

ОПТИМИЗАЦИЯ ТАКТИКИ КОНСЕРВАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ МЕНИСКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Рябчиков И.В.¹, Мохаммад Ферас Аль шура²

¹Частная многопрофильная медицинская клиника – ИМИН, Казань, e-mail: healthbringer@mail.ru;

²ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, e-mail: healthbringer@mail.ru

Травмы коленного сустава, сочетающиеся с повреждениями менисков, достаточно широко распространены, главным образом, среди определенных групп риска (спортсменов, туристов, строителей). Травмы мениска получают до 70 человек на каждые 100 000 ежегодно, причем среди мужчин подобные травмы случаются в 2,5 раза чаще. Травматические разрывы происходят, как правило, в 20–30 лет, а после 40 лет, в основном, встречаются дегенеративные разрывы. В отдельных случаях от разрывов страдают люди преклонного возраста. Важно также, что в 34% случаев наряду с повреждением мениска при травмах коленного сустава наблюдается повреждение сумочно-связочного аппарата. Целью работы была систематизация литературных сведений, представленных в области поиска оптимальных терапевтических подходов для лечения пациентов с травмами коленного сустава, сопровождающихся повреждениями мениска. Обзор составлен с учетом информации из 39 литературных источников, опубликованных по соответствующей тематике за предшествующие 10 лет. В работе систематизированы данные по оптимальным терапевтическим подходам для лечения пациентов с травмами коленного сустава, сопровождающимися повреждениями мениска. Также в обзоре содержится информация о наиболее перспективных стратегиях нехирургического лечения повреждений менисков, в том числе об ортобиологических клеточных регенеративных технологиях (инъекциях богатой тромбоцитами плазмы, стволовых клеток, факторов роста клеток).

Ключевые слова: повреждение менисков, консервативное лечение, PRP-терапия, лечебная физкультура.

OPTIMIZATION OF THE TACTICS OF CONSERVATIVE TREATMENT OF PATIENTS WITH INJURIES OF THE MENISKI OF THE KNEE JOINT

Ryabchikov I.V.¹, Mohammad Feras Al shura²

¹Private multidisciplinary medical clinic – IMIN, Kazan, e-mail: healthbringer@mail.ru;

²FGAOU VO «Kazan (Volga Region) Federal University», Kazan, e-mail: healthbringer@mail.ru

The distribution of knee joint injuries, combined with meniscal injuries, is quite wide, mainly among certain risk groups (athletes, tourists, construction workers). Meniscus injuries occur in up to 70 people out of every 100,000 annually, and among men such injuries occur 2.5 times more often. Traumatic ruptures usually occur at the age of 20–30, and after 40 years, degenerative ones are mainly found. In some cases, elderly people suffer from ruptures. It is also important that in 34% of cases, along with damage to the meniscus, damage to the bursal-ligamentous apparatus is observed in injuries of the knee joint. Purpose: The work is aimed at systematizing the literature presented in the field of searching for optimal therapeutic approaches for the treatment of patients with knee joint injuries accompanied by meniscal injuries. Material and methods: The review was compiled taking into account information from 39 literature sources published on relevant topics over the previous 10 years. Results: The work systematizes data on optimal therapeutic approaches for treating patients with knee joint injuries accompanied by meniscal injuries. The review also contains information on the most promising strategies for non-surgical treatment of meniscal injuries, including orthobiological cell regenerative technologies (injections of platelet-rich plasma, stem cells, cell growth factors).

Keywords: meniscus injury, conservative treatment, PRP therapy, physical therapy.

Травмы коленного сустава, сочетающиеся с повреждениями менисков, достаточно широко распространены, главным образом, среди определенных групп риска (спортсменов, туристов, строителей) [1, 2]. Травмы мениска получают до 70 человек на каждые 100 000 ежегодно, причем среди мужчин подобные травмы случаются в 2,5 раза чаще. Травматические разрывы происходят, как правило, в 20–30 лет, а после 40 лет, в основном,

встречаются дегенеративные разрывы [2, 3]. В отдельных случаях от разрывов страдают люди преклонного возраста. Важно также, что в 34% случаев наряду с повреждением мениска при травмах коленного сустава наблюдается повреждение сумочно-связочного аппарата [4].

