

© Коллектив авторов, 2020

УДК 616-092 9

Афанасьевская Е.В.¹, Медведева Е.В.¹, Газимиева Б.М.¹, Куренкова А.Д.¹, Кытько О.В.², Панюшкин П.В.², Истранов Л.П.¹, Истранова Е.В.¹, Шехтер А.Б.¹, Лычагин А.В.³, Чагин А.С.^{1,4}, Тельпухов В.И.^{1,2}

Сравнение хондропластических свойств коллагеновых мембран Chondro-Gide® и Хондротек не выявило различий в условиях модели полнослойного повреждения артикулярного хряща у крыс

¹ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Институт регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины, 119991, Москва, Россия, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2;

²ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии, 119991, Москва, Россия, ул. Россолимо 15/13, стр.1;

³ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, 119991, Москва, Россия, ул. Большая Пироговская, д. 6-1;

⁴Кафедра Физиологии и Фармакологии, Каролински Институт, Сольнаваген 9а, 17177, Стокгольм, Швеция

Введение. Для заполнения костно-хрящевых дефектов широкое применение получили коллагенсодержащие импланты. Наибольшей популярностью пользуется коллагеновая мембрана Chondro-Gide® (Швейцария). Предполагается, что после пересадки она запускает естественный механизм хондрогенеза. Однако некоторые клинические исследования показывают, что отдаленные результаты не всегда положительны. В ПМГМУ им. И.М. Сеченова изготовлена коллагеновая мембрана Хондротек (рабочее название), которая в эксперименте показала хорошие результаты при выполнении реконструкции дефектов гиалинового хряща.

Цель исследования – сопоставление хондропластических свойств двух коллагеновых мембран по восстановлению полнослойного дефекта суставного хряща у крыс в эксперименте и оценка возможности импортозамещения.

Методика. Выполнено 3 серии экспериментов на коленных суставах 18 крыс линии Вистар: контрольная группа – без восстановления дефекта и две опытные группы с имплантацией одной из мембран в область дефекта. Полнослойный дефект хряща воспроизводили в межмышечковой ямке коленного сустава фрезой диаметром 2,5 мм до появления кровяной росы на дне дефекта. Импланты из мембран соответствующего размера помещали в дефект и прикрывали надколеником. Дополнительной фиксации не требовалось. Срок наблюдения 2 и 4 мес. Процессы репаративной регенерации оценивали визуально с применением шкалы ICRS и с помощью гистологических методов исследования.

Результаты. Применение коллагеновых мембран ускоряло восстановление тканей в области дефекта. Хондропластические свойства импортной и отечественной мембран были аналогичными. Признаков восстановления гиалинового хряща не было обнаружено ни в контрольной, ни в одной из опытных групп. Утраченные ткани замещались фиброзным хрящом.

Заключение. Обе исследованные коллагеновые мембраны (отечественная Хондротек и импортная Chondro-Gide®) могут быть использованы для восстановления целостности поврежденного хряща и восстановления конгруэнтности суставных поверхностей. Процесс восстановления происходил за счет формирования фиброзного хряща, регенерация гиалинового хряща не наблюдалась ни в одной из групп. Хондропластические свойства импортной и отечественной мембран оказались аналогичными, что доказывает возможность рекомендовать применение последней в клинической практике. Полученные данные позволяют рекомендовать мембраны Хондротек для импортозамещения.

Ключевые слова: локальный дефект хряща; коллагеновые мембраны; репаративная регенерация.

Для цитирования: Афанасьевская Е.В., Медведева Е.В., Газимиева Б.М., Куренкова А.Д., Кытько О.В., Панюшкин П.В., Истранов Л.П., Истранова Е.В., Шехтер А.Б., Лычагин А.В., Чагин А.С., Тельпухов В.И. Сравнение хондропластических свойств коллагеновых мембран Chondro-Gide® и Хондротек не выявило различий в условиях модели полнослойного повреждения артикулярного хряща у крыс. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия* 2020; 64(3): 102-109.

