

Биомеханика ходьбы до и после оперативного лечения повреждения менисков коленного сустава

Скворцов Д.В.^{1,2}, Кауркин С.Н.^{1,2}, Ахпашев А.А.^{2,3}, Агзамов Д.С.¹,
Канаев А.С.³, Лобов А.Н.², Плотников В.П.², Журавлева А.И.²

¹ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия; ²ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия; ³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
¹115682, Москва, Ореховый бульвар, 28;
²117997, Москва, ул. Островитянова, 1; ³117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

¹Federal Scientific and Clinical Center of Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies, Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia;
²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia; ³Russian University of Friendship of Peoples (RUDN University), Moscow, Russia
¹28, Orekhovy Boulevard, Moscow 115682, Moscow;
²1, Ostrovityanova St., Moscow 117997;
³6, Miklukho-Maklay St., Moscow 117198, Moscow

Контакты: Дмитрий Владимирович Скворцов;
skvortsov.biom@gmail.com

Contacts: Dmitry Skvortsov;
skvortsov.biom@gmail.com

Поступила 01.11.18

Значительную часть повреждений коленного сустава (КС) составляет поражение его менисков, при этом как травматические, так и дегенеративные повреждения менисков являются частым показанием для хирургического лечения. В доступной литературе имеется незначительное количество работ, посвященных изучению функции КС при ходьбе до и после резекции мениска. Нами изучены биомеханические изменения, характерные для повреждения менисков КС, а также их динамика в послеоперационном периоде.

В исследование включены 24 пациента, которые были оперированы по поводу разрыва мениска как травматического, так и дегенеративного характера. В ходе артроскопического вмешательства мы выполнили резекцию мениска в пределах поврежденных нестабильных тканей. В послеоперационном периоде все пациенты получали восстановительное лечение. Контрольная группа включала 20 здоровых взрослых (14 мужчин и 6 женщин). Средний возраст составил 29,7 года. Исследовалась биомеханика походки: время цикла шага, движения в тазобедренных суставах (ТБС) и КС в трех взаимно перпендикулярных плоскостях и ударные нагрузки при ходьбе.

Временные характеристики цикла шага остаются в норме как до, так и после оперативного лечения. Нагрузка на пораженную конечность возрастает в послеоперационном периоде. Амплитуда движений в ТБС и КС снижается до лечения и восстанавливается после него.

Повреждение менисков КС не приводит к значительному изменению биомеханики ходьбы. Регистрируемые параметры цикла шага не изменяются, т. е. имеющиеся изменения не затрагивают временную структуру. Через 3 мес после оперативного лечения на стороне поражения увеличиваются до нормальных значений ударные нагрузки, возрастает амплитуда разгибания ТБС, сгибания КС и ротационных движений в нем. Функция оперированного КС нормализовалась в условиях ходьбы по ровной поверхности.

Ключевые слова: биомеханика ходьбы; коленный сустав; повреждение менисков.

Для ссылки: Скворцов ДВ, Кауркин СН, Ахпашев АА и др. Биомеханика ходьбы до и после оперативного лечения повреждения менисков коленного сустава. Научно-практическая ревматология. 2019;57(1):106-110.

BIOMECHANICS OF WALKING BEFORE AND AFTER SURGICAL TREATMENT OF DAMAGED MENISCI OF THE KNEE JOINT

Skvortsov D.V.^{1,2}, Churkin S.N.^{1,2}, Akhpashev A.A.^{2,3}, Agzamov D.S.¹,
Kanaev A.S.³, Lobov A.N.², Plotnikov V.P.², Zhuravleva A.I.²

A significant part of the knee joint (KJ) damages comprise the lesions of its menisci. Both traumatic and degenerative menisci damages are frequent indications for surgical treatment. In the available literature there are a few articles devoted to the study of the KJ function when walking before and after meniscus resection. We have studied the biomechanical changes characteristic of KJ meniscus damage, before and after surgical treatment.

