

О хирургическом лечении пациентов с повреждением менисков при травме коленного сустава: от удаления до трансплантации (обзор литературы)

И.Ю. Клюквин, О.П. Филиппов, В.В. Сластинин
ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы»
Контакты: Владимир Викторович Сластинин, slastinin@gmail.com

В статье представлен обзор эволюции хирургических методов лечения при повреждении менисков: начиная от агрессивной тактики, ориентированной преимущественно на удаление поврежденных структур, и заканчивая органосохраняющими операциями. Большое внимание уделено и поискам путей, направленных на восстановление функции мениска. Основной акцент в данной статье сделан на определение показаний и техники трансплантации менисков.

Ключевые слова: коленный сустав, трансплантация мениска, хирургическое лечение повреждений мениска.

On the surgical treatment of patients with damaged meniscus as a result of a knee joint trauma: from excision to transplantation (a literature review)

I.Yu. Klyukvin, O.P. Filippov, V.V. Slastinin
Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,
Public Healthcare Institution of Moscow Healthcare Department

The paper presents an overview of the evolution of surgical techniques for the treatment of meniscus injuries: from the aggressive tactics aimed mainly at removing of damaged structures to organ-sparing operations. Much attention is paid to the search for ways to restore the function of menisci. The main focus of this paper is on the definition of the indications and technique of meniscus transplantation.

Key words: knee, meniscus transplantation, surgical treatment of injuries of the meniscus.

Повреждения менисков сопровождаются 55–85% всех случаев травмы коленного сустава и встречаются в наиболее активном возрасте. Разрыв мениска приводит к возникновению боли, нарушению движений и устойчивости в суставе, служит частой причиной нетрудоспособности [1, 2]. Операции при изолированных или сочетанных повреждениях менисков являются самыми распространенными вмешательствами на коленном суставе [3].

Проследив эволюцию взглядов хирургов на оперативное лечение поврежденных менисков, следует отметить, что до середины XX в. в хирургии преобладала менискэктомия, т.е. удаление большей части или всего мениска. Ряд исследо-

вателей даже считали мениски рудиментарными образованиями, которые могут быть удалены без каких-либо нежелательных последствий [4].

T.J. Fairbanks был первым, кто обратил внимание на важность менисков в защите хряща коленного сустава и на пагубные последствия удаления менисков. В 1948 г. он впервые описал рентгенологические изменения сустава после менискэктомии [4].

M.E. Baratz et al. в 1986 г. на трупах изучили влияние менискэктомии на биомеханику коленного сустава. Они показали, что при утрате медиального мениска площадь соприкосновения между большеберцовой и бедренной костями уменьшается на 75%, а давление в области их

контакта увеличивается на 235%. Это повышает стрессовые нагрузки на суставной хрящ, изменяет биомеханические свойства протеогликанового матрикса [5].

С тех пор как стало ясно, что удаление менисков приводит к дегенеративным изменениям в коленном суставе, мениски стали пытаться сохранить во всех случаях, когда это было возможно. Резекция мениска, т.е. удаление только поврежденной части, приводит к меньшей дегенерации суставного хряща по сравнению с менискэктомией, но не предотвращает остеоартроз [6].

По данным различных исследований, частота удовлетворительных результатов после менискэктомии у детей и взрослых варьирует от 34 до 74%. После удаления медиального мениска хорошие и отличные результаты наблюдали у 80% пациентов, после удаления обоих менисков – у 50%, а после удаления латерального мениска – только у 47% [7]. Причем с течением времени количество положительных результатов снижается. По данным *R.C. Schimmer et al.*, при резекции менисков отличные и хорошие результаты через 4 года получены у 91,7% пациентов, а через 12 лет – только у 78,1% [8]. *Jaurequito et al.* при обследовании больных после резекции латерального мениска (со средней продолжительностью наблюдения 8 лет) отметили, что только в 62% случаев получены отличные и хорошие результаты, а поддерживать свой обычный уровень активности смогли только 48% пациентов [9]. Развивающиеся в последующем гонартроз и боль часто являются причиной необходимости лечения и дальнейших хирургических вмешательств.

