



Сравнительный анализ способов лечения горизонтального расслоения менисков коленного сустава плазмой, обогащенной тромбоцитами

©М.П. Лисицын^{1,2}, Р.Я. Атлуханов^{1,2*}, А.М. Заремук^{1,2}

¹ Больница Центросоюза Российской Федерации, Москва, Россия

² Российский университет медицины Минздрава Российской Федерации, Москва, Россия

* Р.Я. Атлуханов, Больница Центросоюза Российской Федерации, 107150, Москва, ул. Лосиноостровская, д. 39, стр.1, ruslan.atl@mail.ru

Поступила в редакцию 12 декабря 2023 г. Исправлена 20 марта 2024 г. Принята к печати 26 марта 2024 г.

Резюме

Актуальность: Повреждения менисков коленного сустава остаются наиболее частыми причинами оперативного вмешательства в ортопедии. Также с улучшением возможностей МРТ увеличилось количество пациентов с диагностированным повреждением менисков без выхода на суставную поверхность. Если с полными разрывами мениска есть определенная ясность в способах лечения, то проблема лечения пациентов с повреждением мениска без выхода на суставную поверхность остается нерешенной.

Цель исследования: Определить наиболее оптимальный способ доставки обогащенной тромбоцитами плазмы в коленный сустав для лечения повреждений мениска без выхода на суставную поверхность, который улучшил бы состояние пациентов по клиническим шкалам, а также оказал влияние на мениск по результатам МРТ исследования.

Материалы и методы: Изучены результаты лечения 87 (50 мужчин и 37 женщин) больных. Пациенты были разделены на 2 группы. Больным 1-й группы вводили инъекцию PRP под УЗ-контролем непосредственно в область заднего рога, пациентам 2-й группы – стандартную внутрисуставную инъекцию PRP в коленный сустав через верхне-наружный доступ. Результаты эффективности лечения оценены по следующим шкалам: визуальная аналоговая шкала (ВАШ), индекс для оценки остеоартрита университета Западного Онтарио и Макмастера WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index), шкала Lysholm, шкала оценки коленного сустава KSS (Knee Society Score). Также оценивались изменения МРТ спустя 6 и 12 мес. после лечения.

Результаты: Сравнительный анализ показал, что введение PRP в мениск под УЗ-контролем эффективно по результатам оценочных шкал и МРТ.

Заключение: Результаты данного исследования показали, что применение внутрименискального введения PRP – более эффективный и безопасный способ лечения повреждений мениска данного типа.

Ключевые слова: мениск, гонартроз, коленный сустав, артроскопия, обогащенная тромбоцитами плазма, резекция мениска, хондромалиция

Цитировать: Лисицын М.П., Атлуханов Р.Я., Заремук А.М. Сравнительный анализ способов лечения горизонтально-го расслоения менисков коленного сустава плазмой, обогащенной тромбоцитами. *Инновационная медицина Кубани*. 2024;9(2):48–55. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-48-55>

Platelet-Rich Plasma Treatments of Horizontal Meniscal Tears: A Comparative Analysis

©Mihail P. Lisitsyn^{1,2}, Ruslan Ya. Atlukhanov^{1,2*}, Adam M. Zaremuk^{1,2}

¹ Hospital of the Centrosoyuz of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

² Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

* Ruslan Ya. Atlukhanov, Hospital of the Centrosoyuz of the Russian Federation, building 1, ulitsa Losinoostrovskaya 39, Moscow, 107150, Russian Federation, ruslan.atl@mail.ru

Received: December 12, 2023. Received in revised form: March 20, 2024. Accepted: March 26, 2024.

Abstract

Background: Meniscus injuries remain the most common indication for orthopedic surgery. Due to advances in magnetic resonance imaging (MRI), the number of patients diagnosed with meniscus injuries that do not extend into the articular surface has increased. Although treatments of complete meniscal tears are defined, treatment of meniscus injuries that do not extend into the articular surface is not clear yet.

Objective: To determine the most optimal way of delivering platelet-rich plasma (PRP) into the knee joint for treatment of meniscus injuries (not extending into the articular surface) so that patients would improve clinically, and it would have also an effect on the meniscus shown on MRI.



Materials and methods: We studied treatment results in 87 patients (50 men and 37 women). The patients were divided into 2 groups: group 1 received an ultrasound-guided PRP injection into the posterior horn, and group 2 received a standard intra-articular PRP injection via the superolateral approach. The treatment efficacy was assessed using visual analog scale (VAS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis (WOMAC) index, Lysholm score, and Knee Society Score (KSS). We also assessed changes on MRI 6 and 12 months after treatment.

Results: The comparative analysis demonstrated that based on the findings of scores and MRI the ultrasound-guided intrameniscal PRP injection is more effective.

Conclusions: Our results show that the intrameniscal PRP injection is a more effective and safe way to treat such meniscus injuries.

