

Обзор литературы

© Группа авторов, 2017

УДК 616.72-018.3-007.21-089.8

DOI 10.18019/1028-4427-2017-23-4-485-491

Методы хирургического лечения локальных дефектов гиалинового хряща крупных суставов (обзор литературы)

Г.А. Айрапетов, А.А. Воротников, Е.А. Коновалов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ставропольский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ставрополь, Россия

Surgical methods of focal hyaline cartilage defect management in large joints (literature review)

G.A. Airapetov, A.A. Vorotnikov, E.A. Konovalov

Federal State Budgetary Institution of Higher Education Stavropol State Medical University of the RF Ministry of Health, Stavropol, Russia

Повреждение суставного хряща крупных суставов является частой патологией опорно-двигательного аппарата. Более 50 % обращений к врачу травматологу-ортопеду в амбулаторном звене связано с болью в крупных суставах. Консервативные методы лечения не претерпели существенных изменений в последнее время, чего не скажешь о хирургических вмешательствах. Методики стимуляции хондрогенеза и восстановления хрящевого покрова путем замещения дефекта клеточными технологиями продолжают активно развиваться. В данной статье проведен обзор литературных источников, касающихся современных методов лечения повреждений суставного хряща.

Ключевые слова: гиалиновый хрящ, локальные дефекты, микрофрактурирование, мозаичная аутохондропластика, туннелизация, клеточные технологии

An articular cartilage lesion in large joints is a frequent pathology of the locomotor apparatus. More than 50 % of visits to a traumatologist or an orthopaedic surgeon in outpatient clinics are associated with pain in large joints. Conservative methods of treatment have not undergone significant changes lately what cannot be said about surgical interventions. Methods of chondrogenesis stimulation and restoration of the cartilaginous layer by repair of its defect with cell technologies continue to develop. This article reviews the literary sources on modern methods of treating articular cartilage lesions.

Keywords: hyaline cartilage, focal defect, microfracture, mosaic autochondroplasty, perforation tunneling, cell technology

ВВЕДЕНИЕ

Повреждение суставного хряща крупных суставов является частой патологией опорно-двигательного аппарата. Более 50 % обращений к врачу травматологу-ортопеду в амбулаторном звене связано с болью в крупных суставах [1]. Изучение результатов 31516 артроскопических вмешательств по поводу повреждений и заболеваний крупных суставов показало, что в 63 % случаев имела место патология хряща различной степени [2, 3]. Консервативные методы лечения не претерпели существенных изменений в последнее время, чего не скажешь о хирургических вмешательствах. Методики стимуляции хондрогенеза и восстановления хрящевого покрова путем замещения дефекта клеточными технологиями продолжают активно развиваться [4, 5].

Попытки восстановления суставного хряща консервативными и оперативными технологиями имеют продолжительную историю. Ранние методики сводились к выполнению трансплантации суставного конца кости. В 1925 году Lexier и соавт. была описана первая такая трансплантация. Современные методы стимуляции хондрогенеза берут свое начало от техники туннелизации зоны дефекта суставного хряща, предложенной Pridie [6], которую в дальнейшем развили Ficat

под названием спонгиализация. Суть методики состоит в удалении поврежденного хряща с субхондральной костью для обеспечения выхода мезенхимальных стволовых клеток из губчатой кости с последующей дифференцировкой их в фиброзную ткань и замещением дефекта. Gross и соавт. предложили концепцию аллотрансплантации свежих костно - хрящевых блоков [7], а L. Peterson первым выполнил имплантацию культивированных хондроцитов первого поколения в эксперименте [8]. Сегодня известны разнообразные хирургические техники, направленные на лечение повреждений суставного хряща, однако все они берут свое начало именно от этих трех методов.

В данной статье проведен обзор литературных источников, касающихся современных методов лечения повреждений суставного хряща.

Стимуляция костного мозга

Суть данного метода заключается в обеспечении доступа к клеткам, содержащимся в костном мозге, и их перемещение в дефект с целью улучшения регенерации хряща. Туннелизация, абразивная арthroпластика, спонгиализация и микрофрактурирование позволяют добиться кровоизлияния и последующего

■ Айрапетов Г.А., Воротников А.А., Коновалов Е.А. Методы хирургического лечения локальных дефектов гиалинового хряща крупных суставов (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2017. Т. 23. № 4. С. 485-491. DOI 10.18019/1028-4427-2017-23-4-485-491

формирования фибринового сгустка, который должен покрыть локальный дефект гиалинового хряща. Элементы костного мозга, такие как мезенхимальные стволовые клетки (MSC), лейкоциты и факторы роста способствуют трансформации фибринового сгустка в хрящеподобную фиброзную ткань [4]. Механические и биохимические свойства такой ткани индивидуальны, а вопрос о возможности противостояния различным нагрузкам на сустав остается открытым.

Туннелизация. Pridie K. сообщал об эффективности множественного просверливания дефекта суставного хряща спицей Киршнера. Результатом операции считалось выраженное кровотечение из спонгиозной кости с возможным образованием на месте дефекта хрящеподобной фиброзной ткани. Несмотря на то, что метод разработан более 50 лет назад, он и сегодня используется во время артроскопических вмешательств на крупных суставах. Так, Малюк Б.В. в своей кандидатской диссертации на тему “Остеоперфорации субхондральной кости при рассекающем остеохондрите мыщелков бедра коленного сустава” говорит о том, что глубокая туннелизация дефекта коленного сустава позволяет добиться сбалансированного процесса остео- и хондрогенерации, тем самым позволяя покрыть дефект хряща [9]. Некоторые авторы считают, что показанием к туннелизации являются повреждения хряща на фоне рассекающего остеохондрита или локального идиопатического остеонекроза. При этом выполняется удаление поврежденных костно-хрящевых фрагментов и глубокое просверливание области дефекта спицей (диаметром 1,5–2 мм) или тонким сверлом (диаметром 2,5–3,5 мм) до появления кровоизлияний (рис. 1) [10]. К явным недостаткам туннелизации следует отнести возникновение ожога прилегающих тканей при некорректном сверлении, что приводит к минимализации кровотечения из субхондральной кости, а также препятствует формированию полноценной и стабильной хрящеподобной фиброзной ткани.

