu P.K., Närhi T.O. Osseointegration of fiber-reinforced composite implants: Histological and ultrastructural observations. *Dent Mater* 2014; 30(12): e384–e395, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.08.361>.

10. Bressan E., Sbricoli L., Guazzo R., Tocco I., Roman M., Vindigni V., Stellini E., Gardin C., Ferroni L., Sivoiella S., Zavan B. Nanostructured surfaces of dental implants. *Int J Mol Sci* 2013; 14(1): 1918–1931, <http://dx.doi.org/10.3390/ijms14011918>.

11. Щербовских А.Е. Оценка биологической совместимости нетканого титанового материала со сквозной пористостью на культуре мультипотентных мезенхимальных

стромальных клеток в эксперименте. *Аспирантский вестник Поволжья* 2014; 1–2: 210–213.

12. Nazirkar G., Singh S., Dole V., Nikam A. Effortless effort in bone regeneration: a review. *J Int Oral Health* 2014; 6(3): 120–124.

13. Jindal V., Gill A.S., Kapoor D., Gupta H. The comparative efficacy of decalcified allogenic bone matrix and intra-oral free osseous autografts in the treatment of periodontal intrabony defects. *J Indian Soc Periodontol* 2013; 17(1): 91–95, <http://dx.doi.org/10.4103/0972-124x.107482>.

14. Jensen S.S., Broggin N., Hjørting-Hansen E., Schenk R., Buser D. Bone healing and graft resorption of autograft, anorganic bovine bone and beta-tricalcium phosphate. A histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17(3): 237–243, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01257.x>.

15. Леонова Л.А., Гузеева Т.И., Гузеев В.В. Композиционные покрытия для имплантатов и эндопротезов. В кн.: II Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Ресурсоэффективные технологии для будущих поколений», 23–25 ноября 2010 г. Томск; 2010.

16. Truhlar R.S., Morris H.F., Ochi S. Stability of the bone-implant complex. Results of longitudinal testing to 60 months with the Periotest device on endosseous dental implants. *Ann Periodontol* 2000 Dec; 5(1): 42–55, <http://dx.doi.org/10.1902/annals.2000.5.1.42>.

17. Щербовских А.Е., Байриков И.М., Мизина П.Г. Дентальный имплантат (варианты). Патент РФ на полезную модель 143685. 2014.

18. Щербовских А.Е., Байриков И.М., Волова Л.Т., Мизина П.Г. Способ дентальной имплантации (варианты). Патент РФ на изобретение №2 544 804. 2015.

## References

1. von Wilmsky C., Moest T., Nkenke E., Stelzle F., Schlegel K.A. Implants in bone: part I. A current overview about tissue response, surface modifications and future perspectives. *Oral Maxillofac Surg* 2014; 18(3): 243–257, <http://dx.doi.org/10.1007/s10006-013-0398-1>.

2. von Wilmsky C., Moest T., Nkenke E., Stelzle F., Schlegel K.A. Implants in bone: Part II. Research on implant osseointegration. *Oral Maxillofac Surg* 2014; 18(4): 355–372, <http://dx.doi.org/10.1007/s10006-013-0397-2>.

3. Gittens R.A., Scheideler L., Rupp F., Hyzy S.L., Geis-Gerstorfer J., Schwartz Z., Boyan B.D. A review on the wettability of dental implant surfaces II: Biological and clinical aspects. *Acta Biomater* 2014; 10(7): 2907–2918, <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2014.03.032>.

4. Mathieu V., Vayron R., Richard G., Lambert G., Naili S., Meningaud J.P., Haiat G. Biomechanical determinants of the stability of dental implants: influence of the bone-implant interface properties. *J Biomech* 2014; 47(1): 3–13, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.09.021>.

5. Markhoff J., Mick E., Mitrovic A., Pasold J., Wegner K., Bader R. Surface modifications of dental ceramic implants with different glass solder matrices: in vitro analyses with human primary osteoblasts and epithelial cells. *Biomed Res Int* 2014; 2014: 742180, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/742180>.

