

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 616.716.87-089.844

Мецуку И.¹, Мураев А.А.^{1,2}, Гажва Ю.В.², Ивашкевич С.Г.¹

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНОГО ТИПА БАРЬЕРНЫХ МЕМБРАН, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ КОСТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ В СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ

¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, г. Москва, Россия;

²БОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, 603005, г. Нижний Новгород, Россия

В обзоре приведён анализ отечественной и зарубежной литературы, в которой отражены основные преимущества и недостатки различных типов каркасных мембран, используемых в современной стоматологической практике при реконструкции альвеолярной кости челюстей. Особое внимание уделено методам создания мембран индивидуальной формы, соответствующих геометрии костного дефекта. Показано, что методы компьютерного планирования костной пластики и CAD/CAM-изготовления мембран и их прототипов, способны оптимизировать хирургический этап и сократить время проведения операции, повысив точность выполнения костной реконструкции.

Ключевые слова: каркасная мембрана; костная пластика; направленная костная регенерация; компьютерное планирование; CAD/CAM-технологии; обзор.

Для цитирования: Мецуку И., Мураев А.А., Гажва Ю.В., Ивашкевич С.Г. Сравнительная характеристика различного типа барьерных мембран, используемых для направленной костной регенерации в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. *Российский стоматологический журнал*. 2017; 21(5): 291-296. <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2017-21-5-291-296>

Mecuku I.¹, Muraev A.A.^{1,2}, Ju.V. Gazhva², S.G. Ivashkevich¹

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF VARIOUS TYPES OF MEMBRANES USED FOR BONE GRAFTING AND GUIDED TISSUE REGENERATION IN DENTISTRY AND MAXILLOFACIAL SURGERY

¹People's Friendship University of Russia, 117198, Moscow, Russian Federation;

²Post graduate education in Nizhny Novgorod medical state academy, 603005, Nizhny Novgorod, Russian Federation

This review aims to analyze the domestic and foreign professional literature, and it shows the main positive and negative properties of the materials for the manufacture of membranes used in modern dental practice in bone-grafting interventions and guided tissue regeneration. Emphasis is placed on the importance of developing a new individual membrane made of polytetrafluorethylene, due to high relevance of such researches owing to reduce the risk of infection of surgical wounds and high degree of adaptation to the geometry of the bone defect.

Key words: frame membrane; bone grafting; guided tissue regeneration; computer planning; CAD/CAM technology; review.

For citation: Mecuku I., Muraev A.A., Gazhva Ju.V., Ivashkevich S.G. Comparative characteristics of various types of membranes used for bone grafting and guided tissue regeneration in dentistry and maxillofacial surgery. *Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal*. 2017; 21(5): 291-296. <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2017-21-5-291-296>

For correspondence: Gazhva Julia V., PhD, Tutor, assistant of the Department of Maxillofacial Surgery and Implantology NNSMA, Email: gazhva@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The work is executed at support of Russian science Foundation grant (agreement № 15-15-10014 from 01.05.2015).

Received 15.06.17

Accepted 21.07.17

Введение

Частичное или полное отсутствие зубов — одна из главных проблем современной стоматологии. Использование дентальных имплантатов в качестве долговременных искусственных внутрикостных опор позволило кардинальным образом изменить эффективность подходов к устранению дефектов и деформаций зубных рядов, а также восстановлению окклюзионных взаимоотношений [1—3].

Достижение ожидаемых эстетических и функциональных результатов протезирования с использованием дентальных имплантатов невозможно без их правильного позиционирования. Поэтому в числе диагностических мероприятий

комплексной оценки исходных условий с точки зрения хирургии и протезирования особое место занимает анализ количественных и качественных характеристик костной ткани челюстей [4—6].

При частичном или полном отсутствии зубов встречаемость различных вариантов уменьшения альвеолярного костного объёма челюстей составляет не менее 30% [7]. Такого рода дефекты и деформации возникают при снижении функциональной нагрузки на костную ткань с последующей её атрофией, являются исходом лечения воспалительных одонтогенных заболеваний, травматичных удалений зубов и др.