The study included 24 patients who were operated on for meniscus rupture of both traumatic and degenerative nature. During the arthroscopic intervention, we performed a meniscus resection within the damaged unstable tissues. In the postoperative period all patients received rehabilitation treatment. The control group included 20 healthy adults (14 males and 6 females). The median age was 29.7 years. The biomechanics of gait was studied: the time of the step cycle, movements in the hip joints (HJ) and KJ in three mutually perpendicular planes and shock loads during walking.

The time characteristics of the step cycle remain normal both before and after surgery. The load on the affected limb increases in the postoperative period. The amplitude of movements in HJ and KJ is reduced before treatment and restored after it.

KJ meniscus damage does not lead to a significant change in the biomechanics of walking. The recorded parameters of the step cycle do not change, i.e. the existing changes do not affect the time structure; 3 months after surgical treatment on the side of the lesion, shock loads increase to normal values, the amplitude of HJ extension, KJ flexion and rotational movements in it increases. The function of operated KJ was normalized in conditions of walking on a flat surface.

Keywords: biomechanics of walking; knee joint; meniscus injury.

For reference: Skvortsov DV, Churkin SN, Akhpashev AA, et al. Biomechanics of walking before and after surgical treatment of damaged menisci of the knee joint. Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya = Rheumatology Science and Practice. 2019;57(1):106-110 (In Russ.).

doi: 10.14412/1995-4484-2019-106-110

Значительную часть повреждений коленного сустава (КС) составляет поражение его менисков, при этом как травматические, так и дегенеративные повреждения менисков являются частым показанием для хирургического лечения. Например, в США число артроскопических операций по поводу повреж-

дений мениска превышает 700 тыс. в год. Современные диагностические методы пока не в состоянии обеспечить 100% достоверность. Значительное количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов [1, 2] может ввести в заблуждение не только пациента, но и травматолога-ортопеда.

При этом в последние несколько лет появилось значительное количество публикаций, посвященных консервативному лечению дегенеративных повреждений мениска на фоне как минимальных, так и выраженных изменений сустава, связанных с развитием остеоартрита (ОА) [3–6]. Некоторые авторы считают, что отдаленные результаты консервативного лечения и артроскопической операции сопоставимы.

В доступной литературе имеется незначительное число работ, посвященных изучению функции КС при ходьбе после резекции мениска. S.N. Edd и соавт. [7] наблюдали увеличение наружной ротации во время ходьбы после частичной резекции мениска. A.R. Dempsey и соавт. [8] обнаружили некоторые изменения параметров ходьбы в отдаленные сроки после эндоскопической частичной резекции мениска. Уменьшение амплитуды движений в периоде опоры (ПО) отмечали также K. Nagato и соавт. [9]. O.M. Maguag и соавт. [10] через 18 мес после резекции внутреннего мениска выявили ухудшение функции КС, которое компенсируется другими суставами кинематической цепи. Также выявлены нарушения фазовой активности мышц и соответствующие компенсаторные изменения на здоровой стороне. В другом исследовании этих же авторов показано снижение произвольной скорости ходьбы, адаптивности движений суставов на стороне поражения и сложности движения в целом [11].

D.L. Sturnieks и соавт. [12] сравнили 105 пациентов после частичной менискэктомии и 47 практически здоровых людей. Результаты исследования продемонстрировали пространственно-временные параметры и кинематику движений в КС после менискэктомии, сравнимые с контрольной группой. Однако на оперированной стороне отмечалось уменьшение амплитуды движений в КС и момента сил в сагиттальной плоскости по сравнению с неоперированной конечностью. В сравнении с контрольной группой пациенты после менискэктомии имели значимо больший момент приведения в ПО, даже с поправкой на вес тела. Эта находка указывает на то, что нагрузка на сустав и, в частности, на его медиальную часть увеличена, что в последующем может стать причиной развития ОА.

Цель исследования – изучить биомеханические изменения, характерные для повреждения менисков КС, а также их динамику в послеоперационном периоде.

