

Анализ ходьбы и функции коленного сустава до и после резекции мениска

Д.В. Скворцов^{1,2}, С.Н. Кауркин^{1,2}, А.А. Ахпашев^{2,3}, Н.В. Загородный³,
Д.С. Агзамов²

¹ ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России

Ул. Островитянова, д. 1, 117997, Москва, Россия

² ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Ореховый бульвар, д. 28, 115682, Москва, Россия

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России
Ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198, Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Повреждения менисков являются одной из наиболее частых травм коленного сустава (КС). Значительное количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов может ввести в заблуждение не только пациента, но и врача. Функциональные биомеханические исследования КС позволяют получить дополнительные данные для правильной диагностики.

Цель исследования — изучить клиническую, функциональную, биомеханическую симптоматику, характерную для повреждения менисков КС, а также динамику их изменения в послеоперационном периоде.

Материал и методы. Авторы исследовали биомеханику ходьбы и функцию коленных и тазобедренных суставов у 47 пациентов с травматическими и дегенеративными разрывами менисков коленного сустава (КС), в том числе у 10 человек до и после артроскопического лечения (группа I), у 22 пациентов только до лечения (группа II), у 15 человек только после оперативного лечения (группа III). В группе I срок от начала заболевания до хирургического лечения составил 9,7 мес., оценка по шкале KOOS до лечения — 29,4 балла, после лечения — 80,2 балла. Во группе II оценка составила 34,2 балла, в группе III — 85,6 баллов.

Результаты. Временные характеристики цикла шага не отличались от нормы во всех группах. У пациентов группы I после операции обнаружено значимое возрастание амплитуды разгибания тазобедренного сустава как для оперированной, так и для интактной конечностей. В группах II и III эта закономерность не прослеживалась. Существенных изменений в движениях отведения-приведения и ротации в тазобедренном суставе не выявлено во всех трех группах. В группе I до лечения кинематика КС на стороне поражения не отличалась от интактной. После артроскопического лечения значимо снижается значение фазы амплитуды основного сгибания КС на оперированной стороне. Сама амплитуда возрастала, но изменение не достигало статистической значимости из-за высокого разброса данных. У пациентов II и III групп также выявлены значимые отличия в фазе основного сгибания с таким же значением на интактной стороне. Движения отведения-приведения снижались на интактной стороне после операции в группе I.

Заключение. Повреждения мениска приводят к незначительным расстройствам биомеханики походки, которые восстанавливаются в течение года после артроскопического лечения.

Ключевые слова: повреждение мениска, артроскопическое лечение, анализ ходьбы.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-65-73

Скворцов Д.В., Кауркин С.Н., Ахпашев А.А., Загородный Н.В., Агзамов Д.С. Анализ ходьбы и функции коленного сустава до и после резекции мениска. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(1):65-73. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-65-73.

Cite as: Skvortsov D.V., Kaurkin S.N., Akhpashev A.A., Zagorodny N.V., Agzamov D.S. [Analysis of Gait and Knee Function prior to and after Meniscus Resection]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(1):65-73. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-65-73.

✉ Скворцов Дмитрий Владимирович. Ул. Островитянова, д. 1, 117997, Москва, Россия / Dmitrii V. Skvortsov. 1, ul. Ostrovityanova, 117997, Moscow, Russian Federation; e-mail: skvortsov.biom@gmail.com.

Рукопись поступила/Received: 23.08.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 30.11.2017.

Analysis of Gait and Knee Function prior to and after Meniscus Resection

D.V. Skvortsov^{1,2}, S.N. Kaurkin^{1,2}, A.A. Akhpashev^{2,3}, N.V. Zagorodny³, D.S. Agzamov²

¹ Pirogov Russian National Research Medical University
1, ul. Ostrovityanova, Moscow, 117997, Russian Federation

² Federal Scientific Clinical Center of FMBA of Russia
28, Orekhovyi bul'var, Moscow, 115682, Russian Federation

³ Peoples' Friendship University of Russia,
6, Miklukho-Maklaya, Moscow, 117198, Russian Federation

Abstract

Background. Injuries of meniscus are the frequent lesions in the knee joint (KJ). A big number of false-positive and false-negative outcomes may mislead not only a patient but also a specialist in traumatology and orthopedics. Functional and biomechanical studies of the knee joint might provide additional data for clinical decision making and diagnostics.

Materials and Methods. The authors studied 47 patients with traumatic and degenerative tears of the KJ meniscus. All patients were divided into 3 groups. Group I included 10 patients analyzed before and after the arthroscopic treatment, Group II included 22 patients analyzed before treatment only and Group III included 15 patients analyzed after the surgical treatment only. The authors studied the gait biomechanics as well as hip and knee function. In Group I the time from disease onset to the surgical treatment was 9.7 months. The grade on the KOOS scale was 29.4 points before the treatment and 80.2 points after the treatment. In Group II, the grade was 34.2 points. In Group III, the grade was 85.6 point.

