

© Коллектив авторов, 2022
УДК 616.71-018.3-002
DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17084>
ISSN – 2073-8137

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХОНДРОПЛАСТИКИ И ВОЗМОЖНОСТИ СТИМУЛЯЦИИ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ СУСТАВНОГО ХРЯЩА (ЧАСТЬ 1)

В. И. Тельпухов¹, А. В. Гаркави¹, А. С. Чагин¹, А. В. Лычагин¹,
В. Н. Николенко^{1,2}, Г. М. Кавалерский¹, П. И. Петров¹, Д. С. Романов¹

¹ Первый Московский государственный медицинский университет
им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Российская Федерация

² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Российская Федерация

MODERN METHODS OF CHONDROPLASTY AND POSSIBLE STIMULATION OF THE REGENERATIVE PROCESSES OF ARTICULAR CARTILAGE (PART 1)

Telpukhov V. I.¹, Garkavi A. V.¹, Chagin A. S.¹, Lychagin A. V.¹,
Nikolenko V. N.^{1,2}, Kavalersky G. M.¹, Petrov P. I.¹, Romanov D. S.¹

¹ I. M. Sechenov First Moscow State University (Sechenov University), Russian Federation

² M. V. Lomonosov Moscow State University, Russian Federation

В первой части статьи проведен анализ современных подходов к возникновению и развитию остеоартроза, дана оценка современного состояния вопроса в лечении дефектов суставного хряща. Обсуждены результаты применения некоторых методик: хирургических – корригирующая остеотомия, остеоперфорация (абразивная хондропластика, субхондральная туннелизация, микрофрактурирование), мембранопластика, мозаичная костно-хрящевая аутопластика, лазерная обработка суставной поверхности; инъекционных – использование гиалуроновой кислоты, обогащенной тромбоцитами плазмы.

Ключевые слова: суставной хрящ, остеоартроз, регенерация хряща, хондропластика

The first part of the article analyzes modern approaches to the onset and development of osteoarthritis, assesses the current state of the art in the treatment of articular cartilage defects. The results of the application of some methods are discussed: surgical ones – corrective osteotomy, osteoperforation (abrasive chondroplasty, subchondral tunneling, microfracturing), membranoplasty, mosaic osteochondral autoplasty, laser treatment of the articular surface; injection techniques – the use of hyaluronic acid, platelet-rich plasma.

Keywords: articular cartilage, osteoarthritis, cartilage regeneration, chondroplasty

Для цитирования: Тельпухов В. И., Гаркави А. В., Чагин А. С., Лычагин А. В., Николенко В. Н., Кавалерский Г. М., Петров П. И., Романов Д. С. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХОНДРОПЛАСТИКИ И ВОЗМОЖНОСТИ СТИМУЛЯЦИИ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ СУСТАВНОГО ХРЯЩА (Часть 1). Медицинский вестник Северного Кавказа. 2022;17(3):347-352. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17084>

For citation: Telpukhov V. I., Garkavi A. V., Chagin A. S., Lychagin A. V., Nikolenko V. N., Kavalersky G. M., Petrov P. I., Romanov D. S. MODERN METHODS OF CHONDROPLASTY AND POSSIBLE STIMULATION OF THE REGENERATIVE PROCESSES OF ARTICULAR CARTILAGE (Part 1). Medical News of North Caucasus. 2022;17(3):347-352. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17084> (In Russ.)

ГК – гиалуроновая кислота
НПВС – нестероидные противовоспалительные средства

ОА – остеоартроз
PRP – обогащенная тромбоцитами аутоплазма

Одним из самых распространенных заболеваний опорно-двигательной системы, поражающим практически каждого человека, является остеоартроз (ОА). В популяции количество достоверно диагностированных случаев достигает 80 %, однако даже при отсутствии отчетливых жалоб изменения в суставах, особенно у пожилых, обычно имеют место [1].

Помимо идиопатического (первичного) ОА, развивающегося на фоне инволютивных изменений, значительную долю среди структуры заболеваемости имеет вторичный ОА, причины которого могут быть весьма разнообразны [2]:

- механические внутрисуставные повреждения (острая травма или хроническая микротравматизация);
- врожденные патологии (диспластические изменения в суставах, гипермобильность, деформации и укорочения конечностей);
- эндокринные болезни (сахарный диабет, акромегалия, гиперпаратиреоз, ожирение, гипотиреоз);
- микрокристаллические артриты (хондрокальциноз, подагра);
- внутрисуставная инфекция (гнойный или специфический артрит, остеомиелит);
- системные заболевания (ревматоидный артрит);

– прочие (гемоглобинопатии, отморожения, кесонная болезнь) и др.