Keywords: meniscus, knee osteoarthritis, knee joint, arthroscopy, platelet-rich plasma, meniscal resection, chondromalacia

Cite this article as: Lisitsyn MP, Atlukhanov RYa, Zaremuk AM. Platelet-rich plasma treatments of horizontal meniscal tears: a comparative analysis. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;9(2):48–55. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-48-55>

Введение

Повреждение мениска коленного сустава – одна из самых частых ортопедических патологий, встречающихся на данный момент в мире. Ежегодно выполняется около 4 млн артроскопических операций по поводу повреждения мениска [1]. Большая часть таких операций проводятся пациентам, средний возраст которых превышает 45 лет, и чаще всего причиной этому является дегенеративное повреждение мениска, представляющее собой горизонтальное расщепление мениска с последующим полным разрывом. Одной из отличительных черт данного повреждения является бессимптомность его развития на раннем этапе заболевания. У 61% пациентов с повреждениями мениска без выхода на суставную поверхность отсутствуют классические симптомы повреждения, но в дальнейшем распространение повреждения мениска может приводить к усугублению ситуации и появлению классических признаков [2]. Это является стимулом для поиска способов лечения на дооперационном этапе, исключающих в дальнейшем применение оперативного лечения или сведение его к минимуму.

Растет число показаний к применению биологически активных агентов в ортопедии [3]. В настоящее время существует достаточное количество научных работ, подтверждающих положительный эффект применения плазмы, обогащенной тромбоцитами, при лечении остеоартрозов [3]. Факторы роста, безусловно, играют ключевую роль в стимулировании обменных процессов в хрящевой ткани, образовании коллагена 2 типа, стимуляции кровообращения, ремоделировании внеклеточного матрикса, снижают воспаление и катаболические процессы. Представленные выше свойства дают возможность применять обогащенную тромбоцитами плазму при лечении дегенеративных повреждений менисков без выхода на суставные поверхности коленного сустава [4, 5]. Выполнение артроскопической резекции мениска при таких повреждениях не следует рассматривать в качестве одного из методов лечения. R.M. Biedert и соавт. (2000) сообщили о хороших краткосрочных результатах лечения пациентов с дегенеративным повреждением менисков без выхода на суставные поверхности путем

частичной артроскопической менискэктомии [6]. Надо помнить о том, что частичная менискэктомия увеличивает контактную нагрузку на суставные поверхности хряща и способствует увеличению скорости развития остеоартроза коленного сустава, и, как и любая операция, не лишена общехирургических осложнений [7–11]. Данные, приведенные рядом авторов, свидетельствуют о положительном влиянии сохранения мениска [12].

Проблема лечения пациентов с повреждением менисков без выхода на суставные поверхности остается нерешенной. Считается, что данный вид повреждения мениска может быть случайной находкой и, ввиду его бессимптомного течения у большинства пациентов, не заслуживает внимания. Однако есть пациенты с симптоматическим проявлением повреждения мениска без выхода на суставные поверхности [2]. На практике такие повреждения в дальнейшем могут приводить к распространению зоны повреждения с выходом на суставные поверхности. К сожалению, все исследования, проведенные на тему применения PRP при лечении повреждения мениска без выхода на суставные поверхности, отличает небольшое количество пациентов и незначительные сроки наблюдения, а также отсутствие групп сравнения по методу введения PRP в сустав, чтобы определить является ли это преимуществом лечения данной патологии или нет. В своей работе мы сравнили два наиболее оптимальных варианта введения PRP в сустав.

Цель настоящего исследования

Определить наиболее оптимальный способ доставки обогащенной тромбоцитами плазмы в коленный сустав для лечения повреждений мениска без выхода на суставную поверхность, который улучшил бы состояние пациентов по клиническим шкалам, а также оказал влияние на мениск по результатам MPT исследования.

Материалы и методы

Всего за период с 2018 по 2022 г. в отделении травматологии и ортопедии больницы Центросоюза РФ пролечено 87 пациентов (50 мужчин и 37 женщин) с повреждением менисков без выхода на суставную

поверхность с клинической симптоматикой и жалобами на боль в суставе. Пациенты пролечены с применением обогащенной тромбоцитами аутоплазмы (табл. 1).

Пациенты были разделены на две группы:

1-я группа (основная) – 45 человек, производилось введение обогащенной тромбоцитами плазмы под УЗ-контролем в мениск и в пременискальную зону;

2-я группа (сравнение) – 42 человека, производилось введение в коленный сустав обогащенной тромбоцитами плазмы через стандартный верхне-наружный доступ под контролем УЗ, чтобы снизить вероятность введения препарата не в сустав и тем самым исказить результаты исследования.

Критерии включения в обе исследуемые группы: возраст от 18 до 50 лет, 0–II стадия гонартроза по Келлгрону-Лоуренсу, наличие подтвержденного по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ), повреждения мениска II степени по Stoller, отсутствие консервативного лечения в последние полгода, наличие болевого синдрома больше 6 мес.

