

ПРИМЕНЕНИЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ МЕМБРАН ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ДЕФЕКТАХ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

APPLICATION OF BIORESORBABLE MEMBRANES FOR DIRECTED BONE REGENERATION IN MANDIBLE DEFECTS

Z. Tsentroev

Summary. In modern dentistry, one of the urgent problems is the problem of bone tissue regeneration, the development of methods of optimizing the impact on reparative osteogenesis. A significant advantage of tissue regeneration is the use of membrane technology for the formation of favorable conditions necessary for the creation of a new tooth-gingival connection. Membranes are divided into two main groups: resorbed and nonresorbed. The main advantage of resorbed membranes over non-resorbed membranes is that they can biodegrade in the body. Therefore, the second operation to remove them from the body is not necessary. Resorbed membranes in turn are divided into membranes made of natural or synthetic materials. From natural materials collagen is actively used, from synthetic polypeptides-aliphatic polyesters, in particular, polyglycolide (PGK) and polylactide (PLC). From the standpoint of biology, collagen has the best structure and properties. Most of the membranes that are used in NTR have a high cost, which initiates the search for new materials for resorbed membranes. Domestic materials for resorbable membranes have good clinical efficacy. In addition, they have a lower cost than imported counterparts and are therefore more accessible to patients. Recently, NTR with the use of membranes began to develop in the direction of synthesis of materials of a new class, which would combine the advantages of non-resorbed and resorbed membranes: mechanical strength and bio-inertness with a certain period of resorption (3–6 months). It is believed that such membranes are promising materials can be biocompatible polymers, in particular, polyglycolide, polylactide, and paleoclimatical and their various combinations. Thus, in modern conditions, the use of bioresorbable membranes for directed regeneration of bone tissue in defects of the mandible is one of the most common and effective methods in dental surgery.

Keywords: bioresorbable membrane, collagen, biopolymer, bone regeneration, jaw defect.

Центроев Зелимхан Сулимбекович

Аспирант, Первый Московский государственный
медицинский
Университет им. И. М. Сеченова
dr.tsentroev@bk.ru

Аннотация. В современной стоматологии одной из актуальных проблем считается проблема регенерации тканей кости, разработка методов оптимизирующего влияния на репаративный остеогенез. Значительным преимуществом тканевой регенерации является применение мембранной техники для формирования благоприятных условий необходимых для создания нового зубо-десневого соединения. Мембраны выделяют в две основные группы: резорбируемые и нерезорбируемые. Главным преимуществом резорбируемых мембран перед нерезорбируемыми является то, что они могут биодegradировать в организме. Поэтому вторая операция по их удалению из организма не нужна. Резорбируемые мембраны в свою очередь подразделяют на мембраны, изготовленные из природных или синтетических материалов. Из природных материалов активно используют коллаген, из синтетических полипептидов — алифатические полиэфиры, в частности, полигликолид (ПГК) и полилактид (ПЛК). С позиций биологии самой хорошей структурой и свойствами обладает коллаген. Большинство мембран, которые используются при НТР имеют высокую стоимость, что инициирует поиск новых материалов для резорбируемых мембран. Отечественные материалы для резорбируемых мембран обладают хорошей клинической эффективностью. Кроме того, они имеют более низкую себестоимость, чем импортные аналоги и поэтому более доступны для пациентов. В последнее время НТР с применением мембран стала развиваться в направлении синтеза материалов нового класса, которые объединяли бы в себе преимущества нерезорбируемых и резорбируемых мембран: механическую прочность и биоинертность с определенным сроком резорбции (3–6 месяцев). Считается, что для таких мембран перспективными материалами могут быть биосовместимые полимеры, в частности, полигликолид, полилактид, а также пилюоксибутират и их всевозможные комбинации. Таким образом, в современных условиях использование биорезорбируемых мембран для направленной регенерации костной ткани при дефектах нижней челюсти является одним из распространенных и эффективных методов в стоматологической хирургии.

Ключевые слова: биорезорбируемая мембрана, коллаген, биополимер, регенерация кости, дефект челюсти.

В современной стоматологии одной из актуальных проблем считается проблема регенерации тканей кости, разработка методов оптимизирующего влияния на репаративный остеогенез, которая является важной как в теоретическом, так и в практическом

аспектах (Иванов, П.В., 2013; Лекишвили М. В., 2009; Gloria A., 2012; Stella J. A., 2010).