Results. The temporal characteristics of the gait cycle did not exhibit any differences from the normal state in all the groups. In Group I a statistically significant increase of the hip extension amplitude was observed, both for the operated and the intact leg. In Groups II and III the authors did not observe this pattern. The abduction-adduction and rotation motions in the hip did not exhibit any significant changes in all the three groups. In Group I knee joint kinematics at the affected side did not differ from intact leg prior to the treatment. After the surgery the value of magnitude phase during the basic knee flexion at the operated side significantly decreased. The amplitude itself increased, but the difference did not reach a statistical significance due to high data dispersion. Patients of Group II and III also demonstrated significant difference in the phase of basic flexion with the same value on the intact side. The abduction-adduction motions were decreased at the intact side after the surgery in the first group.

Conclusion. Thus, the meniscus injury results in slight disorder in the walking and biomechanics of the knee which are successfully compensated during one year after arthroscopic treatment.

Keywords: meniscus tear, arthroscopic procedure, gait analysis.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-65-73

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: Budgetary funding, state registration number 20.001.16.800.

Введение

Повреждения менисков являются одной из наиболее распространенных травм коленного сустава (КС). Согласно результатам исследования А. Неды с соавторами, травматические повреждения менисков составляют 4,2 случая на 10 тыс. населения среди женщин и 9 случаев — среди мужчин [1]. Эта частота повреждений менисков остается стабильной до возраста 50–60 лет, затем наблюдается ее небольшое снижение. Диагностика повреждений менисков характеризуется значительным количеством ложноположительных и ложноотрицательных результатов [2, 3]. Так называемые дегенеративные разрывы менисков происходят у людей старшей возрастной группы, чаще всего в возрасте 55–70 лет [4, 5].

Особенность дегенеративных разрывов мениска заключается в отсутствии травмы как таковой.

Нередко при разрыве мениска происходит именно отрыв практически целого мениска от его места фиксации к плато большеберцовой кости. Подобное повреждение впервые описал М. Strobel в 1988 г. [6]. В течение последнего десятилетия научный и клинический интерес к подобным разрывам мениска вырос. Было показано, что ассоциация подобного повреждения и разрыва передней крестообразной связки КС является скорее закономерностью, чем исключением [7, 8].

Артротомия КС с удалением всего мениска или большей его части приводит к развитию остеоартроза КС и неоднозначным результатам [9–11]. При продольном разрыве мениска и отрыве заднего рога мениска от места его фиксации методом выбора лечения может стать шов мениска [12, 13]. В доступной литературе имеется незна-

чительное количество работ, посвященных изучению функции и параметров КС при ходьбе после резекции мениска. Исследование S.N. Edd с соавторами показало увеличение наружной ротации после частичной резекции мениска во время ходьбы [14]. В исследовании A.R. Dempsey с соавторами были обнаружены некоторые изменения параметров ходьбы в отдаленные сроки после эндоскопической частичной резекции мениска [15]. Уменьшение амплитуды движений в периоде опоры было выявлено и в исследовании K. Harato с соавторами [16]. O.M. Magyar с соавторами выявили снижение функции коленного сустава через 18 мес. после резекции внутреннего мениска, которое компенсируется другими суставами кинематической цепи [17]. Также выявлены отличия в фазовой активности мышц и соответствующие компенсаторные изменения на здоровой стороне. В другом исследовании этих же авторов показано, что снижается произвольная скорость ходьбы, уменьшается адаптивность движений суставов на стороне поражения, уменьшается сложность движения в целом [18].

D.L. Sturnieks с соавторами обследовали 105 пациентов после частичной менискэктомии и сравнивали результаты с контрольной группой, в которую вошли 47 практически здоровых человек. Результаты исследования продемонстрировали пространственно-временные параметры и кинематику движений в коленном суставе после менискэктомии, сравнимые с контрольной группой. Однако на оперированной стороне амплитуда движений в КС была меньше, а также снижен момент сил в сагиттальной плоскости по сравнению с неоперированной конечностью. В сравнении с контрольной группой пациенты после менискэктомии показывали значимо больший момент приведения в периоде опоры, даже с поправкой на вес тела. Эта находка указывает на то, что нагрузка на сустав и его медиальную часть увеличивается, что в последующем может стать причиной остеоартроза [19].

Цель исследования — изучить клиническую, функциональную и биомеханическую симптоматику, характерную для повреждения мениска коленного сустава, а также динамику ее изменения в послеоперационном периоде.

Материал и методы

На базе клиники травматологии и ортопедии РУДН и Федерального научно-клинического центра ФМБА обследовано 47 пациентов с травматическими и дегенеративными разрывами менисков. Из них до и после артроскопического лечения было обследовано 10 пациентов (I группа), только до оперативного лечения — 22 пациента (II группа), после операции — 15 пациентов (III группа).

I группа включала одного мужчину и 9 женщин, средний возраст 50,7 лет; группа II — 9 мужчин и 13 женщин, средний возраст 44,8 лет; группа III — 5 мужчин и 10 женщин, средний возраст 37,8 лет.