Материал и методы

В исследование включено 24 пациента, которые были оперированы по поводу разрыва мениска как травматического, так и дегенеративного характера. Критерии включения пациентов в исследование: изолированное повреждение мениска, ОА КС не более II стадии по Kellgren и Lawtence, состоятельный связочный аппарат КС.

Критерии исключения: ОА КС более II стадии по Kellgren и Lawtence, повреждение связочного аппарата, предыдущие операции на связочном аппарате КС, рассекающий остеохондрит, нестабильность надколенника, неполная амплитуда разгибания КС, обусловленная ОА КС, механическая блокада КС, вызванная разрывом мениска, выполненный шов мениска.

В исследованной группе было 19 женщин и 5 мужчин. Возраст пациентов варьировал от 18 до 72 лет, средний возраст – 46,9 года; 7 больных были в возрасте ≥ 60 лет.

У 10 пациентов разрыв мениска мы расценили как дегенеративный, у остальных – как травматический.

Средний срок от момента травмы или заболевания КС до включения составил 23,8 мес (от 2 нед до 20 лет). С учетом такого значительного разброса временного параметра мы исключили два случая с наиболее длительным анамнезом и получили среднее значение данного промежутка времени – 9,6 мес.

Средний срок от даты операции до биомеханического исследования составил 3,04 мес. У 10 пациентов была 0, у 4 – I и у 10 – II стадия ОА КС. Всех пациентов до операции беспокоили боли в КС при физической нагрузке, ночные боли были только у трех пациентов с ОА II стадии.

Эпизод травмы до операции отметили 10 пациентов, при этом прямой механизм травмы был отмечен только у троих, остальные 14 травмы не отмечали.

У двоих пациентов был диагностирован разрыв латерального мениска. У всех остальных интраоперационно зафиксирован разрыв медиального мениска.

Хирургическое лечение пациентов в данной группе было выполнено в течение 2 лет, приблизительно с середины 2015 г. по середину 2017 г. Все пациенты были выписаны в течение первых или вторых суток после операции.

В ходе артроскопического вмешательства мы выполнили резекцию мениска в пределах поврежденных нестабильных тканей. В послеоперационном периоде все пациенты получали восстановительное лечение. Нагрузка на оперированную конечность в течение 1–4 сут была дозированной, а через 5 дней больным было рекомендовано избегать длительного пребывания в положении стоя [13]. Использовались методы лечебной физкультуры: статические и динамические упражнения, направленные на повышение силы и нормализацию тонуса мышц бедра, ягодичной группы и голени. Упражнения проводились в положениях лежа на спине и животе, сидя и стоя с использованием снарядов и грузов [14]. В послеоперационном периоде применялись также ультрафиолетовое облучение, низкочастотная терапия переменным магнитным полем, низкочастотная электротерапия и ультразвуковая терапия [15].

Контрольная группа включала 20 здоровых взрослых (14 мужчин и 6 женщин). Средний возраст составил 29,7 года, поскольку параметры ходьбы у здоровых людей остаются стабильными с подросткового возраста до 60–65 лет [16].

Исследование биомеханики походки проводили по методике, описанной нами ранее [17]. Регистрировали время цикла шага, движения в КС и тазобедренных суставах (ТБС) 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 ноги. После этого производили регистрацию движений и временных характеристик во время ходьбы обследуемых 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 по данным акселерометров отмечали циклы шага, после чего производили расчет средних гониограмм движений в суставах за цикл шага и временные характеристики цикла шага. В результате получали гониограммы движений в КС и ТБС в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, кривые вертикальных ускорений сенсоров, фиксированных на голени.