Отдельного внимания требует метод направленной тканевой регенерации костной ткани (от англ. Guided

Tissue Regeneration). Основные положения направленной тканевой регенерации (НТР), которые были разработаны примерно полвека назад, получили существенное распространение в последние годы. НТР все активнее применяется для эффективной регенерации соединительной и костной тканей, которые были потеряны в следствие образовавшегося дефекта (Иванов С. Ю., 2010, 2012). Цель работы: рассмотреть применение биорезорбируемых мембран для направленной регенерации костной ткани.

Материал и методы

Проанализирована доступная отечественная и зарубежная научно-методическая литература по рассматриваемому вопросу.

Результаты и обсуждение

Значительным преимуществом тканевой регенерации является применение мембранной техники для формирования благоприятных условий необходимых для создания нового зубо-десневого соединения. Изолирующие мембраны применяются при разных видах костной пластики. Предназначение мембраны заключается в предотвращении врастания клеток соединительной ткани в толщу костного материала (Иванов А. С., 2013, 2018; Кулаков А. А., 2015).

Мембраны выделяют в две основные группы: резорбируемые и нерезорбируемые. Для НРТ широко применяют резорбируемые мембраны, которые изготавливают из биodeградируемых материалов. Эти мембраны в свою очередь подразделяют на мембраны, изготовленные из природных или синтетических материалов. Из природных материалов активно используют коллаген, из синтетических полипептидов — алифатические полиэферы, в частности, полигликолид (ПГК) и полилактид (ПЛК) (Becker W., 1996; Zhao L., 2014). Известные мембраны, например, Bio-Gide (Geistlich Pharma, Швейцария), Biomend (Zimmer Dental, США), Cytoplast RTM collagen (Osteogenics Biomedical Inc., США) изготавливают из бычьего, свиного, человеческого и даже рыбьего коллагена, относящегося к I и III типу. Его антигенность удаляют при помощи определенных химических реакций (Lee J. Y., 2010; Santosh K. B., 2013).

Главным преимуществом резорбируемых мембран перед нерезорбируемыми является то, что они могут биodeградировать в организме. Поэтому вторая операция по их удалению из организма не нужна. Кроме того, коллагеновые мембраны могут активизировать регенерацию мягких тканей, что обусловлено следующими свойствами коллагена: хемотаксическое воздействие на фибробласты, что существенно увеличивает в операционной ране качество первичной герметизации;

ускорение свертывания крови; активизация процессов пролиферации, миграции, а также адгезивной фиксации клеток (Долгалев А. А., 2017).

Необходимо отметить, что у биodeградируемых мембран имеются и недостатки. К ним относится непредсказуемая степень резорбции, что значительно изменяет объем формирования ткани костей. Быстрая резорбция и, соответственно, недостаточная жесткость обуславливают необходимость дополнительной фиксации мембраны (Imbronito A. V., 2002; Tseng Y. Y., 2013). Некоторые фиксаторы в ряде случаев могут проявлять цитотоксические свойства, в частности, глутаровый альдегид (Ottawa N., 2015). Кроме того, для предотвращения смещения коллагеновых мембран в послеоперационном периоде возможна их фиксация при помощи швов или пинов.

Первым полимером из которого изготовили мембрану стал викрил. Но его применение в качестве мембраны оказалось менее эффективным и более травматичным по сравнению с политетрафторэтиленом (Дмитриева Л. А., 2007). Затем начали изготавливать мембраны из ПЛК и ПГК. Причем первые гидролизировались в организме человека медленнее, чем вторые. Так как синтетический материал недостаточно хорошо рассасывается, то его следует удалить после регенерации ткани кости. Часто полимер обрастает фиброзной капсулой (Jones A. A., 2006). Сам полимер без дополнительного введения биологически активных молекул не обладает остеоиндуктивными свойствами в сравнении с мембраной из коллагена, что очень влияет на формирование регенерата (Herr Y., 2006).

К основным видам синтетических мембран относятся: Guidor (Sunstar Americas Inc. США), Resolut (W. L. Gore & Associates Inc., США), Atrisorb (Atrix Laboratories Inc., США), Epi-Guide (Kensley Nash Corp., США) и Biomech (Samyang Corp., Корея) (Chattopadhyay S., 2014). В последнее время стали изготавливать резорбируемые полимерные мембраны с удлиненным периодом нахождения в тканях, в частности, Osseoquest (производство Gore и Nobel Biocare). Эта мембрана имеет три слоя: пористый наружный и внутренний, которые состоят из полигликолидовых кислот и карбоната триметилена в пропорции 1:1. Ограничивающей пленкой является средний слой. Мембрана сохраняется в организме до 6 месяцев и обладает достаточной тканевой интеграцией. Рассасывается материал на протяжении 12–14 месяцев (Oh T. Ju., 2003).