Наряду с распространенными операциями менискэктомии, а затем резекции при травме менисков, хирургами давно предпринимались единичные попытки «ремонтировать» поврежденный мениск. Впервые операцию по сшиванию разорванного мениска выполнил *T. Annandale* еще в 1885 г. [4]. Однако клинической реальностью восстановление менисков стало лишь в конце XX в., чему способствовали расширение и углубление знаний о важности и особенностях ткани менисков и совершенствование эндоскопической техники.

Одна из особенностей строения менисков взрослого человека – наличие сосудов только в их периферической части, вдоль капсулы, на 10–30% от ширины полулунного хряща [10–12]. В этой зоне возможно заживление повреждений. Остальные 2/3 всей их массы лишены сосудов и питаются за счет синовиальной жидкости, поэто-

му возможности репарации этой зоны ограничены [12]. *S.P. Arnoczky et R.F. Warren* в 1982 г. констатировали, что для заживления разрыва необходим контакт мениска с периферической сосудистой зоной. Для стимуляции заживления разрывов бессосудистой зоны менисков в экспериментальных и клинических исследованиях использовали открытую и артроскопическую технику, синовиальную абразию, фибриновые сгустки, трепанацию и др. [12–15].

В настоящее время считается общепринятым, что человеческий мениск – это очень сложная ткань со специфическими биологическими и биомеханическими свойствами, многие из которых до сих пор остаются малоизученными. Мениски играют важную роль в поддержании массы тела, восприятии и распределении нагрузки, обеспечении стабильности колена, смазке сустава [16, 17]. Современная стратегия лечения поврежденной менисков предусматривает максимальное использование органосохраняющих методик и малоинвазивных технологий для восстановления и поддержания функции коленного сустава. Главная цель в лечении повреждений менисков – их максимальное сохранение [18–20]. В то же время удаление оторванной части мениска остается единственным вариантом лечения в случае повреждений менисков, не подлежащих восстановлению. Так, в настоящее время артроскопическая резекция мениска является самой частой ортопедической манипуляцией в США [3]. В то же время даже малоинвазивное удаление части мениска может в последующем стать причиной развития боли и выпота в суставе, приводя к уменьшению объема движения в коленном суставе, мышечной атрофии и снижению стабильности. При этом нередко возникает необходимость в повторных операциях [21]. Несмотря на то, что после восстановления мениска часто тоже появляется необходимость в повторных вмешательствах, отдаленные результаты этих операций по сравнению с резекцией мениска значительно лучше [22].

Сегодня при определенных видах разрывов менисков, когда восстановление невозможно и приходится выполнять их частичное или полное удаление, альтернативой может быть замещение разрушенного хряща алло-, аутотрансплантатом или протезом [23–25]. В качестве реальной альтернативы на случай менискэктомии большинством врачей принята трансплантация аллогенного мениска [4].

Концепция трансплантации менисков была заложена еще *Lexer et Gebhardt*, которые с целью замещения мениска в 1916 и 1933 гг. соответственно выполнили интерпозиционную артропластику жировой тканью [26].

Первая трансплантация аллогенного мениска в сочетании с трансплантацией коленного сустава была проведена 100 лет назад. *Locht et al.* трансплантировали часть тиббиального плато с аллогенным мениском на место разрушенного в результате травмы и получили обнадеживающие результаты [27].

Milachowski et al. сообщили о первой трансплантации аллогенного мениска у человека в 1984 г., а о результатах последующего наблюдения – в 1989 г. [26].

Трансплантация аллогенных менисков позволяет восстановить нормальную механику и сохранить коленный сустав у пациентов, считающихся слишком молодыми для эндопротезирования. Конечной целью трансплантации менисков является достижение безболезненных движений при ежедневной бытовой активности. Малоинвазивная хирургическая техника трансплантации человеческих менисков была описана *Wirth et Kohn* в 1994 г. и *Whipple* в 1997 г. [28]. Развитие артроскопической техники способствовало развитию малоинвазивной хирургии, что уменьшало травматичность и ускорило реабилитацию.

