

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ (фМСКТ) В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИЙ ПАТЕЛЛОФЕМОРАЛЬНОГО СОЧЛЕНЕНИЯ

Серова Н.С., Бабкова А.А., Терновой С.К.

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет), г. Москва, Россия.

Пателлофemorальное сочленение (ПФС) – анатомическая область, которая наиболее часто вовлекается в патологический процесс, преимущественно у людей молодой возрастной группы. С целью возможности оценки патологических изменений ПФС на всех этапах трекинга надколенника из положения сгибания до положения максимально возможного разгибания коленного сустава на базе отделения лучевой диагностики №2 УКБ №1 (Сеченовский Университет) был разработан и внедрен в практику метод диагностики патологии пателлофemorального сочленения при помощи использования функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ).

Цель исследования. Оценить возможности применения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике патологий пателлофemorального сочленения.

Материалы и методы. Обследовано 67 пациентов в возрасте от 18 до 59 лет с подозрением на патологии ПФС, включающие латеральную пателлофemorальную нестабильность и гиперпрессию латеральной фасетки надколенника. Всем пациентам проводилось исследование коленных суставов с помощью фМСКТ на томографе Aquilion ONE 640 (Canon, Japan). Далее по данным фМСКТ была проведена оценка патологических изменений ПФС.

Результаты и их обсуждение. При анализе результатов фМСКТ были получены следующие данные: у 77,6% пациентов (n=52) была выявлена латеропозиция надколенника, у 71,6% (n=48) отмечалась гиперпрессия латеральной фасетки различной степени, у 14,9% пациентов (n=10) была выявлена медиализация надколенника, высокое расположение надколенника отмечалось у 25,3% пациентов (n=17). У 47,7% пациентов (n=32) визуализировались дегенеративно-дистрофические изменения ПФС. В результате анализа данных фМСКТ 67 пациентов (100%) с клиническими признаками наличия патологии ПФС у 40% пациентов (n=27) травматологами-ортопедами в дальнейшем была изменена тактика хирургического лечения – был произведен артроскопический латеральный релиз надколенника. Таким образом, функциональная МСКТ коленного сустава позволяет проводить полноценное обследование пациентов с подозрением на наличие патологии ПФС и получать подробную диагностическую информацию о состоянии анатомических структур пателлофemorального сочленения, которая является необходимой для более точного планирования оперативного вмешательства.

Заключение. фМСКТ коленного сустава является новым, современным методом лучевой диагностики, обладающим высокими диагностическими возможностями в выявлении патологий пателлофemorального сочленения, в том числе в верификации гиперпрессии фасеток, латеропозиции и медиализации надколенника, дает возможность определить наиболее оптимальную тактику ведения пациентов, что, в свою очередь, помогает улучшить результаты проведенного хирургического лечения.

Ключевые слова: фМСКТ, нестабильность пателлофemorального сочленения, гиперпрессия фасетки надколенника, латеропозиция надколенника, МСКТ.

Контактный автор: Бабкова А.А., e-mail: babkova_a_a@staff.sechenov.ru

Для цитирования: Серова Н.С., Бабкова А.А., Терновой С.К. Функциональная мультиспиральная компьютерная томография (фМСКТ) в диагностике патологий пателлофemorального сочленения. REJR 2025; 15(1):130-138. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-130-138.

Статья получена: 16.12.24

Статья принята: 03.03.25

APPLICATION OF FUNCTIONAL MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY (fMSCT) IN THE DIAGNOSIS OF PATHOLOGIES OF THE PATELLOFEMORAL JOINT

Serova N.S., Babkova A.A., Ternovoy S.K.

Sechenov University. Moscow, Russia.

The patellofemoral joint (PFJ) is an anatomical area that is most often involved in the pathological process, mainly in people of a young age group. In order to be able to assess pathological changes in the PFS at all stages of patellar tracking from the flexion position to the position of the maximum possible extension of the knee joint in the radiology department 2 of the University clinical hospital 1 (Sechenov University). A method for diagnosing pathology of the patellofemoral joint was developed and put into practice using functional MSCT (fMSCT).