Подобные травмы относятся к заболеваниям, которые сложно поддаются эффективному хирургическому лечению [5]. По данным целого ряда метаанализов, частота осложнений после хирургического (в том числе артроскопического) и консервативного лечения практически не отличается [6, 7]. Это может являться следствием как недостаточного качества хирургических технологий, применяемых, как правило, в отягощенных случаях, так и высокого репаративного потенциала хрящевой ткани коленного сустава [8]. В контексте того, что консервативные тактики имеют существенно меньшие риски сопутствующих осложнений и большую доступность, они представляются более привлекательными для применения.

Поэтому поиск и оптимизация новых способов фармакологического и физиотерапевтического лечения травм коленного сустава, сопряженных с повреждениями менисков, являются важной задачей современной травматологии и реабилитологии.

Цель исследования: систематизация литературных сведений, представленных в области поиска оптимальных терапевтических подходов для лечения пациентов с травмами коленного сустава, сопровождающимися повреждениями мениска.

Материал и методы исследования. Обзор составлен с учетом информации из 39 литературных источников, опубликованных по соответствующей тематике за предшествующие 10 лет. Критерии включения были строго ограничены исследованиями, посвященными травмам коленного сустава и повреждениям менисков, преимущественно на английском языке и доступными в полном объеме. И наоборот, критерии исключения включали исследования, не имеющие отношения к основной тематике или изложенные не на английском языке, а также исследования, в которых полнотекстовое содержание оставалось недоступным. Был проведен анализ литературных данных, относящихся к повреждениям коленного сустава и менисков. Названия и аннотации найденных статей тщательно проверялись на соответствие заранее установленным критериям включения. Затем проводились тщательный отбор полнотекстовых статей, соответствующих этим критериям, и их всесторонний анализ. Такой скрупулезный подход позволил подготовить энциклопедический обзор, обогащенный новейшими знаниями и научными интерпретациями в области повреждений коленного сустава и менисков.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящее время консервативное лечение травм коленного сустава (физиотерапия, компрессия, подъем и охлаждение)

позволяет ускорить выздоровление, оно особенно эффективно в случаях, когда разрыв не является серьезным [9]. Разрывы мениска с большей вероятностью самостоятельно восстанавливаются, если локализируются в так называемой красной зоне (на внешнем краю мениска), где присутствует кровоснабжение [10].

Более серьезные разрывы, как правило, требуют хирургических вмешательств, которые часто малоэффективны. Дегенеративные разрывы мениска в долгосрочной перспективе часто связаны с остеоартритом, что приводит к плохим результатам независимо от типа лечения. Однако данные SV Herrlin и соавторов (2013) свидетельствуют о том, что в краткосрочной перспективе артроскопическая парциальная менискэктомия представляется более эффективным методом лечения.

Артроскопия – распространенный хирургический метод лечения повреждения коленных суставов, при котором мениск можно либо восстановить, либо полностью удалить. Но такой тип оперативного лечения не подходит при дегенеративном разрыве мениска, отсутствии фиксации или защемления колена, рецидивирующем выпоте или интенсивной хронической боли [11]. Данные RAC Siemieniuk и соавторов (2018) свидетельствуют о том, что артроскопия у этих пациентов имеет сопоставимые результаты с консервативным лечением.

Также имеются сведения о низкой эффективности хирургического вмешательства у взрослых пациентов с легким артритом [12]. Основываясь на доказательствах об отсутствии эффективности в долговременной перспективе, независимая международная экспертная группа рекомендовала отказаться от артроскопии при дегенеративных разрывах мениска [13].

Общими недостатками хирургического лечения травм коленного сустава являются: длительное время восстановления (от 2 до 6 недель); риск образования тромбов в нижних конечностях; инфекционные осложнения; вероятность повреждения нервов.

Одним из наиболее современных, но дорогостоящих и сложных методов хирургического восстановления менисков после травм выступает трансплантация, которая регулярно и успешно выполняется с начала прошлого десятилетия [14].

Первичное лечение повреждений мениска может включать физиотерапию, укрепляющие средства, противовоспалительные препараты или инъекции кортикостероидов для повышения пластичности и устойчивости хрящевой ткани. Системные противовоспалительные препараты и анальгетики, назначаемые при разрывах мениска, включают ацетаминофен, нестероидные противовоспалительные средства и кортикостероиды [15].