В настоящее время все подходы по замене утраченной ткани мениска могут быть разделены на три категории:

- замена натуральными тканями (аллогенные мениски, сухожилие четырехглавой мышцы бедра, жировое тело Гоффа и т.д.);
- замена тканеинженерными материалами с использованием носителей (клеток и факторов роста и их различных комбинаций);
- замена протезами [4].

Цели трансплантации мениска: уменьшение болевых ощущений у пациентов после резекции или удаления мениска; предотвращение дегенеративных изменений хряща и субхондральной кости, возникающих после удаления мениска; снижение риска остеоартроза после удаления мениска; восстановление оптимальной механики коленного сустава [4].

Многие современные ученые едины во мнении относительно показаний к трансплантации аллогенных менисков. Данная процедура показана активным молодым пациентам (обычно старше 20 и моложе 50 лет), которым ранее была выполнена резекция мениска или менискэктомия, при на-

личии боли в проекции суставной щели в области операции и до развития тяжелого или средней тяжести артроза. Объем движений в коленном суставе при этом должен быть нормальным или почти нормальным. Если состояние суставного хряща и степень резекции мениска неизвестны, то производят диагностическую артроскопию [20, 28–31].

Показания к трансплантации менисков [20, 32, 33]:

- боль в той области сустава, где ранее была произведена резекция значительной части мениска или менискэктомия;

- отсутствие изменений или умеренные изменения по *Fairbanks* на рентгенограммах;

- сужение суставной щели менее 2–3 мм;

- изменения хряща I–II степени по *Outerbridge*;

- возраст моложе 50 лет.

Противопоказания к трансплантации менисков [20, 32, 33]:

- ожирение (индекс массы тела больше 35 кг/м²);

- незрелость скелета;

- воспалительные артриты;

- предшествующие септические артриты;

- заболевания синовиальной оболочки;

- нарушение оси конечности (отклонение более 10°);

- изменения хряща III–IV степени по *Outerbridge*;

- нестабильность сустава;

- боль в нескольких областях сустава.

Правильный отбор пациентов является ключевым моментом, определяющим успех трансплантации менисков. Должны быть собраны вся необходимая информация, а также данные предыдущих операций и фотографии, сделанные при артроскопии. Физикальное обследование должно включать оценку походки, оси нижней конечности и связочного аппарата коленного сустава. Оценивают область болезненности в проекции суставной щели, тест *McMurray* и наличие или отсутствие выпота в суставе. Должны быть исключены другие возможные источники боли: поясничная боль, боль в области тазобедренного сустава, сосудистые причины. Выполняют рентгенограммы в переднезадней проекции с нагрузкой при сгибании в коленных суставах 0 и 45°, в боковой проекции, в проекции «*sunrise*». Также производят специальные рентгенограммы обеих конечностей для оценки их оси и магнитно-резонансную томографию (МРТ) для оценки

менисков или их частей, гиалинового хряща и субхондральной кости [32].

Достижение успеха в трансплантации мениска начинается с определения правильного размера трансплантата. При большем, чем необходимо, размере трансплантата повышаются силы воздействия на суставной хрящ, при меньшем размере возрастают силы воздействия на сам трансплантат [34]. Для определения необходимого размера трансплантата могут быть использованы стандартные рентгенограммы в переднезадней и боковой проекциях. Для коррекции проекционного увеличения применяют рентгенопозитивные маркеры, прикрепленные к коже. При использовании данного метода точность определения размера мениска достигает 95% [35].

Фиксация трансплантатов менисков возможна при помощи подшивания к мягким тканям с применением костных пробок или костного мостика. Большинство исследований показывает, что желательнее использование костной фиксации. Общепринято применение двух костных пробок (для каждого рога) для фиксации медиального мениска, однако рога латерального мениска располагаются довольно близко, и для его фиксации может быть использован костный мостик [36].