DOI: 10.25557/0031-2991.2020.03.102-109

Для корреспонденции: Тельпухов Владимир Иванович, e-mail: telpuhov@mail.ru

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ по теме «Фундаментальные проблемы клеточных технологий» (Грант № 19-29-04115)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Тельпухов В.И., Чагин А.С.; изготовление коллагеновой мембраны Хондротек – Истранов Л.П., Истранова Е.В.; выполнение экспериментальных операций – Афанасьевская Е.В., Медведева Е.В., Газимиева Б.М., Тельпухов В.И.; забор морфологического материала – Афанасьевская Е.В., Куренкова А.Д., Панюшкин П.В., Кытько О.В.; приготовление, обработка гистологического материала – Куренкова А.Д., Кытько О.В., Панюшкин П.В.; описание гистологического материала – Шехтер А.Б.; визуальная оценка репаративной регенерации по шкале восстановления хряща ICRS – Афанасьевская Е.В., Лычагин А.В.; написание текста – Афанасьевская Е.В., Медведева Е.В., Тельпухов В.И.; редактирование – Чагин А.С., Тельпухов В.И., Медведева Е.В.

Поступила 15.09.2019

Принята к печати 24.06.2020

Опубликовано 21.08.2020

Afanasyevskaya E.V.¹, Medvedeva E.V.¹, Gazimieva B.M.¹, Kurenkova A.D.¹, Kytko O.V.², Panyushkin.P.V.², Istranov, L.P.¹, Istranova E.V.¹, Shekhter A.B.¹, Lychagin A.V.³, Chagin A.S.^{1,4}, Telpukhov V.I.^{1,2}

Comparison of chondroplastic properties of the Chondro-Gide® and Chondroteck collagen membranes did not reveal reparative differences in the rat model of full thickness defect of articular cartilage

¹I M Sechenov First Moscow State Medical University, Institute of Regenerative Medicine of the Science and Technology Park of Biomedicine, Trubetskaya Str 8, Bldg 2, Moscow 119991, Russia;

²Department of Topographic Anatomy and Operative Surgery, I M Sechenov First Moscow State Medical University, Rossolimo Str 15/13, Bldg 1, Moscow 119991, Russia;

³Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, I M Sechenov First Moscow State Medical University, Bolshaya Pirogovskaya Str 6-1, Moscow 119991, Russia;

⁴Department of Physiology and Pharmacology, Karolinska Institutet, Solnavagen 9a, Stockholm 17177, Sweden

Background. Collagen-based membranes and scaffolds are widely used for implantation into various bone and cartilage defects. The Chondro-Gide® (Switzerland) collagen membrane is among membranes widely used for defects of articular cartilage in orthopedic practice of the Russian Federation. This membrane is considered to trigger a natural chondrogenesis mechanism. However, some clinical studies have shown that remote results are not always beneficial. A collagen-based membrane (working name, Chondroteck), which showed properties compatible to those of Chondro-Gide® in *in vitro* experiments, was recently developed at the Sechenov University (1st MSMU).

Aim. To compare chondrogenic properties of these two membranes *in vivo* and to explore a possibility of using the Chondroteck membrane for restoration of full-thickness defects in articular cartilages.

Methods. The full-thickness defects were created in the intercondylar fossa of 18 adult Wistar rats by drilling a 2.5 mm diameter hole into the subchondral bone (until small blood drops appeared on the bottom of the defect). Then rats were divided into three groups, control (no membrane added) and two experimental groups, one group with Chondro-Gide® and another group with the Chondroteck membrane implanted into the defect. Membranes were cut to the appropriate size, placed into the defect and covered with the patella. No additional fixation of membranes was required. Cartilage repair was assessed using the ICRS scoring system on histological sections stained with hematoxylin/eosin or toluidine blue.

Results. Both collagen membranes improved the curvature of the articular surface and macroscopic appearance of the cartilage and protected the tissues surrounding the defect area as compared to the control. However, no formation or restoration of hyaline cartilage was detected in any group. Instead, fibrous tissue was formed at the defect area, and this fibrous tissue was similar in both groups with membranes.

Conclusions. Both Chondro-Gide® and Chondroteck membranes can be utilized for restoration of cartilage surface. Formation of hyaline cartilage does not occur with either membrane. Thus, chondroplastic properties of both membranes are comparable, which allows to recommend the locally made Chondroteck membrane for further testing.

Keywords: full thickness cartilage defect; collagen membranes; reparative regeneration.