Степень влияния этих факторов на развитие ОА в течение жизни человека бывает порой сложно оценить. В связи с этим разделение ОА на первичный и вторичный является достаточно условным, так как почти невозможно представить себе сустав, который на фоне инволютивных изменений никогда не подвергался бы дополнительным негативным воздействиям.

Долгое время общепризнанной в развитии ОА являлась доминирующая роль суставного хряща, его первичное поражение. Изменения других компонентов как самого сустава, так и параартикулярных тканей считали вторичными. Однако со временем эта оценка претерпела определенные изменения. В конце XX века распространилось мнение, что состояние субхондральной кости для развития ОА не менее, если не более, значимо [3]. Именно субхондральная кость определяюще влияет на жизнеспособность суставного хряща, его устойчивость к деструктивным воздействиям. Широкое распространение и совершенствование такого метода, как магнитно-резонансная томография, дало возможность оценить состояние субхондральной кости и доказательно определить взаимосвязь между ним и степенью деструкции суставного хряща.

В то же время воздействие на суставной хрящ остается основой лечения пациентов с ОА. Однако, несмотря на пристальное внимание, которое уже не одно десятилетие уделяется изучению суставного хряща и поискам способов стимуляции его регенерации, хрящевая ткань остается одной из самых сложных и неподатливых для подобных воздействий, что объясняется специфическими особенностями ее морфологии, трофики и функционирования.

Повсеместное широкое распространение эндопротезирования суставов при ОА является по сути проявлением отчаяния врачей, демонстрируя неспособность современной медицины в должной мере управлять процессами хрящевой регенерации.

История поисков путей лечения пациентов с ОА насчитывает уже более 100 лет. За это время накоплен большой опыт применения как относительно успешных, так и неэффективных методик [4]. Существенного прогресса удалось добиться после широкого распространения с конца XX века артроскопических операций, открывших возможности малоинвазивных хирургических вмешательств.

В лечении пациентов с ОА используют разнообразные методики [5–7], из которых наибольшее распространение получили:

- системная фармакотерапия (хондропротекторы, НПВС);
- внутрисуставная инъекционная терапия с использованием фармпрепаратов, биологических стимуляторов, кислорода, аутоплазмы;
- операции остеотомии с изменением распределения нагрузки на суставные поверхности;
- воздействие на суставную поверхность физическими агентами, в том числе лазером;
- операции хондропластики с использованием гомо-, ксено- и аутоклет, а также искусственных материалов;
- операции, стимулирующие регенеративные процессы (остеоперфоративные методики, клеточные технологии).

Хирургические методики

Корректирующая остеотомия

Операции остеотомии в лечении пациентов с ОА имеют строго ограниченные показания и преследуют цель перераспределения нагрузки на суставные по-

верхности суставов на фоне развившейся деформации оси конечности. Снижение нагрузки на патологически измененный суставной хрящ создает предпосылки для проведения более успешной консервативной терапии ОА. Чаще всего к остеотомии прибегают при ОА коленного сустава, получая в ряде случаев заметное улучшение клинических проявлений, выражающееся прежде всего в снижении болей. Однако при выполнении корректирующей остеотомии хрящевая поверхность сустава остается в том же состоянии, как и до операции, хотя нагрузка на нее и уменьшается. Поэтому при глубоких поражениях или значительных по площади дефектах суставного хряща не следует рассчитывать на его полноценную регенерацию, стимуляция которой должна проводиться консервативными методами в послеоперационном периоде [8–10].

Остеоперфорация

Идеальным решением проблемы заполнения хрящевых дефектов суставной поверхности является «выращивание» на месте этого дефекта полноценной хрящевой ткани, аналогичной нативному хрящу. На этом пути естественным стремлением является использование мезенхимальных стволовых клеток костного мозга. На фоне склерозирования субхондральной кости они не могут проникнуть к суставной поверхности, и наиболее простым решением представляется устранение этого механического препятствия с помощью обработки поверхности хрящевого дефекта:

- абразия (с помощью фрезы или ручных инструментов);
- микрофрактурирование (с помощью мини-долота);
- туннелизация (с помощью тонкого сверла, спицы или шила).

Во всех случаях целью операции является «освежение» поверхности хрящевого дефекта до момента появления «кровяной росы», что свидетельствует о том, что механическое препятствие устранено и на поверхности начинает образовываться «супергусток» с полипотентными клетками.

Абразивная хондропластика впервые выполнена Р. В. Magnuson (1942) на «открытом» суставе, позже ее стали выполнять артроскопически. Считают, что ее эффективность зависит от глубины обработки кости, оптимально – на 1–2 мм. В то же время положительный эффект от таких операций отмечен не более чем в 60–65 % наблюдений, и он достаточно кратковременный, так как в обработанной зоне формируется лишь дефектная хрящеподобная ткань [11, 12].