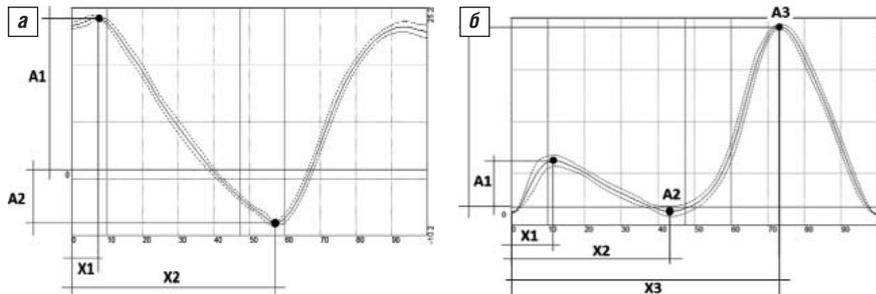
Ударные нагрузки определялись в начале ПО (параметр «Нагр.») в ускорениях свободного падения «g».

Оценивали длительность цикла шага (ЦШ) в секундах, длительность ПО в процентах от длительности ЦШ, длительность периода от начала ЦШ данной ноги до постановки на опору (после переноса) другой ноги (НВД).

Для ТБС определяли амплитуду максимального сгибания в начале ПО «A1» в градусах и фазу данной амплитуды

«X1 %» в процентах от ЦШ, амплитуду максимального разгибания «A2» в градусах и ее фаза «X2 %» в процентах от ЦШ (см. рисунок, а).

Для КС определяли амплитуду первого сгибания «A1» и ее фазу «X1», амплитуду и фазу разгибания «A2» и «X2», а также амплитуду и фазу второго сгибания с максимумом в периоде переноса — «A3» и «X3» соответственно (см. рисунок, б).



Измеряемые амплитуды (A) и фазы (X) на гониограммах ТБС (а) и КС (б)

Таблица 1 Временные параметры ЦШ и амплитуда удара в начале периода опоры

Сторона	Момент	ЦШ, с	ПО, %	НВД, %	Нагр, g
Пораженная конечность	До операции	1,3±0,2	60,0±1,1	49,8±1,3	1,5±0,2
	После операции	1,2±0,1	60,2±1,0	50,1±1,2	1,7±0,2*
Интактная конечность	До операции	1,3±0,2	59,9±0,8	49,9±1,4	1,6±0,2
	После операции	1,2±0,2	59,9±0,6	49,6±1,2	1,6±0,2
Контроль		1,2±0,1	59,8±0,4	49,9±0,6	1,7±0,2

Примечание. * – достоверные отличия от аналогичного значения до лечения.

Таблица 2 Амплитуда движений в ТБС

Параметр	Пораженная нога		Интактная нога		Контроль
	до операции	после операции	до операции	после операции	
X1	3,1±2,7	3,9±3,2	4,8±3,6	5,1±4,0	3,8±2,1
A1	21,8±5,6 [†]	21,0±4,7 [†]	23,1±4,8 [†]	22,1±4,4 [†]	26,3±4,1
X2	58,2±2,2 [†]	57,5±2,5	58,4±2,7 [†]	56,7±2,4*	56,0±2,1
A2	-7,0±6,0	-12,0±5,4*	-6,9±4,2 [†]	-11,4±6,6	-10,6±4,2
Приведение	11,2±5,5	12,5±4,3	12,7±4,7	11,8±3,4	13,5±3,8
Ротация	10,5±3,1 [†]	10,3±3,5	10,2±3,7	9,9±3,1	13,1±5,6

Примечание. * – достоверные отличия от аналогичного значения до лечения; [†] – достоверные отличия от аналогичного значения контрольной группы.

Таблица 3 Амплитуда движений в КС

Параметр	Пораженная нога		Интактная нога		Контроль
	до операции	после операции	до операции	после операции	
X1	17,2±5,4	16,3±2,1	15,3±2,8	16,1±2,3	16,7±2,3
A1	13,4±5,0 [†]	16,1±6,0**	15,7±6,0	19,5±6,7*	19,9±3,8
X2	37,7±8,1 [†]	39,6±8,7	39,6±8,0	42,0±4,9	43,5±2,2
A2	9,3±5,5	9,3±4,1	8,7±4,3	9,6±4,6 [†]	6,7±3,6
X3	74,7±1,7	74,4±1,5	75,8±1,8	74,7±1,5 [†]	73,9±1,3
A3	58,1±10,8 [†]	64,3±9,6*	62,7±8,6	66,9±8,1*	68,7±5,4
Приведение	12,8±5,8	13,3±5,5	12,9±5,9	12,6±5,6	17,8±8,3
Ротация	14,7±6,5 [†]	17,6±6,3*	16,1±4,2	16,8±5,5	21,0±8,5

Примечание. * – достоверное отличие от этого значения до оперативного лечения; [†] – достоверные отличия от аналогичного значения контрольной группы.