Совершенствование методик дентальной имплантации невозможно без улучшения результатов восстановления объёма альвеолярной кости челюстей [8]. Для этого применяются различные методы реконструктивных вмешательств, результатом которых становится создание костного объёма,

Для корреспонденции: Гажва Юлия Владимировна, канд. мед. наук, ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии и имплантологии ФПКВ НижГМА, E-mail: gazhva@yandex.ru

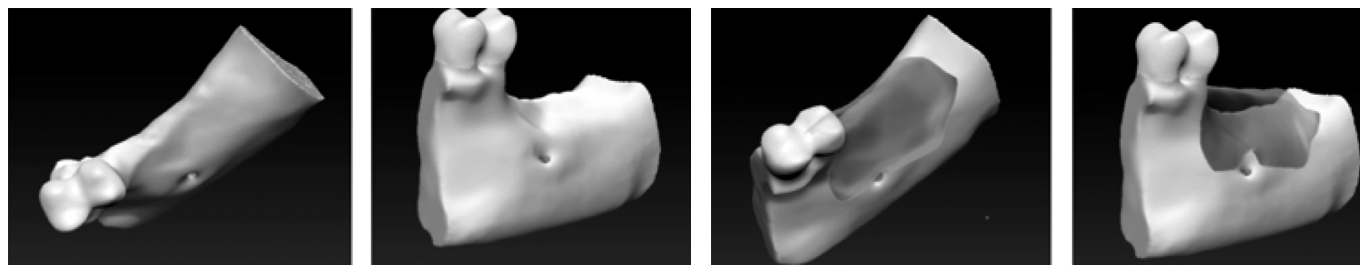


Рис. 1. Компьютерная 3D-модель альвеолярной части НЧ, где планируется проведение реконструкции и 3D-модель каркасной мембраны, перекрывающей дефект.

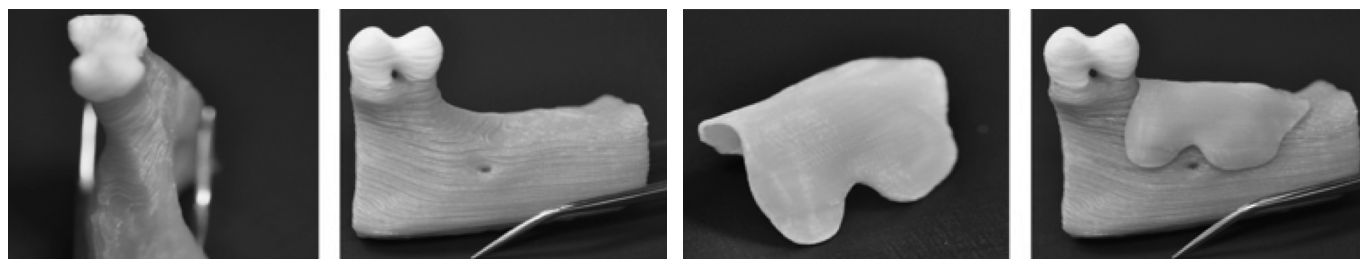


Рис. 2. 3D-модель фрагмента НЧ и модель каркасной мембраны, ограничивающей зону реконструкции.

необходимого для оптимального позиционирования имплантатов, исходя из их числа, размера и функциональной принадлежности. Это, наряду с положительным влиянием на ближайший и отдалённый прогноз дентальной имплантации, способствует расширению показаний для проведения стоматологического имплантологического лечения [9—10].

Изолирующие мембраны используются при любых видах костной пластики. Основная их роль — барьерная, они ограничивают зону регенерации кости от соединительной и эпителиальной тканей.

При реконструктивных операциях местным костным лоскутом (межкорткальная остеотомия, сэндвич-пластика) или костным трансплантатом (винирная пластика) традиционно применяются коллагеновые резорбируемые мембраны, которые сами не определяют форму будущего регенерата, а служат только барьером. Напротив, при проведении направленной костной регенерации (НКР) с использованием остеопластических материалов и костной стружки барьерные мембраны выполняют роль каркаса, удерживая и защищая регенерат.



Рис. 3. Мембрана Lamina сформирована по шаблону и фиксирована микровинтами, ограничивая область реконструкции.

К любым видам мембран, независимо от их функционального назначения, предъявляются общие требования: биосовместимость, скорость биодеградации или её отсутствие, эргономичность [11].

Резорбируемые мембраны принадлежат к группам природных или синтетических полимеров. Из них коллаген и алифатические полиэфиры, такие как полигликолид и полилактид, — самые известные для медицинского применения [12, 13].

Резорбируемые мембраны обладают преимуществом, они подвержены биодеградации в организме, тем самым устраняя необходимость 2-го этапа операции для их удаления [14].

Коллагеновые мембраны — представители резорбируемых мембран для НКР. Коллаген показал отличную биосовместимость при применении в тканевой инженерии [15]. Для производства коллагеновых мембран, например Bio-Gide (Geistlich Pharma, Швейцария), Biomend (Zimmer Dental, США), Cytoplast RTM collagen (Osteogenics Biomedical Inc., США), был использован свиной, бычий и человеческий коллаген I и III типа, антигенность которого должна быть устранена с помощью конкретных химических процессов [16].