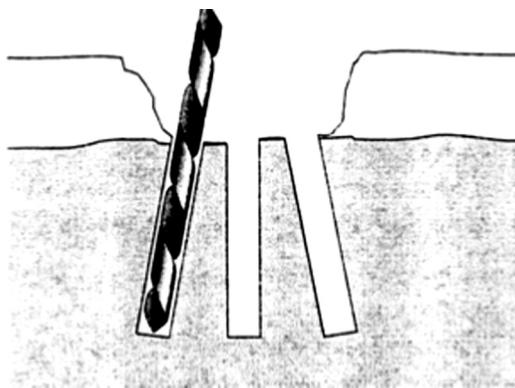


Рис. 1. Метод туннелизации локального хрящевого дефекта

Абразивная артропластика. Изначально идея заключалась в обработке поврежденного участка хряща и подлежащей кортикалной пластинки бором диаметром 1–2 мм до появления кровоизлияния с обязательным сохранением целостности субхондральной кости (рис. 2). В дальнейшем эту методику модифицировали до более глубокой краевой резекции кортикальной кости, вплоть до спонгиозной. Авторы считают, что использование методики позволяет добиться

ремиссии деградации хряща сроком до 5 лет у 70 % пациентов с лучшими результатами у молодых людей [11]. К преимуществам абразии относят равномерное образование регенерата и лучшее восстановление формы суставной поверхности по сравнению с туннелизацией [12]. Недостатком метода, как и туннелизации, является нестабильность образованной ткани и неспособность адекватно противостоять нагрузкам на суставную поверхность хряща [13].

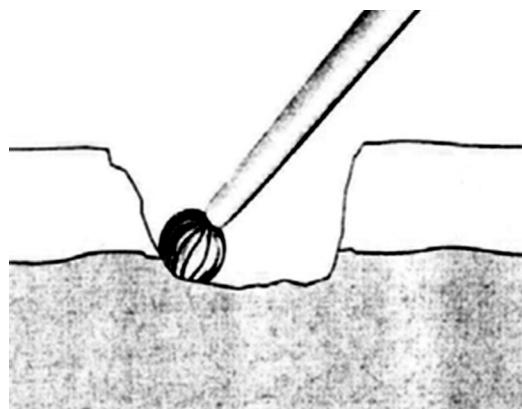


Рис. 2. Абразивная артропластика

Спонгиализация. Принцип заключается в санации дефекта хряща и удалении тканей вместе с субхондральной костью вплоть до губчатой (рис. 3). Автор метода сообщал о 79 % положительных результатах через 2 года, однако подобного положительного результата не удалось получить в других исследованиях. К недостаткам, обусловленным избыточной глубиной резекции, относятся неполноценное покрытие дефекта и короткий период ремиссии [14].

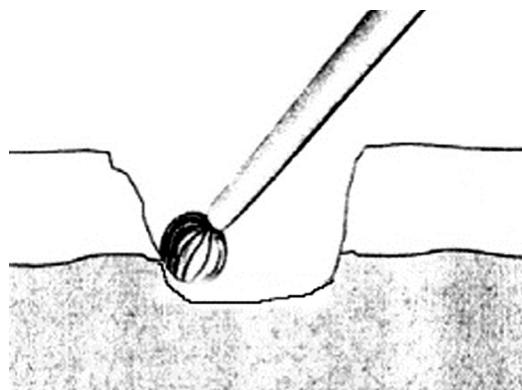


Рис. 3. Спонгиализация

Микрофрактурирование. Первым сообщил о положительном влиянии микропереломов на восстановление локальных дефектов суставного хряща Steadman в 1997 году. В дефекте хряща специальным шилом производят микропереломы субхондральной кости на глубину 4–5 мм в количестве 3–4 на 1 см² до появления геморрагий (рис. 4). Преимуществами метода является отсутствие ожогов, сохранение достаточного количества субхондральной кости и легкость исполнения во время артроскопии [15]. Сегодня микрофрактурирование продолжает с успехом использоваться при дефектах хряща [16]. При этом нет однозначного мнения по поводу максимально-го размера дефекта для применения указанного метода.

Steadman сообщал о хороших результатах при обширных дефектах хряща более 4 см² [14]. Однако Knutsen и соавт. получили неудовлетворительные результаты при таком же размере повреждения [17]. Ряд авторов все же отрицательно высказываются о необходимости выполнения микрофрактурирования, считая, что образующаяся хрящеподобная фиброзная ткань неустойчива к нагрузкам и довольно быстро лизируется [18].

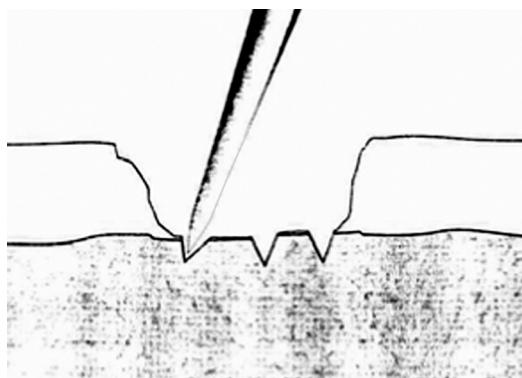


Рис. 4. Микрофрактурирование

Необходимо отметить, что упомянутые варианты стимуляции костного мозга позволяют получить хорошие результаты, но лишь на короткий период времени [11, 12].

Несмотря на то, что методики стимуляции костного мозга предложены более полувека назад, они остаются актуальными и сегодня ввиду легкости их выполнения и дешевизны. Мы считаем целесообразным использование метода микрофрактурирования при дефекте гиалинового хряща коленного сустава до 4 см² во время выполнения артроскопического вмешательства.

Методики восстановления хрящевого покрова

Сегодня разработаны, описаны, внедрены и продолжают активно развиваться методы пересадки алло- и аутоостеохондральных блоков, надкостницы и клеточные технологии, разные по содержанию и объему хирургического вмешательства.

Пересадка костно-хрящевых аллотрансплантов. Как правило, используются 2 вида трансплантов – свежезаготовленные и замороженные. А. Gross в 1975 году первым выполнил трансплантацию “свежих” костно-хрящевых блоков при больших дефектах хряща коленного сустава, взятых от трупов не позднее 12 часов после смерти донора [7]. В 2008 году он же сообщил о 25-летней выживаемости выполненной трансплантации [19]. Сегодня показанием к подобной аллопластике могут быть костно-хрящевые дефекты диаметром более 3 см². Преимуществом указанной методики, бесспорно, является пересадка жизнеспособного, зрелого гиалинового хряща, который полностью восстанавливает анатомию и функцию сустава [20]. К недостаткам необходимо отнести ожидаемую конфликтную иммунологическую реакцию отторжения трансплантата и возможность передачи трансмиссивных заболеваний [21].

В некоторых исследованиях продолжительность хранения извлеченных костно-хрящевых блоков достигает 28 дней, что приводит к возможности создания банка костно-хрящевых блоков. W. Pearsall сообщает о 76 % хороших результатов в течение 4 лет после трансплантации замороженных блоков, а риск передачи трансмиссивных

заболеваний и иммунологических реакций уменьшается [3]. Некоторые авторы считают, что консервированные или замороженные трансплантаты теряют пластичность, их белки денатурируют, и наблюдается гибель клеточных элементов [22]. По этой причине предпочтение может отдаваться использованию свежих трансплантатов [22].