Гимнастические упражнения в рамках лечебной физкультуры могут укрепить мышцы вокруг колена, особенно четырехглавую мышцу [16]. При укреплении и развитии мышц нижних конечностей они будут принимать на себя часть веса тела, защищая при этом хрящ мениска. Пациенту для облегчения тренировок могут дополнительно назначаться парацетамол или противовоспалительные средства.

У пациентов, выбирающих нехирургическое лечение, физиотерапия может уменьшить симптомы боли и отека. Этот тип реабилитации направлен на поддержание полного диапазона движений и функционального развития без усугубления симптомов [17]. Физиотерапевты практикуют использование электростимулирующей, холодной и ультразвуковой терапии.

Ускоренные реабилитационные программы выступают не менее перспективными, чем традиционные восстановительные курсы [18]. Короткая программа минимизирует срок пребывания пациента на костылях и дает возможность упражняться с отягощениями, в то время как более консервативный подход не позволяет использовать малые нагрузки, сохраняя диапазон движений [18]. При этом приоритет в выборе типа реабилитационной программы базируется на тяжести повреждения и наличии отягощающих факторов.

Достаточно интересным методом консервативной терапии является использование богатой тромбоцитами плазмы (PRP) в качестве клинического терапевтического метода, который быстро набирает популярность [18]. По оценкам, только в Соединенных Штатах 86 000 спортсменов ежегодно проходят лечение методом PRP-терапии [19].

Богатая тромбоцитами плазма представляет собой аутологичный продукт крови, содержащий многочисленные факторы роста и цитокины, который применяется в качестве клинического вмешательства при мышечно-скелетных дефектах, включая повреждения менисков [20]. Предполагается, что повышенная концентрация тромбоцитов и факторов роста способствует естественному процессу заживления ран посредством стимуляции пролиферации и миграции клеток мениска, ангиогенеза и синтеза матрикса. Несмотря на его растущую популярность как в медицине, так и в основных средствах массовой информации, эффективность и использование этого биологического лечения остаются спорными. Существуют некоторые работы по оценке эффективности PRP, которые демонстрируют противоречивые результаты в отношении результативности такого вида лечения [20, 21]. В связи с этим для определения истинной эффективности PRP необходимы дополнительные клинические исследования с большим размером выборки и средне- и долгосрочным наблюдением с измеримыми результатами, такими как гистологический анализ и функциональная оценка восстановления мениска.

Оптимизационные подходы в плане улучшения результатов от консервативного лечения и состава терапевтических курсов и реабилитационных протоколов при травмах менисков, как правило, сводятся к различным вариантам комбинации лечебной физкультуры, физиотерапевтических методов и системных противовоспалительных препаратов (в том числе стероидных) [22, 23, 24].

Клиницисты и ученые сходятся во мнении, что травма мениска считается важным предиктором последующего развития дегенеративного заболевания суставов и сильно коррелирует с развитием раннего остеоартрита [25]. Поэтому, принимая во внимание высокую заболеваемость и повышенный риск развития остеоартроза, крайне важно разработать идеальный метод профилактики, восстановления и лечения поврежденной ткани мениска. Большие усилия в этом направлении были акцентированы на методы регенерации нативной ткани мениска, а не на резекцию мениска.

Хотя хирургические методы восстановления поврежденной ткани мениска широко изучались в клинических условиях, эти стратегии восстановления по-прежнему низкоэффективны по разным причинам (таким как недолговечность, отсутствие васкуляризации и т.д.).

Таким образом, в современной литературе эта проблема переформулируется через альтернативные стратегии, базирующиеся на достижениях фундаментальной науки и регенеративной медицины.

Быстрорастущую популярность в последние годы заслужили клеточные и трансляционные технологии лечения тяжелых повреждений менисков. Например, в качестве альтернативы для хирургической трансплантации предложено использование децеллюляризации интактной нативной ткани мениска в целях сохранения природной структуры и организации на уровне волокон.