Для движений отведения–приведения и ротации обоих суставов регистрировалась суммарная и максимальная амплитуда за ЦШ.

Полученные результаты обработаны стандартными методами вариационной статистики в пакете Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Вычислялись средние значения и среднеквадратическое отклонение. Оценка достоверности различий проводилась по критерию Вилкоксона–Манна–Уитни. Различия считались достоверными при $p < 0,05$. Проводилась оценка по сравнению с соответствующими показателями для здоровой стороны, а также для контрольной группы.

Результаты

В ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде осложнений мы не наблюдали. Пациенты за медицинской помощью по данному заболеванию не обращались.

В послеоперационном периоде все пациенты указывали на исчезновение или значительное уменьшение боли в оперированном КС при физической нагрузке и полное отсутствие ночных болей.

Также обращает на себя внимание уменьшение «чувства усталости» в контралатеральном КС примерно у трети пациентов, что можно связать с перераспределением физиологической нагрузки на нижние конечности, которое, на наш взгляд, является следствием как улучшения опорной функции оперированной конечности, так и положительного влияния восстановительного лечения в послеоперационном периоде.

Результаты биомеханического исследования представлены в табл. 1–3.

Временные характеристики цикла шага остаются в норме как до, так и после оперативного лечения (см. табл. 1). Единственный параметр, который после операции статистически достоверно возрастает до нормативного значения, — это нагрузка на пораженную конечность.

Амплитуда сгибания ТБС в начале достоверно снижена по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$)

симметрично для обеих конечностей (см. табл. 2). Данное снижение сохраняется и после оперативного лечения. До лечения амплитуда максимального разгибания в ТБС достигается достоверно позже, чем в контрольной группе ($p < 0,05$). После лечения эти различия исчезают. На стороне поражения отмечалось достоверное увеличение амплитуды разгибания ТБС после лечения. На интактной стороне эта амплитуда до лечения достоверно снижена по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). Амплитуда ротации ТБС достоверно снижена на стороне поражения по сравнению с контрольной группой.

Амплитуда первого сгибания в КС (А1) на стороне поражения достоверно снижена по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). После оперативного лечения она достоверно возрастает, но остается ниже, чем в контроле (см. табл. 3). На интактной стороне после лечения отмечается достоверное увеличение данной амплитуды ($p < 0,05$) до соответствующего значения в контрольной группе. Также на стороне поражения разгибание КС в периоде одиночной опоры до лечения завершается достоверно раньше, чем в контрольной группе. После лечения данный параметр не отличается от контроля. На интактной стороне после лечения амплитуда разгибания в периоде одиночной опоры (А2) достоверно больше, чем в контрольной группе ($p < 0,05$).

Основная, маховая амплитуда (А3) на стороне поражения до лечения достоверно меньше, чем в контроле, и значительно возрастает после лечения ($p < 0,05$). На интактной стороне она также достоверно возрастает после лечения. Фаза данной амплитуды (Х3) на интактной стороне достоверно увеличивается после лечения по сравнению с исходным значением ($p < 0,05$).

Амплитуда приведения—отведения существенно не менялась. Объем ротационных движений достоверно снижен на стороне поражения и значительно возрастает после лечения.

Обсуждение

Полученные нами результаты согласуются с данными литературы о вовлечении в патологический процесс обеих нижних конечностей [18–20]. В течение первых 3 мес после оперативного лечения отмечаются относительно незначительные функциональные изменения.