Метод фиксации мениска является одним из факторов, влияющих на восстановление функции мениска после трансплантации [37]. Недавние биомеханические исследования показали, что фиксация мениска возможна только с помощью отдельных швов, но при костной фиксации имеются определенные преимущества [38–40]. В некоторых исследованиях не выявлено различий между фиксацией трансплантата мениска с применением костных блоков и с помощью нитей, проведенных через костные туннели [41, 42]. Фиксация переднего и заднего рогов трансплантата мениска в неправильном положении на плато большеберцовой кости может стать причиной неудачи [43]. Более того, конгруэнтность и соответствующий размер трансплантата являются решающими факторами в определении результатов [43–46]. Слишком маленький трансплантат может быть ущемлен мышечком бедренной кости, что приведет к образованию значительных сил, повреждающих трансплантат [47]. Слишком большой трансплантат может потерять форму, что приведет к его механической неэффективности [48, 49]. Допускается погрешность в размере трансплантата до 10% [50].

Артроскопическая техника трансплантации менисков без костных блоков является гораздо более простой процедурой по сравнению с таковой при использовании костных блоков. Теоретические выводы о том, что без применения костных блоков не может быть достигнута адекватная стабильность, не подтверждаются [4].

Наиболее частыми осложнениями после трансплантации аллогенных менисков являются разрывы трансплантатов (8,2%), что требует повторных операций (26–25%), которые заключаются в частичной менискэктомии или восстановлении мениска. Сообщений в литературе по поводу переноса ВИЧ-инфекции или гепатита, а также повреждений нервов и кровеносных сосудов при данной процедуре не имеется. Частота инфекционных осложнений составляет 3–4,5% [28].

Ткань мениска является «иммунологически привилегированной», подтверждением чему служит отсутствие признаков реакции отторжения при артроскопическом исследовании после трансплантации менисков (через 24–44 мес) [51]. Считается, что резидентные клетки, находящиеся в плотном матриксе, не доступны для иммунореактивных клеток [52]. Некоторые клинические и экспериментальные исследования показывают, что аллотрансплантаты менисков не вызывают ни локального, ни системного иммунного ответа [53, 54]. Однако в ряде работ отмечено, что иммунологический ответ на трансплантацию аллогенного мениска все-таки возникает. *Khoury et al.* обнаружили антигены гистосовместимости I и II классов на клетках аллогенных менисков, продемонстрировав этим возможность появления иммунного ответа [55]. Некоторые исследования показывают, что клинические результаты трансплантации аллогенных менисков не зависят от иммунной реакции [56].

По результатам анализа 15 исследований, проведенного *Matava*, большинство пациентов после трансплантации периодически отмечают отек и боль. Однако успешность данной процедуры, оцененная по субъективным шкалам, превышает 60% [29].

В исследовании *Verdonk et al.* (2005) хорошие и отличные результаты отмечены у 74,2% пациентов через 10 лет после трансплантации медиального мениска и у 69,8% – после трансплантации латерального мениска [57].

В исследовании *Sekiya et al.* через 3,3 года после трансплантации латерального мениска было

обнаружено улучшение функции и уровня активности у 96% больных [58].

В некоторых исследованиях последних лет успешность трансплантации менисков при наблюдении в течение 7 лет достигает 85–88% [59, 60].

В отечественной травматологии-ортопедии имеется лишь одно сообщение об успешной трансплантации менисков у 7 пациентов. Показанием к операции послужил выраженный болевой синдром в стабильном коленном суставе после менискэктомии на фоне умеренно выраженного деформирующего артроза (2-я стадия по Касинской) у лиц средней возрастной группы. Для контроля за состоянием трансплантированного мениска проводили артроскопию через 7, 12 и 24 мес после операции, МРТ. Проследив судьбу трансплантированных менисков при

удовлетворительной клинической картине, автор сделал вывод о том, что имеется возможность реконструкции мениска при его отсутствии или массивном повреждении путем ортотопической трансплантации алломениска [61, 62].