Критерии исключения из групп исследования: возраст моложе 18 и старше 50 лет, наличие травмы в анамнезе, наличие предшествующего хирургического вмешательства на коленном суставе, III стадия и выше гонартроза по Келлгрону-Лоуренсу, генерализованный воспалительный артрит, полный разрыв мениска, системные заболевания, беременность, тяжелая инфекция, онкология, нарушения свертываемости крови или антикоагулянтная терапия, инъекция

кортикостероидов в коленный сустав, наличие спинальной симптоматики, избыточная масса тела (индекс массы тела больше 27,0 кг/м²).

В обеих группах пациенты получили три инъекции препарата обогащенной тромбоцитами плазмы с интервалом в неделю. Перед проведением процедуры у пациентов осуществлялся забор крови для исключения тромбоцитопении. У всех пациентов уровень тромбоцитов находился в пределах нормы. Количество введенного препарата в сустав было одинаковым в обеих группах (около 1 мл тромбоцитарной взвеси). Забор плазмы исключался или максимально минимализировался.

Для получения взвеси PRP использовали пробирку YCELLBIO-KIT. Преимуществами этой системы получения PRP являются простота, безопасность и высокая концентрация тромбоцитов по сравнению с аналогичными системами (около 1 млн кл/мкл). Все процедуры по получению тромбоцитарной взвеси проводились по протоколам, рекомендованным производителем [13].

Оценку эффективности лечения осуществляли по шкалам: ВАШ, индексу для оценки остеоартрита университетами Западного Онтарио и Макмастера WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index), шкале Lysholm, шкале оценки коленного сустава (KSS). Оценка проводилась до начала лечения, спустя 6 и 12 мес. (табл. 2, 3). Также сравнивались МРТ снимки на этапе до лечения и спустя 6, 12 мес.

Таблица 1
Распределение пациентов по возрасту и полу
Table 1
Distribution of patients by age and gender

Пол	Распределение по возрасту, чел.					
	1-я группа (n = 45)			2-я группа (n = 42)		
	18–30 лет	31–40 лет	41–50 лет	18–30 лет	31–40 лет	41–50 лет
Мужчины	8 (17,8%)	11 (24,4%)	5 (11,1%)	8 (19,04%)	12 (28,6)	2 (4,8%)
Женщины	8 (17,8%)	9 (20,0%)	4 (8,9%)	7 (16,7%)	10 (23,8%)	3 (7,1%)

Таблица 2
Результаты лечения 1-й группы пациентов по исследуемым шкалам, изменения среднего показателя
Table 2
Treatment results of group 1 patients according to the scores used, changes in the average indicator

Оценочная шкала, баллы	Время проведения		
	до PRP-терапии	спустя 6 мес. после процедуры	спустя 12 мес. после процедуры
ВАШ	5,8	1,6	1,8
Индекс WOMAC	35,5	9,3	7,6
Шкала Lysholm	75,8	92,4	93,6
Шкала KSS	71,9	87,2	87,8

Таблица 3

Результаты лечения пациентов 2-й группы по исследуемым шкалам, изменения среднего показателя

Table 3

Treatment results of group 2 patients according to the scores used, changes in the average indicator

Оценочная шкала, баллы	Время проведения		
	до PRP-терапии	спустя 6 мес. после процедуры	спустя 12 мес. после процедуры
ВАШ	5,6	2,0	2,7
Индекс WOMAC	34,5	11,3	14,5
Шкала Lysholm	76,0	89,2	84,5
Шкала KSS	72,9	85,6	81,7

Таблица 4

Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями для групп сравнения (по шкалам KSS, Lysholm, WOMAC и VAS до и после 6 и 12 мес. наблюдения)

Table 4

Two-sample *t* test with unequal variances for comparison groups (KSS, Lysholm score, WOMAC, and VAS before follow-up and 6 and 12 months after)

	Шкала KSS		Шкала Lysholm		Шкала WOMAC		Шкала VAS	
Время показатель	После 6 мес.	После 12 мес.	После 6 мес.	После 12 мес.	После 6 мес.	После 12 мес.	После 6 мес.	После 12 мес.
Среднее	15,26666667	15,84444444	16,6	17,75555556	26,2	27,86666667	4,2	4
t-статистика	4,284098478	13,17220845	5,032730203	12,43033945	4,645873767	11,95868332	2,814353556	5,21822413
P (T ≤ t) двухстороннее (стат. значимость различий, <i>p</i>)	4,80899E-05 (<i>p</i> > 0,05)	7,76135E-22 (<i>p</i> > 0,05)	2,76183E-06 (<i>p</i> > 0,05)	1,48504E-20 (<i>p</i> > 0,05)	1,24159E-05 (<i>p</i> > 0,05)	7,97555E-20 (<i>p</i> > 0,05)	0,006277883 (<i>p</i> > 0,05)	1,30809E-06 (<i>p</i> > 0,05)

Результаты

Отмечается положительная динамика по всем исследуемым показателям. Также стоит отметить, что из 48 человек исследуемых, постоянно занимающихся фитнесом или иной физической (спортивной) активностью, все смогли вернуться к своим занятиям спортом. Все результаты лечения по исследуемым шкалам представлены в таблицах 2 и 3.