Быстрая резорбция — ещё один недостаток коллагеновых мембран. Для её преодоления были использованы перекрёстные связывания с использованием глутарового альдегида, формальдегида или фермента — в зависимости от конечного продукта [17, 18], с помощью которых можно контролировать время резорбции коллагеновых мембран в период регенерации костной ткани. Однако некоторые фиксаторы могут проявлять цитотоксические свойства, например глутаровый альдегид [19].

Коллагеновые мембраны могут быть зафиксированы с помощью пинов, или швов для предотвращения их смещения в послеоперационном периоде.

Алифатические полиэфиры, такие как полилактидная кислота (ПЛК), полигликолевая кислота (ПГК) и др., были использованы для производства синтетических полимеров [20]. Синтетические полимеры применяются для систем фиксации в ортогнатической хирургии [21].

В стоматологии мембрана из ПЛК была впервые использована для направленной регенерации тканей пародонта [22, 23]. После этого появились различные мембраны для НКР:

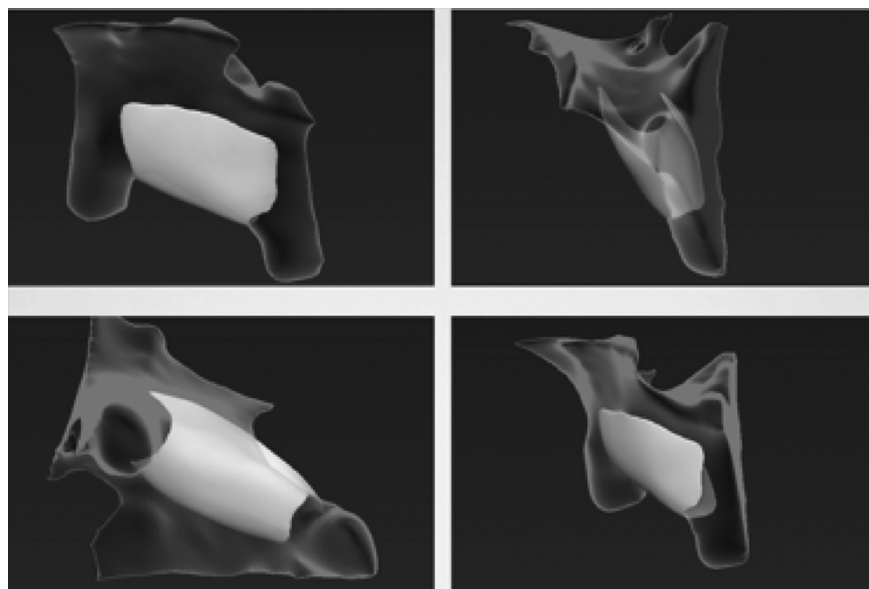


Рис. 5. 3D-модель альвеолярного отростка ВЧ и каркасной мембраны в области планируемой реконструкции.

Guidor (Sunstar Americas Inc. США), Resolut (W.L. Gore & Associates Inc., США), Atrisorb (Aatrix Laboratories Inc., США), Epi-Guide (Kensey Nash Corp., США) и Biomes (Samyang Corp., Корея).

Полимер ПЛК подвергался более медленному гидролизу в организме человека, чем полимер ПГК [24]. Для оптимизации деградации полимер ПЛК был комбинирован в основном с полимером ПГК как сополимер; эти полимеры рассасываются в результате ферментативного гидролиза [25]. Таким образом, полученная полилактид-ко-гликолевая кислота (ПЛГК) главным образом используется в стоматологии для синтеза мембран для НКР [26]. Изменения структуры ПЛГК влияют на скорость гидролиза и механическую прочность мембраны для НКР [27]. Мембраны ПЛГК могут быть использованы в качестве носителя лекарственных веществ [28].

Как и большинство синтетических полимеров, мембрана из ПЛГК плохо рассасывается и должна быть удалена после регенерации костной ткани. Синтетический полимер



Рис. 6. Интраоперационный этап. Заполнение пространства между мембраной Экофлон и дефектом альвеолярного отростка.

обычно инкапсулируется фиброзной капсулой [29].

Без включения биологически активных молекул сама синтетическая полимерная мембрана не проявляет остеоиндуктивных свойств в отличие от коллагеновой, что существенно сказывается на формировании регенерата [30, 31].

У резорбируемых мембран есть ряд недостатков, в том числе их непредсказуемая степень резорбции, которая может существенно менять объем формирования костной ткани [32]. Быстрая деградация и обусловленная недостаточная жесткость определяют необходимость дополнительной поддержки мембраны, особенно если речь идет о большой протяженности дефекта [33–35].

В случае когда мембраны экспонируются через слизистую оболочку или подвергаются воспалительным реакциям со стороны соседних тканей, ферментативная активность макрофагов и нейтрофилов вызывает их ускоренную резорбцию, тем самым угнетая регенерацию кости, это особенно проблематично, когда НКР проводится в сочетании с установкой имплантата, так как

имплантат становится нестабильным [36].