Причинами, препятствующими широкому распространению трансплантации менисков, являются отсутствие аллотрансплантатов менисков в банках тканей, отсутствие хирургического опыта и необходимого оборудования, а также высокая стоимость [33].

Несмотря на нерешенные вопросы, касающиеся подбора трансплантатов, методов их фиксации, хирургической техники и отдаленных результатов, трансплантация менисков уже сегодня продлевает «жизнь» суставам и дает возможность пациентам жить без боли [20, 63].

Литература

1. Витюгов, И.А. Диагностика поврежденных менисков и других внутрисуставных образований коленного сустава / И.А. Витюгов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1982. – № 2. – С. 69–74.
2. Кузнецов, И.А. Так ли «безобидна» менискэктомия? / И.А. Кузнецов, Г.М. Абелева // Диагностика и лечение повреждений крупных суставов: Сб. науч. тр. – СПб: НИИТО им. Р.Р. Вредена, 1991. – С. 127–137.
3. A randomized trial of isokinetic versus isotonic rehabilitation program after arthroscopic meniscectomy / G. Koutras, M. Letsi, P. Papadopoulos [et al.] // Int. J. Sports Phys. Ther. – 2012. Vol. 7, N 1. – P. 31–38.
4. Verdonk, R. Meniscal transplantation / R. Verdonk // Acta Orthop. Belg. – 2002. – Vol. 68, N 2. – P. 118–127.
5. The degenerative effects of partial and total resection of the medial meniscus in dogs' knees / J.S. Cox, C.E. Nye, W.W. Schaefer, I.J. Woodstein // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1975. – N 109. – P. 178–183.
6. Arthroscopic partial medial meniscectomy: an analysis of unsatisfactory results / R.D. Ferkel, J.R. Davis, M.J. Friedman [et al.] // Arthroscopy. – 1985. – Vol. 1, N 1. – P. 44–52.
7. Total meniscectomy in adolescence. A thirty-year follow-up / M.J. McNicholas, D.I. Rowley, D. McGurty [et al.] // J. Bone Joint. Surg. Br. – 2000. – Vol. 82, N 2. – P. 217–221.
8. Arthroscopic partial meniscectomy: a 12-year follow-up and two-step evaluation of the long-term course / R.C. Schimmer, K.B. Br lhart, C. Duff, W. Glinz // Arthroscopy. – 1998. – Vol. 14, N 2. – P. 136–142.
9. The effects of arthroscopic partial lateral meniscectomy in an otherwise normal knee: a retrospective review of functional, clinical, and radiographic results / J.W. Jaureguito, J.S. Elliot, T. Lietner [et al.] // Arthroscopy. – 1995. – Vol. 11, N 1. – P. 29–36.
10. Долецкий, С.Я. Морфофункциональное созревание детского организма: Уч.-метод. пособие / С.Я. Долецкий, В.П. Киселев, Э.Ф. Самойлович. – М: ЦОЛИУВ, 1983. – 35 с.
11. Самойлович, Э.Ф. Хирургическая патология коленного сустава у детей / Э.Ф. Самойлович, О.К. Шаклычев, Ю.А. Серафин. – М: Медицина, 1993. – 150 с.
12. Arnoczky, S.P. Microvasculature of the human meniscus / S.P. Arnoczky, R.F. Warren // Am. J. Sports Med. – 1982. – Vol. 10, N 2. – P. 90–95.
13. Cooper, D.E. Meniscal repair / D.E. Cooper, S.P. Arnoczky, R.F. Warren // Clin. Sports Med. – 1991. – Vol. 10, N 3. – P. 529–548.
14. Hamberg, P. Suture of new and old peripheral meniscus tears / P. Hamberg, Gillquist, J. Lysholm // J. Bone Joint. Surg. Am. – 1983. – Vol. 65, N 2. – P. 193–197.
15. Ishimura, M. Arthroscopic meniscal repair with fibrin glue / M. Ishimura, S. Tamai, Y. Fujisawa // Arthroscopy. – 1991. – Vol. 7, N 2. – P. 177–181.
16. Henning, C.E. Current concepts of meniscal function and pathology / C.E. Henning, M.A. Lynch // Clin. Sports Med. – 1985. – Vol. 4, N 2. – P. 259–265.
17. Renstrom, P. Anatomy and biomechanics of the menisci / P. Renstrom, R.J. Johnson // Clin. Sports Med. – 1990. – Vol. 9, N 3. – P. 523–538.
18. Филиппов, О.П. Диагностика и лечение повреждений менисков при травме коленного сустава: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук / О.П. Филиппов. – М., 2004. – 45 с.
19. Arthroscopic meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy / C.D. Morgan, E.M. Wojtys, C.D. Casscells, S.W. Casscells // Am. J. Sports Med. – 1991. – Vol. 19, N 6. – P. 632–637.
20. Lee, S.R. The tips and pitfalls of meniscus allograft transplantation / S.R. Lee, J.G. Kim, S.W. Nam // Knee Surg. Relat. Res. – 2012. – Vol. 24, N 3. – P. 137–145.
21. Morrissey, M.C. Evaluating treatment effectiveness: Benchmarks for rehabilitation after partial meniscectomy knee arthroscopy / M.C. Morrissey, P. Milligan, P.C. Goodwin // Am. J. Phys.