Purpose. To evaluate the possibilities of functional multispiral computed tomography (fMSCT) in the diagnosis of PFJ pathologies.

Materials and methods. A total of 67 patients aged 18 to 59 years with suspected pathology of the PFS, including lateral patellofemoral instability and hyperpression of the lateral facet of the patella, were examined. All patients underwent knee joint examination using fMSCT on an Aquilion ONE 640 tomograph (Canon, Japan).

The results and discussion. When analyzing the results of fMSCT, the following data were obtained: 77.6% of patients (n=52) had patellar lateroposition, 71.6% (n=48) had hyperpression of the lateral facet of varying degrees, 14.9% of patients (n=10) had patellar medialization, high patellar location was noted in 25.3% of patients (n=17). In 47.7% of patients (n=32), degenerative-dystrophic changes in PFJ were visualized. As a result of the analysis of fMSCT data in 67 patients (100%) with clinical signs of PFS pathology in 40% of patients (n=27), orthopedic traumatologists subsequently changed the tactics of surgical treatment – arthroscopic lateral patella release was performed. Thus, functional MSCT of the knee joint allows for a full-fledged examination of patients with suspected PFS pathology and obtaining detailed diagnostic information about the state of anatomical structures of the patellofemoral joint, which is necessary for more accurate planning of surgical intervention.

Conclusion. fMSCT of the knee joint is a new, modern method of radiological diagnostics, which has high diagnostic capabilities in detecting pathologies of the PFJ, including verification of facet hyperpression, lateroposition and medialization of the patella and makes it possible to determine the most optimal patient management tactics, which in turn helps to improve the results of surgical treatment.

Keywords: fMSCT, instability of patellofemoral articulation, hyperpression of the patellar facet, patellar lateroposition, MSCT.

Corresponding author: Babkova A.A., e-mail: babkova_a_a@staff.sechenov.ru

For citation: Serova N.S., Babkova A.A., Ternovoy S.K. Application of functional multispiral computed tomography (fMSCT) in the diagnosis of pathologies of the patellofemoral joint. REJR 2025; 15(1):130-138. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-130-138.

Received: 16.12.25

Accepted: 03.03.25

Пателлофеморальное сочленение (ПФС) – анатомическая область, которая наиболее часто вовлекается в патологический процесс, преимущественно у людей молодой возрастной группы, в том числе, у физически активных [1, 2]. Различные заболевания ПФС такие, как гиперпрессия, латеропозиция надколенника, на сегодняшний день широко распространены и, по данным разных авто-

ров, встречаются у подростков (от 21 до 45%), у взрослого населения (от 15 до 33%) [3]. Как правило, патологические изменения ПФС возникают на фоне анатомических особенностей врожденного характера (конфигурация надколенника II-III тип по Wiberg, гипоплазия или дисплазия мышечков бедренной кости и т.д.), а также на фоне дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава и ПФС [4–6]. Данные предикторы в

дальнейшем обуславливают развитие различных биомеханических расстройств: нестабильности и нарушения конгруэнтности надколенника, хондромалиции надколенника, дегенеративно-дистрофических изменений ПФС [7, 8]. К наиболее распространенным патологиям ПФС относятся: латеропозиция, подвывих надколенника, гиперпрессия фасеток, артроз [9–11].

Для диагностики патологии ПФС на первом этапе используется физикальный осмотр с проведением специальных тестов, проб, также различные методы лучевой диагностики (рентгенография (РГ), мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ)). Чаще всего для визуализации ПФС применяется РГ и МСКТ, выполняемые на стандартных углах сгибания коленного сустава. В качестве дополнительных методов используются МРТ и УЗИ. Также в настоящее время есть данные о применении функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) коленного сустава. Данная методика и разработанный протокол позволяют проводить оценку анатомии и биомеханики передней крестообразной связки в движении [12].