Субхондральная туннелизация, предложенная К. Н. Pridie (1959), впоследствии была модифицирована и сегодня выполняется артроскопически. Отверстия до 1,5–2 мм формируют на глубину до 2–4 см и расстоянием до 5–6 мм между собой. С помощью такой методики удается добиться до 70 % положительных результатов, однако и эта методика позволяет сформировать лишь фиброзно-хрящевой регенерат, тем самым существенно ограничивая «выживаемость» достигнутого эффекта (по самым оптимистичным оценкам – до 5 лет) [13, 14].

Микрофрактурирование, предложенное Steedman (1999), заключается в формировании микропереломов субхондральной кости (глубина до 4 мм, плотность – 3–4 на 1 см²) с помощью долота. Преимуществом метода считают исключение опасности компрессии и ожога кости при сверлении, однако эффективность его также не превышает 70–75 % в сроки до 5 лет [15].

Общим недостатком всех остеоперфоративных методик является то, что формирование и удерживание супергустка на поверхности перфорированной кости в значительной степени затруднено. При движениях в суставе, функциональной нагрузке и, тем более, его

дренировании и пункциях в послеоперационном периоде суперсгусток может мигрировать с поверхности хрящевого дефекта, что нарушает или прекращает репаративные процессы. Поэтому, несмотря на рекомендованную длительную разгрузку сустава после операции, полноценный гиалиновый хрящ в области дефекта не формируется, а хрящеподобный регенерат существенно уступает нативному хрящу практически по всем параметрам и вследствие этого недолговечен [16–18].

Использование мембран (мембранопластика)

Попытки решить проблему удерживания клеток, способных вызвать хондрогенез, на поверхности хрящевого дефекта привели к появлению методик, включающих имплантацию в эту зону мембраны, выполняющей роль или барьера, ограничивающего хондрогенные клетки от полости сустава, или матрицы с фиксацией этих клеток на ней.

Идея применения мембран дала второе рождение остеоперфоративным методам, когда после обработки зоны хрящевого дефекта его укрывали постепенно лизирующейся мембраной, сохраняющей «суперсгусток» на поверхности кости. Применяют различные изделия (Chondro-Gide, ChondroCelect, Carticel и другие); их общим свойством является способность к постепенному лизису после имплантации. Мембрану фиксируют узловыми швами или фибриновым клеем. Распространение получила методика индуцированного на матрице хондрогенеза, которая реализуется как на «открытом» суставе, так и артроскопически [19].

Накопленный опыт показывает неоднозначные результаты. С одной стороны, имеется много сообщений о полном замещении хрящевых дефектов, что подтверждается ревизионными артроскопическими и морфологическими исследованиями [19, 20]. Правда, на месте дефекта формируется преимущественно не гиалиновый, а волокнистый хрящ. Кроме того, большинство авторов указывают на то, что эффективность лечения существенно снижается при хрящевых дефектах значительной площади, а также у пожилых пациентов с остеоартрозом на фоне инволютивных изменений. Таким образом, операции мембранной хондропластики считаются показанными у лиц трудоспособного возраста с небольшими дефектами суставного хряща, что чаще всего встречается при посттравматическом поражении, однако главным условием успешности таких операций считают отсутствие патологии субхондральной кости. Несоблюдение этих условий приводит к отслойке и дислокации хрящевого регенерата [19, 21].

Мозаичная костно-хрящевая аутопластика

В основу методики легла пересадка в зону дефекта фрагментов полноценного хряща. Суставной хрящ не имеет собственного кровоснабжения, в силу чего рассчитывать на «приживление» пересаженного на место дефекта хрящевого лоскута не представляется возможным. Это послужило основанием пересаживать хрящ, находящийся на костном основании. Костно-хрящевые столбики, взятые из ненагружаемых отделов сустава, перемещают в зону дефекта в расчете на быструю реваскуляризацию костного компонента трансплантата с сохранением жизнеспособности покрывающего его полноценного суставного хряща. Такая операция достаточно эффективна, однако имеет ряд «подводных камней», связанных с возможными осложнениями (травматичность, дефекты технического выполнения, нестабильность трансплантатов, боль в донорских местах), а также дефицитом материала при обширных дефектах и нарушением регенерации донорских участков. Вопрос о предельно допустимой площади хрящевого дефекта для его укрытия с помощью методики мозаичной костно-хрящевой аутопластики до сих пор является

предметом дискуссий. По некоторым оценкам, при соблюдении строгих показаний применение мозаичной костно-хрящевой аутопластики целесообразно лишь при 11 % травматических и 6 % дегенеративных дефектах суставного хряща [22, 23].

Для лечения пациентов с обширными костно-хрящевыми дефектами предложена гибридная костно-хрящевая пластика, предусматривающая удаление патологически измененной субхондральной кости в зоне дефекта, плотное заполнение образовавшейся ниши костными аутотрансплантатами, рассверливание их для сообщения поверхности с подлежащими отделами и укрытие места трансплантации коллагеновой мембраной. Данная методика совмещает в себе преимущества описанных выше способов и является весьма перспективной, демонстрируя хорошие результаты применения [24].