- Med. Rehab. – 2006. – Vol.85, N 6. – P. 490–501.
22. Paxton, E.S. Meniscal repair versus partial meniscectomy: a systematic review comparing reoperation rates and clinical outcomes / E.S. Paxton, M.V. Stock, R.H. Brophy // *Arthroscopy*.– 2011.– Vol. 27, N 9.– P. 1275–1288.
23. Ericsson, Y.B. Self-efficacy, physical activity and health-related quality of life in middle-aged meniscectomy patients and controls / Y.B. Ericsson, K. Ringsberg, L.E. Dahlberg // *Scand. J. Med. Sci. Sports*. – 2011. – Vol. 21, N 6. – P. 150–158.
24. Results of subtotal/total or partial meniscectomy for discoid lateral meniscus in children / D.H. Lee, T.H. Kim, J.M. Kim, S.I. Bin // *Arthroscopy*. – 2009. – Vol. 25, N 5. – P. 496–503.
25. Kim, J.M. Meniscal allograft transplantation after total meniscectomy of torn discoid lateral meniscus / J.M. Kim, S.I. Bin // *Arthroscopy*.– 2006.– Vol. 22, N 12.– P. 1344–1350.
26. Milachowski, K.A. Homologous meniscus transplantation: experimental and clinical results / K.A. Milachowski, K. Weismeier, C.J. Wirth // *Int. Orthop.* – 1989. – Vol. 13, N 1.– P. 1–11.
27. Loch, R.C. Late osteochondral resurfacing for tibial plateau fractures / R.C. Loch, A.E. Gross, F. Langer // *J. Bone Joint. Surg. Am.* – 1984. – Vol. 66, N 3. – P. 328–335.
28. McKeon, B.P. *Knee Arthroscopy* / B.P. McKeon, J.V. Bono, J.C. Richmond.– Springer, 2009. – 206 p.
29. Matava, M.J. Meniscal allograft transplantation: a systematic review / M.J. Matava // *Clin. Orthop. Relat. Res.*– 2007. – Vol. 455. – P. 142–157.
30. van Arkel, E.R. Human meniscal transplantation. Preliminary results at 2 to 5-year follow-up / E.R. van Arkel, H.H. de Boer // *J. Bone Joint. Surg. Br.*– 1995.– Vol. 77, N 4.– P. 589–595.
31. Noyes, F.R. Meniscus repair and transplantation: a comprehensive update / F.R. Noyes, T.P. Heckmann, S.D. Barber-Westin // *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*– 2012.– Vol. 42, N 3.– P. 274–290.
32. Jarit, G.J. Meniscal repair and reconstruction / G.J. Jarit, J.A. Bosco 3rd // *Bull NYU Hosp. Jt. Dis.*– 2010.– Vol. 68, N 2.– P. 84–90.
33. Clinical evaluation of arthroscopic-assisted allograft meniscal transplantation / H.C. Chang, K.L. Teh, K.L. Leong [et al.] // *Ann. Acad. Med. Singapore*.– 2008.– Vol. 37, N 4.– P. 266–272.
34. Effect of lateral meniscal allograft sizing on contact mechanics of the lateral tibial plateau: an experimental study in human cadaveric knee joints / M. Dienst, P.E. Greis, B.J. Ellis [et al.] // *Am. J. Sports Med.*– 2007.– Vol. 35, N 1.– P. 34–42.
35. Pollard, M. Radiographic sizing for meniscal transplantation / M. Pollard, Q. Kang, E. Berg // *Arthroscopy*.– 1995.– Vol. 11, N 6.– P. 684–687.
36. Meniscal allograft transplantation: a review of the current literature / T.B. Crook, A. Ardolino, L.A. Williams, I.W. Barlow // *Ann. R. Coll. Surg. Engl.*– 2009.– Vol. 91, N 5.– P. 361–365.
37. Messner, K. Is it necessary to anchor the meniscal transplants with bone plugs? / K. Messner, R. Verdonk // *Scand. J. Med. Sci. Sports*.– 1999.– Vol. 9, N 3.– P. 186–187.
38. The effects of lateral meniscal allograft transplantation techniques on tibio-femoral contact pressures / I.D. McDermott, D.T. Lie, A. Edwards [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*– 2008. Vol. 16, N 6.– P. 553–560.
39. Arthroscopically assisted medial meniscal allograft transplantation using a modified bone plug to facilitate passage: surgical technique / J.G. Kim, Y.S. Lee, S.W. Lee [et al.] // *J. Knee Surg.*– 2009.– Vol. 22, N 3.– P. 259–263.