Когда дефект кости не поддерживается жесткой мембраной, НКР может оказаться неудачной, даже, если мембране и удалось сохранить первоначальный объем кости, со временем, как правило, мембраны теряют прочность и распадаются, что ограничивает их применение в условиях большой протяженности дефектов и объемных реконструкциях [37].

Нерезорбируемые мембраны используются одновременно в качестве тканевого барьера и каркаса, ограничивающего и защищающего область реконструкции. К нерезорбируемым мембранам относят политетрафторэтиленовые (ПТФЭ) мембраны и титановую сетку (фольгу). Основным недостатком при использовании этого типа мембраны является необходимость проведения 2-й операции для их удаления. Данные мембраны обеспечивают эффективную барьерную функцию [38], сохраняют пространство под мембраной в течение необходимого периода времени, обеспечивая успешную регенерацию кости [39–41].

Титановая фольга и сетка имеют отличные механические свойства для стабилизации костных трансплантатов под мембраной. Ее жесткость обеспечивает значительное сохранение пространства и предотвращает распад контура, эластичность предотвращает сжатие слизистой оболочки. Стабильность титановой сетки предотвращает смещение трансплантата, а ее пластичность позволяет гнуть, контурировать и адаптировать мембрану к любому уникальному костному дефекту [34, 42].

Однако жесткость титановой сетки и неправильная адаптация могут приводить к механическим раздражениям слизистой оболочки [43]. К тому же, острые края, сформированные от обрезки и изгибов титановой сетки, могут стать причиной ее прорезывания и повреждать слизистую оболочку, покрывающую зону реконструкции [44].

Политетрафторэтиленовые мембраны (ПТФЭ) по структуре можно разделить на 2 вида: пористые, они же экспандированные (e-PTFE), и плотные (d-PTFE). Мембрана Gore-Tex (W.L. Gore & Associates, США), которая состоит из e-PTFE, была широко использована в клинической практике и стала материалом выбора для НКР.

ПТФЭ также широко используется в хирургии желудочно-кишечного тракта, головного мозга и сердечно-сосудистой хирургии. Доклинические и клинические исследования по-



Рис. 7. Мембрана фиксирована микровинтами Конмет.

казали эффективность ПТФЭ при направленном восстановлении тканей [45].

Структура мембраны e-PTFE включает в себя многочисленные мелкие поры, которые стимулируют прикрепление клеток тканей и стабилизируют взаимодействие между тканями. Эти небольшие поры также ограничивают миграцию эпителиальных клеток [46]. Однако мембрана должна быть немедленно удалена в случае воспаления мягких тканей или инфицирования. В настоящее время e-PTFE мембраны сняты с производства и недоступны для применения в стоматологии.

Высокоплотная ПТФЭ (d-PTFE) мембрана ex. Cytoplast Regentex GBR-200, или TXT-200 (Osteogenics Biomedical Inc., США) — одна из альтернативных e-ПТФЭ. Эта мембрана изначально была разработана в 1993 г., и её успех в направленной костной и тканевой регенерации хорошо документирован [47, 48].

Мембрана ex. Cytoplast Regentex GBR-200, или TXT-200 изготовлена из высокоплотного ПТФЭ с субмикронным (0,2 мм) размером пор. Вследствие такой высокой плотности и малого размера пор исключено внедрение бактерий в зону

наращивания костной ткани, таким образом, мембрана способна защитить основной материал трансплантата, костный графт или имплантат. При использовании данной мембраны полного закрытия раны мягкими тканями не требуется [48, 49]. Авторы-исследователи сообщили, что d-PTFE полностью препятствует проникновению пищи и бактерий, даже в случае прорезывания, так как барьерная функция мембраны при этом сохраняется [50, 51].

Современные достижения биотехнологий привели к созданию гибридного вида барьерных мембран с каркасными свойствами. Lamina (OsteoBiol, Италия) — представитель такого вида мембран.

Мембрана Lamina — это кортикальная коллагенсодержащая пластинка, подвергающаяся пластичной деформации с удержанием формы. При её увлажнении стерильным физиологическим раствором во время операции достигается необходимая пластичность, при этом мембрана легко редактируется ножницами для адаптации и перекрытия зоны дефекта. Она имеет длительный срок резорбции — 8 мес, обеспечивая такие же условия для регенерации костной ткани, какие создают нерезорбируемые мембраны [52—55].

Несмотря на все эти клинические преимущества, в доступной научной литературе недостаточно информации об исследованиях подобных мембран. Актуальна проблема адаптации и фиксации мембран в интраоперационном периоде.