For citation: Afanasyevskaya E.V., Medvedeva E.V., Gazimieva B.M., Kurenkova A.D., Kytko O.V., Panyushkin P.V., Istranov L.P., Istranova E.V., Shekhter A.B., Lychagin A.V., Chagin A.S., Telpukhov V.I. Comparison of chondroplastic properties of the chondro-gide and chondro-teck collagen membranes did not reveal reparative differences in the rat model of full thickness defect of articular cartilage. *Patologicheskaya Fiziologiya i Eksperimental'naya terapiya (Pathological Physiology and Experimental Therapy, Russian Journal)*. 2020; 64(3): 102-109 (in Russian)

DOI: 10.25557/0031-2991.2020.03.102-109

For correspondence: *Telpukhov Vladimir Ivanovich*, MD, Laboratory of Skeletal Tissue Regeneration, IRM, 1st Moscow State Medical University (Sechenov University), e-mail: telpuhov@mail.ru

Contribution: the concept and design of the study – Telpukhov V.I., Chagin A.S.; production of a collagen membrane Chondrotek – Istranov L.P., Istranova E.V.; performing experimental operations – Afanasyevskaya E.V., Medvedeva E.V., Gazimieva B.M., Telpukhov V.I.; collection of morphological material – Afanasyevskaya E.V., Kurenkova A.D., Panyushkin P.V., Kytko O.V.; preparation, processing of histological material – Kurenkova A.D., Kytko O.V., Panyushkin P.V.; description of the histological material – Schekhter A.B.; visual assessment of reparative regeneration on the ICRS cartilage restoration scale – Afanasyevskaya E.V., Lychagin A.V.; writing the text – Afanasyevskaya E.V., Medvedeva E.V., Telpukhov V.I.; editing – Chagin A.S., Telpukhov V.I., Medvedeva E.V.

Acknowledgment. This study was supported by The Russian Scientific Foundation (RSF, grant #19-15-00241 to ASC)

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

Information about the authors:

Medvedeva E.V., <https://orcid.org/0000-0002-6263-0986>

Kurenkova A.D., <https://orcid.org/0000-0001-6905-9703>

Shekhter A.B., <https://orcid.org/0000-0003-2914-318X>

Lychagin A.V., <https://orcid.org/0000-0002-2202-8149>

Chagin A.S., <https://orcid.org/0000-0002-2696-5850>

Telpukhov V.I., <https://orcid.org/0000-0002-2221-7353>

Received 15.09.2019

Accepted 24.06.2020

Published 21.08.2020

Введение

Локальные костно-хрящевые дефекты в суставе возникают вследствие прямого травмирующего воздействия, а также в результате повреждения менисков, связочного аппарата и других суставных элементов. Также локальные дефекты являются следствием различных заболеваний воспалительного и ревматического генеза, рассекающего остеохондроза (болезнь Кенига – рассекающий остеохондрит) [1]. В подавляющем большинстве случаев подобные изменения завершаются развитием остеоартроза (ОА), что приводит с возрастом к инвалидизации населения [2]. На данный момент наиболее эффективным подходом к лечению локальных дефектов суставного хряща является хирургическое вмешательство. В клинической практике широко применяются артроскопическая перфорация или микрофрактурирование субхондральной костной пластинки, а также мозаичная костно-хрящевая аутопластика. Подобных операций в Европе выполняется более 300 тыс. в год [3].

В настоящее время для заполнения костно-хрящевых дефектов широкое применение получили коллагеносодержащие импланты. Во многих клиниках используется коллагеновая мембрана Chondro-Gide® (Geistlich Pharma AG, Швейцария) [4]. Производители рекомендуют использовать ее для укрытия «супергустка» из стволовых клеток, формирующегося в результате перфорации субхондральной кости через дно дефекта. Считается, что далее мембрана запускает естественный механизм хондрогенеза [5].

Однако некоторые клинические исследования показывают, что отдаленные результаты не всегда поло-

жительны. В ряде случаев в сроки до 2 лет наблюдали отсутствие деградации и отслойки мембраны Chondro-Gide® [6].

В ПМГМУ им. И.М. Сеченова была изготовлена коллагеновая мембрана Хондротек (рабочее название), которая в эксперименте показала хорошие результаты при выполнении реконструкции дефектов гиалинового хряща [7]. Как и зарубежный аналог, мембрана Хондротек состоит из двух слоев. Первый слой представляет плотную пленку коллагеновых волокон, второй слой является рыхлой коллагеновой губкой, структурированной формальдегидом.

Цель исследования – сопоставление хондропластических свойств двух коллагеновых мембран по восстановлению полнослойного дефекта суставного хряща у крыс в эксперименте и оценка возможности импортозамещения.

Методика

Все этапы исследования выполнялись согласно Приказу Министерства высшего и среднего специального образования СССР № 742 от 13.11.1984, утвердившего «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных». Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом (07-17 от 13.09.17).