40. Alhalki, M.M. Contact mechanics of the medial tibial plateau after implantation of a medial meniscal allograft. A human cadaveric study / M.M. Alhalki, M.L. Hull, S.M. Howell // *Am. J. Sports Med.*– 2000.– Vol. 28, N 3.– P. 370–376.
41. Bone plug versus suture fixation of the posterior horn in medial meniscal allograft transplantation: a biomechanical study / S. Hunt, K. Kaplan, C. Ishak [et al.] // *Bull NYU Hosp. Jt. Dis.*– 2008.– Vol. 66, N 1.– P. 22–26.
42. The effects of medial meniscal transplantation techniques on intra-articular contact pressures / N.N. Verma, E. Kolb, B.J. Cole [et al.] // *J. Knee Surg.*– 2008.– Vol. 21, N 1.– P. 20–26.
43. Kohn, D. Meniscus in section anatomy as a basis for meniscus replacement. A morphologic cadaveric study / D. Kohn, B. Moreno // *Arthroscopy*.– 1995.– Vol. 11, N 1.– P. 96–103.
44. Radiographic changes in the knee after meniscal transplantation. An experimental study in the sheep model / D. Edwards, S. Whittle, M. Nissen [et al.] // *Am. J. Sports Med.*– 1996.– Vol. 24, N 2.– P. 222–226.
45. Identification of cross-sectional parameters of lateral meniscal allografts that predict tibial contact pressure in human cadaveric knees / A. Huang, M. Hull, S. Howell, T. Haut Donahue // *J. Biomech. Eng.*– 2002.– Vol. 124, N 5.– P. 481–489.
46. Sommerlath, K. The effect of a meniscal prosthesis on knee biomechanics and cartilage / K. Sommerlath, J. Gillquist // *Am. J. Sports Med.*– 1992.– Vol. 20, N 1.– P. 73–81.
47. Sekaran, S. Nonanatomic location of the posterior horn of a medial meniscal autograft implanted in a cadaveric knee adversely affects pressure distribution on the tibial plateau / S. Sekaran, M. Hull, S. Howell // *Am. J. Sports Med.*– 2002.– Vol. 30, N 1.– P. 74–82.
48. An anatomical study of meniscal allograft sizing / I. McDermott, F. Sharifi, A. Bull [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*– 2004.– Vol. 12, N 2.– P. 130–135.
49. Jung, Y.H. Arthroscopic stabilization of the lateral capsule of the knee in meniscal transplantation / Y.H. Jung, N.H. Choi, B.N. Victoroff // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*– 2011.– Vol. 19, N 2.– P. 189–191.
50. Effect of lateral meniscal allograft sizing on contact mechanics of the lateral tibial plateau: an experimental study in human cadaveric joints / M. Dienst, P. Greis, B. Ellis [et al.] // *Am. J. Sports Med.*– 2007.– Vol. 35, N 1.– P. 34–42.
51. Garrett, J.C. Meniscal transplantation in the human knee: a preliminary report / J.C. Garrett, R.N. Steensen // *Arthroscopy*.– 1991.– Vol. 7, N 1.– P. 57–62.
52. Elves, M.W. A study of the transplantation antigens on chondrocytes from articular cartilage / M.W. Elves // *J. Bone Joint. Surg. Br.*– 1974.– Vol. 56, N 1.– P. 178–185.
53. The fate of human meniscal allografts / D.J. Zukor, J.C. Cameron, P.J. Brooks [et al.] // *Articular cartilage and knee joint function: Basic science and arthroscopy* / ed. W. Ewing.– New York: Raven Press, 1990.– P. 147–152.
54. Arnoczky, S.P. Meniscal allografts: Where do we stand? / S.P. Arnoczky, K.A. Milachowski // *Articular cartilage and knee joint function* / ed. W. Ewing.– New York: Raven Press, 1990.– P. 129–136.
55. Khoury, M.A. Demonstration of HLA and ABH antigens in fresh and frozen human menisci by immunohistochemistry / M.A. Khoury, V.M. Goldberg, S. Stevenson // *J. Orthop. Res.*– 1994.– Vol. 12, N 6.– P. 751–757.
56. Histological analysis of human meniscal allografts. A preliminary report / S.A. Rodeo, A. Seneviratne, K. Suzuki [et al.] //