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (World Medical Association Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013). Пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом при ФНКЦ ФМБА России.

Критериями включения в исследование были:

1) разрыв мениска травматического или дегенеративного характера, подтвержденный данными МР-томографии, у оперированных пациентов — данными артроскопии;

2) операции по поводу разрыва мениска путем артроскопической резекции мениска в пределах поврежденных тканей;

3) остеоартроз коленного сустава 0–2 стадии по Kellegren – Lawrens.

Критерии исключения:

1) повреждение связочного аппарата коленного сустава;

2) остеоартроз коленного сустава 3–4 стадии по Kellegren — Lawrens;

3) предшествующий артроскопический шов мениска;

4) травматические повреждения или заболевания хрящевого покрова сустава.

Эпизод травмы отметили 28 пациентов, у остальных 19 больных эпизода травмы коленного сустава в анамнезе не было, или пациенты этого не упоминали. Среди пациентов с эпизодами травмы только у 5 она носила прямой характер. В остальных случаях травма была описана как непрямая.

Поражение правого коленного сустава было у 19 пациентов, левого — у 24, и обоих суставов — у 4 пациентов. Все пациенты предъявляли жалобы на боль при физических нагрузках. На ночную боль жаловались 5 пациентов. Повреждение медиального мениска было диагностировано у 40 пациентов, повреждение латерального мениска — у 5 и повреждение обоих менисков — у 2 пациентов.

Остеоартроз 0 стадии наблюдали у 22 пациентов, 1 стадии — у 17 и 2 стадии — у 8.

После артроскопического лечения всем пациентам рекомендовали стандартный протокол реабилитационной терапии. Клинический контроль осуществляли через 6 нед., 3 мес. и далее по необходимости. При хондромалиции опорных поверхностей 2 стадии и более рекомендовали курс внутрисуставных инъекций препаратов гиалуроновой кислоты.

Пациенты были исследованы в различные сроки после хирургического лечения. Стандартный клинический контроль после выписки пациента из стационара рекомендовали проходить через 6 нед. после операции. В сроки более 6 мес. после операции проводили опрос по шкале KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) [20].

Исследование биомеханики походки проводили с помощью безлатформенных инерционных сенсоров (рег. уд. № ФСР 2010/08881). Регистрировали время цикла шага, движения в тазобедренных и коленных суставах в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, ударные нагрузки при ходьбе. Для регистрации сенсоры комплекса в количестве 5 штук фиксировали с помощью специальных манжет на крестце, нижней трети бедра и нижней трети голени левой и правой конечностей. После этого производили регистрацию движений и временных характеристик во время ходьбы пациентов в произвольном темпе на дистанцию 10 м и ходьбе в быстром темпе на ту же дистанцию. При необходимости ходьбу повторяли 2–4 раза. Для последующего анализа отмечали циклы шага по данным акселерометров, после чего производили расчет средних гониограмм движений в суставах за цикл шага и временные характеристики цикла шага. В результате получали гониограммы движений в тазобедренных и коленных суставах в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, кривые вертикальных ускорений сенсоров, фиксированных на голених [21].

Движения в суставах анализировали следующим образом: для тазобедренного и коленного суставов оценивали амплитуды максимального сгибания в начале ПО «A1» в градусах и фазу ам-

плитуды «X1%» в процентах от цикла шага (ЦШ), амплитуду максимального разгибания «A2» в градусах и ее фазу «X2%» в процентах от ЦШ, также определяли размах амплитуды (A21) — между минимальным и максимальным значениями и фазы (X21) соответственно (рис. 1).

Для движений отведения-приведения и ротации в обоих суставах регистрировались максимальная «A1» и минимальная «A2» амплитуды и их фазы «X1%», «X2%» соответственно. Ударные нагрузки определялись в начале периода опоры «A1, g» и в периоде переноса «A2, g» (два экстремума), а также их фазы «X1%», «X2%» соответственно.

Полученные результаты обработаны стандартными методами вариационной статистики в программном пакете Statistica. Вычислялись средние значения и среднеквадратическое отклонение (СКО).

Результаты

В группе I основной жалобой до лечения была боль, при этом ночную боль отмечали 3 пациента. Эпизод травмы в анамнезе был у 6 пациентов, при этом только 2 пациента отмечали прямой механизм травмы. У 4 пациентов мы оценили разрыв мениска как дегенеративный на фоне остеоартроза 2 ст. Средний срок от начала заболевания до хирургического лечения составил 10,7 мес.: у пациентов с остеоартрозом 0 стадии — 6,2 мес., 1 стадии — 2,5 мес., 2 стадии — 14,3 мес. Оценка по шкале KOOS до лечения составляла — 29,4 балла, после лечения — 80,2 балла.