Выполнено 3 группы экспериментов на 18 животных: контрольная – без укрытия дефекта (1-я группа) и две экспериментальные группы с имплантацией одной из мембран в область дефекта (2-я и 3-я группы). Самцы крыс линии Вистар массой 300–350 г были оперированы под наркозом (золетил 100 – 0,14 мл внутримышеч-

но). Доступ к межмышечковой ямке коленного сустава осуществляли послойным медиальным парапателлярным разрезом с последующим отведением надколенника латерально. Далее у всех животных формировали дефект посредством вращающих движений фрезы диаметром 2,5 мм до появления небольших кровянистых выделений (кровяная роса) на дне дефекта. В 1-й (контрольной) группе имплантацию коллагеновых мембран не проводили; в одной экспериментальной группе (2-й) в область дефекта имплантировали мембраны Chondro-Gide®, в другой (3-я группа) – мембраны Хондротек отечественного производства (создана в ПМГМУ им. И.М.Сеченова). Импланты из мембран вырезали строго диаметром 2,5 мм, что позволяло добиться надежного закрепления мембраны в очаге повреждения без применения дополнительных методов фиксации. Результаты исследования оценивали визуально по шкале восстановления ткани хряща The International Cartilage Repair Society, ICRS [8]. Применяли методы морфологического исследования. Образцы окрашивали гематоксилином и эозином, толуидиновым синим и сафранином О.

Результаты

При визуальной оценке оперированных коленных суставов через 2 мес область дефекта четко идентифицировалась (рис. 1, А-В). Ни в одной из групп полнослойного заполнения дефекта новообразованной тканью не наблюдалось (рис. 1, А-В). Наиболее полное, равномерное и однородное заполнение дефекта было отмечено в группе с имплантацией мембраны Chondro-Gide®, где можно было идентифицировать плотную блестящую новообразованную ткань (рис. 1, Б). В то же время в контроле и в группе с имплантацией мембраны Хондротек заполнение дефекта было неполным и неравномерным (рис. 1, А, В).

Гистологический анализ подтвердил частичное заполнение дефекта (рис. 1, Г-Е). В обеих группах с имплантацией коллагеновых мембран был идентифицирован нерезорбированный имплант (рис. 1, Д, Е, З, И, Л, М). В некоторых случаях отмечено образование новой хрящеподобной ткани от периферии к центру дефекта (рис. 1, М). Указанная ткань содержала крупные круглые клетки, продуцирующие матрикс с высоким содержанием протеогликанов (рис. 1, М). На препаратах из контрольной серии на дне дефекта был идентифицирован тонкий слой фиброзной ткани (рис. 1, К). Значительного воспалительного процесса, субхондрального фиброза и формирования остеофитов не наблюдалось (рис. 1, А-В).

На макропрепаратах образцов групп со сроками наблюдения 4 мес выявлено более полное (в сравне-

нии со сроком наблюдения 2 мес) заполнение дефекта плотной и однородной новообразованной тканью (рис. 2, А-В). Дефект заполнен равномерно, поверхность гладкая, блестящая, с нечетко выраженной бугристостью, однако, отличимая по внешнему виду от интактного хряща (рис. 2, А-В). По внешним признакам восстановление дефекта в группе с имплантацией мембраны Chondro-Gide® выглядело несколько лучше, чем в группе с мембраной Хондротек (рис. 2, Б, В). Во всех группах отмечены эрозивные изменения на мышечках бедренной кости вне зоны дефекта (рис. 2, А-В). Патоморфологическое исследование срезов ткани суставов сроком наблюдения 4 мес подтвердило практически полное заполнение дефекта новообразованной фиброзной соединительной тканью и фиброзным хрящом (рис. 2, Г-И). При этом имплантированная коллагеновая мембрана не определялась в связи с полной деградацией (рис. 2, Д, Е). При имплантации мембраны Chondro-Gide® отмечалось более однородное заполнение дефекта в сравнении с группой Хондротек (рис. 2, З, И). Важно отметить, что признаков формирования гиалинового хряща не было обнаружено ни в одной из экспериментальных групп (рис. 2, Г-И).