Пересадка костно-хрящевых аутотрансплантов. В 1992 году Hangodi L. опубликовал методику артроскопической аутотрансплантации костно-хрящевых блоков цилиндрической формы диаметром 4,5 мм, взятых из ненагружаемых зон мышцелков бедра. К преимуществам “мозаичной” аутохондропластики относится возможность полного закрытия дефекта и повышенная выживаемость гиалинового хряща с сохранением его истинной морфологической структуры. Данный метод пользуется большой популярностью ввиду получения хороших клинических результатов [23, 24, 25]. Тем не менее, некоторые авторы негативно высказываются о “мозаичной” аутохондропластике, сообщая о наличии таких недостатков как появление болезненности в донорской зоне, отсутствие надежной интеграции пересаженного блока и невозможности покрытия больших дефектов, частичный лизис с трансформацией трансплантатов в фиброзную ткань [11, 15]. Интересной представляется работа S. Ulstein [16], который, сравнивая результаты аутохондропластики с результатами микрофрактурирования, не увидел существенной разницы. Появились сообщения о хороших результатах аутотрансплантации блоков из проксимального тибио-фибулярного сочленения [26].

Пересадка надкостницы. Надкостница содержит в себе клетки с потенциалом для регенерации костной и хрящевой ткани. Она условно представляет собой матрицу для доставки факторов роста и их источником. Указанные условия позволяют использовать надкостницу в качестве материала для замещения дефектов гиалинового хряща. O'Driscoll впервые в эксперименте на животных показал, что надкостница может производить хондроциты и, тем самым, служить источником восстановления дефектов гиалинового хряща. В дальнейшем подобные результаты нашли подтверждение у других авторов [27]. Сегодня нет единого мнения относительно положения и ориентации надкостницы в ложе дефекта. O'Driscoll и Fitzsimmons [28] считают, что камбимальный слой должен быть обращен в сторону суставной щели. Olivos-Meza A. сообщает о хороших результатах применения данного метода в сочетании с использованием факторов роста, особенно, при лечении дефектов гиалинового хряща надколенника [29]. Большинство авторов считают, что, несмотря на хорошие ранние результаты пересадки надкостницы, отдаленные результаты неудовлетворительны в связи с кальцификацией и секвестрацией трансплантата [30].

Трансплантация аутологичных хондроцитов (ACI). В 1994 г. шведские ученые Brittberg и Lindahl опубликовали результаты клинического применения ACI при лечении посттравматических дефектов гиалинового хряща коленного сустава [31]. Методика предполагает в обязательном порядке две этапные операции: 1) забор 200–300 мг хряща из ненагружаемой поверхности сустава, культивирование хондроцитов в течение 4–6 недель; 2) введение хондроцитов под закрытый надкостничным лоскутом дефект [12, 32]. Описанная техника является классической, используется при дефектах более 2,5 см²,

и, по данным ряда авторов, хорошие результаты наблюдаются у 80 % пациентов в течение 10 лет после операции [31]. К недостаткам относят высокий риск развития перистальной гипертрофии и артрофибоза, требующих ревизионных и мобилизирующих сустав вмешательств [32].

Ввиду описанных выше недостатков вместо аутонадкостницы для закрытия дефекта предпочтительно стали использовать разнообразные инертные коллагеновые мембранны [4, 33]. Второе поколение оперативных методик ACI включает дебридмент дефекта, закрытие его коллагеновой мембраной, подшиваемой викрилом к краям сохранного хряща, и герметизацию зоны дефекта фибриновым kleem. Хондроциты вводят шприцом под мембрану. Данный метод позволил получить хорошие результаты, однако осталась проблема неравномерного распределения хондроцитов в дефекте [11].

В 2012 году предложено третье поколение методик ACI, базирующихся на использовании биологических матриц. Последние способствуют поддержанию дифференцированного фенотипа хондроцитов и правильному распределению их в дефекте [34]. Биологические матрицы позволили исключить использование артrotомии и выполнять все манипуляции артроскопически [35]. Тем не менее, результаты лечения пациентов с использованием 1 и 2 поколения методики ACI не имеют значимых отличий от исходов операций 3-го поколения [36].

Индукционный матрицей аутогенный хондрогенез (AMIC). Операции AMIC выполняются с использованием матрицы, состоящей из свиного коллагена I и III типов. Такие матрицы состоят из двух слоев: первый слой – плотный, второй – пористый. Плотный слой выполняет защитную функцию, препятствуя выходу стволовых клеток за пределы мембранны. Пористый слой, обращенный в сторону субхондральной кости, способствует хондрогенезу [37]. Фиксация матрицы может осуществляться как швами, так и фибриновым kleem. К преимуществам данной методики относится одноэтапность

операции без предварительного забора хряща и экономическая целесообразность, ввиду отсутствия необходимости в культивировании хондроцитов [38]. Сегодня многие авторы сообщают о лучших результатах методики AMIC при сравнении с методиками ACI 1 и 2 поколений [39, 40]. По данным Ferruzzi и соавторов, методика AMIC позволяет добиться лучших результатов в сравнении с артроскопической методикой ACI 3-го поколения. При этом отмечается высокий уровень результативности в обоих случаях. По данным одного из университетов Бельгии, AMIC показывают лучшие результаты при поражении пателло-феморального сочленения [41].

Мезенхимальные стволовые клетки (MSC). Некоторые авторы считают, что мезенхимальные стволовые клетки являются хорошей альтернативой ACI и AMIC [38, 42]. Клетки выделяют из костного мозга, синовиальных оболочек, периоста, жировой ткани и под воздействием различных факторов направляют их дальнейшую дифференциацию в сторону хондрогенеза [43, 44]. В экспериментальных исследованиях на животных и клинических наблюдениях доказан высокий потенциал этих клеток в концепции хондрогенеза [45]. MSC вводятся в сустав при наличии дефекта хряща на какой-либо матрице либо в виде инъекций при дегенеративном заболевании [44, 46]. По данным некоторых авторов, внутрисуставное введение мезенхимальных стволовых клеток при гонартрозе позволяет добиться хороших пролонгированных клинических результатов в сроки от 12 до 27 месяцев [47]. Появляются сообщения об успешном применении хондроцитов, полученных из мезенхимальных стволовых клеток, для восполнения локальных дефектов хряща различных размеров [48, 49]. Высокая эффективность применения MSC не исключает и целый ряд недостатков, связанных с возможностью неконтролируемой экспрессии различных генов в организме, которые могут иметь непредсказуемые последствия, и высокой ценой метода [50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несомненно, что наиболее распространенным методом лечения дефектов гиалинового хряща коленного сустава является мозаичная аутохондропластика. Мы считаем, что данная технология эффективна при дефекте хряща более 4 см², однако необходимо отметить, что, по нашим данным, около 10 % пациентов отмечают болевой синдром в области донорских участков. Сегодня активно развиваются технологии хондрогенеза с использованием покровных мембран и специализированных матриц для заполнения дефектов гиалинового хряща. Последние поколения таких методик показывают хорошие отдаленные результаты, однако

дороговизна и сложность выполнения не позволяют внедрить эти технологии повсеместно. Использование клеточных технологий, по нашему мнению, несет в себе высокий риск аутоиммунных реакций и требует дальнейшего исследования.