В группе II ведущей жалобой была боль при физической нагрузке. Эпизод травмы отметили 12 пациентов, у 10 из них механизм травмы был

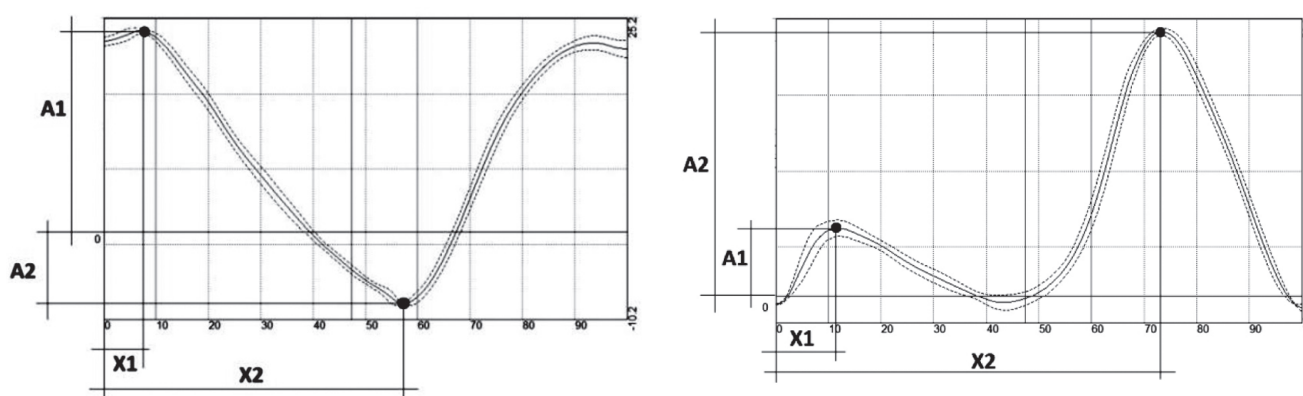


Рис. 1. Схема измерения амплитуды (A) и фазы (X) на гониограммах тазобедренного (слева) и коленного (справа) суставов. Горизонтальная ось — фаза цикла шага в процентах, вертикальная — амплитуда в градусах. Горизонтальная линия с пометкой «0» — изолиния, характеризующая нейтральное положение сустава в положении стоя прямо

Fig. 1. Scheme of measuring amplitude (A) and phase (X) at the goniograms hip (left) and knee (right) joints. Horizontal axis — phase of the walking cycle at %, vertical — amplitude at degree. Horizontal line marked by '0' is neutral joint position (upright standing)

непрямой, у 2 пациентов — прямой и у 10 пациентов травмы в анамнезе не было. Остеоартроз 0 стадии диагностирован у 10 пациентов, 1 стадии — у 10, 2 стадии — у 2 пациентов. Оценка по шкале KOOS составила 34,2 балла.

В III группе остеоартроз КС 0 стадии выявлен у 9 пациентов, 1 стадии — у 6. По результатам артроскопии, медиальный мениск был поврежден у 11 пациентов, латеральный мениск — у 3 пациентов, оба мениска — у одного пациента. Среднее время от оперативного лечения до биомеханического исследования — 8,7 мес. Оценка по шкале KOOS в среднем составила 85,6 баллов.

Биомеханика

Длительность цикла шага во всех группах составила 1,2–1,3 с, что является нормативным значением для ходьбы в произвольном темпе. Статистически значимых отличий после лечения не обнаружено.

После операции было выявлено значимое увеличение ($p < 0,05$) амплитуды разгибания (A2) в тазобедренном суставе (в конце периода опоры) как в оперированной, так и в интактной конечностях в группе I (рис. 2).

Отметим, что увеличение амплитуды с двух сторон означает большую длину шага при том же темпе. У пациентов групп II и II, обследованных только до лечения и только после него, эта закономерность не прослеживалась в силу разнородности статистических данных.

Не было выявлено существенных изменений в параметрах отведения-приведения и ротации в тазобедренном суставе во всех трех группах.

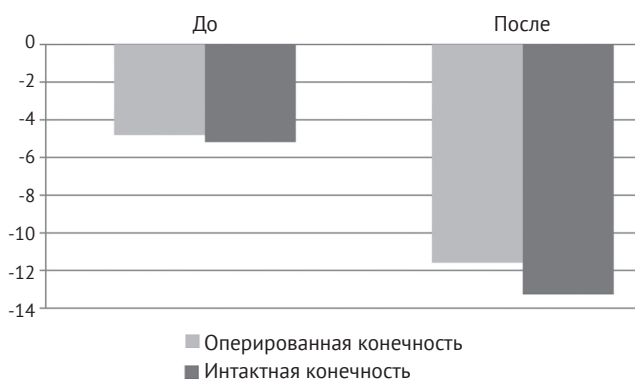


Рис. 2. Амплитуда разгибания в тазобедренном суставе оперированной и интактной конечностей до и после оперативного лечения

Fig. 2. Hip extension on operated and intact extremities prior to and after surgery

Параметры сгибания-разгибания в КС оперированной и интактной конечностей представлены в таблице 1.