6. Cheng A., Humayun A., Cohen D.J., Boyan B.D., Schwartz Z. Additively manufactured 3D porous Ti-6Al-4V constructs mimic trabecular bone structure and regulate

osteoblast proliferation, differentiation and local factor production in a porosity and surface roughness dependent manner. *Biofabrication* 2014; 6(4): 045007, <http://dx.doi.org/10.1088/1758-5082/6/4/045007>.

7. Hong Y.S., Kim J., Han J.S., Yeo I.S. Effects of hydrophilicity and fluoride surface modifications to titanium dental implants on early osseointegration: an in vivo study. *Implant Dent* 2014; 23(5): 529–533, <http://dx.doi.org/10.1097/id.0000000000000131>.

8. Lugovskoy A., Lugovskoy S. Production of hydroxyapatite layers on the plasma electrolytically oxidized surface of titanium alloys. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2014; 43: 527–532, <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2014.07.030>.

9. Ballo A.M., Cekic-Nagas I., Ergun G., Lassila L., Palmquist A., Borchardt P., Lausmaa J., Thomsen P., Vallittu P.K., Närhi T.O. Osseointegration of fiber-reinforced composite implants: Histological and ultrastructural observations. *Dent Mater* 2014; 30(12): e384–e395, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.08.361>.

10. Bressan E., Sbricoli L., Guazzo R., Tocco I., Roman M., Vindigni V., Stellini E., Gardin C., Ferroni L., Sivoletta S., Zavan B. Nanostructured surfaces of dental implants. *Int J Mol Sci* 2013; 14(1): 1918–1931, <http://dx.doi.org/10.3390/ijms14011918>.

11. Scherbovskih A.E. Assessment of biocompatibility of non-tissue titanium material with continuous porosity on the culture of multipotent mesenchymal stromal cells in experiment. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya* 2014; 1–2: 210–213.

12. Nazirkar G., Singh S., Dole V., Nikam A. Effortless effort in bone regeneration: a review. *J Int Oral Health* 2014; 6(3): 120–124.

13. Jindal V., Gill A.S., Kapoor D., Gupta H. The comparative efficacy of decalcified allogenic bone matrix and intra-oral free osseous autografts in the treatment of periodontal intrabony defects. *J Indian Soc Periodontol* 2013; 17(1): 91–95, <http://dx.doi.org/10.4103/0972-124x.107482>.

14. Jensen S.S., Broggin N., Hjørting-Hansen E., Schenk R., Buser D. Bone healing and graft resorption of autograft, anorganic bovine bone and beta-tricalcium phosphate. A histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17(3): 237–243, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01257.x>.

15. Leonova L.A., Guzeeva T.I., Guzeev V.V. Kompozitsionnye pokrytiya dlya implantatov i endoprotezov. V kn.: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh “Resursoeffektivnye tekhnologii dlya budushchikh pokoleniy”, 23–25 noyabrya 2010 g. [Composite coatings for implants and endoprotheses. In: II International scientific and practical conference of the young scientists “Resource-effective technologies for future generations”, 23–25 November, 2010]. Tomsk; 2010.

16. Truhlar R.S., Morris H.F., Ochi S. Stability of the bone-implant complex. Results of longitudinal testing to 60 months with the Periotest device on endosseous dental implants. *Ann Periodontol* 2000 Dec; 5(1): 42–55, <http://dx.doi.org/10.1902/annals.2000.5.1.42>.

17. Scherbovskih A.E., Bayrikov I.M., Mizina P.G. *Dental'nyy implantat (varianty)*. Patent RF na poleznyuyu model' 143685 [Dental implant (variants). RF Utility Patent 143685]. 2014.

18. Scherbovskih A.E., Bayrikov I.M., Volova L.T., Mizina P.G. *Sposob dental'noy implantatsii (varianty)*. Patent RF na izobretenie 2 544 804 [Method of dental implantation (variants). RF Patent for invention 2 544 804]. 2015.