Отдельным пунктом стоит вопрос об эффективности артроскопической резекции мениска при дегенеративных повреждениях на фоне уже развившегося ОА КС. Данная проблематика требует дальнейшего изучения, в том числе с применением функциональных методов исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- De Smet AA, Nathan DH, Graf BK, et al. Clinical and MRI findings associated with false-positive knee MR diagnoses of medial meniscal tears. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191(1):93-9. doi: 10.2214/ajr.07.3034
- Bolog NV, Andreisek G. Reporting knee meniscal tears: technical aspects, typical pitfalls and how to avoid them. *Insights Imaging.* 2016;7(3):385-98. doi: 10.1007/s13244-016-0472-y
- Marx RG. Arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee? *N Engl J Med.* 2008 Sep 11;359(11):1169-70. doi: 10.1056/NEJMe0804450
- Herrlin SV, Wange PO, Lapidus G, et al. 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):358-64. doi: 10.1007/s00167-012-1960-3
- Khan M, Evaniew N, Bedi A, et al. Arthroscopic surgery for degenerative tears of the meniscus: a systematic review and meta-analysis. *CMAJ.* 2014 Oct 7;186(14):1057-64. doi: 10.1503/cmaj.140433. Epub 2014 Aug 25.
- Stensrud S, Risberg MA, Roos EM. Effect of exercise therapy compared with arthroscopic surgery on knee muscle strength and functional performance in middle-aged patients with degenerative meniscus tears: a 3-mo follow-up of a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2015 Jun;94(6):460-73. doi: 10.1097/PHM.0000000000000209
- Edd SN, Netravali NA, Favre J, et al. Alterations in knee kinematics after partial medial meniscectomy are activity dependent. *Am J Sports Med.* 2015;43(6):1399-407. doi: 10.1177/0363546515577360

Повреждение менисков КС не приводит к значительному изменению биомеханики ходьбы. Конечно, это имеет место только в типичном случае. Регистрируемые параметры цикла шага не изменяются, т. е. имеющиеся изменения не затрагивают временную структуру. Сгибание и разгибание в обоих ТБС незначительно уменьшается. Это приводит к уменьшению длины шага и, соответственно, скорости ходьбы, что подтверждается проведенными ранее исследованиями [21, 22].

Наиболее демонстративны изменения функции КС, которые имеют место только на стороне поражения. Это уменьшение амплитуды первого и второго сгибания, а также ротационных движений. Движения КС здоровой конечности не изменяются.

После оперативного лечения на стороне поражения нормализуется ударная нагрузка в начале ПО, увеличивается амплитуда разгибания ТБС, сгибания КС и ротационных движений.

На интактной стороне уменьшается до нормального значения фаза полного разгибания ТБС, увеличивается амплитуда первого и второго сгибания КС.

Заключение

Таким образом, при повреждении менисков происходит модификация кинематики движений в ТБС и КС, направленная на снижение нагрузки на пораженный сустав. В данном случае изменения не являются грубыми и поэтому компенсируются без развития существенной функциональной асимметрии. Этому способствует снижение скорости ходьбы.

В первые 3 мес после оперативного лечения функция оперированного КС нормализуется, но только при ходьбе по ровной поверхности. Для более сложных движений или спортивных тренировок такого промежутка времени недостаточно.

Прозрачность исследования

Данное исследование поддержано в рамках государственного задания ФНКЦ ФМБА, номер государственной регистрации 20.001.16.800. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях

Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за статью.