В асимметричной пористой мембране, изготовленной из поликапролактона (PCL), имеются поры наноразмера (~10 нм) на верхней поверхности. Они успешно предотвращают врастание соединительной ткани, но одновременно пропускают питательные вещества. На нижней поверхности мембраны сделаны микропо-

ры (~200 мкм), что направлено на увеличение адгезии с костной тканью (Kim T. H., 2012).

С позиций биологии самой хорошей структурой обладает коллаген. Поэтому мембраны из него снижают опасность появления воспалительных реакций, реже наблюдается расхождение мягких тканей, они лучше устанавливаются и более плотно контактируют с дефектом (Quinones C. R., 2000). Однако длительность времени, в течение которого они могут выполнять барьерную функцию, может существенно изменяться и управлять регенерационным процессом становится сложно (Sela M. N., 2003).

Образование искусственных поперечных тяжей способствует удлинению периода действия барьерной функции, но снижает биосовместимость мембран, уменьшает качество интеграции, увеличивает риск отторжения тканей. Во многих случаях удлинение периода действия барьерной функции не коррелирует напрямую с положительным клиническим эффектом (Binder W. J., 2007).

Следует отметить, что данные об эффективности использования мембран из коллагена достаточно противоречивы. Одни авторы не обнаружили значимых различий при регенерации тканей пародонта с применением мембран из коллагена быка (Avitene, Colla-Tec) в сравнение с обычной лоскутной операцией, проведенной без использования остеопластических материалов. По сведениям других исследователей, при применении коллагеновых мембран (Periogen) регенерация прошла лучше, чем при использовании мембран из политетрафторэтилена. Исходя из этого, невозможно сказать, что резорбируемые или нерезорбируемые мембраны достоверно превосходят друг друга в эффективности (Lew D. A., 2005). Тем не менее, некоторое уменьшение эффективности при использовании нерезорбируемых мембран объясняют повторной травмой тканей, возникшей вследствие повторного вмешательства в ткани для удаления мембран (Григорьян А. С., 2002).

Большинство мембран, которые используются при НТР имеют высокую стоимость. Это приводит к значительному снижению количества больных, которым необходима соответствующая помощь (Иванов П. В., 2013). Поэтому поиск новых материалов для резорбируемых мембран продолжается. Отечественные материалы для резорбируемых мембран обладают хорошей клинической эффективностью. Кроме того, они имеют более низкую себестоимость, чем импортные аналоги и поэтому более доступны для пациентов (Булкина Н. В., 2015).

Остановимся на некоторых мембранах, которых появились в последнее время. Описание начнем с отечественной разработки — коллагеновой мембраны КОЛ-

ЛОСТ®. В мембране коллагеновое волокно сохраняет свою структуру, что позволяет ей способствовать достаточно активному образованию на месте повреждения новой здоровой ткани. Сама мембрана при этом выполняет роль своеобразной матрицы: волокна из здоровой ткани, окружающей матрицу, внедряются в ее структуру и распространяются строго по ней. Мембрана при этом подвергается процессу биодеградации. Использование коллагенового материала КОЛЛОСТ®, помимо основной функции, также предотвращает появление на месте повреждения слизистой оболочки рубцов (Максимова Н. В., 2018). Положительный эффект применения мембраны на альвеолярной части нижней челюсти, вероятно, связан с тем, что, являясь нативным белком, он способен легко образовывать комплексы с различными лекарственными средствами, в том числе с антибактериальными (Походенько-Чудакова И. О., 2018).

В основу мембраны «Остеопласт» положен ксеногенный костный деминерализованный коллаген I типа. Она имеет вид тонкой эластичной пористой пластинки, которая предупреждает миграцию десневого эпителия в область дефекта мягких тканей, что необходимо для направленной регенерации тканей кости. Мембрана рассасывается в течение 4–6 месяцев (Иванов С. Ю., 2009).

Другой отечественный ксеногенный материал Xenograft Collagen на основе губчатой и костной ткани с коллагеном компании «Кардиоплант» (г. Пенза) и двуслойной коллагеновой барьерной мембраны bioPlate Barrier показали положительные результаты при имплантации в сложных клинических ситуациях для восполнения костных дефектов и создания оптимального объема костной ткани (Долгалев А. А., 2017).