Компьютерное планирование НКР и моделирование каркасных мембран. Адаптация формы каркасной мембраны занимает значительную долю операционного времени. Необходимо соблюдать определённые принципы, связанные с фиксацией мембраны. Края мембраны должны плотно прилегать к костной ткани по краям костного дефекта, мембрана должна повторять геометрию костного дефекта и т. д. Для этого на основании данных компьютерной томографии строится 3D-модель челюсти с предполагаемой зоной реконструкции, затем программными методами моделируется форма будущей мембраны; учитываются места крепления мембраны, границы реконструкции, точки выхода сосудов и нервов. Результатом такого планирования становятся компьютерные 3D модели каркасной мембраны, на основании которых возможно изготовление самих мембран либо их прототипов, которые могут служить шаблоном для формирования мембраны во время операции.

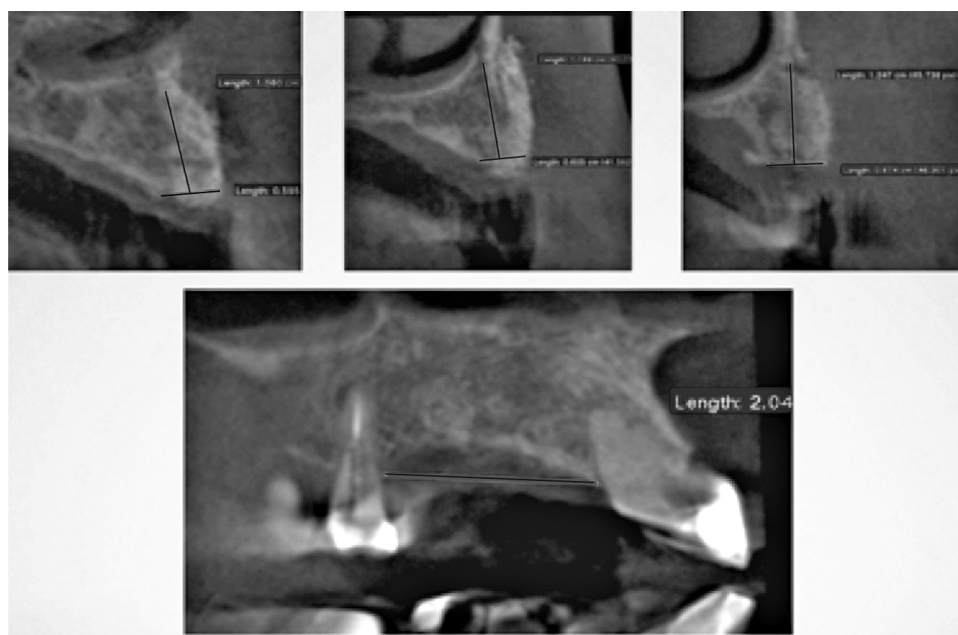


Рис. 8. Компьютерная томография через 8 мес.

На рис. 1—3, рис 4. на обложке представлено моделирование прототипа каркасной мембраны, его изготовление на 3D-принтере, интраоперационный этап НКР с применением каркасной мембраны Lamina, сформированной по прототипу.

В нашей работе также были применены индивидуализированные мембраны из политетрафторэтилена (Экофлон, Россия) для НКР. Моделировку формы проводили по методике, описанной для изготовления шаблонов. На рис. 5—8 представлен пример использования такой мембраны.

Дальнейшим этапом развития метода будет прямое изготовление барьерных мембран с использованием различных CAD/CAM-методов [11, 19, 21, 25, 42, 49].

Заключение

Метод направленной костной регенерации с использованием ограничивающих мембран развивается в направлении создания нового класса таких изделий, объединяющих в себе основные свойства каркасных мембран (механическая прочность) и резорбируемых барьерных мембран (биоинертность и заданный срок резорбции). В качестве перспективных материалов для такого вида мембран выступают биосовместимые полимеры: полилактид, полигликолид, полиоксидибутират и их комбинации. Указанные материалы также подходят для 3D-печати методом послойного наплавления, что позволяет изготавливать мембраны индивидуальной формы на основе данных компьютерной томографии пациента.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (соглашение №15-15-10014 от 01.05.2015 г.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА (пп. 11—55 см. в REFERENCES)