Методы хирургического лечения дефектов гиалинового хряща продолжают активно развиваться, однако последующие поколения технологий имеют все более высокую стоимость. Учитывая экономическую целесообразность и хорошие клинические результаты, не стоит отказываться от таких уже классических методов как микрофрактурирование или мозаичная аутохондропластика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейдик О.В., Левченко К.К., Киреев С.И. Артроскопия коленного сустава. Перспективы развития // Сборник тезисов VIII съезда травматологов-ортопедов России: в 2 т. Самара, 2006. Т. 1. С. 139–140.
2. Cartilage injuries: a review of 31,516 knee arthroscopies / W.W. Curl, J. Krome, E.S. Gordon, J. Rushing, B.P. Smith, G.G. Poehling // Arthroscopy. 1997. Vol. 13, N 4. P. 456-460.
3. Pearsall A. IV, Madanagopal S., Tucker J. The Evaluation of Refrigerated and Frozen Osteochondral Allografts in the Knee // Surgical Science. 2011. Vol. 2, N 5. P. 232-241. DOI: 10.4236/ss.2011.25052.
4. Божокин М.С., Божкова С.А., Нетылько Г.И. Возможности современных клеточных технологий для восстановления поврежденного суставного хряща (аналитический обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2016. № 3. С. 122-134.
5. Винокуров В.А., Норкин И.А. Хирургическая коррекция деформации коленного сустава и регенерация гиалинового хряща // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2015. Т. 3, № 4. С. 37-43.
6. Pridie K.H. A method of resurfacing osteoarthritic knee joints. J. Bone Joint Surg. Br. 1959. Vol. 41. P. 618-619.
7. Allotransplantation of partial joints in the treatment of osteoarthritis of the knee / A.E. Gross, F. Langer, J. Houpt, K. Pritzker, G. Friedlaender // Transplant.