До появления таких высокоинформативных методов исследования, как МСКТ и МРТ, как правило, диагностика патологий ПФС основывалась на стандартной рентгенографии в аксиальной проекции Merchant и в боковой проекции (в положении сгибания коленного сустава 25-300) [13, 14]. При появлении МСКТ и МРТ диагностика изменений ПФС стала более информативной, однако, при подобных статичных исследованиях не оказалось возможности оценивать непосредственно степень нарушения конгруэнтности надколенника и блока бедра, так как активные жалобы у данной группы пациентов появляются только при активном движении, когда происходит трекинг надколенника – при сгибании и разгибании в коленном суставе [15, 16].

С целью возможности оценки патологических изменений ПФС на всех этапах трекинга надколенника из положения сгибания до положения максимально возможного разгибания коленного сустава на базе отделения лучевой диагностики №2 УКБ №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет) был разработан и внедрен в практику метод диагностики патологии пателлофemorального сочленения с помощью функциональной МСКТ.

Цель исследования.

Оценить возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томо-

графии (фМСКТ) коленного сустава в диагностике патологий пателлофemorального сочленения (ПФС).

Материалы и методы.

В представленном исследовании было обследовано 67 пациентов (100%) с подозрением на патологию ПФС. Возраст пациентов составил от 18 до 59 лет. Среди пациентов преобладали женщины – 72% (n=48). Всем пациентам была проведена фМСКТ. Методика фМСКТ коленного сустава была разработана и проводилась в схожем алгоритме и протоколе с функциональной МСКТ шейного отдела позвоночника [17, 18]. ФМСКТ коленного сустава проводилась на мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion ONE 640 (Canon, Japan).

Укладка пациента проводилась в положении лежа на спине ногами в сторону гентри, далее под колено подкладывалось специальное приспособление в форме треугольной призмы, которое создавало необходимое сгибание в коленном суставе – угол составил 60° (рис. 1).

Далее пациенту разъяснялся процесс проведения исследования, также проводились 1-2 тренировочные процедуры под счет врача-рентгенолога. После этого пациенту выполнялась объемная компьютерная томография в аксиальной проекции. Исследование составляло 7 секунд во время которых пациент совершал плавное разгибание в коленном суставе до максимально возможного уровня (рис. 2).

После исследования проводилось построение мультипланарных реконструкций с толщиной среза 1 мм, в том числе, с обязательным построением косо-аксиальной реконструкции, при которой происходит выведение в одну плоскость задних мышечков бедренной кости и наибольшего аксиального размера надколенника. Далее проводилась задняя чрезмышечковая линия – горизонталь, которая соединяет задние отделы мышечков (рис. 3).

Также одним из этапов постпроцессорной обработки полученных диагностических данных явилось построение и анализ 3D-реконструкций (рис. 4).

Суммарная средняя доза лучевой нагрузки при проведении фМСКТ для каждого пациента в среднем составила 7-8 мЗв.

По полученным томограммам оценивались следующие параметры:

1. конфигурация надколенника по Wiberg, особенности его строения;
2. расположение надколенника по высоте в соответствии с индексом Катона-



Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Фотография.

Укладка пациента на столе томографа при выполнении функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава перед началом исследования.

Fig. 1. Photo.

Positioning of the patient on the tomograph table when performing functional multispiral computed tomography of the knee joint before the start of the study.



Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Фотография.

Укладка пациента на столе томографа при выполнении постепенного разгибания коленного сустава при функциональной мультиспиральной компьютерной томографии.

Fig. 2. Photo.

Positioning of the patient on the tomograph table while performing gradual extension of the knee joint with functional multispiral computed tomography.

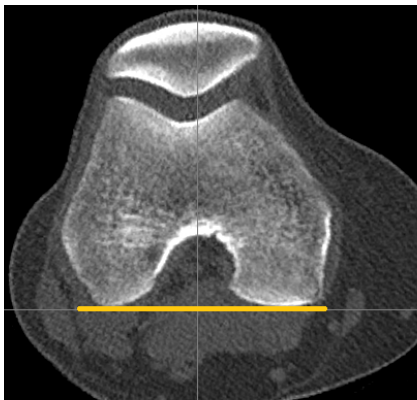


Рис. 3.

Рис. 3. фМСКТ правого коленного сустава, косо-аксиальная реконструкция.

Визуализируется условная задняя чрезмыщелковая линия (желтая линия).