- Иванов С.Ю., Ларионов Е.В., Семенова Ю.А., Рябова В.М. Исследование нового биоконпозиционного остеопластического материала на основе костного минерального компонента, гиалуроновой кислоты и сульфатированных гликозаминогликанов. *Российский вестник дентальной имплантологии*. 2015; 31(1): 14—9.
- Иванов С.Ю., Ямуркова Н.Ф., Мураев А.А. и др. Обоснование применения различных методов реконструкции альвеолярной части нижней челюсти как этапа подготовки к стоматологической имплантации. *Российский вестник дентальной имплантологии*. 2013; 2(28): 34—9.
- Миргазизов М.З. Основные тенденции развития отечественной дентальной имплантологии. *Российский вестник дентальной имплантологии*. 2005; 1/2 (9/10): 4—9.
- Жусев А.И., Ремов А.Ю. Дентальная имплантация. *Критерии успеха*. М.: 2004.
- Зитцманн Н., Шерер П. *Стоматологическая реабилитация с помощью дентальных имплантатов*. М.: Азбука, 2005.
- Мушеев И.У., Олесева В.Н., Фромович О.З. *Практическая дентальная имплантология*. 2-е изд., М: Локус Стэнди; 2008.
- Филатова А.С. Направленная костная регенерация с применением титановой сетки при реконструктивных вмешательствах на челюстных костях. *32-я итоговая конференция молодых ученых МГМСУ*. М.: 2010; 26.
- Волков А.В., Михайловский А.А., Кулаков А.А. Сохранение объема костной ткани альвеолярного гребня при симметричной аугментации лунки удаленного зуба: клинко-морфологическое исследование. *Клиническая и экспериментальная морфология*. 2015; 1(13): 8—18.
- Вайс Ч.М. Главные критерии клинического прогноза зубных имплантатов. *Квинтэссенция. Стоматологический ежегодник*. 1992; 102—7.
- Руттен Л. *Эстетика имплантатов*. Пер. с нем. Под ред. С.И. Вольвач. М.: DENT; 2006.
- Иванов С.Ю., Ларионов Е.В., Семенова Ю.А., Рябова В.М. Investigation of new bone mineral-based biocomposite osteoplastic material, hyaluronic acid and sulfated glycosaminoglycans. *Rossiiskii vestnik dental'noi implantologii*. 2015; 31(1): 14—9. (in Russian)
- Ivanov S.Yu., Yamurkova N.F., Muraev A.A. et al. The rationale for the use of various methods of reconstruction of the alveolar part of the mandible as part of the preparation for implant therapy. *Rossiiskii vestnik dental'noi implantologii*. 2013; 2(28): 34—9. (in Russian)
- Mirgazizov M.Z., The main trends in the development of the domestic dental implantology. *Rossiiskii vestnik dental'noi implantologii*. 2005; 1/2 (9/10): 4—9. (in Russian)
- Jusev A.I., Remov A.Yu. *Dental implants. Success criteria. [Dental'naya implantatsiya. Kriterii uspekha]*. Moscow; 2004. (in Russian)
- Zitzmann N.U., Schärer P. Dental rehabilitation using dental implants. *[Stomatologicheskaya reabilitatsiya s pomoshch'yu dental'nykh implantatov]*. Moscow: Azbuka; 2005. (in Russian)
- Musheev I.U., Olesova V.N., Fromovich O.Z. *Practical dental implantology. [Prakticheskaya dental'naya implantologiya]*. II edition. M: Lokus Standi; 2008. (in Russian)
- Filatova A.S. Guided bone regeneration with the use of titanium mesh in reconstructive surgery on the mandibula. The 32-nd final conference of young scientists of MGMSU. *[32-ya itogovaya konferentsiya molodykh uchenykh MGMSU]*. Moscow. 2010; 26. (in Russian)
- Volkov A.V., Mikhailovskiy A.A., Kulakov A.A. Maintaining bone tissue volume in the alveolar ridge after symmetric augmentation of extraction sites. *Klinicheskaya i eksperimental'naya morfologiya*. 2015; 1(13): 8—18. (in Russian)
- Weiss C.M. Main criteria for clinical prognosis of dental implants. *Quintessence. Stomatologicheskii Ezhegodnik*. 1992; 102—7. (in Russian)
- Rutten L. *Implant aesthetics. Translated from German under edition of S.I. Vovach*. Moscow: DENT; 2006. (in Russian)
- Lizio G., Corinaldesi G., Marchetti C. Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh: a three-dimensional evaluation of factors affecting bone augmentation. *Int J. Oral Maxillofac Implants*. 2014; 29: 1354—63.
- Gutta R., Baker R.A., Bartolucci A.A., Louis P.J. Barrier membranes used for ridge augmentation: Is there an optimal pore size? *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2009; 67: 1218—25.
- Zhao L., Li N., Wang K., Shi C., Zhang L., Luan Y. A review of polypeptide-based polymer sponges. *Biomaterials*. 2014; 35: 1284—301.
- Zellin G., Gritli-Linde A., Linde A. Healing of mandibular defects with different biodegradable and non-biodegradable membranes: an experimental study in rats. *Biomaterials*. 1995; 16: 601—9.
- Becker W., Becker B., Mellonig J. A prospective multicenter study evaluating periodontal regeneration for class II furcation invasions and infra bony defects after treatment with a bioabsorbable barrier membrane: 1-year results. *J. Periodontol*. 1996; 67: 641—9.
- Lee J.Y., Kim Y.K., Yun P.Y., Oh J.S., Kim S.G. Guided bone regeneration using two types of non-resorbable barrier membranes. *J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg.* 2010; 36: 275—9.
- Rokkanen P.U. Absorbable materials in orthopaedic surgery. *Ann. Med.* 1991; 23: 109—15.
- Orenstein S.B., Saberski E.R., Kreutzer D.L., Novitsky Y.W. Comparative analysis of histopathologic effects of synthetic meshes based on material, weight, and pore size in mice. *J. Surg Res.* 2012; 176: 423—9.
- Otawara N., Sumida T., Kitagaki H., Sasaki K., Fujibayashi Sh., Takemoto M. et al. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Modeling accuracy of titanium products constructed with selective laser melting. *J. Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2015; 7: 1289—95.
- Vuddhakanok S., Solt C.W., Mitchell J.C., Foreman D.W., Alger F.A. Histologic evaluation of periodontal attachment apparatus following the insertion of a biodegradable copolymer barrier in humans. *J. Periodontol*. 1993; 64: 202—10.
- Mangano F., Macchi A., Shibli J.A., Luongo G., Iezzi G., Piattelli A., Caprioglio A., Mangano C. Maxillary Ridge Augmentation with Custom-Made CAD/CAM Scaffolds. A 1-Year Prospective Study on 10 Patients. *J. Oral Implantol*. 2014; 5: 561—9.
- De Macedo N.L., de Macedo L.G., Monteiro Ado S. Calcium sulfate and PTFE nonporous barrier for regeneration of experimental bone defects. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*. 2008; 13: 375—9.
- Zhang J., Xu Q., Huang C., Mo A., Li J., Zuo Y. Biological properties of an anti-bacterial membrane for guided bone regeneration: an experimental study in rats. *Clin. Oral Implants Res.* 2010; 21: 321—7.