На МРТ сканах 2-й группы пациентов отсутствовали изменения в области заднего рога (рис. 1–3) медиального мениска в отличие от 1-й группы (рис. 4–6). Достоверно можно сказать, что на представленных МРТ снимках после проведенного лечения пациентов 1-й группы сигнал от повреждения заднего рога изменился, стал более дисперсным. Также можно отметить, что у многих пациентов сигнал исчез совсем (рис. 4–6). Дисперсный сигнал отличен от изначального сигнала поврежденного мениска, также он не соответствует здоровой ткани мениска. Судя по всему, образовавшаяся ткань отлична от здоровой ткани и поврежденной ткани мениска. Эти результаты свидетельствуют о положительном влиянии обогащенной тромбоцитами плазмы при ее введении непосредственно в зону повреждения.

Результаты, зафиксированные в ходе исследования, оценивались с применением статистических методик, соответствующих виду полученных данных. Данные обрабатывались с помощью пакета программного обеспечения Microsoft Office 2015 (Excel, Word, Power Point) и STATISTICA (v. 10.0, StatSoft, Inc.). Различия между группами считались статистически значимыми при $p < 0,05$ и высокозначимыми при $p < 0,01$ (p вероятность возможной ошибки; 0,05 (0,01) величина уровня значимости, устанавливаемая произвольно). Все вариационные ряды продемонстрировали нормальное распределение. Статистическая значимость для различий количественных показателей определялась при помощи расчета *t*-критерия Стьюдента, при распределении данных близкому к нормальному распределению Гаусса. Также выполнялся расчет доверительных интервалов для вероятности 95%.

Доказано, что введение под УЗ-контролем имеет неоспоримые преимущества перед внутрисуставным введением. Преимущество выражалось как в оценочных шкалах, так и в результатах контрольных МРТ. Результаты статистического анализа, проведенного в сравнении по шкалам между группами, представлены в таблице 4.

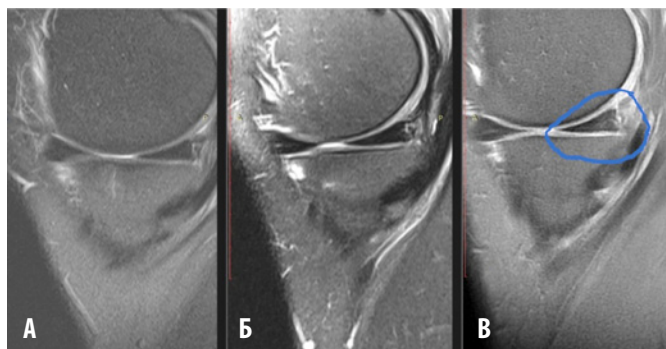


Рисунок 1. МРТ-сканы пациента К. 2-й группы до лечения (А), через 6 мес. (Б) и 12 мес. после лечения (Б')

Figure 1. MRI scans of male patient K. (group 2): before treatment (A), 6 (B) and 12 months (B') after treatment

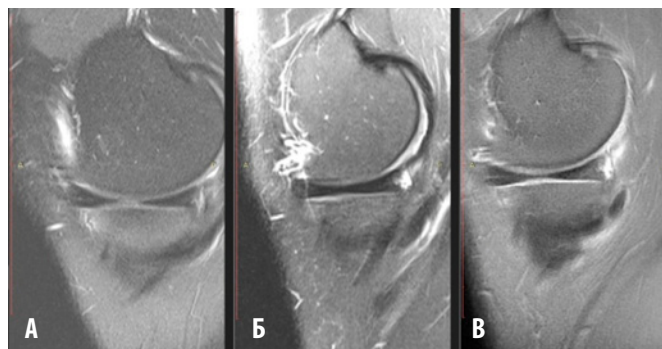


Рисунок 2. МРТ-сканы пациента К. 2-й группы до лечения (А), через 6 мес. (Б) и 12 мес. после лечения (Б')

Figure 2. MRI scans of male patient K. (group 2): before treatment (A), 6 (B) and 12 months (B') after treatment

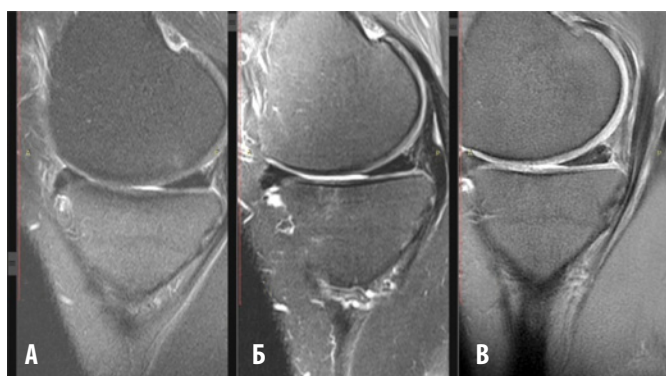


Рисунок 3. МРТ-сканы пациента К. 2-й группы до лечения (А), через 6 мес. (Б) и 12 мес. после лечения (Б')

Figure 3. MRI scans of male patient K. (group 2): before treatment (A), 6 (B) and 12 months (B') after treatment