Обсуждение

Процесс регенерации гиалинового хряща у крыс и человека идентичен. Суставной гиалиновый хрящ у крыс обладает способностью к спонтанной регенерации, однако регенеративный процесс у них выражен в меньшей степени, чем у других животных [9]. Это стало основанием для моделирования полнослойного замещения остеохондрального дефекта именно на крысах. Модель максимально приближена к клинике (перфорация дна дефекта для получения суперсгустка). Гипертрофическое разрастание соединительной ткани в суставе, как и признаки активного воспалительного процесса, не были обнаружены ни в одной из серий. Это свидетельствует о том, что воспалительные и другие патологические процессы в ответ на имплантацию коллагеновых мембран не запускались. Манипулировать мембраной Хондротек нам показалось более удобно, так как компактный наружный слой мембраны позволял надежно зафиксировать последнюю в зоне дефекта. При использовании мембраны Chondro-Gide® отмечено изменение ее физических свойств при контакте со сгустком на дне дефекта. При макроскопической оценке препаратов по шкале восстановления хряща ICRS более высокие результаты получены при пластике дефекта мембраной Chondro-Gide®, однако при патоморфологическом исследовании в каждой группе новообразованная ткань имела фиброзную структуру, т.е. признаков регенера-

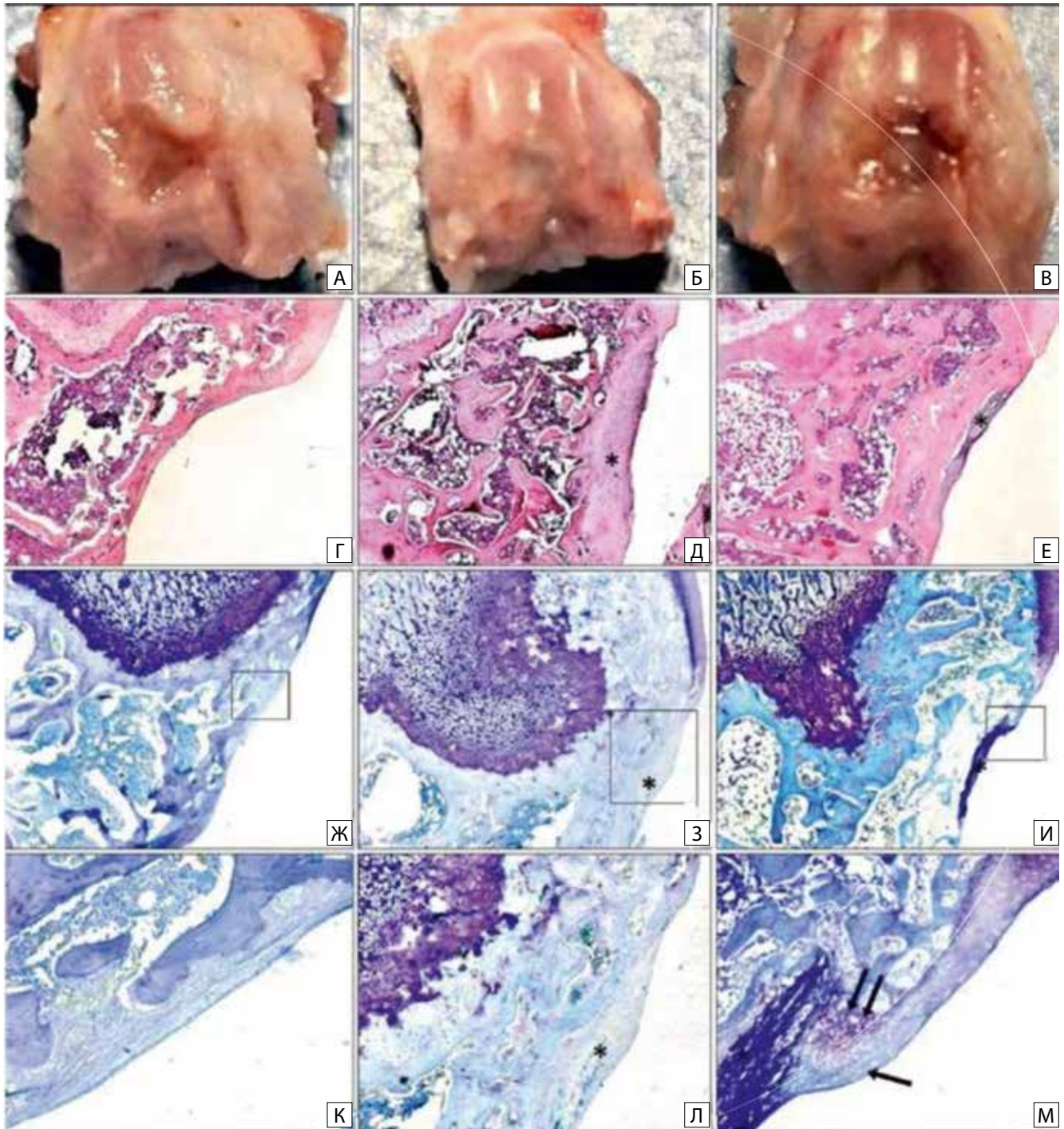


Рис. 1. Срок наблюдения 2 мес. По вертикали: А, Г, Ж, К – 1-я группа без заполнения дефекта мембраной (контроль); Б, Д, З, Л – 2-я группа – замещение дефекта мембраной Chondro-Gide®; В, Е, И, М – 3-я группа – замещение дефекта мембраной Хондротек. По горизонтали: А, Б, В – макропрепараты; Г, Д, Е – микропрепараты. Окрашивание: Г, Д, Е – гематоксилином и эозином; Ж, З, И, К, Л, М – толуидиновым синим. Область, содержащая нерезорбированную мембрану, отмечена звездочкой. М – область формирования новой ткани обозначена одной стрелочкой; группа клеток, продуцирующих протеогликаны, – двумя стрелочками.

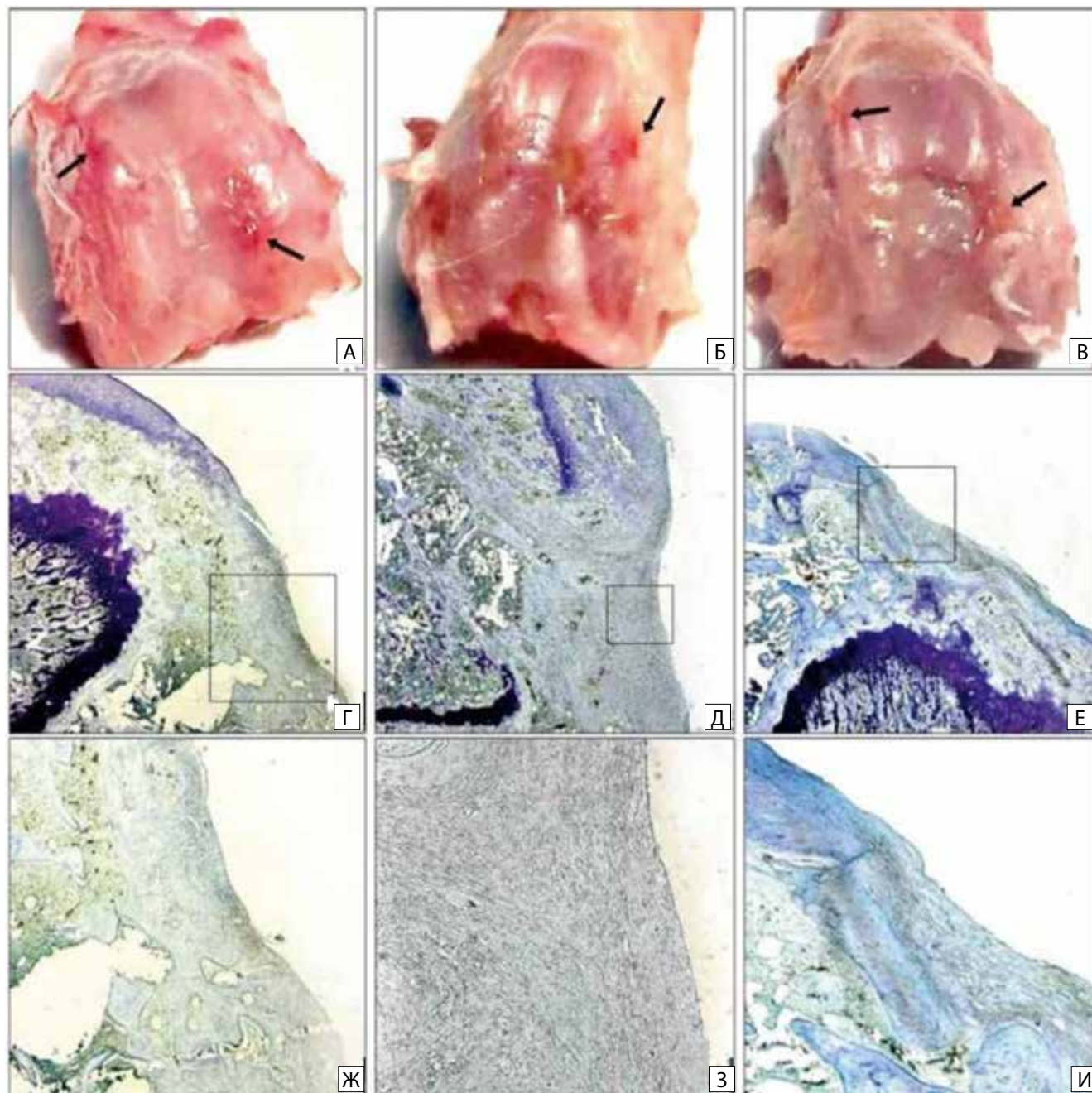


Рис. 2. Срок наблюдения 4 мес.