- Proc. 1976. Vol. 8, N 2 Suppl. P. 129-132.
8. Muller S., Breederveld R.S., Tuinebreijer W.E. Results of osteochondral autologous transplantation in the knee // Open Orthop. J. 2010. Vol. 4. P. 111-114. DOI: 10.2174/1874325001004020111.
 9. Малюк Б.В. Остеоперфорации субхондральной кости при рассекающем остеохондрите мышцелков бедра коленного сустава : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Минск, 2014. С. 15-16.
 10. Экспериментальные аспекты изучения репаративной регенерации суставного хряща в условиях туннелирования субхондральной зоны с введением аутологичного костного мозга / В.И. Шевцов, В.Д. Макушин, Т.А. Ступина, М.А. Степанов // Гений ортопедии. 2010. № 2. С. 5-10.
 11. MACI – a new era? / M. Jacobi, V. Villa, R.A. Magnussen, P. Neyret // Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol. 2011. Vol. 3, N 1. P. 10. DOI: 10.1186/1758-2555-3-10.
 12. Articular cartilage: structure and regeneration / J. Becerra, J.A. Andrades, E. Guerado, P. Zamora-Navas, J.M. López-Puertas, A.H. Reddi // Tissue Eng. Part B Rev. 2010. Vol. 16, N 6. P. 617-627. DOI: 10.1089/ten.TEB.2010.0191.
 13. Autologous chondrocyte implantation: an overview of technique and outcomes / L. Batty, S. Dance, S. Bajaj, B.J. Cole // ANZ J. Surg. 2011. Vol. 81, N 1-2. P. 18-25. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2010.05495.x.
 14. Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up / J.R. Steadman, K.K. Briggs, J.J. Rodrigo, M.S. Kocher, T.J. Gill, W.G. Rodkey // Arthroscopy. 2003. Vol. 19, N 5. P. 477-484. DOI: 10.1053/jars.2003.50112.
 15. Is microfracture of chondral defects in the knee associated with different results in patients aged 40 years or younger? / P.C. Kreuz, C. Erggelet, M.R. Steinwachs, S.J. Krause, A. Lahm, P. Niemeyer, N. Ghanem, M. Uhl, N. Südkamp // Arthroscopy. 2006. Vol. 22, N 11. P. 1180-1186. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.06.020.
 16. Microfracture technique versus osteochondral autologous transplantation mosaicplasty in patients with articular chondral lesions of the knee: a prospective randomized trial with long-term follow-up / S. Ulstein, A. Årøen, J.H. Røtterud, S. Løken, L. Engebretsen, S. Heir // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2014. Vol. 22, N 6. P. 1207-1215. DOI: 10.1007/s00167-014-2843-6.
 17. Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. A randomized trial / G. Knutson, L. Engebretsen, T.C. Ludvigsen, J.O. Drogset, T. Grøntvedt, E. Solheim, T. Strand, S. Roberts, V. Isaksen, O. Johansen // J. Bone Joint Surg. Am. 2004. Vol. 86-A, N 3. P. 455-464.
 18. The extent of matrix damage and chondrocyte death in mechanically traumatized articular cartilage explants depends on rate of loading / B.J. Ewers, D. Dvoracek-Driksna, M.W. Orth, R.C. Haut // J. Orthop. Res. 2001. Vol. 19, N 5. P. 779-784. DOI: 10.1016/S0736-0266(01)00006-7.
 19. Fresh osteochondral allografts for posttraumatic knee defects: long-term followup / A.E. Gross, W. Kim, F. Las Heras, D. Backstein, O. Safir, K.P. Pritzker // Clin. Orthop. Relat. Res. 2008. Vol. 466, N 8. P. 1863-1870. DOI: 10.1007/s11999-008-0282-8.
 20. Do fresh osteochondral allografts successfully treat femoral condyle lesions? / Y.D. Levy, S. Görtz, P.A. Pulido, J.C. McCauley, W.D. Bugbee // Clin. Orthop. Relat. Res. 2013. Vol. 471, N 1. P. 231-237. DOI: 10.1007/s11999-012-2556-4.
 21. Demange M., Gomoll A.H. The use of osteochondral allografts in the management of cartilage defects // Curr. Rev. Musculoskelet. Med. 2012. Vol. 5, N 3. P. 229-235. DOI: 10.1007/s12178-012-9132-0.
 22. Fresh stored allografts for the treatment of osteochondral defects of the knee / R.J. Williams 3rd, A.S. Ranawat, H.G. Potter, T. Carter, R.F. Warren // J. Bone Joint Surg. Am. 2007. Vol. 89, N 4. P. 718-726. DOI: 10.2106/JBJS.F.00625.
 23. Clinical experiences with autologous osteochondral mosaicplasty in an athletic population: a 17-year prospective multicenter study / L. Hangody, J. Dobos, E. Baló, G. Pánics, L.R. Hangody, I. Berkes // Am. J. Sports Med. 2010. Vol. 38, N 6. P. 1125-1133. DOI: 10.1177/0363546509360405.
 24. Osteochondral autografting (mosaicplasty) in articular cartilage defects in the knee: results at 5 to 9 years / E. Solheim, J. Hegna, J. Oyen, O.K. Austgulen, T. Harlem, T. Strand // Knee. 2010. Vol. 17, N 1. P. 84-87. DOI: 10.1016/j.knee.2009.07.007.
 25. Results at 10 to 14 years after osteochondral autografting (mosaicplasty) in articular cartilage defects in the knee / E. Solheim, J. Hegna, J. Oyen, O.K. Austgulen, T. Harlem, T. Strand // Knee. 2013. Vol. 20, N 4. P. 287-290. DOI: 10.1016/j.knee.2013.01.001.
 26. Osteochondral transplantation using autografts from the upper tibiofibular joint for the treatment of knee cartilage lesions / J. Espregueira-Mendes, H. Pereira, H. Sevivas, P. Varanda, M.V. da Silva, A. Monteiro, J.M. Oliveira, R.L. Reis // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2012. Vol. 20, N 6. P. 1136-1142. DOI: 10.1007/s00167-012-1910-0.
 27. Transplantation of free tibial periosteal grafts for the repair of articular cartilage defect: An experimental study / R. Singh, V. Chauhan, N. Chauhan, S. Sharma // Indian J. Orthop. 2009. Vol. 43, N 4. P. 335-41. DOI: 10.4103/0019-5413.55973.
 28. O'Driscoll S.W., Fitzsimmons J.S. The role of periosteum in cartilage repair // Clin. Orthop. Relat. Res. 2001. N 391 Suppl. P. S190-S207.
 29. Pretreatment of periosteum with TGF-beta1 in situ enhances the quality of osteochondral tissue regenerated from transplanted periosteal grafts in adult rabbits / A. Olivos-Meza, J.S. Fitzsimmons, M.E. Casper, Q. Chen, K.N. An, T.J. Ruesink, S.W. O'Driscoll, G.G. Reinholz // Osteoarthritis Cartilage. 2010. Vol. 18, N 9. P. 1183-1191. DOI: 10.1016/j.joca.2010.06.003.
 30. Smith G.D., Knutson G., Richardson J.B. A clinical review of cartilage repair techniques // J. Bone Joint Surg. Br. 2005. Vol. 87, N 4. P. 445-449. DOI: 10.1302/0301-620X.87B4.15971.
 31. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation / M. Brittberg, A. Lindahl, A. Nilsson, C. Ohlsson, O. Isaksson, L. Peterson // N. Engl. J. Med. 1994. Vol. 331, N 14. P. 889-895. DOI: 10.1056/NEJM19941006311401.
 32. Козадаев М.Н. Применение матриц на основе поликарбоната для стимуляции регенерации суставного хряща в условиях эксперимента // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 3-2. С. 128-130.
 33. Нерешённые вопросы регенерации хрящевой и костной ткани (обзорно-аналитическая статья) / М.Ю. Ежов, И.Ю. Ежов, А.К. Кашико, А.Ю. Каюмов, А.А. Зыкин, С.А. Герасимов // Успехи современ. естествознания. 2015. № 5. С. 126-131.
 34. Redifferentiation of dedifferentiated human articular chondrocytes: comparison of 2D and 3D cultures / M.M. Caron, P.J. Emans, M.M. Coolsen, L. Voss, D.A. Surtel, A. Cremer, L.W. van Rhijn, T.J. Welting // Osteoarthritis Cartilage. 2012. Vol. 20, N 10. P. 1170-1178. DOI: 10.1016/j.joca.2012.06.016.
 35. Autologous chondrocyte implantation the knee using fibrin / M.K. Kim, S.W. Choi, S.R. Kim, I.S. Oh, M.H. Won // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010. Vol. 18, N 4. P. 528-534. DOI: 10.1007/s00167-009-0905-y.
 36. Clinical application of scaffolds for cartilage tissue engineering / J. Iwasa, L. Engebretsen, Y. Shima, M. Ochi // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2009. Vol. 17, N 6. P. 561-577. DOI: 10.1007/s00167-008-0663-2.
 37. Bentheien J.P., Behrens P. Autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC): combining microfracturing and a collagen I/II matrix for articular cartilage resurfacing // Cartilage. 2010. Vol. 1, N 1. P. 65-68. DOI: 10.1177/1947603509360044.
 38. Khan W.S., Johnson D.S., Hardingham T.E. The potential of stem cells in the treatment of knee cartilage defects // Knee. 2010. Vol. 17, N 6. P. 369-374. DOI: 10.1016/j.knee.2009.12.003.
 39. Autologous chondrocyte implantation using the original periosteum-cover technique versus matrix-associated autologous chondrocyte implantation: a randomised clinical trial / F. Zeifang, D. Oberle, C. Nierhoff, W. Richter, B. Moradi, H. Schmitt // Am. J. Sports Med. 2010. Vol. 38, N 5. P. 924-933.
 40. Evaluation of cartilage repair tissue after matrix-associated autologous chondrocyte transplantation using a hyaluronic-based or a collagen based scaffold with morphological MOCART scoring and biochemical T2 mapping: preliminary results / G.H. Welsch, T.C. Mamisch, L. Zak, M. Blanke, A. Olk, S. Marlovits, S. Trattnig // Am. J. Sports Med. 2010. Vol. 38, N 5. P. 934-942. DOI: 10.1177/0363546509354971.
 41. Treatment of patellofemoral cartilage defects in the knee by autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) / A. Dhollander, K. Moens, J. van der Maas, P. Verdonk, K.F. Almqvist, J. Victor // Acta Orthop. Belg. 2014. Vol. 80, N 2. P. 251-259.
 42. Перспективы использования мультипотентных мезенхимальных стromальных клеток костного мозга и жировой ткани в регуляции регенерации опорных тканей / А.С. Тепляшин, С.З. Шарифуллина, Н.И. Чупикова, Р.И. Сепиашвили // Аллергология и иммунология. 2015. Т. 16, № 1. С. 138-148.
 43. Демижанова Г., Каржауов М.Р., Сарсенова М.А. Комбинированное влияние мезенхимальных стволовых клеток, гиалуроновой кислоты и ростовых факторов tgf-β1 и bmp-4 на регенерацию дефектов хряща у крыс // Материалы 54-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2016. Новосибирск, 2016. С. 24.
 44. Sources of adult mesenchymal stem cells applicable for musculoskeletal applications – a systematic review of the literature / R. Mafi, S. Hindocha, P. Mafi,