Хорошие клинические результаты получены при сочетании использования ксеноперикардальной пластины «Кардиоплант» с остеопластическим материалом «Бол-хитал» (Булкина Н. В., 2015).

Успешно прошли испытания ксенобиотрансплантаты, поэтому могут выступать в роли аналогов импортным материалам. Кроме того, они могут служить трансплантатами в костную ткань, так как они обладают биосовместимостью, пористой структурой, прочностью, а также способны индуцировать размножение собственных костных клеток. К таким материалам относится коллагеновая изолирующая мембрана «Bio-Gide» которую создают из ксеноперикарда. Эта мембрана обладает эластичностью, хорошо заполняет полость дефекта, хорошо резорбируется, не вызывает отрицательных последствий (Калмин О. В., 2013; Лекишвили М. В., 2009).

Сочетанное применение «Bio-Gide» с разными остеопластическими биологическими веществами позволяет

достичь большей эффективности в лечении костных дефектов. В частности, можно использовать остеопластический биоматериал «Bio-Oss». Разработчики указывают, что он обладает остеоиндуктивными свойствами. После включения в организм в его пористую структуру достаточно быстро прорастают кровеносные сосуды, а также новообразованные клетки кости. Использование «Bio-Oss» способствует успешному восполнению объема дефекта костной ткани. Это приводит к стабильности очага поражения и защищает его от резорбции (Грудянов А. И., 1998).

Для остеорегенерации можно использовать хитозан, который является производным хитина. Его применение совместно с ксеноперикардиальной пластинкой позволяет последней приобрести ряд новых положительных свойств: увеличивается регенераторная способность, наблюдается иммуностимуляция, гемостатическая, антисептическая и антиоксидантная активность, проявляются сорбционные свойства. Все это способствует снижению количества интра- и послеоперационных осложнений, уменьшению реабилитационного периода у больных. Новообразование костной ткани происходит быстрее и минует хрящевую стадию в своем развитии. Кроме того, пластинка обладает высокой скоростью биорезорбируемости (Калмин О. В., 2014; Петрович Ю. А., 2008; Strobin G., 2006).

В последнее время НТР с применением мембран стала развиваться в направлении синтеза материалов нового класса, которые объединяли бы в себе преимущества нерезорбируемых и резорбируемых мембран: механическую прочность и биоинертность с определенным сроком резорбции (3–6 месяцев). Считается, что для таких мембран перспективными материалами могут быть биосовместимые полимеры, в частности, полигликолид, полилактид, а также пилюксидибутират и их всевозможные комбинации. Кроме того, эти материалы можно использовать в 3D-печати для создания мембран индивидуальной формы с учетом данных компьютерной томографии конкретного пациента (Мецуку И., 2017). Предполагается, что в состав мембран будут дополнительно вводить факторы роста и морфогены. Они будут способствовать инициации регенеративных процессов в костной ткани, а также восстановлению органотипического строения ткани кости и микроциркуляции (Иванов С. Ю., 2012).