На макропрепаратах отмечены стрелочкой эрозивные изменения суставных поверхностей в контрольной группе (А), в группе с мембраной Chondro-Gide® (Б) и в группе с мембраной Хондротек (В). На срезах, окрашенных толуидиновым синим, новообразованная ткань имеет фиброзную структуру, а гиалиновый хрящ не идентифицируется ни в одной из групп (Г-И).

ции гиалинового хряща выявлено не было. Мы считаем, что репаративного потенциала коллагеновой пленки недостаточно для восстановления гиалинового хряща. Возможно, для достижения наиболее приемлемых резуль-

татов необходимо добавление специфического клеточного субстрата или стимуляторов хондрогенеза. Различий в сроках биодеградации разных мембран не обнаружено. Коллагеновая мембрана Хондротек была

изготовлена по оригинальной авторской методике и на данный момент не является зарегистрированным медицинским изделием. Мембрана Хондротек может быть использована в клинической практике как отечественный аналог импортного изделия. При этом себестоимость мембраны Хондротек в несколько раз ниже стоимости мембраны Chondro-Gide®, что позволит снизить затраты лечебного учреждения без потери качества оказания медицинской помощи.

Заключение

Процесс формирования новой ткани в зоне полнослойного дефекта при использовании коллагеновых мембран происходит раньше, чем в контрольной группе. Следовательно, коллагеновые мембраны способствуют процессам регенерации хрящевой ткани в эксперименте, что дает основание для их применения в клинической практике. Однако новообразованный хрящ по структуре отличен от интактного. Обе коллагеновые мембраны могут быть использованы для восстановления целостности поврежденного хряща и конгруэнтности суставных поверхностей. Регенерация гиалинового хряща не наблюдалась ни в одной из групп.

Литература

1. Митрофанов В.А., Жаденов И.И., Пучиньян Д.М. Остеоартроз: факторы риска, патогенез и современная терапия. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2008; 2(20): 23-30.
2. Allen K.D., Golightly Y.M. Epidemiology of osteoarthritis: state of the evidence. *Current opinion in rheumatology*. 2015; 27(3): 276-83.
3. Anders S, Wiech O, Schaumburger J, et al. Autologous Matrix induced chondrogenesis (AMIC) for focal chondal defects of the knee — first results. *J Bone Joint Surg Br*. 2009; 91(Suppl.1): 83–7.
4. Мурин Д.В., Волошин В.П., Казанцева И.А., Безуглова Т.В., Гаганов Л.Е. Морфологические изменения при использовании коллагеновой мембраны Chondro Gide и аутохондропластики коленного сустава. *Сборник статей XI Конгресса Российского Артроскопического Общества, посвященного 130-летию со дня рождения академика Н.Н. Приорова*. Москва, 22-25/04/2015, 58-9.
5. Fontana A. A novel technique for treating cartilage defects in the hip: a fully arthroscopic approach to using autologous matrix-induced chondrogenesis. *Arthroscopy Techniques*. 2012; 1(1): e63-8.
6. Лазышвили Г.Д., Затикиан В.Р., Шукюр-заде Э.Р., Корнаев А.С., Акматалиев К.И., Данилов М.А. Актуальные вопросы хондропластики. *Вестник Российского государственного медицинского университета*. 2013; 3: 13-7.
7. Хубутия М.Ш., Ключкин И.Ю., Истранов Л.П., Хватов В.Б., Шехтер А.Б., Ваза А.Ю. и др. Стимуляция регенерации гиали-

нового хряща при костно-хрящевой травме в эксперименте. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2008; 146(11): 597-600.

8. Van den Borne M.P., Raijmakers N.J., Vanlauwe J., Victor J., de Jong S.N., Bellemans J. et al. International Cartilage Repair Society. International Cartilage Repair Society (ICRS) and Oswestry macroscopic cartilage evaluation scores validated for use in Autologous Chondrocyte Implantation (ACI) and microfracture. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007; 15(12): 1397-402.
9. McCoy A.M., Animal Models of Osteoarthritis: Comparisons and Key Considerations. *Veterinary Pathology*. 2015; 52(5): 803–18.