Также было показано, что определенные факторы роста играют ключевую роль в метаболической активности менисковых фиброхондроцитов: регулируют развитие, гомеостаз, клеточное омоложение и регенерацию. С учетом этой идеи было разработано множество различных методов доставки фактора роста для лечения нативных фиброхондроцитов в экспериментальных исследованиях как *in vivo*, так и *in vitro* с конечной целью оптимизации тканевой инженерии и восстановления мениска [26, 27].

Наиболее часто используемые факторы роста для лечения ткани мениска или фиброхондроцитов мениска представляют собой основной фактор роста фибробластов (bFGF), трансформирующий фактор роста бета 1 и 3 (TGFB1, TGFB3), инсулиноподобный фактор роста-1 IGF-1 и другие факторы [28, 29, 30].

Еще одной распространенной тенденцией клеточной медицины в области стратегий по клеточной регенерации мениска является использование методик с применением различных источников мезенхимальных стволовых клеток, которые хорошо описаны в литературе. До сих пор нет единого мнения относительно того, какой источник клеток лучше всего подходит для восстановления мениска. Тем не менее, мезенхимальные стволовые клетки, полученные из костного мозга (BM-MSC), считаются золотым стандартом в области клеточной регенеративной медицины, поскольку они часто используются и тщательно исследуются с момента их открытия [30]. Эти клетки способны к мультипотентности и демонстрируют профиль фенотипических маркеров, характерный для мезенхимальных стволовых клеток: CD44+, CD45-, CD54-, CD90+, CD105+, CD166+, CD271+ [31, 32].

На сегодняшний день было проведено множество исследований с использованием различных, в том числе инновационных, методов доставки BM-MSC для восстановления мениска, различного количества клеток, в течение разного периода времени и в различных условиях культивирования, которые направлены на лечение различных типов повреждения мениска и регенерацию поврежденной ткани в различных моделях животных. Тем не менее, проблема гипертрофии и минерализации всегда возникает при обсуждении использования BM-MSC в качестве источника клеток для восстановления мениска [33, 34].

Еще одним перспективным направлением для трансляции в клиническую практику, по данным обзора R. Wang и соавторов (2022), являются длинные некодирующие РНК (днРНК), представляющие собой некодирующие белки длиной более 200 нуклеотидов. Они выполняют различные функции, такие как модуляция транскрипции и белковой активности, а также формирование эндогенных малых интерферирующих РНК и микроРНК губок. Актуальные данные свидетельствуют о том, что днРНК могут быть вовлечены в патогенез легких повреждений мениска, что открывает дополнительные возможности для разработки новых биомаркеров тяжести повреждения мениска коленного сустава и терапевтических стратегий для лечения таких травм.

Выбор подходящей стратегии лечения зависит от множества факторов, таких как демографические данные пациента и расположение разрыва. Физиотерапия остается лечением первой линии при боли в колене, вторичной по отношению к разрыву мениска, и ее следует проводить в условиях острой и хронической боли в колене [35, 36, 37]. Кроме того, появляется все больше данных, свидетельствующих о том, что пожилым пациентам со сложными разрывами мениска на фоне дегенеративного артрита не следует проводить артроскопическую операцию. Прямая пластика мениска остается вариантом для идеальных пациентов, которые являются молодыми, здоровыми и имеют разрывы вблизи более сосудистой периферии мениска, но она подходит не для всех пациентов [38, 39].

Использование ортобиологических препаратов, таких как богатая тромбоцитами плазма и мезенхимальные стволовые клетки, показало многообещающие результаты в качестве дополнения к хирургическому лечению или в качестве самостоятельного лечения, хотя исследования по их применению для лечения разрывов мениска пока еще далеки от массового внедрения в клиническую практику.

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что участие в активных занятиях может повышать риск повреждений коленного сустава, включая разрывы мениска. Этот риск зависит от возраста и пола, причем мужчины и молодежь в возрасте от 20 до 30 лет подвержены особому риску. Понимание этих факторов может способствовать разработке мер для предотвращения и лечения таких повреждений. С учетом рисков, стоимости и разнообразных исследований консервативные методы лечения становятся предпочтительным выбором для многих пациентов. Современные исследования в области травматологии и реабилитологии направлены на поиск наиболее эффективных и безопасных методов лечения повреждений мениска.