Артроскопия с лазерной обработкой суставной поверхности

Суть метода в локальном воздействии лазерного излучения на цитохром-с-оксидазу в митохондриях и световые/тепловые ионканалы, а также белки: киназу с (PKC), протеинкиназу B (Akt/PKB), тирозинкиназу Src и интерлейкин-8/1a (Ил-8/1a) – эти факторы приводят к образованию активных форм кислорода, которые могут стимулировать транскрипцию [25].

Излучение с длиной волны диодного лазера 780–940 н/м оказывает воздействие на поверхностные ткани, стимулируя цитохром-с-оксидазу и тем самым способствуя хрящевой регенерации [26].

Одна из особенностей лазерного воздействия на ткани заключается в том, что, согласно закону Арндта – Шульца, очень низкая доза света не достигает эффекта, с увеличением дозы появляется и до определенного момента нарастает положительный эффект, но только до тех пор, пока не будет достигнуто плато. Если световая доза увеличивается сверх этих значений, польза от воздействия постепенно уменьшается, пока эффект не исчезает, и дальнейшее увеличение дозы фактически начнет приводить уже к разрушающему воздействию на ткани [26, 27].

Лазерное излучение для локального воздействия на суставной хрящ стало возможно с появлением малоинвазивных артроскопических методик. Несомненными преимуществами лазерной обработки поверхности хрящевых дефектов являются атравматичность, высокие показатели таймменеджмента вмешательства (время, затраченное на операцию), хорошая доказательная база результативности методики, экономическая выгода [26, 28]. Имеются сообщения об использовании различной длины волны (от 800 до 900 н/м). Наиболее признанным является протокол, в соответствии с которым осуществляется курсовое множественное воздействие на поврежденные ткани с экспозицией от одной до 10 минут. Стоит отметить, что имеются убедительные данные курсового применения лишь на открытых ранах. При воздействии на глубокие структуры описаны однократные методики применения [27].

В то же время эти методики не решают всех проблем в лечении пациентов с хрящевыми дефектами на фоне остеоартроза. Так же, как и при применении мембранной хондропластики, лазерная обработка признана недостаточно эффективной у пожилых пациентов и при значительных глубоких хрящевых дефектах [29].

Инъекционные методики

Попытки стимуляции собственных репаративных способностей сустава привели к появлению большой группы методик, основанных на внутрисуставной инъекционной терапии. Эти способы применяются очень широко, так как не требуют сложных хирургических навыков. Имеются наблюдения внутрисуставной инъ-

екционной терапии с применением гиалуроновой кислоты (ГК), обогащенной тромбоцитами аутоплазмы (PRP), алфлутопа, кислорода и даже гомеопатических препаратов [30–32]. Ряд этих методик не получили убедительных подтверждений своей эффективности с позиций доказательной медицины. Наилучшие результаты и наибольшее распространение получили инъекционные методики, использующие ГК и PRP.

Гиалуроновая кислота

Впервые ГК была предложена для введения в полость сустава в качестве так называемого «синовиального протеза» с расчетом исключительно на замещение естественной синовиальной жидкости в отношении амортизации и скольжения. Однако в дальнейшем были отмечены ее хондропротекторные и противовоспалительные свойства. Сегодня ГК выпускают в виде десятков изделий, имеющих свои коммерческие названия и отличающихся друг от друга как по характеру используемого для производства сырья, так и по молекулярной массе. Считается, что ГК, имеющая большую молекулярную массу (как, например, дьюралан), имеет более пролонгированный положительный эффект протяженностью до 10–11 месяцев. Однако большинство изделий, содержащих ГК, имеют срок действия около 6 месяцев, после чего курс должен быть повторен. Таким образом, большинство схем применения внутрисуставных инъекций ГК включает в себя от 3 до 5 процедур при первичном курсе и 3 процедуры при повторном курсе, проводимом через 6 месяцев [33, 34].

В настоящее время первоначальный оптимизм в отношении результатов применения внутрисуставных инъекций ГК уступил место достаточно сдержанному отношению. Появилось понимание того, что методика имеет ограниченные показания. Эффект внутрисуставного введения ГК снижается на фоне синовита, а также значительных по площади и глубине дефектах суставного хряща. Несоблюдение этих ограничений приводит к отсутствию ожидаемого эффекта от достаточно дорогостоящего лечения [32, 34, 35].

Обогащенная тромбоцитами аутоплазма – внутрисуставное введение

Введение в сустав PRP в последнее время приобретает все большую популярность.