8. Dempsey AR, Wang Y, Thorlund JB, 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):1097-103. doi: 10.1007/s00167-012-2075-6
9. Harato K, Sakurai A, Kudo Y, et al. Three-dimensional knee kinematics in patients with a discoid lateral meniscus during gait. *Knee.* 2016;23(4):622-66. doi: 10.1016/j.knee.2015.10.007
10. Magyar OM, Illyes A, Knoll Z, Kiss RM. Effect of medial meniscectomy on gait parameters. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(4):427-33. doi: 10.1007/s00167-007-0430-9
11. Magyar MO, Knoll Z, Kiss RM. The influence of medial meniscus injury and meniscectomy on the variability of gait parameters. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(2):290-7. doi: 10.1007/s00167-011-1612-z
12. Sturnieks DL, Besier TF, Mills PM, et al. Knee joint biomechanics following arthroscopic partial meniscectomy. *J Orthop Res.* 2008;26(8):1075-080. doi: 10.1002/jor.20610
13. Повреждения менисков коленного сустава. Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Ассоциация травматологов-ортопедов России» (АТОР). Свидетельство о регистрации от 07.07.2014 г. [Damage to the meniscus of the knee joint. Clinical recommendations of the All-Russian public organization «Association of Traumatology and Orthopedists of Russia» (ATOR). Registration certificate dated 07.07.2014 (In Russ.)].
14. Тихилов РМ, Трачук АП, Богопольский ОЕ, Серебряк ТВ. Восстановительное лечение после артроскопии коленного сустава (руководство для пациентов). Санкт-Петербург: Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена; 2006 [Tikhilov RM, Trachuk AP, Bogopol'skiy OE, Serebryak TV. *Vosstanovitel'noe lechenie posle artroskopii kolennogo sustava (rukovodstvo dlya patientsov)* [Rehabilitation treatment after arthroscopy of the knee joint (patient's manual)]. St. Petersburg: R.R. Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; 2006 (In Russ.)].
15. Реабилитация при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава (оперативное лечение). Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации содействия развитию медицинской реабилитологии «Союз реабилитологов России», 2015 г. Доступно по ссылке: <https://rehabrus.ru/klinicheskie-rekomendaczii.html> [Rehabilitation in case of damage to the knee-ligamentous apparatus of the knee joint (operative treatment), Clinical guidelines of the All-Russian Public Organization for Assistance to the Development of Medical Rehabilitology «The Union of Rehabilitologists of Russia», 2015. Available from: <https://rehabrus.ru/klinicheskie-rekomendaczii.html> (In Russ.)].
16. Скворцов ДВ. Клинический анализ движений. Анализ походки. Москва: Стимул; 1996. 375 с. [Starlings DV. *Klinicheskii analiz dvizhenii. Analiz pokhodki* [Clinical analysis of movements. Analysis gait]. Moscow: Stimulus; 1996. 375 p. (In Russ.)].
17. Ахпашев АА, Загородний НВ, Канаев АС и др. 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 [Akhpashev AA, Zagorodnii NV, Kanaev AS, et al. The function of the knee joint during walking in patients with anterior cruciate ligament rupture of the knee joint before and after surgical treatment. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii.* 2016;(2):15-24 (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-15-24
18. St-Pierre DMM, Laforest S, Paradis S, et al. Isokinetic rehabilitation after arthroscopic meniscectomy. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992;64(5):437-43. doi: 10.1007/BF00625064
19. O'Reilly SC, Jones A, Muir KR, Doherty M. Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect on pain and disability. *Ann Rheum Dis.* 1998;57:588-94. doi: 10.1136/ard.57.10.588
20. Elboim-Gabyzon M, Rozen N, Laufer Y. Quadriceps femoris muscle fatigue in patients with knee osteoarthritis. *Clin Interv Aging.* 2013;8:1071-7. doi: 10.2147/CIA.S42094. Epub 2013 Aug 13.
21. Kerrigan CD, Lee LW, Collins JJ, et al. Reduced Hip Extension During Walking: Healthy Elderly and Fallers Versus Young Adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:26-30. doi: 10.1053/apmr.2001.18584
22. Goldberg SR, Stanhope SJ. Sensitivity of joint moments to changes in walking speed and body-weight-support are interdependent and vary across joints. *J Biomech.* 2013 Apr 5;46(6):1176-83. doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.01.001

**Ответы на вопросы к статье
Ю.Л. Корсаковой и Т.В. Коротяевой
«Современная фармакотерапия
псориазического артрита»**

(с. 82):

- 1 - Б
2 - Г
3 - Г
4 - А
5 - Б
6 - А