Список литературы

1. Makris E.A., Hadidi P., Athanasiou K.A. The knee meniscus: structure-function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration // *Biomaterials*. 2011. Vol. 32. Is. 30. P. 7411-31. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2011.06.037.
2. O'Connor D., Johnston R.V., Brignardello-Petersen R., Poolman R.W., Cyril S., Vandvik P.O., Buchbinder R. Arthroscopic surgery for degenerative knee disease (osteoarthritis including degenerative meniscal tears) // *Cochrane Database Syst Rev*. 2022. Vol. 3. Is. 3. P. 1432-1436. DOI: 10.1002/14651858.CD014328.
3. Li J., Zhu W., Gao X., Li X. Comparison of Arthroscopic Partial Meniscectomy to Physical Therapy following Degenerative Meniscus Tears: A Systematic Review and Meta-analysis // *Biomed Res Int*. 2020. Vol. 3. Is. 3. P. 1709-1713. DOI: 10.1155/2020/1709415.
4. Зедгендзе И. В., Прохоренко В. М. Лечебная тактика при повреждениях менисков // *Acta Biomedica Scientifica*. 2011. № 4. С. 76-79.
5. Schweizer C., Hanreich C., Tscholl P.M., Ristl R., Apprich S., Windhager R., Waldstein W. Nineteen percent of meniscus repairs are being revised and failures frequently occur after the second postoperative year: a systematic review and meta-analysis with a minimum follow-up of 5

years // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022. Vol. 30. Is. 7. P. 2267-2276. DOI: 10.1007/s00167-021-06770-x.

6. Monk P., Garfjeld Roberts P., Palmer A.J., Bayliss L., Mafi R., Beard D., Hopewell S., Price A. The Urgent Need for Evidence in Arthroscopic Meniscal Surgery // *Am J. Sports Med.* 2017. Vol. 45. Is. 4. P. 965-973. DOI: 10.1177/0363546516650180.

7. Abram S.G.F, Judge A., Beard D.J., Price A.J. Adverse outcomes after arthroscopic partial meniscectomy: a study of 700 000 procedures in the national Hospital Episode Statistics database for England // *Lancet.* 2018. Vol. 392. Is. 10160. P. 2194-2202. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31771-9.

8. Marigi E.M., Till S.E., Wasserburger J.N., Reinholz A.K., Krych A.J., Stuart M.J. Inside-Out Approach to Meniscus Repair: Still the Gold Standard? // *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2022. Vol. 15. Is. 4. P. 244-251. DOI: 10.1007/s12178-022-09764-5.

9. Shelbourne K.D., Patel D.V., Adsit W.S., Porter D.A. Rehabilitation after meniscal repair // *Clin Sports Med.* 1996. № 3. P. 595-612.

10. Sherman S.L., DiPaolo Z.J., Ray T.E., Sachs B.M., Oladeji L.O. Meniscus Injuries: A Review of Rehabilitation and Return to Play // *Clin Sports Med.* 2020. Vol. 39. Is. 1. P. 165-183. DOI: 10.1016/j.csm.2019.08.004.

11. Herrlin S.V., Wange P.O., Lapidus G., Hållander M., Werner S., Weidenhielm L. Is arthroscopic surgery beneficial in treating non-traumatic, degenerative medial meniscal tears? A five year follow-up // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013. Vol. 21. Is. 2. P. 358-64. DOI: 10.1007/s00167-012-1960-3.

12. Khan M., Evaniew N., Bedi A., Ayeni O.R., Bhandari M. Arthroscopic surgery for degenerative tears of the meniscus: a systematic review and meta-analysis // *CMAJ.* 2014. Vol. 186. Is. 14. P. 1057-64. DOI: 10.1503/cmaj.140433.

13. Siemieniuk R.A.C., Harris I.A., Agoritsas T., Poolman R.W., Brignardello-Petersen R., Van de Velde S., Buchbinder R., Englund M., Lytvyn L., Quinlan C., Helsingen L., Knutsen G., Olsen N.R., Macdonald H., Hailey L., Wilson H.M., Lydiatt A., Kristiansen A. Arthroscopic surgery for degenerative knee arthritis and meniscal tears: a clinical practice guideline // *Br J Sports Med.* 2018. Vol. 52. Is. 14. P. 313-320. DOI: 10.1136/bjsports-2017-j1982rep.