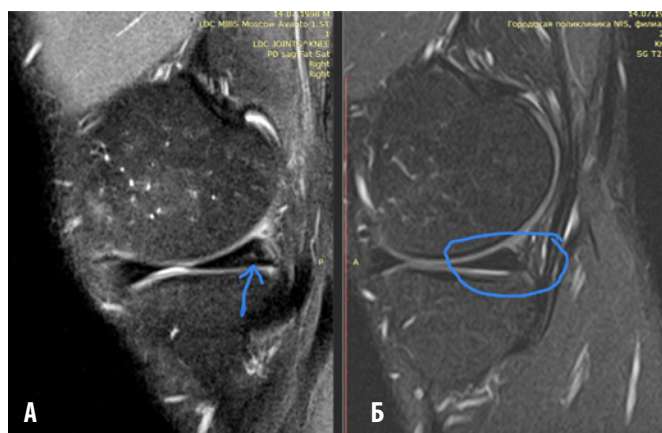
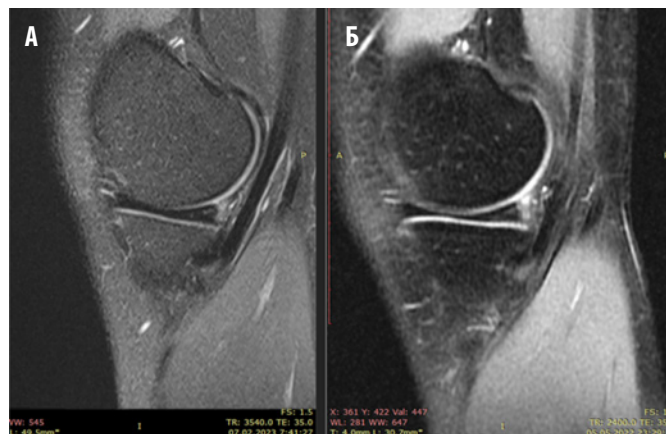


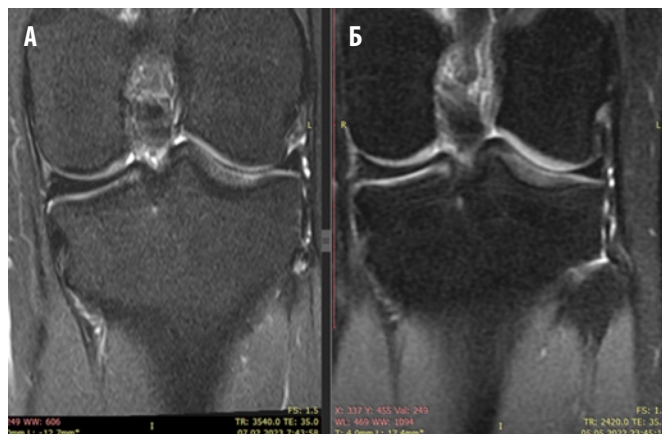
Рисунок 4. МРТ-сканы пациента Х. 1-й группы до (А) и после (Б) процедуры (через 6 мес.). Отмечено (синим) отсутствие сигнала на контрольном снимке (Б)

Figure 4. MRI scans of male patient H. (group 1): before (A) and after (B) the procedure (6 months later). The absence of signal on the comparison image (B) is marked in blue



Рисунки 5, 6. Пациентка С. 1-й группы спустя 12 мес. (А) и до (Б). В верхне-дорзальных отделах заднего рога медиального мениска сохраняется линейный участок повышенного МР сигнала, в нижних отделах на настоящий момент контур суставной поверхности мениска более четкий, ранее выявляемого участка умеренного повышения МР сигналов не отмечается

Figures 5, 6. Female patient S. (group 1) 12 months after (A) and before (B) treatment. In the upper dorsal sections of the posterior horn of the medial meniscus, a linear area of increased MR signal remains in the lower sections. The contour of the articular surface of the meniscus is clearer. A previously detected area of moderately increased MR signals is not observed



Обсуждение и заключение

Началом популяризации использования PRP при лечении повреждений менисков коленного сустава можно считать две работы, опубликованные еще в начале 21 века. К. Ishida и соавт. (2007) и А. Narita и соавт. (2012) публиковали данные о влиянии PRP на способность регенерации менисков у кроликов. Оба автора пришли к выводу, что применения PRP улучшает регенеративные способности мениска [14, 15]. Как правило, большинство повреждений менисков без выхода на суставную поверхность протекает бессимптомно [16–18]. Также довольно часто такие повреждения могут проявляться в виде болевого синдрома, особенно при физических нагрузках. Повреждения мениска без выхода на суставную поверхность можно рассматривать, как предстadium полного разрыва [2, 18, 19] с последующими негативными явлениями для сустава в целом.

R. Strümpfer и соавт. (2017) продемонстрировали, что внутрисуставная инъекция аутологичной кондиционированной сыворотки может быть эффективным вариантом лечения коленного сустава [20]. По результатам исследования установлено, что операции удалось избежать во время 6-месячного периода наблюдения. Также отмечено улучшение по шкале оценки коленного сустава Oxford Knee Score с 29,1 до 44,3 у 83% пациентов.