Заключение

В современных условиях использование биорезорбируемых мембран для направленной регенерации костной ткани при дефектах нижней челюсти является одним из распространенных и эффективных методов в стоматологической хирургии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булкина, Н. В. Опыт сочетанного применения препарата «Бол-хитал» и мембраны «Кардиоплант» в амбулаторной стоматологической практике / Н. В. Булкина, П. В. Иванов, Л. А. Зюлькина, А. П. Ведяева // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1–1. — С. 1349.
2. Григорьян, А. С. Использование нерезорбируемых мембран для направленной регенерации тканей. Экспериментальное исследование / А. С. Григорьян, А. И. Грудянов, П. В. Чупахин // Материалы конференции, посвященной памяти проф. В. В. Паникаровского. — М., 2002. — С. 16–18.
3. Грудянов, А. И. Остеопластические материалы, используемые при хирургическом лечении заболеваний пародонта / А. И. Грудянов, А. И. Ерохин // Пародонтология. — 1998. — № 1. — С. 13–23.
4. Дмитриева, Л. А. Пародонтит / Л. А. Дмитриева и др. — М.: Медпресс-синформ, 2007. — 504 с.
5. Долгалев, А. А. Опыт применения отечественных ксеноматериалов для направленной костной регенерации в дентальной имплантации / А. А. Долгалев, В. А. Зеленский, М. А. Амхадова, Е. М. Бойко, Д. А. Брусницын // Медицинский алфавит. — 2017. — Т. 2. — № 11 (308). — С. 13–17.
6. Иванов, А. С. Остеопластика в хирургической стоматологии / А. С. Иванов, А. В. Кабаньков, С. С. Мнацканов, В. П. Румакин. — Санкт-Петербург: СпецЛит, 2018. — 79 с.
7. Иванов, П. В. Новые регенеративные методы лечения генерализованного пародонтита: моногр / П. В. Иванов, Н. В. Булкина, А. П. Ведяева. — Пенза, 2013. — С. 230.
8. Иванов, С. Ю. Использование мембранной техники для направленной регенерации костной ткани при хирургических стоматологических вмешательствах / С. Ю. Иванов, Ю. В. Гажва, А. А. Мураев, А. П. Бонарцев // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 3. — С. 74.
9. Иванов, С. Ю. Опыт применения биоматериалов и биорезорбируемой мембраны «Остеопласт» в практике челюстно-лицевой хирургии и дентальной имплантологии / С. Ю. Иванов, Н. Ф. Ямуркова // Обзорение стоматология. — 2009. — № 2 (67). — С. 28–29.
10. Иванов, С. Ю. Экспериментальное исследование особенностей репарации костных дефектов, заполненных биоматериалом из недеминерализованного коллагена «Остеопласт-К» с использованием и без использования мембраны из деминерализованного коллагена / С. Ю. Иванов и др. // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2010. — № 2 (22). — С. 66–71.
11. Калмин, О. В. Изучение *in vivo* свойств ксеноперикарда, прошедшего различную обработку химико-ферментативным методом / О. В. Калмин, Л. В. Живаева, А. А. Венедиктов, Д. В. Никишин, В. К. Фуки, М. Т. Генгин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2013. — № 2. — С. 15–26.
12. Калмин, О. В. Оценка эффективности применения резорбируемой мембраны «Bio-gide» в комбинации с хитозаном для лечения дефектов костной ткани / О. В. Калмин, Д. В. Никишин, Ю. М. Володина // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2014. — Т. 10. — № 2. — С. 239–245.