В группе I параметры КС на стороне поражения от параметров на интактной стороне до лечения не отличались. После оперативного лечения значительно уменьшилось значение фазы амплитуды основного сгибания КС (X2). При этом по амплитуде максимального сгибания (A2) имеются отличия в 10° в сторону ее увеличения после оперативного лечения. Однако эти отличия не достигают уровня значимости ($p > 0,05$) в силу того, что до оперативного лечения имелся очень высокий разброс результатов по амплитуде от 23 до 69° (СКО = 12,88). После лечения величина амплитуды варьировала от 39 до 69° (СКО = 10,16). На интактной стороне отличий в параметрах до и после операции не отмечено.

Таблица 1/Table 1

Средние значения сгибания-разгибания в коленном суставе оперированной и интактной конечностей

Flexion and extension in the knee joint on the operated and intact extremities (mean values)

Параметр	Оперированная конечность				Интактная конечность			
	Группа I		Группа II	Группа III	Группа I		Группа II	Группа III
	до	после			до	после		
X1, %	18,00	18,65	17,29	16,63	15,45	17,12	16,39	16,95
A1, град.	9,22	12,58	11,66	10,34	7,48	13,03	12,69	12,97
X2, %	75,68*	74,46	73,72&	74,77	76,28	74,75	75,12	74,88
A2, град.	48,64	59,04	50,79	58,11	50,83	61,27	55,36*	61,85
X21, %	57,67	55,83	56,43	58,11	60,82	57,62	58,74	57,91
A21, град.	39,39	46,46	39,14*	47,09	43,40	48,23	42,66*	48,87

* — $p < 0,05$ с таким же значением после лечения; & — $p < 0,05$ с таким же значением на здоровой стороне.

В группах II и III также имелись значимые отличия в параметрах основного сгибания (X2) с таким же значением на интактной стороне. Для интактной стороны имеются статистически значимые отличия в значении основной амплитуды (A2) и размаху амплитуды (A21), которая выше в группе III, т.е. после оперативного лечения.

Выявлены изменения в движениях отведения-приведения и ротации только по параметру разности амплитуд (A21) (табл. 2).

Было выявлено уменьшение амплитуды отведения-приведения на интактной стороне после оперативного лечения. В группе II имеется статистически значимое уменьшение амплитуды отведения-приведения по сравнению с интактной стороной и аналогичным значением в группе III. В группе III выявлено статистически значимое уменьшение амплитуды ротационных движений по сравнению с интактной стороной.

По ударным нагрузкам в группе I значимых отличий обнаружено не было. Это ожидаемый результат, поскольку длительность цикла шага значимо также не изменилась, т.е. темп ходьбы после операции остался прежним.

В группах II и III обнаружены отличия при сходных значениях параметров, очевидно, в силу разных выборов.

Обсуждение

Результаты артроскопической резекции мениска в целом можно оценить как хорошие и отличные, но мы считаем, что для получения стабильных результатов лечения требуется не менее 6 мес. после операции. Это подтверждается данными других авторов [22]. Также, по данным литературы, встречаются редкие случаи хондролитизиса после артроскопий [8, 23]. Однако в нашем исследовании подобных осложнений не было.

Обращает на себя внимание разнообразие исследованных групп пациентов по возрасту, типу повреждения мениска и степени остеоартроза КС. Тем не менее, среднее значение по шкале KOOS

до лечения составило 31,8 балла, что ниже данных V.A. van de Graaf с соавторами, а после лечения — 82,9 баллов, что выше данных этих же авторов [24]. Таким образом, мы имеем общую тенденцию к улучшению функции КС после резекции мениска, даже при остеоартрозе до 2 ст. у пациентов, обследованных в течение года после хирургического лечения. Это подтверждается результатами лечения в срок до 5 лет после операции, представленными S.V. Herrlin с соавторами: значения по шкале KOOS выше 80 баллов [25]. Также многие авторы отмечают сопоставимую эффективность консервативной терапии, в частности кинезотерапии, в отдаленные сроки при лечении дегенеративных разрывов менисков [25, 26]. Этот вопрос требует всестороннего изучения как с точки зрения длительности подобного лечения, так и с позиции обоснования такой тактики. Также требует исследования вопрос о биомеханических изменениях в суставе во время и после возможного консервативного лечения.

Самыми значимыми критериями лечения мы считаем купирование или уменьшение болевого синдрома в КС при физических нагрузках, исчезновение перегрузочных болей в контралатеральном суставе, улучшение симметрии походки. Уменьшение болевого синдрома после операции наступило у всех пациентов независимо от выраженности степени остеоартроза. В дальнейшем стабильность результатов поддерживали при помощи планового консервативного лечения (физиотерапия, лечебная гимнастика, диетотерапия, различные виды хондропротекторов, препараты НПВС). В этой группе пациентов эндопротезирование КС не потребовалось ни в одном случае.