14. Cotter E.J., Frank R.M., Waterman B.R., Wang K.C., Redondo M. L., Cole B.J. Meniscal Allograft Transplantation With Concomitant Osteochondral Allograft Transplantation // *Arthrosc Tech.* 2017. Vol. 6. Is. 5. P. 1573-1580. DOI: 10.1016/j.eats.2017.06.051.

15. Jones B.Q., Covey C.J., Sineath M.H. Jr. Nonsurgical Management of Knee Pain in Adults // *Am Fam Physician.* 2015. № 10. P. 875-883.

16. Arden N.K., Perry T.A., Bannuru R.R., Bruyère O., Cooper C., Haugen I.K., Hochberg M.C., McAlindon T.E., Mobasheri A., Reginster J.Y. Non-surgical management of knee osteoarthritis: comparison of ESCEO and OARSI 2019 guidelines // *Nat Rev Rheumatol*. 2021. Vol. 17. Is. 1. P. 59-66. DOI: 10.1038/s41584-020-00523-9.
17. Feehan J., Macfarlane C., Vaughan B. Conservative management of a traumatic meniscal injury utilising osteopathy and exercise rehabilitation: A case report // *Complement Ther Med*. 2017. Vol. 17. Is. 1. P. 59-66. DOI: 10.1016/j.ctim.2017.05.007.
18. Twomey-Kozak J., Jayasuriya C.T. Meniscus Repair and Regeneration: A Systematic Review from a Basic and Translational Science Perspective // *Clin Sports Med*. 2020 Vol. 39. Is. 1. P. 125-163. DOI: 10.1016/j.csm.2019.08.003.
19. Zhang J.Y., Fabricant P.D., Ishmael C.R., Wang J.C., Petrigliano F.A., Jones K.J. Utilization of Platelet-Rich Plasma for Musculoskeletal Injuries: An Analysis of Current Treatment Trends in the United States // *Orthop J. Sport Med* 2016. Vol. 4. Is. 12. P. 185-193. DOI: 10.1177/2325967116676241.
20. Wasterlain A.S., Braun H.J., Harris A.H.S, Kim H.J., Dragoo J.L. The systemic effects of platelet-rich plasma injection // *Am J. Sports Med*. 2013. Vol. 41. Is. 1. P. 186-93. DOI: 10.1177/0363546512466383.
21. Griffin J.W., Hadeed M.M., Werner B.C., Diduch D.R., Carson E.W., Miller M.D. Platelet-rich Plasma in Meniscal Repair: Does Augmentation Improve Surgical Outcomes? // *Clin Orthop Relat Res* 2015. Vol. 473. Is. 5. P. 1665-72. DOI: 10.1007/s11999-015-4170-8.
22. Zellner J., Hierl K., Mueller M., et al. Stem cell-based tissue-engineering for treatment of meniscal tears in the avascular zone // *J. Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2013. Vol. 101. Is. 7. P. 1133-42. DOI: 10.1002/jbm.b.32922.
23. Bhardwaj N., Devi D., Mandal B.B. Tissue-engineered cartilage: The crossroads of biomaterials, cells and stimulating factors // *Macromol Biosci* 2015. Vol. 101. Is. 7. P. 153-182. DOI: 10.1002/mabi.201400335.
24. Bilgen B., Jayasuriya C.T., Owens B.D. Current Concepts in Meniscus Tissue Engineering and Repair // *Adv Healthc Mater* 2018. Vol. 3. Is. 3. P. 299-304. DOI: 10.1515/text.1.1983.3.3.299.
25. Bochyńska A.I., Hannink G., Verhoeven R., Grijpma D.W., Buma P. The effect of tissue surface modification with collagenase and addition of TGF- β 3 on the healing potential of meniscal tears repaired with tissue glues in vitro // *J. Mater Sci Mater Med* 2017. Vol. 28. Is. 22. P. 155-161. DOI: 10.1007/s10856-016-5832-0.
26. Chirichella P.S., Jow S., Iacono S., Wey H.E., Malanga G.A. Treatment of Knee Meniscus Pathology: Rehabilitation, Surgery, and Orthobiologics // *PM R*. 2019. Vol. 11. Is. 3. P. 292-308. DOI: 10.1016/j.pmrj.2018.08.384.