REFERENCES

- Ivanov S.Yu., Larionov E.V., Semenova Ju.A., Ryabova V.M. Investigation of new bone mineral-based biocomposite osteoplastic ma-

24. Chattopadhyay S., Raines R.T. Review collagen-based biomaterials for wound healing. *Biopolymers*. 2014; 101: 821—33.
25. Asa'ad F., Pagni G., Pilipchuk S.P., Gianni A.B., Giannobile W.V., Rasperini G. 3D-Printed Scaffolds and Biomaterials: Review of Alveolar Bone Augmentation and Periodontal Regeneration Applications. *Int. J. Dent.* 2016. [<http://dx.doi.org/10.1155/2016/1239842>]
26. Rothamel D., Schwarz F., Sager M., Herten M., Sculean A., Becker J. Biodegradation of differently cross-linked collagen membranes: an experimental study in the rat. *Clin. Oral Implants Res.* 2005; 16: 369—78.
27. Rakhmatia Y.D., Ayukawa Y., Furuhashi A., Koyano K. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J. Prosthodont Res.* 2013; 57: 3—14.
28. Parrish L.C., Miyamoto T., Fong N., Mattson J.S., Cerutis D.R. Non-bioabsorbable vs. bioabsorbable membrane: assessment of their clinical efficacy in guided tissue regeneration technique. A systematic review. *J. Oral Sci.* 2009; 51: 383—400.
29. Jones A.A., Buser D., Schenk R., Wozney J., Cochran D.L. The effect of rhBMP-2 around endosseous implants with and without membranes in the canine model. *J. Periodontol.* 2006; 77: 1184—93.
30. Barteel B.K. The use of high-density polytetrafluoroethylene membrane to treat osseous defects. *Clin. reports. Implant. Dent.* 1995; 4: 21—6.
31. Herr Y. *Periodontology-based implantology*. Seoul: Myungmoon Publishing; 2006.
32. Daniels A.U., Andriano K.P., Smutz W.P., Chang M.K., Heller J. Evaluation of absorbable poly(ortho esters) for use in surgical implants. *J. Appl. Biomater.* 1994; 5: 51—64.
33. Fields T. Guided bone regeneration: focus on resorbable membranes. In: *Baylor oral surgery Thursday morning conference*; 2001.
34. Rominger J.W., Triplett R.G. The use of guided tissue regeneration to improve implant osseointegration. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 1994; 52: 106—12.
35. Tseng Y.Y., Liao J.Y., Chen W.A., Kao Y.C., Liu S.J. Sustainable release of carmustine from biodegradable poly[(D,L)-lactide-co-glycolide] nan fibrous membranes in the cerebrcavity: in vitro and in vivo studies. *Exp. Opin Drug. Deliv.* 2013; 10: 879—88.
36. Imbronito A.V., Todescan J.H., Carvalho C.V., Arana-Chavez V.E. Healing of alveolar bone in resorbable and non-resorbable membrane-protected defects. A histologic pilot study in dogs. *Biomaterials*. 2002; 23: 4079—86.
37. Verissimo D.M., Leitão R.F., Ribeiro R.A. et al. Polyanionic collagen membranes for guided tissue regeneration: effect of progressive glutaraldehyde cross-linking on biocompatibility and degradation. *Acta Biomater.* 2010; 6: 4011—8.
38. Chiapasco M., Zaniboni M. Clinical outcomes of GBR procedures to correct peri-implant dehiscences and fenestrations: a systematic review. *Clin. Oral Implants Res.* 2009; 20: 113—23.
39. von Arx T., Hardt N., Wallkamm B. The TIME technique: a new method for localized alveolar ridge augmentation prior to placement of dental implants. *Int J. Oral Maxillofac Implants.* 1996; 11: 387—94.
40. Wang R.R., Fenton A. Titanium for prosthodontic applications: a review of the literature. *Quintessence Int.* 1996; 27: 401—8.