С точки зрения функциональных данных, наибольший интерес представляют пациенты группы I, которых удалось обследовать как до, так и после оперативного лечения. Повреждение менисков, как правило, не приводит к значительным функциональным ограничениям. Однако среди обследованных пациентов до оперативного лечения имелись существенные, до двух раз, ограничения

Таблица 2/Table 2

Средние значения движений отведения-приведения и ротации в коленном суставе оперированной и интактной конечностей

Abduction and adduction and rotation in knee joint on operated and intact extremities (mean values)

Движения	Группа I				Группы II и III			
	оперированная		интактная		оперированная		интактная	
	до	после	до	после	II	III	II	III
Отведение-приведение	12,36	14,31	17,81*	11,06	11,42* ^{&}	15,72	16,23*	12,33
Ротация	15,82	16,70	17,55	22,30	12,34 ^{&}	14,97	17,96	15,91

* — $p < 0,05$ с таким же значением после лечения; [&] — $p < 0,05$ с таким же значением на здоровой стороне.

амплитуды основного, махового сгибания коленного сустава. Амплитуда ниже 50° (при норме $65-70^\circ$) имела у 6 пациентов. При этом длительность цикла шага существенно не страдала, как и ударные нагрузки при ходьбе. После оперативного лечения амплитуду ниже 50° имели только 2 пациента.

Для тазобедренного сустава оказалось характерным ограничение разгибания в периоде опоры, которое восстанавливается до нормальных значений после оперативного лечения, в том числе и на здоровой стороне. Это результат увеличения движений в оперированном суставе и, соответственно, увеличения длины шага при той же его частоте, что соответствует возрастанию скорости ходьбы. При этом критичной оказывается именно амплитуда разгибания в тазобедренном суставе. Движения отведения-приведения и ротации не показали значимых изменений после оперативного лечения в группе I.

В отношении амплитуды движений в коленном суставе, в силу разброса данных, значимых отличий обнаружено не было. Однако на стороне поражения максимум махового сгибания после лечения был достигнут, пусть и незначительно, но в более ранние сроки. Поздний максимум сгибания — это один из симптомов функциональной разгрузки пораженного сустава.

Движения отведения-приведения в коленном суставе не изменялись значимо на стороне поражения, но значимо уменьшались в результате оперативного лечения на здоровой стороне. Этот парадоксальный результат вполне объясним тем, что движения в пораженном суставе снижались за счет болевого синдрома и компенсаторно возрастали на здоровой стороне. После нормализации в послеоперационном периоде амплитуда их снизилась. При этом общие характеристики цикла шага и ударных нагрузок на каждую конечность не изменяются. Это одно из свойств относительно компенсированной сохранной функции.

Обнаруженные изменения отчасти подтверждаются и в группах II и III. При существенно большем количестве обследованных, каждая из этих групп изолированная, и пациенты из группы II (до лечения) не входят в группу III (после лечения).

Динамика изменений параметров до и после оперативного лечения в определенной степени укладывается в концепцию компенсаторных изменений кинематической цепи [17]. В данном случае мы получили двустороннее увеличение амплитуды разгибания в тазобедренных суставах после оперативного лечения. Это результат более активной ходьбы, когда при той же частоте шага его длина становится больше. Соответственно, возрастает скорость ходьбы [27]. Близкий результат, но на другом контингенте получен в работе C.D. Kerrigan

с соавторами [28]. Косвенно это подтверждается исследованием C.L. Lewis с соавторами на математической модели ходьбы [29]. Большая амплитуда разгибания продуцирует и больший момент сил в данную фазу в тазобедренном суставе.

Ротационные движения и движения отведения-приведения не изменяются, что вполне объяснимо, поскольку и ограничения движений характерны только для сагиттальной плоскости как для тазобедренного, так и для коленного суставов.

Несколько неожиданный результат значимого отличия уменьшения фазы маховой амплитуды в коленном суставе пораженной стороны получен после лечения. Изменения незначительны, но до лечения максимум сгибания наступает позже, что также характерно для суставной патологии. В данном случае легкая модификация фазы максимума вполне соответствует сохранной функции оперированного КС.

Мы не сравнивали полученные результаты с данными литературы, поскольку дизайн исследований других авторов отличается от нашего. Мы не получили значимого уменьшения амплитуды сгибания коленного сустава в начале периода опоры (амплитуда «A1»), хотя среднее значение меньше такового после лечения, как это было в работе D.L. Sturnieks с соавторами. В то же время в работе не вычислялась основная, маховая амплитуда и ее фаза [19].

Движения отведения-приведения на здоровой стороне имеют меньшую амплитуду после лечения. Это возможный результат уменьшения боковых нагрузок в результате лучшего функционального состояния контрлатерального коленного сустава. Однако вопрос о том, что является базой такого улучшения: механическое состояние сустава и окружающих мягких тканей или иной (защитный) характер функции мышц, остается открытым. Возможны обе причины [30].

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Артроскопическая резекция мениска является эффективным методом лечения его травматических повреждений как при отсутствии дегенеративных изменений сустава, так и при остеоартрозе коленного сустава.