Fig. 3. fMSCT of the right knee joint, oblique-axial reconstruction.

A conditional posterior transcondylar line (yellow line) is visualized.

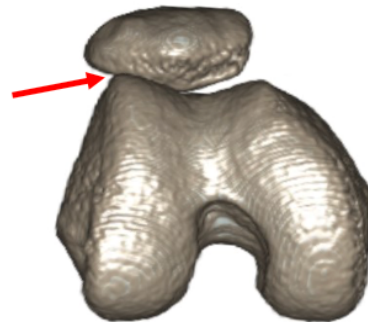


Рис. 4.

Рис. 4. фМСКТ правого коленного сустава.

3D-реконструкция пателлофemorального сочленения. Отмечается сужение щели ПФС в латеральном отделе, латеропозиция надколенника (красная стрелка).

Fig. 4. fMSCT of the right knee joint.

3D-reconstruction of the patellofemoral joint. There is a narrowing of the PFJ gap in the lateral part, the lateral position of the patella (red arrow).

Дешампа (при анализе фМСКТ-данных – на сериях, соответствующих 25° сгибания);

3. конфигурация и особенности строения блока бедренной кости;

4. наличие, степень выраженности дегенеративно-дистрофических изменений ПФС;

5. состояние щели ПФС, признаки гиперпрессии фасеток (размер щели сочленения $\leq 2,9$ мм);

6. смещение надколенника относительно межмышцелковой борозды по индексу TT-TG. Для получения данного индекса необходимо произвести аксиальную Average-реконструкцию с толстыми срезами (MIP с толщиной среза 75 мм – 100 мм) таким образом, чтобы в одном поле обзора находились задние отделы мышц бедра, межмышцелковая задняя вырезка, передне-верхний отдел бугристости большеберцовой кости. Расстояние в миллиметрах между перпендикуляром, проведенным к задней чрезмышцелковой линии через центральный отдел задней межмышцелковой вырезки, и перпендикуляром, проведенным к задней чрезмышцелковой линии через бугристость большеберцовой кости, и явились значением индекса TT-TG;

7. угол латерального наклона надколенника – угол с вершиной в латеральном полюсе надколенника, образованный линией, проведенной через наибольший аксиальный размер надколенника, и линией, параллельной задней чрезмышцелковой линии (избыточный латеральный наклон надколенника наблюдается при значениях угла более 15°);

8. возможные изменения параартикулярных мягких тканей [19, 20].

Результаты и их обсуждение.

По результатам анализа диагностических данных после проведения фМСКТ коленных суставов в представленном исследовании были получены следующие данные: в подавляющем проценте (49%, n=33) у пациентов был выявлен тип надколенника Wiberg II-III. При этом тип III встречался в 24% случаев (n=16) и сочетался с выраженными признаками латеральной нестабильности и явлениями гиперпрессии.

В соответствии с индексом Катона-Дешампа высокое расположение надколенника было выявлено у 26% пациентов (n=17) (рис. 5).

Дегенеративно-дистрофические изменения ПФС в представленном исследовании отмечались у 47,7% пациентов (n=32), что проявлялось в выраженном сужении суставной щели (менее 2,9 мм), субхондральном остеосклерозе, преимущественно латераль-

ной фасетки, наличии краевых остеофитов, субхондральной кистовидной перестройки.

У двух пациентов (3%) в исследовании определялась гипоплазия эпифиза бедренной кости.

При анализе признаков гиперпрессии латеральной фасетки были получены следующие данные: гиперпрессия 2-й степени была выявлена в 40,3% случаев (n=27), 1-й степени – 31,3% (n=21) (рис. 6).

Далее оценивался индекс TT-TG, который характеризует степень латеральной нестабильности ПФС, что напрямую коррелирует с тактикой лечения (табл. №1).

Увеличение индекса TT-TG по данным фМСКТ более 14 мм было выявлено у 53,7% (n=36). Значение индекса более 22 мм отмечалось у 16 пациентов (23,9%), что свидетельствовало о наличии подвывиха (рис. 7).

Также по данным фМСКТ у 14,9% пациентов (n=10) была выявлена медиализация надколенника.