- M. Griffin, W.S. Khan // Open Orthop. J. 2011. Vol. 5, N Suppl. 2. P. 242-248. DOI: 10.2174/1874325001105010242.
45. Аутотрансплантация мезенхимальных стволовых клеток для регенеративного восстановления поврежденного хряща (экспериментальное исследование) / Д.В. Букач, А.В. Белецкий, О.Л. Эйсмонт, М.Т. Мохаммади, Я.И. Исаикина // Весці Нацыянальнай акадэміі наук Беларусі. Серыя медыцынскіх наукаў. 2015. № 1. С. 5-11.
46. Mesenchymal stem cells display different gene expression profiles compared to hyaline and elastic chondrocytes / L.J. Zhai, K.Q. Zhao, Z.Q. Wang, Y. Feng, S.C. Xing // Int. J. Clin. Exp. Med. 2011. Vol. 4, N 1. P. 81-90.
47. Tanaka Y. Human mesenchymal stem cells as a tool for joint repair in rheumatoid arthritis // Clin. Exp. Rheumatol. 2015. Vol. 33, N 4 Suppl. 92. P. S58-S62.
48. Assessment of clinical and MRI outcomes after mesenchymal stem cell implantation in patients with knee osteoarthritis: a prospective study / Y.S. Kim, Y.J. Choi, S.W. Lee, O.R. Kwon, D.S. Suh, D.B. Heo, Y.G. Koh // Osteoarthritis Cartilage. 2016. Vol. 24, N 2. P. 237-245. DOI: 10.1016/j.joca.2015.08.009.
49. Adipose-derived mesenchymal stem cells with microfracture versus microfracture alone: 2-year follow-up of a prospective randomized trial / Y.G. Koh, O.R. Kwon, Y.S. Kim, Y.J. Choi, D.H. Tak // Arthroscopy. 2016. Vol. 32, N 1. P. 97-109. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.09.010.
50. Tan Q., Lui P.P., Rui Y.F. Effect of in vitro passaging on the stem cell-related properties of tendon-derived stem cells-implications in tissue engineering // Stem Cells Dev. 2012. Vol. 21, N 5. P. 790-800. DOI: 10.1089/scd.2011.0160.