27. Font Tellado S., Balmayor E.R., Van Griensven M. Strategies to engineer tendon/ligament-to-bone interface: Biomaterials, cells and growth factors // *Adv Drug Deliv Rev* 2015. Vol. 94. Is. 3. P. 126-140. DOI: 10.1016/j.addr.2015.03.004.
28. Guo W., Xu W., Wang Z., Chen M., Hao C., Zheng X., Huang J., Sui X., Yuan L., Zhang Y., Wang M., Li X., Wang Z., Peng J., Wang A., Wang Y., Liu S., Lu S.G.Q. Cell-Free Strategies for Repair and Regeneration of Meniscus Injuries through the Recruitment of Endogenous Stem/Progenitor Cells//*Stem Cells Int* 2018. № 5. P. 256-259.
29. Hasan J., Fisher J., Ingham E. Current strategies in meniscal regeneration // *J. Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2014. Vol. 102. Is. 3. P. 619-34. DOI: 10.1002/jbm.b.33030.
30. Hu H., Zheng Y., Liu X., Gong D., Chen C., Wang Y., Peng M., Wu B., Wang J., Song G., Zhang J., Guo J., Dong Y., Wang X. Effects of neuromuscular training on pain intensity and self-reported functionality for patellofemoral pain syndrome in runners: study protocol for a randomized controlled clinical trial // *Trials.* 2019. Vol. 409. Is. 20. P. 119-28. DOI: 10.1186/s13063-019-3503-4.
31. Jayasuriya C.T., Twomey-Kozak J., Newberry J., et al. Human Cartilage-Derived Progenitors Resist Terminal Differentiation and Require CXCR4 Activation to Successfully Bridge Meniscus Tissue Tears // *Stem Cells.* 2018. № 1. P. 102-114.
32. Kim J.H., Ahn J.H., Kim J.H. et al. Discoid lateral meniscus: importance, diagnosis, and treatment // *J. EXP ORTOP.* 2020. Vol. 81. Is. 7. P. 159-168. DOI: 10.1186/s40634-020-00294-y.
33. Korpershoek J.V., De Windt T.S., Hagmeijer M.H., Vonk L.A., Saris D.B.F. Cell-based meniscus repair and regeneration: At the brink of clinical translation?: A systematic review of preclinical studies // *Orthop J. Sport Med* 2017. Vol. 5. Is. 2. P. 105-113. DOI: 10.1177/2325967117690131.
34. O'Donnell K., Freedman K.B., Tjoumakaris F.P. Rehabilitation Protocols After Isolated Meniscal Repair: A Systematic Review // *Am J. Sports Med.* 2017. Vol. 5. Is. 2. P. 225-232. DOI: 10.1177/0363546516667578.
35. Snoeker B.A., Bakker E.W., Kegel C.A., Lucas C. Risk factors for meniscal tears: a systematic review including meta-analysis // *J. Orthop Sports Phys Ther.* 2013. Vol. 43. Is. 6. P. 352-367. DOI: 10.2519/jospt.2013.4295.
36. Tarafder S., Gulko J., Sim K.H., Yang J., Cook J.L., Lee C.H. Engineered Healing of Avascular Meniscus Tears by Stem Cell Recruitment // *Sci Rep* 2018. Vol. 21. Is. 8. P. 152-160. DOI: 10.1038/s41598-018-26545-8.
37. Tscholl P.M., Duthon V.B., Cavalier M., Menetrey J. Prise en charge actuelle des lésions méniscales chez l'athlète // *Rev Med Suisse.* 2016. № 12. P. 1284-1287.

38. Wang R., Shiu H.T., Lee W.Y.W. Emerging role of lncRNAs in osteoarthritis: An updated review // *Front Immunol.* 2022. Vol. 13. Is. 1. P. 112-116. DOI: 10.3389/fimmu.2022.982773.
39. Zhou Y.F., Zhang D., Yan W.T, Lian K., Zhang Z.Z. Meniscus Regeneration With Multipotent Stromal Cell Therapies // *Front Bioeng Biotechnol.* 2022. Vol. 10. Is. 1. P. 52-60. DOI: 10.3389/fbioe.2022.796408.