Увеличение угла латерального наклона более 15 градусов в исследовании отмечалось у 58,2% (n=39). При этом выраженное увеличение угла латерального наклона (более 250) выявлено у 19,4% пациентов (n=13) (рис. 8).

В результате анализа данных фМСКТ 67 пациентов (100%) с клиническими признаками наличия патологии ПФС у 40% пациентов (n=27) травматологами-ортопедами в дальнейшем была изменена тактика хирургического лечения – был произведен артроскопический латеральный релиз надколенника.

Таким образом, функциональная МСКТ коленного сустава позволяет проводить полноценное обследование пациентов с подозрением на наличие патологии ПФС и получать подробную диагностическую информацию о состоянии таких анатомических структур сочленения, как:

- оценка нарушения биомеханики ПФС непосредственно в процессе выполнения его функции;
- возможность ранней неинвазивной диагностики начальных изменений сочленения (до момента развития выраженных дегенеративно-дистрофических изменений);
- возможность оценки и выявления патологии на углах сгибания коленного сустава, отличных от стандартных;
- возможность оценки влияния дегенеративно-дистрофических изменений на биомеханику ПФС;
- возможность постпроцессорной обработки данных с использованием дополнительных реконструкций и специализированной программы (при наличии соответствующей

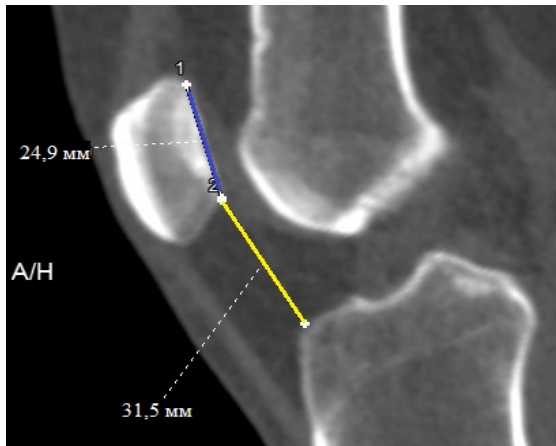


Рис. 5.

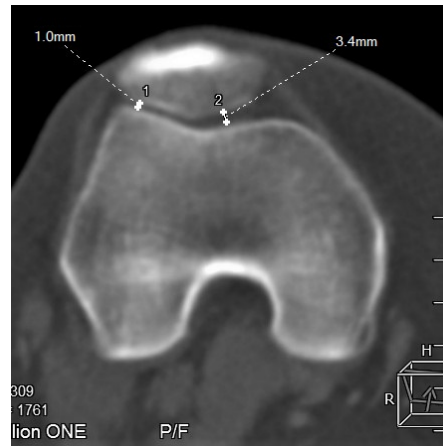


Рис. 6.

Рис. 5. фМСКТ коленного сустава, сагиттальная реконструкция.

Оценка высоты расположения надколенника с использованием индекса Катона-Дешампа – отношения расстояния от нижнего края суставной поверхности надколенника до передне-верхнего края бугристости большеберцовой кости (желтая линия) к длине суставной поверхности надколенника (синяя линия). В положении сгибания 25° индекс равен 1,27.

Fig. 5. fMSCT of the knee joint, sagittal reconstruction.

Assessment of the height of the patella using the Caton-Deschamps index – the ratio of the distance from the lower edge of the articular surface of the patella to the anterior-upper edge of the tuberosity of the tibia (yellow line) to the length of the articular surface of the patella (blue line). In the bending position of 25° the index is 1,27.

Рис. 6. фМСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость.

В состоянии полного разгибания. Отмечается сужение щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе – до 1 мм – признак гиперпрессии латеральной фасетки. Данных за гиперпрессию медиальной фасетки не получено, щель сочленения медиально – 3,4 мм.

Fig. 6. fMSCT of the knee joint, axial plane.

In a state of complete extension. There is narrowing of the gap of the patellofemorol joint in the lateral section – up to 1 mm – a sign of hyperpression of the lateral facet. No data were obtained for hyperpression of the medial facet, the gap of the medial articulation is 3,4 mm.