41. Watzinger F., Luksch J., Millesi W. Guided bone regeneration with titanium membranes: a clinical study. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2000; 38: 312—5.
42. Francesco G.M., Piero A.Z., Ric van Noort, et al. Custom-Made Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Manufacturing Biphasic Calcium-Phosphate Scaffold for Augmentation of an Atrophic Mandibular Anterior Ridge. *Case Reports in Dentistry*. 2015; Article ID 941265, 11 c., doi:10.1155/2015/941265
43. Urakami K., Higashi A., Umemoto K., Godo M., Watanabe C., Hashimoto K. Compositional analysis of copoly (DL-lactic/glycolic acid) (PLGA) by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry combined with one-step thermally assisted hydrolysis and methylation in the presence of tetramethylammoniumhydroxide. *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo)*. 2001; 49: 203—5.
44. Barteel B.K. Evaluation of new polytetrafluoroethylene-guided tissue regeneration membrane in healing extraction sites. *Compendium*. 1998; 19: 1256—8. 1260, 1262—4.
45. Huttmacher D., Hurzeler M.B., Schliephake H. A review of material properties of biodegradable and bioresorbable polymers and devices for GTR and GBR applications. *Int J. Oral Maxillofac. Implants.* 1996; 11: 667—78.
46. Galgut P., Pitrola R., Waite I., Doyle C., Smith R. Histological evaluation of biodegradable and non-degradable membranes placed transcutaneously in rats. *J. Clin. Periodontol.* 1991; 18: 581—6.
47. Barber H.D., Lignelli J., Smith B.M., Barteel B.K. Using dense PTFE membrane without primary closure to achieve bone and tissue regeneration. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2007; 65: 748—52.
48. Barteel B.K., Carr J.A. Evaluation of a high-density polytetrafluoroethylene membrane as a barrier material to facilitate guided bone regeneration in the rat mandible. *J. Oral Implantol.* 1995; 21: 88—95.
49. Bairo F., Novajra G., Vitale-Brovarene Ch. Bioceramics and Scaffolds: A Winning Combination for Tissue Engineering. *Front. Bioengineering. Biotechnol.* 3 [<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fbioe.2015.00202>]
50. Athanasios K.A., Agrawal C.M., Barber F.A., Burkhart S.S. Orthopaedic applications for PLA-PGA biodegradable polymers. *Arthroscopy*. 1998; 14: 726—37.
51. Monteiro A.S., Macedo L.G., Macedo N.L., Balducci I. Polyurethane and PTFE membranes for guided bone regeneration: histopathological and ultrastructural evaluation. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.* 2010; 15: 401—6.
52. Caffesse R.G., Nasjleti C.E., Morrison E.C., Sanchez R. Guided tissue regeneration: comparison of bioabsorbable and non-bioabsorbable membranes. Histologic and histometric study in dogs. *J. Periodontol.* 1994; 65: 583—91.
53. Her S., Kang T., Fien M.J. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2012; 70: 803—10.
54. Speer D.P., Chvapil M., Eskelson C.D., Ulreich J. Biological effects of residual glutaraldehyde in glutaraldehyde-tanned collagen biomaterials. *J. Biomed. Mater. Res.* 1980; 14: 753—64.
55. Wachtel H., Fickl S., Hinze M., Bolz W., Thalmair T. The bone lamina technique: a novel approach for lateral ridge augmentation — a case series. *Int J. Periodont. Restorat. Dent.* 2013; 33(4): 491—7.

Поступила 15.06.17

Принята к печати 21.07.17