Сообщения о внутрисуставном введении PRP появляются с 90-х годов XX века. В публикациях авторы отмечают, что одними из основных веществ, обуславливающих терапевтический эффект от применения PRP, являются тромбоцитарные факторы роста: трансформирующий фактор роста β (TGF- β), тромбоцитарный фактор роста (PDGF), фактор роста фибробластов (FGF), эпидермальный фактор роста (EGF), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), инсулиноподобный фактор роста (IGF-I, IGF-II), фактор роста эндотелиальных клеток (ESGF). Первые 5 факторов принимают непосредственное участие в регенеративных процессах, причем направленность их действия может быть различной, что применительно к лечению суставной патологии способствует восстановлению и поддержанию баланса пролиферативных и деструктивных процессов в суставном хряще [31, 36].

Протоколы внутрисуставного введения PRP до сих пор являются предметом дискуссии. Прежде всего это касается кратности введения препарата – от 1 до 3 раз на курс лечения с интервалом от 1 до 3 недель. Есть сообщения о том, что короткие интервалы между инъ-

екциями (1 неделя) позволяют быстрее достичь анальгетического эффекта, а продолжительные интервалы (3 недели) в большей степени учитывают течение регенераторных процессов [37, 38].

В большинстве публикаций приводятся результаты лечения преимущественно физически активных пациентов. Аналогичные исследования, касающиеся лиц пожилого и старческого возраста, пока немногочисленны, однако они свидетельствуют об обнадеживающих результатах [36, 39].

До сих пор нет единого мнения о том, имеет ли преимущество внутрисуставное введение PRP перед широко распространенными инъекциями гиалуроновой кислоты. Многие работы сравнивают эти методики, обсуждая их достоинства и недостатки, а некоторые авторы рекомендуют их совместное применение, что, по их мнению, усиливает положительный эффект [32–34].

Обогащенная тромбоцитами плазма – внутрикостное введение

Признание значительной роли субхондральной кости в жизнедеятельности суставного хряща явилось основанием для появления методики внутрикостного введения PRP непосредственно в субхондральную зону. Одним из проявлений патологии субхондральной кости является отек костного мозга, который визуализируется на МРТ. Ряд авторов указывают на взаимосвязь этого отека с состоянием суставного хряща и клиническими проявлениями остеоартроза. Направленное введение PRP непосредственно в патологически измененную зону субхондральной кости приводит к регрессу отека костного мозга и улучшению жизнедеятельности суставного хряща, однако долгосрочных наблюдений за динамикой как клинических проявлений остеоартроза, так и морфологии хрящевой поверхности сустава пока нет [40, 41].

Все вышеперечисленные методики и хирургические модели восстановления гиалинового хряща имеют ограниченные возможности клинического применения, которые связаны не только с размерами дефекта, но и с невозможностью формирования полноценного хрящевого регенерата. С увеличением глубины (костно-хрящевые дефекты) и площади поражения суставной поверхности, а также на фоне выраженных инволютивных изменений эффективность этих методик существенно снижается, и полноценный хрящевой регенерат не образуется. Дефект заполняется фиброзной тканью различной степени зрелости, не способной качественно обеспечить функциональную активность гиалинового хряща. Достижимым становится лишь временный клинический эффект. В большинстве своем после таких операций полного выздоровления не происходит, что в конечном итоге приводит к необходимости выполнять операцию по замене сустава (эндопротезирование).

Таким образом, ни одна из вышеперечисленных методик не может претендовать на окончательное решение проблемы хрящевой регенерации, что обусловило дальнейшие поиски эффективной лечебной тактики.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-115-50089 (Экспансия).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Pereira D., Peleteiro B., Araújo J., Branco J., Santos R. A., Ramos E. The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2011;19(11):1270-1285. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2011.08.009>

2. Millerand M., Berenbaum F., Jacques C. Danger signals and inflammation in osteoarthritis. *Clin. Exp. Rheumatol*. 2019;37 Suppl 120(5):48-56.
3. Xia B., Di Chen, Zhang J., Hu S., Jin H., Tong P. Osteoarthritis pathogenesis: a review of molecular mechanisms. *Calcif. Tissue Int*. 2014;95(6):495-505. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9917-9>