D. Guenoun и соавт. (2020) опубликовали данные применения PRP с интраменискальным введением 10 пациентам с дегенеративными повреждениями менисков коленного сустава. Пациенты были оценены по шкалам в начале исследования, а также через 3 и 6 мес. после интраменискального введения обогащенной тромбоцитами плазмы. Оценка проводилась на основе шкалы оценки исхода травмы и остеоартроза коленного сустава KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score), визуальной аналоговой шкалы боли и информации о возвращении к соревнованиям и тренировкам. Контрольное МРТ проводили через 6 мес. после введения PRP. У семи пациентов через 6 мес. на МРТ-сканах отсутствовало прогрессирование повреждения мениска аналогично оценкам по шкале Stoller [21].

Свои данные опубликовали O.N. Özyalvaç и соавт. (2019). По результатам наблюдения у 15 пациентов в течение 32 мес. после внутрименискального введения PRP под УЗ-контролем авторы отмечали улучшение показателей по исследуемым шкалам, а также, что самое важное, по результатам МРТ авторы подчеркнули, что степень повреждения мениска улучшилась со второй до первой по шкале Stoller [22].

B. Di Matteo и соавт. (2021) опубликовали результаты применения интраменискального введения PRP 12 пациентам. Коллеги также отметили улучшение клинической картины по всем исследуемым шкалам,

отсутствие побочных эффектов. Авторы сообщили об изменениях на контрольных МРТ, которые они на данном этапе не смогли интерпретировать ввиду отличия новой образовавшейся ткани от предыдущей [23].

Применение инъекционных форм при лечении повреждений менисков путем введения в сустав имеет существенный недостаток: распыление вводимого вещества по всему суставу, что снижает терапевтический эффект за счет малого попадания вещества в зону повреждения. Использование УЗ-контроля при инъекции позволяет наиболее точно и избирательно доставить биологически активное вещество (в данном случае PRP) в зону повреждения. Безопасность такого метода и достаточная простота подтверждена несколькими исследованиями [24, 25]. Исследования показали, что методика не требует специфического оборудования или особенных навыков.

В своем исследовании мы осуществляли интраменискальную и перикапсулярную инъекции только в медиальный мениск, так как это технически легче и безопаснее, чем пункция латерального мениска из-за его анатомических особенностей (высокая подвижность, расположение сосудисто-нервного пучка). Введение части обогащенной тромбоцитами плазмы в 1-й группе пациентов обосновано ангиостимулирующим действием данного биологически активного агента [26, 27]. Также доказанный эффект имеет трепанация мениска в области повреждения, которая возникает под действием иглы во время процедуры. Этот процесс инициирует кровотечение в области поражения мениска и стимулирует восстановление тканей. Есть свидетельства, что это воздействие также увеличивает скорость заживления мениска [5, 28–30]. Трепанционное воздействие на поврежденный мениск имеет меньший эффект по сравнению с введением PRP в зону повреждения [30].

Настоящее исследование подтвердило эффективность данного метода лечения, его безопасность, также показало положительные эффекты интраменискального введения обогащенной тромбоцитами плазмы перед внутрисуставным введением. Подход, направленный на лечение поврежденной ткани, а именно введение обогащенной тромбоцитами плазмы в зону повреждения мениска, а не непосредственно в сустав, обеспечивает поступление факторов роста именно туда, где это необходимо, т. е. в зону повреждения мениска. Это позволяет в полной мере использовать биологически активные компоненты с наибольшей эффективностью, исключая его рассеивание по суставу, тем самым снижая его концентрацию в зоне повреждения. Осложнений или повреждений сосудисто-нервного пучка при проведении лечения не отмечено, что еще раз доказывает безопасность методики.

Данный метод представляет собой эффективный способ консервативного лечения дегенеративного повреждения менисков без выхода на суставные поверхности на том этапе, когда применение хирургической техники не показано. При повреждении мениска без выхода на суставные поверхности консервативное лечение наиболее обосновано, так как способствует сохранению мениска и, если не предотвращает его полный дегенеративный разрыв, то, как минимум, существенно снижает его скорость развития.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна исследования: все авторы