- J. Bone Joint Surg. Am. – 2000. – Vol. 82-A, N 8. – P. 1071–1082.
57. Transplantation of viable meniscal allograft. Survivorship analysis and clinical outcome of one hundred cases / P.C. Verdonk, A. Demurie, K.F. Almqvist [et al.] // J. Bone Joint Surg. Am. – 2005. – Vol. 87, N 4. – P. 715–724.
58. Clinical outcomes following isolated lateral meniscal allograft transplantation / J.K. Sekiya, R.V. West, Y.J. Groff [et al.] // Arthroscopy. – 2006. – Vol. 22, N 7. – P. 771–780.
59. Prospective long-term evaluation of meniscal allograft transplantation procedure: a minimum of 7-year follow-up / B.M. Saltzman, S. Bajaj, M. Salata [et al.] // J. Knee Surg. – 2012. – Vol. 25, N 2. – P. 165–175.
60. Allograft meniscus transplantation / A.S. Lee, R.W. Kang, E. Kroin [et al.] // Sports Med. Arthrosc. – 2012. – Vol. 20, N 2. – P. 106–114.
61. Кузнецов, И.А. Совершенствование методов лечения повреждений коленного сустава с применением эндоскопической техники: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб, 1998. – 46 с.
62. Кузнецов, И.А. Ортопедическая трансплантация медиального мениска коленного сустава (семилетний результат) / И.А. Кузнецов, В.В. Монахов, А.В. Селин // Скорая медицинская помощь. – 2003. – Спец. вып. – С. 53.
63. Meniscus repair and transplantation techniques / T.C. Burns, J.R. Giuliani, S.J. Svoboda, B.D. Owens // J. Knee Surg. – 2011. – Vol. 24, N 3. – P. 167–174.