REFERENCES

- Beidik O.V., Levchenko K.K., Kireev S.I. Artroskopija kolennogo sostava. Perspektivy razvitiia [Arthroscopy of the knee. Development prospects]. Sbornik tezisov VIII s"ezda travmatologov-ortopedov Rossii. V 2 t. [Proc. VIII Congress of traumatologists-orthopedists of Russia]. Samara, 2006, vol. 1, pp. 139-140. (In Russ.)
- Curl W.W., Krome J., Gordon E.S., Rushing J., Smith B.P., Poehling G.G. Cartilage injuries: a review of 31,516 knee arthroscopies. *Arthroscopy*, 1997, vol. 13, no. 4, pp. 456-460.
- Pearsall A. IV, Madanagopal S., Tucker J. The Evaluation of Refrigerated and Frozen Osteochondral Allografts in the Knee. *Surgical Science*, 2011, vol. 2, no. 5, pp. 232-241. DOI: 10.4236/ss.2011.25052.
- Bozhokin M.S., Bozhkova S.A., Netyl'ko G.I. Vozmozhnosti sovremennykh kletochnykh tekhnologii dlja vosstanovleniya povrezhdennogo sostavnogo khriashcha (analiticheskii obzor literatury) [Potential of modern cell technologies for restoring the injured articular cartilage (An analytical review of the literature)]. *Travmatologija i ortopedia Rossii*, 2016, no. 3, pp. 122-134. (In Russ.)
- Vinokurov V.A., Norkin I.A. Khirurgicheskaja korrektciia deformatsii kolennogo sostava i regeneratsii gialinovogo khriashcha [Surgical correction of the knee deformity and regeneration of hyaline cartilage]. *Ortopedija, Travmatologija i Vosstanovitel'naia Khirurgija detskogo vozrasta*, 2015, vol. 3, no. 4, pp. 37-43. (In Russ.)
- Pridie K.H. A method of resurfacing osteoarthritic knee joints. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1959, vol. 41, pp. 618-619.
- Gross A.E., Langer F., Houpt J., Pritzker K., Friedlaender G. Allotransplantation of partial joints in the treatment of osteoarthritis of the knee. *Transplant. Proc.*, 1976, vol. 8, no. 2 Suppl., pp. 129-132.
- Muller S., Breederveld R.S., Tuinebreijer W.E. Results of osteochondral autologous transplantation in the knee. *Open Orthop. J.*, 2010, vol. 4, pp. 111-114. DOI: 10.2174/1874325001004020111.
- Maliuk B.V. *Osteoperforatsii subkhondral'noi kosti pri rassekaiushchem osteokhondrite myshchelkov bedra kolennogo sostava*. Avtoref. Diss. kand. med. nauk [Osteoperforations of subchondral bone for dissecting osteochondritis /osteochondritis dissecans/ of the knee femoral condyles. Ext. Abstract of Cand. med. sci. diss.]. Minsk, 2014, pp. 15-16. (In Russ.)
- Shevtsov V.I., Makushin V.D., Stupina T.A., Stepanov M.A. Eksperimental'nye aspekty izucheniiia reparativnoi regeneratsii sostavnogo khriashcha v usloviakh tunnelirovaniia subkhondral'noi zony s vvedeniem autologichnogo kostnogo mozga [The experimental aspects of studying articular cartilage reparative regeneration under subchondral zone tunneling with autologous bone marrow infusion]. *Genij Ortopedii*, 2010, no. 2, pp. 5-10. (In Russ.)
- Jacobi M., Villa V., Magnussen R.A., Neyret P. MACI—a new era? *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol.*, 2011, vol. 3, no. 1, p. 10. DOI: 10.1186/1758-2555-3-10.
- Becerra J., Andrades J.A., Guerado E., Zamora-Navas P., López-Puertas J.M., Reddi A.H. Articular cartilage: structure and regeneration. *Tissue Eng. Part B Rev.*, 2010, vol. 16, no. 6, pp. 617-627. DOI: 10.1089/ten.TEB.2010.0191.
- Batty L., Dance S., Bajaj S., Cole B.J. Autologous chondrocyte implantation: an overview of technique and outcomes. *ANZ J. Surg.*, 2011, vol. 81, no. 1-2, pp. 18-25. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2010.05495.x.
- Steadman J.R., Briggs K.K., Rodrigo J.J., Kocher M.S., Gill T.J., Rodkey W.G. Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up. *Arthroscopy*, 2003, vol. 19, no. 5, pp. 477-484. DOI: 10.1053/jars.2003.50112.
- Kreuz P.C., Ergenleter C., Steinwachs M.R., Krause S.J., Lahm A., Niemeyer P., Ghanem N., Uhl M., Südkamp N. Is microfracture of chondral defects in the knee associated with different results in patients aged 40 years or younger? *Arthroscopy*, 2006, vol. 22, no. 11, pp. 1180-1186. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.06.020.
- Ulstein S., Årøen A., Røtterud J.H., Løken S., Engebretsen L., Heir S. Microfracture technique versus osteochondral autologous transplantation mosaicplasty in patients with articular chondral lesions of the knee: a prospective randomized trial with long-term follow-up. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 2014, vol. 22, no. 6, pp. 1207-1215. DOI: 10.1007/s00167-014-2843-6.
- Knutsen G., Engebretsen L., Ludvigsen T.C., Drogset J.O., Grøntvedt T., Solheim E., Strand T., Roberts S., Isaksen V., Johansen O. Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. A randomized trial. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2004, vol. 86-A, no. 3, pp. 455-464.
- Ewers B.J., Dvoracek-Driksna D., Orth M.W., Haut R.C. The extent of matrix damage and chondrocyte death in mechanically traumatized articular cartilage explants depends on rate of loading. *J. Orthop. Res.*, 2001, vol. 19, no. 5, pp. 779-784. DOI: 10.1016/S0736-0266(01)00006-7.
- Gross A.E., Kim W., Las Heras F., Backstein D., Safr O., Pritzker K.P. Fresh osteochondral allografts for posttraumatic knee defects: long-term followup. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2008, vol. 466, no. 8, pp. 1863-1870. DOI: 10.1007/s11999-008-0282-8.
- Levy Y.D., Görtz S., Pulido P.A., McCauley J.C., Bugbee W.D. Do fresh osteochondral allografts successfully treat femoral condyle lesions? *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2013, vol. 471, no. 1, pp. 231-237. DOI: 10.1007/s11999-012-2556-4.
- Demange M., Gomoll A.H. The use of osteochondral allografts in the management of cartilage defects. *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.*, 2012, vol. 5, no. 3, pp. 229-235. DOI: 10.1007/s12178-012-9132-0.
- Williams R.J. 3rd, Ranawat A.S., Potter H.G., Carter T., Warren R.F. Fresh stored allografts for the treatment of osteochondral defects of the knee. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2007, vol. 89, no. 4, pp. 718-726. DOI: 10.2106/JBJS.F.00625.
- Hangody L., Dobos J., Baló E., Pánics G., Hangody L.R., Berkes I. Clinical experiences with autologous osteochondral mosaicplasty in an athletic population: a 17-year prospective multicenter study. *Am. J. Sports Med.*, 2010, vol. 38, no. 6, pp. 1125-1133. DOI: 10.1177/0363546509360405.
- Solheim E., Hegna J., Oyen J., Austgulen O.K., Harlem T., Strand T. Osteochondral autografting (mosaicplasty) in articular cartilage defects in the knee: results at 5 to 9 years. *Knee*, 2010, vol. 17, no. 1, pp. 84-87. DOI: 10.1016/j.knee.2009.07.007.
- Solheim E., Hegna J., Oyen J., Austgulen O.K., Harlem T., Strand T. Results at 10 to 14 years after osteochondral autografting (mosaicplasty) in articular cartilage defects in the knee. *Knee*, 2013, vol. 20, no. 4, pp. 287-290. DOI: 10.1016/j.knee.2013.01.001.
- Espregueira-Mendes J., Pereira H., Sevivas H., Varanda P., da Silva M.V., Monteiro A., Oliveira J.M., Reis R.L. Osteochondral transplantation using autografts from the upper tibiofibular joint for the treatment of knee cartilage lesions. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 2012, vol. 20, no. 6, pp. 1136-1142. DOI: 10.1007/s00167-012-1910-0.
- Singh R., Chauhan V., Chauhan N., Sharma S. Transplantation of free tibial periosteal grafts for the repair of articular cartilage defect: An experimental study. *Indian J. Orthop.*, 2009, vol. 43, no. 4, pp. 335-41. DOI: 10.4103/0019-5413.55973.
- O'Driscoll S.W., Fitzsimmons J.S. The role of periosteum in cartilage repair. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2001, no. 391 Suppl., pp. S190-S207.
- Olivos-Meza A., Fitzsimmons J.S., Casper M.E., Chen Q., An K.N., Ruesink T.J., O'Driscoll S.W., Reinholz G.G. Pretreatment of periosteum with TGF-beta1 in situ enhances the quality of osteochondral tissue regenerated from transplanted periosteal grafts in adult rabbits. *Osteoarthritis Cartilage*, 2010,