Написание статьи: Р.Я. Атлукханов

Проведение статистического анализа: Р.Я. Атлукханов

Исправление статьи: М.П. Лисицын, А.М. Заремук

Утверждение окончательной версии: М.П. Лисицын, А.М. Заремук

Author contributions

Concept and design: All authors

Manuscript drafting: Atlukhanov

Statistical analysis: Atlukhanov

Manuscript revising: Lisitsyn, Zaremuk

Final approval of the version to be published: Lisitsyn, Zaremuk

Литература/References

1. Hawker G, Guan J, Judge A, Dieppe P. Knee arthroscopy in England and Ontario: patterns of use, changes over time, and relationship to total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(11):2337–2345. PMID: 18978402. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01671>
2. Englund M, Guermazi A, Gale D, et al. Incidental meniscal findings on knee MRI in middle-aged and elderly persons. *N Engl J Med.* 2008;359(11):1108–1115. PMID: 18784100. PMCID: PMC2897006. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0800777>
3. Kon E, Di Matteo B, Delgado D, et al. Platelet-rich plasma for the treatment of knee osteoarthritis: an expert opinion and proposal for a novel classification and coding system. *Expert Opin Biol Ther.* 2020;20(12):1447–1460. PMID: 32692595. <https://doi.org/10.1080/14712598.2020.1798925>
4. Liu F, Xu H, Huang H. A novel kartogenin-platelet-rich plasma gel enhances chondrogenesis of bone marrow mesenchymal stem cells in vitro and promotes wounded meniscus healing in vivo. *Stem Cell Res Ther.* 2019;10(1):201. PMID: 31287023. PMCID: PMC6615105. <https://doi.org/10.1186/s13287-019-1314-x>
5. Ghazi Zadeh L, Chevrier A, Farr J, Rodeo SA, Buschmann MD. Augmentation techniques for meniscus repair. *J Knee Surg.* 2018;31(1):99–116. PMID: 28464195. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1602247>
6. Biedert RM. Treatment of intrasubstance meniscal lesions: a randomized prospective study of four different methods. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8(2):104–108. PMID: 10795673. <https://doi.org/10.1007/s001670050195>
7. Papalia R, Del Buono A, Osti L, Denaro V, Maffulli N. Meniscectomy as a risk factor for knee osteoarthritis: a systematic review. *Br Med Bull.* 2011;99:89–106. PMID: 21247936. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldq043>
8. Roemer FW, Kwok CK, Hannon MJ, et al. Partial meniscectomy is associated with increased risk of incident radiographic osteoarthritis and worsening cartilage damage in the following year. *Eur Radiol.* 2017;27(1):404–413. PMID: 27121931. PMCID: PMC5083232. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4361-z>
9. Kinsella SD, Carey JL. Complications in brief: arthroscopic partial meniscectomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(5):1427–1432. PMID: 23229431. PMCID: PMC3613538. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2735-3>
10. Fairbank TJ. Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br.* 1948;30B(4):664–670. PMID: 18894618.
11. Delos D, Rodeo SA. Enhancing meniscal repair through biology: platelet-rich plasma as an alternative strategy. *Instr Course Lect.* 2011;60:453–460. PMID: 21553791.
12. Paxton ES, Stock MV, Brophy RH. Meniscal repair versus partial meniscectomy: a systematic review comparing reoperation rates and clinical outcomes. *Arthroscopy.* 2011;27(9):1275–1288. PMID: 21820843. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.03.088>
13. Еремин П.С. Отчет о научно-исследовательской работе. Характеристика лейкотромбоцитарной массы, полученной при выделении PRP с использованием системы «Пробирка стерильная для разделения крови с обогащенной тромбоцитами плазмой YCELLBIO-KIT» (Заключительный отчет). НМИЦ РК Минздрава России; 2023.
14. Eremin PS. Scientific Report. Characteristics of Leukocytes and Platelets Obtained by Isolating PRP Using the System “YCELLBIO-KIT Sterile Tube for Separating Blood With Platelet-Rich Plasma” (Final Report). NMITs RK Minzdrava Rossii; 2023. (In Russ.).
15. Ishida K, Kuroda R, Miwa M, et al. The regenerative effects of platelet-rich plasma on meniscal cells in vitro and its in vivo application with biodegradable gelatin hydrogel. *Tissue Eng.* 2007;13(5):1103–1112. PMID: 17348798. <https://doi.org/10.1089/ten.2006.0193>
16. Narita A, Takahara M, Sato D, et al. Biodegradable gelatin hydrogels incorporating fibroblast growth factor 2 promote healing of horizontal tears in rabbit meniscus. *Arthroscopy.* 2012;28(2):255–263. PMID: 22119291. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.08.294>
17. Low AK, Chia MR, Carmody DJ, Lucas P, Hale D. Clinical significance of intrasubstance meniscal lesions on MRI. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2008;52(3):227–230. PMID: 18477116. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1673.2008.01951.x>
18. Ding C, Martel-Pelletier J, Pelletier JP, et al. Meniscal tear as an osteoarthritis risk factor in a largely non-osteoarthritic cohort: a cross-sectional study. *J Rheumatol.* 2007;34(4):776–784. PMID: 17361984.
19. Blanke F, Vavken P, Haenle M, von Wehren L, Pagenstert G, Majewski M. Percutaneous injections of platelet rich plasma for treatment of intrasubstance meniscal lesions. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2015;5(3):162–166. PMID: 26605189. PMCID: PMC4617215. <https://doi.org/10.11138/mltj/2015.5.3.162>
20. Mlynarek RA, Kuhn AW, Bedi A. Platelet-rich plasma (PRP) in orthopedic sports medicine. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2016;45(5):290–326. PMID: 27552452.
21. Strümpfer R. Intra-articular injections of autologous conditioned serum to treat pain from meniscal lesions. *Sports Med Int Open.* 2017;1(6):E200–E205. PMID: 30539108. PMCID: PMC6259459. <https://doi.org/10.1055/s-0043-118625>
22. Guenoun D, Magalon J, de Torquemada I, et al. Treatment of degenerative meniscal tear with intrameniscal injection of platelets rich plasma. *Diagn Interv Imaging.* 2020;101(3):169–176. PMID: 31727602. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2019.10.003>
23. Özyalvaç ON, Tüzün T, Gürpınar T, Obut A, Acar B, Akman YE. Radiological and functional outcomes of ultrasound-guided PRP injections in intrasubstance meniscal degenerations. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019;27(2):2309499019852779. PMID: 31204581. <https://doi.org/10.1177/2309499019852779>