2. До оперативного лечения скорость ходьбы снижена за счет уменьшения длины шага в результате уменьшения амплитуды разгибания в тазобедренных суставах. Уменьшение амплитуды разгибания в тазобедренных суставах является результатом уменьшения сгибания коленного сустава пораженной стороны в конце периода опоры. Таким образом, при повреждении менисков коленного сустава ходьба становится менее активной. Активность ходьбы восстанавливается после оперативного лечения.

3. Движения отведения-приведения и ротационные в тазобедренных суставах остаются неизменными.

4. Непосредственно со стороны коленного сустава незначительно запаздывает максимум амплитуды махового сгибания в периоде переноса. Это один из симптомов снижения функциональной активности сустава при повреждении менисков.

5. В коленном суставе здоровой стороны после лечения происходит уменьшение движений отведения-приведения — это результат нормализации нагрузки во фронтальной плоскости.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование выполнено в рамках государственного задания ФНКЦ ФМБА, № государственной регистрации 20.001.16.800.

Литература [References]

- Hede A., Jensen D.B., Blyme P., Sonne-Holm S. Epidemiology of meniscal lesions in the knee. *Acta Orthop Scand.* 1990;61(5):435-437. DOI: 10.3109/17453679008993557.
- De Smet A.A., Nathan D.H., Graf B.K., Haaland B.A., Fine J.P. Clinical and MRI findings associated with false-positive knee MR diagnoses of medial meniscal tears. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191(1):93-99. DOI: 10.2214/ajr.07.3034.
- Bolog N.V., Andreisek G. Reporting knee meniscal tears: technical aspects, typical pitfalls and how to avoid them. *Insights Imaging.* 2016;7(3):385-398. DOI: 10.1007/s13244-016-0472-y.
- Noble J., Hamblen D.L. The pathology of the degenerate meniscus lesion. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57(2):180-186. DOI: 10.1002/bjs.1800621213.
- Berthiaume M.J., Raynauld J.P., Martel-Pelletier J., Labonté F., Beaudoin G., Bloch D.A. et al. Meniscal tear and extrusion are strongly associated with progression of symptomatic knee osteoarthritis as assessed by quantitative magnetic resonance imaging. *Ann Rheum Dis.* 2005;64(4):556-563. DOI: 10.1136/ard.2004.023796.
- Strobel M.J. *Manual of Arthroscopic Surgery.* New York: Springer; 1988. pp. 171-178.
- Bollen S.R. Posteromedial meniscocapsular injury associated with rupture of the anterior cruciate ligament: a previously unrecognized association. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(2):222-223. DOI: 10.1302/0301-620x.92b2.22974.
- Sonnery-Cottet B., Conteduca J., Thauinat M., Xavier F., Seil G., Seil R. Hidden Lesions of the Posterior Horn of the Medial Meniscus: A Systematic Arthroscopic Exploration of the Concealed Portion of the Knee. *Am J Sports Med.* 2014;42(4):921-929. DOI: 10.1177/0363546514522394.
- Fairbank T.J. Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br.* 1948;30B(4):664-670.
- Jørgensen U., Sonne-Holm S., Lauridsen F., Rosenklint A. Long-term follow-up of meniscectomy in athletes. *J Bone Joint Surg.* 1987;69(1):80-83.
- Englund M. Meniscal tear—a feature of osteoarthritis. *Acta Orthop Scand. Suppl.* 2004;75(312):1-45. DOI: 10.1080/746571764.
- Noyes F.R., Chen R.C., Barber-Westin S.D., Potter H.G. Greater than 10-year results of red-white longitudinal meniscal repairs in patients 20 years of age or younger. *Am J Sports Med.* 2011;39(5):1008-1017. DOI: 10.1177/0363546510392014.
- Eberbach H., Zwingmann J., Hohloch L., Bode G., Maier D., Niemeyer P. et al. Sport-specific outcomes after isolated meniscal repair: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Feb 27. DOI: 10.1007/s00167-017-4463-4.
- Edd S.N., Netravali N.A., Favre J., Giori N.J., Andriacchi T.P. Alterations in knee kinematics after partial medial meniscectomy are activity dependent. *Am J Sports Med.* 2015;43(6):1399-407. DOI: 10.1177/0363546515577360.
- Dempsey A.R., Wang Y., Thorlund J.B., Mills P.M., Wrigley T.V., Bennell K.L. et al. The relationship between patellofemoral and tibiofemoral morphology and gait biomechanics following arthroscopic partial medial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(5):1097-1103. DOI: 10.1007/s00167-012-2075-6.
- Harato K., Sakurai A., Kudo Y., Nagura T., Masumoto K., Otani T., Niki Y. Three-dimensional knee kinematics in patients with a discoid lateral meniscus during gait. *Knee.* 2016;23(4):622-666. DOI: 10.1016/j.knee.2015.10.007.
- Magyar O.M., Illyés A., Knoll Z., Kiss R.M. Effect of medial meniscectomy on gait parameters. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(4):427-435. DOI: 10.1007/s00167-007-0430-9.
- Magyar M.O., Knoll Z., Kiss R.M. The influence of medial meniscus injury and meniscectomy on the variability of gait parameters. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(2):290-297. DOI: 10.1007/s00167-011-1612-z.
- Sturnieks D.L., Besier T.F., Mills P.M., Ackland T.R., Maguire K.F., Stachowiak G.W., Podsiadlo P., Lloyd D.G. Knee joint biomechanics following arthroscopic partial meniscectomy. *J Orthop Res.* 2008;26(8):1075-1080. DOI: 10.1002/jor.20610.
- Roos E.M., Roos H.P., Lohmander L.S., Ekdahl C., Beynon B.D. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)—development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(2):88-96. DOI: 10.2519/jospt.1998.28.2.88.
- Ахпашев А.А., Загородний Н.В., Канаев А.С., Кауркин С.Н., Скворцов Д.В. Функция коленного сустава во время ходьбы у больных с разрывом передней крестообразной связки коленного сустава до и после оперативного лечения. *Травматология и ортопедия России.* 2016;(2):15-24. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-15-24.
- Akhpashev A.A., Zagorodnii N.V., Kanaev A.S., Kaurkin S.N., Skvortsov D.V. [Knee joint gait function in patients with ACL rupture before and after the surgery.] *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;(2):15-24. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-15-24.
- Chatain F., Adeleine P., Chambat P., Neyret P. Société Française d'Arthroscopie. A comparative study of medial versus lateral arthroscopic partial meniscectomy on stable knees: 10-year minimum follow-up. *Arthroscopy.* 2003;19(8):842-849.
- Mariani P.P., Garofalo R., Margheritini F. Chondrolysis after partial meniscectomy in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(6):574-580. DOI: 10.1007/s00167-008-0508-z.
- van de Graaf V.A., Wolterbeek N., Scholtes V.A., Mutsaerts E.L., Poolman R.W. Reliability and validity of the IKDC, KOOS, and WOMAC for patients with meniscal