- vol. 18, no. 9, pp. 1183-1191. DOI: 10.1016/j.joca.2010.06.003.
30. Smith G.D., Knutson G., Richardson J.B. A clinical review of cartilage repair techniques. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 2005, vol. 87, no. 4, pp. 445-449. DOI: 10.1302/0301-620X.87B4.15971.
31. Brittberg M., Lindahl A., Nilsson A., Ohlsson C., Isaksson O., Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N. Engl. J. Med.*, 1994, vol. 331, no. 14, pp. 889-895. DOI: 10.1056/NEJM199410063311401.
32. Kozadaev M.N. Применение матриц на основе поликарбоната для стимуляции регенерации суставного хряща в условиях эксперимента [Use of matrixes based on polycaprolactone (PCL) to stimulate articular cartilage regeneration experimentally]. *Teoreticheskie i Prikladnye Aspekty Sovremennoi Nauki*, 2014, no. 3-2, pp. 128-130. (In Russ.)
33. Ezhov M.Iu., Ezhov I.Iu., Kashko A.K., Kaimov A.Iu., Zykin A.A., Gerasimov S.A. Нерешенные вопросы регенерации хряща кости ткани (обзорно-аналитическая статья) [Unresolved problems of cartilaginous and bone tissue regeneration (a review-analytical article)]. *Uspekhi Sovremen. Estestvoznania*, 2015, no. 5, pp. 126-131. (In Russ.)
34. Caron M.M., Emans P.J., Coolsen M.M., Voss L., Surtel D.A., Cremers A., Van Rhijn L.W., Welting T.J. Redifferentiation of dedifferentiated human articular chondrocytes: comparison of 2D and 3D cultures. *Osteoarthritis Cartilage*, 2012, vol. 20, no. 10, pp. 1170-1178. DOI: 10.1016/j.joca.2012.06.016.
35. Kim M.K., Choi S.W., Kim S.R., Oh I.S., Won M.H. Autologous chondrocyte implantation the knee using fibrin. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 2010, vol. 18, no. 4, pp. 528-534. DOI: 10.1007/s00167-009-0905-y.
36. Iwasa J., Engebretsen L., Shima Y., Ochi M. Clinical application of scaffolds for cartilage tissue engineering. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 2009, vol. 17, no. 6, pp. 561-577. DOI: 10.1007/s00167-008-0663-2.
37. Benthien J.P., Behrens P. Autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC): combining microfracturing and a collagen I/II matrix for articular cartilage resurfacing. *Cartilage*, 2010, vol. 1, no. 1, pp. 65-68. DOI: 10.1177/1947603509360044.
38. Khan W.S., Johnson D.S., Hardingham T.E. The potential of stem cells in the treatment of knee cartilage defects. *Knee*, 2010, vol. 17, no. 6, pp. 369-374. DOI: 10.1016/j.knee.2009.12.003.
39. Zeifang F., Oberle D., Nierhoff C., Richter W., Moradi B., Schmitt H. Autologous chondrocyte implantation using the original periosteum-cover technique versus matrix-associated autologous chondrocyte implantation: a randomised clinical trial. *Am. J. Sports Med.*, 2010, vol. 38, no. 5, pp. 924-933.
40. Welsch G.H., Mamisch T.C., Zak L., Blanke M., Olk A., Marlovits S., Trattnig S. Evaluation of cartilage repair tissue after matrix-associated autologous chondrocyte transplantation using a hyaluronic-based or a collagen based scaffold with morphological MOCART scoring and biochemical T2 mapping: preliminary results. *Am. J. Sports Med.*, 2010, vol. 38, no. 5, pp. 934-942. DOI: 10.1177/0363546509354971.
41. Dhollander A., Moens K., Van der Maas J., Verdonk P., Almqvist K.F., Victor J. Treatment of patellofemoral cartilage defects in the knee by autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC). *Acta Orthop. Belg.*, 2014, vol. 80, no. 2, pp. 251-259.
42. Teplashin A.S., Sharifullina S.Z., Chupikova N.I., Sepiashvili R.I. Perspektivnye issledovaniya mul'tipotentnykh mezenkhimnykh stromal'nykh kletok kostnogo mozga i zhirovoi tkani v regulatsii regeneratsii opornykh tkanei [Prospects of using multipotent mesenchymal stromal cells of bone marrow and fatty tissue in regulation of support tissue regeneration]. *Allergologiya i Immunologiya*, 2015, vol. 16, no. 1, pp. 138-148. (In Russ.)
43. Demzhanova G., Karzhaouev M.R., Sarsenova M.A. Kombinirovannoe vliyanie mezenkhimal'nykh stvоловых kletok, gialuronovoi kisloty i rostovnykh faktorov tgf- β 1 i bmp-4 na regeneratsii defektov khrashcha u krokodilov [Combined effect of mesenchymal stem cells, hyaluronic acid and growth factors tgf- β 1 and bmp-4 on regeneration of cartilage defect regeneration in rabbits]. *Materialy 54-i Mezhdunarodnoi nauchnoi studencheskoi konferentsii MNSK-2016* [Materials of the 54th International Scientific Student Conference MNSK-2016]. Novosibirsk, 2016, p. 24. (In Russ.)
44. Mafi R., Hindocha S., Mafi P., Griffin M., Khan W.S. Sources of adult mesenchymal stem cells applicable for musculoskeletal applications – a systematic review of the literature. *Open Orthop.*, 2011, vol. 5, no. Suppl. 2, pp. 242-248. DOI: 10.2174/1874325001105010242.
45. Bukach D.V., Beletskii A.V., Eismont O.L., Mokhammadi M.T., Isaikina Ia.I. Autotransplantatsiya mezenkhimal'nykh stvоловых kletok dlja regenerativnogo vosstanovleniya povrezhdenii sostavnogo khrashcha (eksperimental'noe issledovanie) [Autotransplantation of mesenchymal stem cells for regenerative repair of articular cartilage (an experimental study)]. *Vestsi Natsyianal'nai Akademii Navuk Belarusi. Seryia medytsynskikh navuk*, 2015, no. 1, pp. 5-11. (In Russ.)
46. Zhai L.J., Zhao K.Q., Wang Z.Q., Feng Y., Xing S.C. Mesenchymal stem cells display different gene expression profiles compared to hyaline and elastic chondrocytes. *Int. J. Clin. Exp. Med.*, 2011, vol. 4, no. 1, pp. 81-90.
47. Tanaka Y. Human mesenchymal stem cells as a tool for joint repair in rheumatoid arthritis. *Clin. Exp. Rheumatol.*, 2015, vol. 33, no. 4 Suppl. 92, pp. S58-S62.
48. Kim Y.S., Choi Y.J., Lee S.W., Kwon O.R., Suh D.S., Heo D.B., Koh Y.G. Assessment of clinical and MRI outcomes after mesenchymal stem cell implantation in patients with knee osteoarthritis: a prospective study. *Osteoarthritis Cartilage*, 2016, vol. 24, no. 2, pp. 237-245. DOI: 10.1016/j.joca.2015.08.009.
49. Koh Y.G., Kwon O.R., Kim Y.S., Choi Y.J., Tak D.H. Adipose-derived mesenchymal stem cells with microfracture versus microfracture alone: 2-year follow-up of a prospective randomized trial. *Arthroscopy*, 2016, vol. 32, no. 1, pp. 97-109. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.09.010.
50. Tan Q., Lui P.P., Rui Y.F. Effect of in vitro passaging on the stem cell-related properties of tendon-derived stem cells-implications in tissue engineering. *Stem Cells Dev.*, 2012, vol. 21, no. 5, pp. 790-800. DOI: 10.1089/scd.2011.0160.

Рукопись поступила 05.07.2017

Сведения об авторах:

1. Айрапетов Георгий Александрович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ставрополь, Россия, доцент кафедры травматологии и ортопедии, к. м. н.; Email: AirapetovGA@yandex.ru
2. Воротников Александр Анатольевич – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ставрополь, Россия, зав. кафедрой травматологии и ортопедии, д. м. н., профессор; Email: VorotnikovAA@mail.ru
3. Коновалов Евгений Александрович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ставрополь, Россия, ассистент кафедры травматологии и ортопедии; Email: konovalov_evg@mail.ru

Information about the authors:

1. Georgii A. Airapetov, M.D., Ph.D., FSBEI HE Stavropol State Medical University of the RF Ministry of Health, Stavropol, Russia, Department of Traumatology and Orthopaedics, assistant professor; Email: AirapetovGA@yandex.ru
2. Aleksandr A. Vorotnikov, M.D., Ph.D., Professor, FSBEI HE Stavropol State Medical University of the RF Ministry of Health, Stavropol, Russia, Head of the Department of Traumatology and Orthopaedics; Email: VorotnikovAA@mail.ru
3. Evgenii A. Konovalov, M.D., FSBEI HE Stavropol State Medical University of the RF Ministry of Health, Stavropol, Russia, Department of Traumatology and Orthopaedics, assistant; Email: konovalov_evg@mail.ru