References

1. Mitrofanov V.A., Zhadenov I.I., Puchinyan D.M. Osteoarthritis: risk factors, pathogenesis and modern therapy. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. 2008; 2(20): 23-30. (in Russian)
2. Allen K.D., Golightly Y.M. Epidemiology of osteoarthritis: state of the evidence. *Current opinion in rheumatology*. 2015; 27(3): 276-83.
3. Anders S, Wiech O, Schaumburger J, et al. Autologous Matrix induced chondrogenesis (AMIC) for focal chondal defects of the knee — first results. *J Bone Joint Surg Br*. 2009; 91(Suppl.1): 83–7.
4. Murin D.V., Voloshin V.P., Kazantseva I.A., Bezuglova T.V., Gagaganov L.E. Morphological changes when using the Chondro Gide collagen membrane and knee joint autochondroplasty. *Collection of articles of the XI Congress of the Russian Arthroscopic Society, dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician N.N. Priorov. [Morfologicheskie izmeneniya pri ispol'zovanii kollagenovoy membrany Chondro Gide i autokhondroplastiki kolennogo sustava. Sbornik statey XI Kongressa Rossiyskogo Artroskopicheskogo Obshchestva, posvyashchennogo 130-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N.N. Priorova]*. Moscow, 22-25 / 04/2015, 58-9. (in Russian)
5. Fontana A. A novel technique for treating cartilage defects in the hip: a fully arthroscopic approach to using autologous matrix-induced chondrogenesis. *Arthroscopy Techniques*. 2012; 1(1): e63-8.
6. Lazishvili G.D., Zatikyan V.R., Shukyr-Zadeh E.R., Kornaev A.S., Akmatalliev K.I., Danilov M.A. Actual Directions of Chondroplasty. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2013; 3: 13-7. (in Russian)
7. Hubutija M.Sh., Klyukvin I.Yu., Istranov L.P., Khvatov V.B., Shekhter A.B., Vaza A.Yu., Kanakov I.V., Bocharova V.S. Stimulation of the hyaline cartilage regeneration in osteochondral injury in the experiment. *Bull. Experimental. Biologii and Meditsine*. 2008; 146(11): 597-600. (in Russian)
8. Van den Borne M.P., Raijmakers N.J., Vanlauwe J., Victor J., de Jong S.N., Bellemans J. et al. International Cartilage Repair Society. International Cartilage Repair Society (ICRS) and Oswestry macroscopic cartilage evaluation scores validated for use in Autologous Chondrocyte Implantation (ACI) and microfracture. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007; 15(12): 1397-402.
9. McCoy A.M., Animal Models of Osteoarthritis: Comparisons and Key Considerations. *Veterinary Pathology*. 2015; 52(5): 803–18.

Сведения об авторах:

Афанасьевская Е.В., ординатор, лаб. регенерации скелетных тканей, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Медведева Е.В., канд. биол. наук, зам. зав. лаб. регенерации скелетных тканей, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Газимиева Б.М., ординатор, лаб. регенерации скелетных тканей, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Куренкова А.Д., канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. регенерации скелетных тканей, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Кытько О.В., канд. мед. наук, доцент каф. оперативной хирургии и топографической анатомии, ИКМ, (Сеченовский Университет);

Панюшкин П.В., канд. мед. наук, доцент каф. оперативной хирургии и топографической анатомии, ИКМ, (Сеченовский Университет);

Истранов Л.П., доктор фарм. наук, проф., гл. науч. сотр. отдела современных биоматериалов, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Истранова Е.В., канд. фарм. наук, вед. науч. сотр. отдела современных биоматериалов, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Шехтер А.Б., доктор мед. наук, проф., зав. лаб. экспериментальной морфологии, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Лычагин А.В., доктор мед. наук, проф., зав. каф. травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ИКМ, (Сеченовский Университет);

Чагин А.С., PhD, проф., зав. лаб. регенерации скелетных тканей, ИРМ, (Сеченовский Университет);

Тельпухов В.И., доктор мед. наук, проф., гл. науч. сотр. лаб. регенерации скелетных тканей ИРМ, проф. каф. оперативной хирургии и топографической анатомии ИКМ, (Сеченовский Университет), e-mail: telpuhov@mail.ru