- injuries. *Am J Sports Med.* 2014;42(6):1408-1416. DOI: 10.1177/0363546514524698.
25. Herrlin S.V., Peter O. Wange P.O., Lapidus G., Hallander 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;21(2):358-364. DOI: 10.1007/s00167-012-1960-3.
26. Katz J.N., Brophy R.H., Chaisson C.E., de Chaves L., Cole B.J., Dahm D.L. et al. Surgery versus physical therapy for a meniscal tear and osteoarthritis. *N Engl J Med.* 2013;368:1675-1684. DOI: 10.1056/NEJMoa1301408.
27. Goldberg S.R., Stanhope S.J. Sensitivity of joint moments to changes in walking speed and body-weight-support are interdependent and vary across joints. *J Biomech.* 2013;46(6):1176-1183. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2013.01.001.
28. Kerrigan C.D., Lee L.W., Collins J.J., Riley P.O., Lipsitz L.A. Reduced Hip Extension During Walking: Healthy Elderly and Fallers Versus Young Adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(1):26-30. DOI: 10.1053/apmr.2001.18584.
29. Lewis C.L., Sahrman S.A., Moran D.W. Effect of hip angle on anterior hip joint force during gait. *Gait Posture.* 2010;32(4):603-607. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.09.001.
30. Zhang L.Q., Wang G. Dynamic and static control of the human knee joint in abduction-adduction. *J Biomech.* 2001; 34(9):1107-1115. DOI: 10.1016/s0021-9290(01)00080-x.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Скворцов Дмитрий Владимирович — д-р мед. наук, профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; руководитель центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва

Кауркин Сергей Николаевич — канд. мед. наук, старший научный сотрудник центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России; ассистент кафедры медицинской реабилитации факультета дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

Ахпашев Александр Анатольевич — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и артрологии факультета повышения квалификации медицинских работников ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России; врач-травматолог-ортопед ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва

Загородный Николай Васильевич — д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России, Москва

Агзамов Джахангир Салимович — д-р мед. наук, заведующий отделением травматологии и ортопедии с палатами медицинской реабилитации ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Dmitrii V. Skvortsov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Education, Pirogov Russian National Research Medical University; Head of the Center of Sports Medicine and Rehabilitation, Federal Scientific Clinical Center of FMBA of Russia, Moscow, Russian Federation

Sergei N. Kaurkin — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Center of Sports Medicine and Rehabilitation, Federal Scientific Clinical Center of FMBA of Russia; Assistant, Department of Medical Rehabilitation, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Aleksandr A. Akhpashev — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Peoples' Friendship University of Russia; Orthopedic Surgeon, Federal Scientific Clinical Center of FMBA of Russia, Moscow, Russian Federation

Nikolai V. Zagorodny — Dr. Sci. (Med.), Professor, Correspondent Member of Russian Academy of Sciences, Chief of Traumatology and Orthopedic Chair, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Dzhakhangir S. Agzamov — Dr. Sci. (Med.), Head of Traumatology and Orthopedic Department, Federal Scientific Clinical Center of FMBA of Russia, Moscow, Russian Federation