4. Skou S. T., Roos E. M. Physical therapy for patients with knee and hip osteoarthritis: supervised, active treatment is current best practice. *Clin. Exp. Rheumatol.* 2019;37 Suppl 120(5):112-117.
5. Barnett R. Osteoarthritis. *Lancet.* 2018;391(10134):1985. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31064-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31064-X)
6. He M., Zhong X., Li Z., Shen K., Zeng W. Progress in the treatment of knee osteoarthritis with high tibial osteotomy: a systematic review. *Syst. Rev.* 2021;10(1):56. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01601-z>
7. Shah S. S., Lee S., Mithoefer K. Next-Generation Marrow Stimulation Technology for Cartilage Repair: Basic Science to Clinical Application. *JBJS Rev.* 2021;9(1):e20. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.20.00090>
8. Brouwer R. W., Raaij van T. M., Bierma-Zeinstra S. M., Verhagen A. P., Jakma T. S., Verhaar J. A. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2007;(3):CD004019. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004019.pub3>
9. Da Cunha R. J., Kraszewski A. P., Hillstrom H. J., Frago-men A. T., Rozbruch S. R. Biomechanical and functional improvements gained by proximal tibia osteotomy correction of genu varum in patients with knee pain. *HSS J.* 2020;16(1):30-38. <https://doi.org/10.1007/s11420-019-09670-6>
10. Duerr R. A., Harangody S., Magnussen R. A., Kaeding C. C., Flanigan D. C. Technique for medial closing-wedge proximal tibia osteotomy in the valgus knee. *Arthroscopy Techniq.* 2020;9(7):925-933. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2020.03.008>
11. Beckmann R., Lippross S., Hartz C., Tohidnezhad M., Ferreira M. S. [et al.]. Abrasion arthroplasty increases mesenchymal stem cell content of postoperative joint effusions. *BMC Musc. Dis.* 2015;16:250. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0705-0>
12. Лазишвили Г. Д., Егизарян К. А., Ратьев А. П., Гордиенко Д. И., Бут-Гусаим А. Б. [и др.]. Гибридная костно-хрящевая трансплантация – инновационная технология для хирургического лечения обширных костно-хрящевых дефектов коленного сустава. *Хирургическая практика.* 2020;(4):10-17. [Lazishvili G. D., Egizaryan K. A., Ratyev A. P., Gordienko D. I., Bug-Gusaim A. B. [et al.]. Hybrid bone-cartilage transplantation is an innovative technology for the surgical treatment of extensive bone-cartilage defects of the knee joint. *Khirurgicheskaya praktika. – Surgical Practice.* 2020;(4):10-17. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.38181/issn2223-2427.2019.4.10-17>
13. Stupina T. A., Makushin V. D., Stepanov M. A. Experimental morphological study of the effects of subchondral tunnelization and bone marrow stimulation on articular cartilage regeneration. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2012;153(2):289-293. <https://doi.org/10.1007/s10517-012-1697-5>
14. Field R. E., Rajakulendran K., Strambi F. Arthroscopic grafting of chondral defects and subchondral cysts of the acetabulum. *Hip. Int.* 2011;21(4):479-486. <https://doi.org/10.5301/HIP.2011.8583>
15. Weber A. E., Locker P. H., Mayer E. N., Cvetanovich G. L., Tilton A. K. [et al.]. Clinical outcomes after microfracture of the knee: midterm follow-up. *Orth. J. Sports Med.* 2018;6(2):23-25. <https://doi.org/10.1177/2325967117753572>
16. Hashimoto Y., Nishida Y., Takahashi S., Nakamura H., Mera H. [et al.]. Transplantation of autologous bone marrow-derived mesenchymal stem cells under arthroscopic surgery with microfracture versus microfracture alone for articular cartilage lesions in the knee: a multicenter prospective randomized control clinical trial. *Reg. Therapy.* 2019;11:106-113. <https://doi.org/10.1016/j.reth.2019.06.002>
17. Egizaryan K. A., Lazishvili G. D., Ratyev A. P., Sirotin I. V., But-Gusaim A. B. [et al.]. Modern trends in the treatment of focal cartilage defects of the knee. *Surgical Practice.* 2020;(3):65-72. <https://doi.org/10.38181/2223-2427-2020-3-65-72>
18. Айрапетов Г. А., Воротников А. А. Замещение костно-хрящевых дефектов крупных суставов. *Инновационная медицина Кубани.* 2019;(2):58-66. [Airapetov G. A., Vorotnikov A. A. Replacement of bone and cartilage defects of large joints. *Innovatsionnaya meditsina Kubani. – Innovative medicine of Kuban.* 2019;(2):58-66. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2019-14-2-58-66>
19. Lee Y. H., Suzer F., Thermann H. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis in the Knee: A Review. *Cartilage.* 2014;5(3):145-153. <https://doi.org/10.1177/1947603514529445>
20. Nurmukhametov M. R., Makarov M. A., Makarov S. A., Bialik E. I., Bialik V. E. [et al.]. The use of autologous matrix-induced chondrogenesis as a surgical treatment for patients with the first metatarsophalangeal joint osteoarthritis: immediate and medium-term results. *Cartilage.* 2021;13(Suppl 1):1354S-1365S. <https://doi.org/10.1177/1947603520958127>
21. de Girolamo L., Schönhuber H., Viganò M., Bait C., Quaglia A. [et al.]. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC) and AMIC Enhanced by Autologous Concentrated Bone Marrow Aspirate (BMAC) Allow for Stable Clinical and Functional Improvements at up to 9 Years Follow-Up: Results from a Randomized Controlled Study. *J. Clin. Med.* 2019;8(3):392. <https://doi.org/10.3390/jcm8030392>
22. Gupta A., Bhosale A., Balbousis T., Smith H. J., Richardson J. B. Cartilage transplantation. *Br. J. Hosp. Med.* 2006;67(6):286-289. <https://doi.org/10.12968/hmed.2006.67.6.21285>
23. Welch T., Mandelbaum B., Tom M. Autologous Chondrocyte Implantation: Past, Present, and Future. *Sports Med. Arthrosc. Rev.* 2016;24(2):85-91. <https://doi.org/10.1097/JSA.0000000000000115>
24. Melugin H. P., Desai V. S., Levy B. A., Tanaka Y., Horibe S. [et al.]. Osteochondritis Dissecans of the Knee: Short-Term Outcomes of a Hybrid Technique to Restore a Partially Salvageable Progeny Fragment. *Cartilage.* 2020;11(3):300-308. <https://doi.org/10.1177/1947603518796132>
25. Osipov A. N., Machneva T. V., Buravlev E. A., Vladimirov Y. A. Effects of Laser Radiation on Mitochondria and Mitochondrial Proteins Subjected to Nitric Oxide. *Front. Med.* 2018;5:112. <https://doi.org/10.3389/fmed.2018.00112>
26. Dompe C., Moncrieff L., Matys J., Grzech-Leśniak K., Kocherova I. [et al.]. Photobiomodulation. Underlying Mechanism and Clinical Applications. *J. Clin. Med.* 2020;9(6):17-24. <https://doi.org/10.3390/jcm9061724>
27. Hamblin M. R. Mechanisms and mitochondrial redox signaling in photobiomodulation. *Photochem. Photobiol.* 2018;94(2):199-212. <https://doi.org/10.1111/php.12864>
28. Zadik Y., Arany P. R., Fregnani E. R., Bossi P., Antunes H. S. [et al.]. Systematic review of photobiomodulation for the management of oral mucositis in cancer patients and clinical practice guidelines. *Sup. Care Cancer.* 2019;27(10):3969-3983. <https://doi.org/10.1007/s00520-019-04890-2>
29. de Oliveira M. F., Johnson D. S., Demchak T., Tomazoni S. S., Leal-Junior E. C. Low-intensity LASER and LED (photobiomodulation therapy) for pain control of the most common musculoskeletal conditions: a literature review. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2021. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.07236-1>
30. Im G. I. Perspective on Intra-articular Injection Cell Therapy for Osteoarthritis Treatment. *Tissue Eng. Regen. Med.* 2019;16(4):357-363. <https://doi.org/10.1007/s13770-018-00176-6>
31. Belk J. W., Kraeutler M. J., Houck D. A., Goodrich J. A., Drago J. L., McCarty E. C. Platelet-rich plasma versus hyaluronic acid for knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Sports Med.* 2021;49(1):249-260. <https://doi.org/10.1177/0363546520909397>
32. Migliore A., Paoletta M., Moretti A., Liguori S., Iolascon G. The perspectives of intra-articular therapy in the management of osteoarthritis. *Expert Opin. Drug Deliv.* 2020;17(9):1213-1226. <https://doi.org/10.1080/17425247.2020.1783234>
33. Бердюгин К. А., Кадынцев И. В., Бердюгина О. В., Та-скина Е. А., Кашеварова Н. Г. Оценка эффективности и безопасности комбинированной терапии симптоматическим препаратом замедленного действия и гиалуроновой кислотой в сравнении с монотерапией гиалуроновой кислотой у пациентов с остеоартритом коленного сустава. *Современная ревматология.* 2020;14(3):63-70. [Berdugin K. A., Kadyntsev I. V., Berdugina O. V., Taskina E. A., Kashevarova N. G. Evaluation of the efficacy and safety of combination therapy with a symptomatic delayed-release drug and hyaluronic acid in comparison with monotherapy with hyaluronic acid in patients with osteoarthritis of the knee joint. *Sovremennaya revmatologiya. – Modern rheumatology.* 2020;14(3):63-70. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2020-3-63-70>
34. Рябинин С. В., Самодай В. Г. Сравнительная оценка клинической эффективности лечения гонартроза с ис-