13. Кулаков, А. А. Сравнение результатов клинического применения метода направленной костной регенерации с использованием биорезорбируемых мембран и пинов на основе полимолочной кислоты и метода аутокостной пластики по типу «винирной техники» для последующей дентальной имплантации / А. А. Кулаков, Т. В. Брайловская, Р. М. Бедретдинов // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2015. — 1 (31). — С. 56–65.
14. Лекишвили, М. В. Биологические имплантаты в реконструктивной хирургии / М. В. Лекишвили, М. Г. Васильев, В. В. Зайцев // Труды Астраханской государственной медицинской академии. — 2009. — Т. 38. — С. 61–62.
15. Максимова, Н. В. Опыт применения коллагеновой мембраны коллост® при вестибулопластических операциях при полном отсутствии зубов на нижней челюсти / Н. В. Максимова // Уральский медицинский журнал. — 2018. — № 6 (161). — С. 27–29.
16. Мецуку, И. Сравнительная характеристика различного типа барьерных мембран, используемых для направленной костной регенерации в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии / И. Мецуку, А. А. Мураев, Ю. В. Гажва, С. Г. Ивашкевич // Российский стоматологический журнал. — 2017. — Т. 21. — № 5. — С. 291–296.
17. Петрович, Ю. А. Хитозан: структура и свойства. Использование в медицине / Ю. А. Петрович // Стоматология. — 2008. — Т. 87. — № 4. — С. 72–77.
18. Походенько-Чудакова, И. О. Клиническая эффективность применения различных остеопластических биорезорбируемых мембран при амбулаторных хирургических вмешательствах на альвеолярной части нижней челюсти // И. О. Походенько-Чудакова, Е. В. Максимович // В сборнике: Хирургия Беларуси на современном этапе материалы XVI съезда хирургов Республики Беларусь и Республиканской научно-практической конференции: в 2 ч. Гродно, 2018. — С. 574–576.
19. Becker, W. 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 / W. Becker, B. Becker, J. Mellonig // J. Periodontol. — 1996. — № 67. — P. 641–649.
20. Binder, W. J. // Пластическая и реконструктивная хирургия лица; пер. с англ. / W. J. Binder, B. Moelleken, G. W. Tobias, под. ред. I. D. Papel. — М.: Бином, 2007. — С. 306–328.
21. Chattopadhyay, S. Review collagen-based biomaterials for wound healing / S. Chattopadhyay, R. T. Raines // Biopolymers. — 2014. — № 101. — P. 821–833.
22. Gloria, A. Three-dimensional poly (ϵ -caprolactone) bioactive scaffolds with controlled structural and surface properties / A. Gloria, F. Causa, T. Russo, E. Battista, R. Della Moglie, S. Zepetelli, R. De Santis, P. A. Netti, L. Ambrosio // Biomacromolecules. — 2012. — № 13 (11). — P. 3510–3521.
23. Herr, Y. Periodontology-based implantology / Y. Herr. — Seoul: Myungmoon Publishing, 2006.
24. Imbrono, A. V. Healing of alveolar bone in resorbable and non-resorbable membraneprotected defects. A histologic pilot study in dogs / A. V. Imbrono, J. H. Todescan, C. V. Carvalho, V. E. Arana-Chavez // Biomaterials. — 2002. — № 23. — P. 4079–4086.
25. Jones, A. A. The effect of rhBMP-2 around endosseous implants with and without membranes in the canine model / A. A. Jones, D. Buser, R. Schenk, J. Wozney, D. L. Cochran // J. Periodontol. — 2006. — № 77. — P. 1184–1193.
26. Kim, T. H. Effect of biological/physical stimulation on guided bone regeneration through asymmetrically porous membrane / T. H. Kim, S. H. Oh, S. Y. Na, S. Y. Chun, J. H. Lee // Biomed. Mater. — 2012. — Res. Part A.
27. Lee, J. Y. Guided bone regeneration using two types of non-resorbable barrier membranes / J. Y. Lee, Y. K. Kim, P. Y. Yun, J. S. Oh, S. G. Kim // J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg. — 2010. — № 36. — P. 275–279.
28. Lew, D. A. Method for augmenting the severely atrophic maxilla using hydroxylapatite / D. A. Lew // J. Oral Maxillofac. Surg. — 2005. — № 1. — P. 57–60.
29. Oh, T. Ju. Comparative analysis of collagen membranes for the treatment of implant dehiscence defects / T. Ju. Oh, S. J. Meraw, E. Ju. Lee, W. V. Giannobile, H. L. Wang // Clinical Oral Implants Research. — 2003. — Т. 14. — № 1. — P. 80–90.
30. Otawa, N. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Modeling accuracy of titanium products constructed with selective laser melting / N. Otawa, T. Sumida, H. Kitagaki, K. Sasaki, Sh. Fujibayashi, M. Takemoto et al. // J. Cranio-Maxillofacial Surgery. — 2015. — № 7. — P. 1289–1295.
31. Quinones, C. R. Current status of guided periodontal tissue regeneration / C. R. Quinones, R. G. Cafesse // Periodontology. — 2000. — P. 55–68.
32. Santosh Kumar, B. B. Evaluation of a bioresorbable collagen membrane of fish origin in the treatment of periodontal intrabony defects: A prospective clinical study / B. B. Santosh Kumar, D. R. Aruna, S. V. Gowda, R. S. Galagali // Dent. Res. J. — 2013. — № 10. — P. 225–231.
33. Sela, M. N. Enzymatic degradation of collagen-guided tissue regeneration membranes by periodontal bacteria / M. N. Sela, D. Kohavi, E. Krausz, D. Steinberg, G. Rosen // Clinical Oral Research. — 2003. — № 14 (3). — P. 263–268.
34. Stella, J. A. On the biomechanical function of scaffolds for engineering loadbearing soft tissues / J. A. Stella, A. D'Amore, W. R. Wagner, M. S. Sacks // Acta Biomater. — 2010. — № 6 (7). — P. 2365–2381. — Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2010.01.001>.
35. Strobin, G. Biomaterials containing chitosan and fibroin. Polish chitin Society: Monograph / G. Strobin, M. Kuharska, D. Ciechanska et al. — Lodz, 2006. — № 11. — P. 61–68.
36. Tseng, Y. Y. Sustainable release of carmustine from biodegradable poly([(D, L)-lactide-coglycolide] nan fibrous membranes in the cerebrcavity: in vitro and in vivo studies / Y. Y. Tseng, J. Y. Liao, W. A. Chen, Y. C. Kao, S. J. Liu // Exp. Opin Drug. Deliv. — 2013. — № 10. — P. 879–888.
37. Zhao, L. A review of polypeptide-based polymer sponges / L. Zhao, N. Li, K. Wang, C. Shi, L. Zhang, Y. Luan // Biomaterials. — 2014. — № 35. — P. 1284–1301.