23. Di Matteo B, Altomare D, Garibaldi R, La Porta A, Manca A, Kon E. Ultrasound-guided meniscal injection of autologous growth factors: a brief report. *Cartilage*. 2021;13(1_suppl):387S–391S. PMID: 34515536. PMCID: PMC8808951. <https://doi.org/10.1177/19476035211037390>
24. From the American Association of Neurological Surgeons (AANS), American Society of Neuroradiology (ASNR), Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe (CIRSE), Canadian Interventional Radiology Association (CIRA), Congress of Neurological Surgeons (CNS), European Society of Minimally Invasive Neurological Therapy (ESMINT), European Society of Neuroradiology (ESNR), European Stroke Organization (ESO), Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI), Society of Interventional Radiology (SIR), Society of NeuroInterventional Surgery (SNIS), and World Stroke Organization (WSO), Sacks D, Baxter B, et al. Multisociety consensus quality improvement revised consensus statement for endovascular therapy of acute ischemic stroke. *Int J Stroke*. 2018;13(6):612–632. PMID: 29786478. <https://doi.org/10.1177/1747493018778713>
25. Coll C, Coudreuse JM, Guenoun D, et al. Ultrasound-guided perimeniscal injections: anatomical description and feasibility study. *J Ultrasound Med*. 2022;41(1):217–224. PMID: 33788316. <https://doi.org/10.1002/jum.15700>
26. Mishra A, Harmon K, Woodall J, Vieira A. Sports medicine applications of platelet rich plasma. *Curr Pharm Biotechnol*. 2012;13(7):1185–1195. PMID: 21740373. <https://doi.org/10.2174/138920112800624283>
27. Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt RM, Schimmele SR, Strauss JE, Georgeff KR. Platelet-rich plasma: growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85(6):638–646. PMID: 9638695. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(98\)90029-4](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(98)90029-4)
28. Doral MN, Bilge O, Huri G, Turhan E, Verdonk R. Modern treatment of meniscal tears. *EFORT Open Rev*. 2018;3(5):260–268. PMID: 29951265. PMCID: PMC5994634. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170067>
29. Fox JM, Rintz KG, Ferkel RD. Trephination of incomplete meniscal tears. *Arthroscopy*. 1993;9(4):451–455. PMID: 8216578. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(05\)80321-4](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(05)80321-4)
30. Kaminski R, Maksymowicz-Wleklík M, Kulinski K, Kozar-Kaminska K, Dabrowska-Thing A, Pomianowski S. Short-term outcomes of percutaneous trephination with a platelet rich plasma

intrameniscal injection for the repair of degenerative meniscal lesions. A prospective, randomized, double-blind, parallel-group, placebo-controlled study. *Int J Mol Sci*. 2019;20(4):856. PMID: 30781461. PMCID: PMC6412887. <https://doi.org/10.3390/ijms20040856>

Сведения об авторах

Лисицын Михаил Петрович, д. м. н., доцент, профессор кафедры эндоскопической хирургии ФДПО, Российский университет медицины; врач травматолог-ортопед, Больница Центросоюза Российской Федерации (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-3417-6744>

Атлуханов Руслан Яверович, аспирант кафедры эндоскопической хирургии ФДПО, Российский университет медицины; врач травматолог-ортопед, заведующий отделением травматологии и ортопедии, Больница Центросоюза Российской Федерации (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-9420-1003>

Заремук Адам Муратчиервич, к. м. н., доцент кафедры эндоскопической хирургии ФДПО, Российский университет медицины; врач травматолог-ортопед, Больница Центросоюза Российской Федерации (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6630-9735>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Mihail P. Lisitsyn, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Professor at the Endoscopic Surgery Department, Faculty of Additional Professional Education, Russian University of Medicine; Traumatologist-Orthopedist, Hospital of the Centrosyuz of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-3417-6744>

Ruslan Ya. Atlukhanov, Postgraduate Student, Endoscopic Surgery Department, Faculty of Additional Professional Education, Russian University of Medicine; Traumatologist-Orthopedist, Head of the Traumatology and Orthopedics Unit, Hospital of the Centrosyuz of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-9420-1003>

Adam M. Zaremuk, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Endoscopic Surgery Department, Faculty of Additional Professional Education, Russian University of Medicine; Traumatologist-Orthopedist, Hospital of the Centrosyuz of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6630-9735>

Conflict of interest: none declared.