- пользованием аутогенных факторов роста и гиалуроновой кислоты. *Вестник Воронежского государственного университета*. 2017;17:131-133. [Ryabinin S. V., Samoday V. G. Comparative evaluation of the clinical efficacy of gonarthrosis treatment using autogenic growth factors and hyaluronic acid. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. – *Herald of Voronezh State University*. 2017;20:131-133. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-20-131-133>
35. Bowman S., Awad M. E., Hamrick M. W., Hunter M., Fulzele S. Recent advances in hyaluronic acid based therapy for osteoarthritis. *Clin. Transl. Med.* 2018;7(1):6. <https://doi.org/10.1186/s40169-017-0180-3>
 36. Bąkowski P., Kaszyński J., Walecka J., Cierniewska-Gorzela K., Bąkowska-Zywicka K., Piontek T. Autologous adipose tissue injection versus platelet-rich plasma (PRP) injection in the treatment of knee osteoarthritis: a randomized, controlled study – study protocol. *BMC Musc. Dis.* 2020;21(1):314. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03345-8>
 37. Etulain J., Mena H. A., Meiss R. P., Frechtel G., Gutt S. [et al.]. An optimised protocol for platelet-rich plasma preparation to improve its angiogenic and regenerative properties. *Sci. Rep.* 2018;8(1):115. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19419-6>
 38. Rodas G., Soler R., Ballus R., Alomar X., Peirau X. [et al.]. Autologous bone marrow expanded mesenchymal stem cells in patellar tendinopathy: protocol for a phase I/II, single-centre, randomized with active control PRP, double-blinded clinical trial. *J. Orthop. Surg. Res.* 2019;14(1):111. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1477-2>
 39. Лычагин А. В., Гаркави А. В., Иванников С. В., Исleyих О. И. Артроскопическая лазерная хирургия в сочетании с внутрикостным введением аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы при лечении го-нартроза. *Лазерная медицина*. 2020;24(1):34-38. [Ly-chagin A. V., Garkavi A. V., Ivannikov S. V., Isleyikh O. I. Arthroscopic laser surgery in combination with intraosseous administration of autologous platelet-rich plasma in the treatment of gonarthrosis. *Lazernaya Meditsina*. – *Lazer Medicine*. 2020;24(1):34-38. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2020-24-1-34-38>
 40. Delgado D., Garate A., Vincent H., Bilbao A. M., Patel R. [et al.]. Current concepts in intraosseous Platelet-Rich Plasma injections for knee osteoarthritis. *J. Clin. Orthop. Trauma*. 2019;10(1):36-41. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.09.017>
 41. Sundaram K., Vargas-Hernández J. S., Sanchez T. R., Moreu N. M., Mont M. A. [et al.]. Are Subchondral Intraosseous Injections Effective and Safe for the Treatment of Knee Osteoarthritis? A Systematic Review. *J. Knee Surg.* 2019;32(11):1046-1057. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677792>

Поступила 03.03.2021

Сведения об авторах:

Тельпухов Владимир Иванович, доктор медицинских наук, профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии; тел.: 89161493653; e-mail: telpuhov@mail.ru

Гаркави Андрей Владимирович, доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф; тел.: 89104707992; e-mail: avgar22@yandex.ru

Чагин Андрей Станиславович, PhD, профессор, заведующий лабораторией регенерации скелетных тканей Института регенеративной медицины; тел.: 89772570700; e-mail: andrei.chagin@gmail.com

Лычагин Алексей Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, директор клиники, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, зав. отделением травматологии, ортопедии; тел.: 89166389545; e-mail: dr.lychagin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2202-8149>

Николенко Владимир Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека; заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии факультета фундаментальной медицины; тел.: 8964775-11-34; e-mail: vn.nikolenko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9532-9957>

Кавалерский Геннадий Михайлович, доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф; тел.: 89857673590; e-mail: gkavalerskiy@mail.ru

Петров Павел Игоревич, кандидат медицинских наук, ассистент; тел.: 89263232041; e-mail: drpavelpetrov@gmail.com

Романов Дмитрий Сергеевич, аспирант; тел.: 89067354361; e-mail: Dr.Romanov67@mail.ru

© Коллектив авторов, 2022

УДК 616.33-006.6

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17085>

ISSN – 2073-8137

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАССАЖА ПИЩИ ПО ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКЕ ПОСЛЕ ГАСТРЭКТОМИИ ПО ПОВОДУ РАКА ЖЕЛУДКА

С. В. Осминин, Р. Н. Комаров, Д. Л. Иванов

Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Российская Федерация

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF RESTORATION OF FOOD PASSAGE IN THE DUODENUM AFTER GASTRECTOMY FOR GASTRIC CANCER

Osminin S. V., Komarov R. N., Ivanov D. L.

I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Оперативный метод является приоритетным в лечении рака желудка, занимающего третье место по смертности в структуре онкологических заболеваний. Важную роль, определяющую качество жизни пациентов после гастрэктомии, играет способ восстановления непрерывности желудочно-кишечного тракта. Хирурги, гастроэнтерологи и физиологи всегда уделяли внимание реконструкциям с сохранением пассажа пищи по двенадцатиперстной кишке