Таблица №1. Степени выраженности латеральной нестабильности ПФС на основе данных фМСКТ.

Латеральная нестабильность пателлофemorального сочленения

Степень	0 (N)	1	2	3
Индекс ТГ-ТГ, в мм	<14	14-17,9	18-21,9	≥22
Угол наклона надколенника, в °	<15	Либо норма, либо 15-17,9	18-24,9	≥25
Тактика лечения	-	Консервативная	Консервативная либо хирургическая	Хирургическая

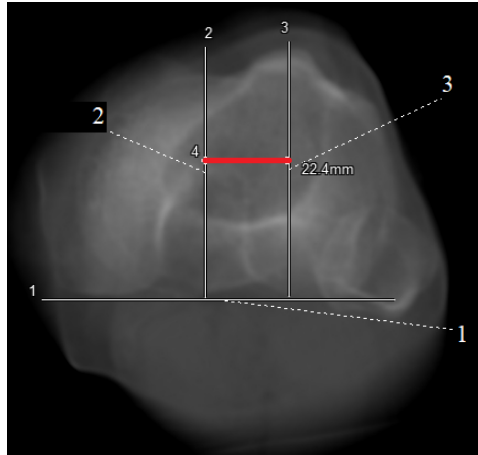


Рис. 7.

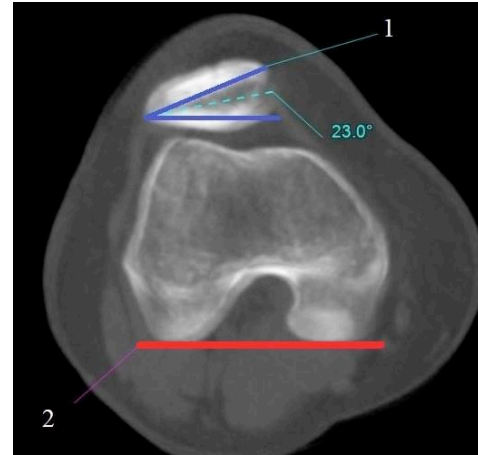


Рис. 8.

Рис. 7. фМСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость.

Томограмма коленного сустава в состоянии полного разгибания, полученная при реконструкции функциональной МСКТ с толщиной среза 75 мм с выведением в поле обзора анатомических ориентиров для измерения индекса ТТ-ТГ (красная линия). Индекс ТТ-ТГ – расстояние между перпендикуляром (2), проведенным к задней чрезмыщелковой линии (1) через центр задней межмыщелковой ямки, и перпендикуляром (3), проведенным к задней чрезмыщелковой линии через бугристую большеберцовую кости. В данном случае отмечается увеличение индекса ТТ-ТГ до 22,4 мм.

Fig. 7. fMSCT of the knee joint, axial plane.

A tomogram of the knee joint in a state of full extension obtained during the reconstruction of a functional MSCT with a slice thickness of 75 mm with the removal of anatomical landmarks in the field of view to measure the TT-TG index (red line). The TT-TG index is the distance between the perpendicular (2) drawn to the posterior transcondylar line (1) through the center of the posterior intercondylar fossa and the perpendicular (3) drawn to the posterior transcondylar line through the tuberosity of the tibia. In this case, there is an increase in the TT-TG index to 22,4 mm.

Рис. 8. фМСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость.

Томограмма полностью разогнутого коленного сустава. Угол латерального наклона надколенника (1) имеет вершину в области латерального полюса надколенника и соединяет линию, проведенную через наибольший поперечный размер надколенника (1), и линию, параллельную задней чрезмыщелковой линии (красная линия). В данном случае отмечается увеличение угла латерального наклона надколенника до 23°.

Fig. 8. fMSCT of the knee joint, axial plane.

Tomogram of a fully extended knee joint. The angle of lateral patellar inclination (1) has its apex in the region of the lateral pole of the patella and connects a line drawn through the largest transverse dimension of the patella (1) and a line parallel to the posterior transcondylar line (red line). In this case, an increase in the angle of lateral patellar inclination to 23° is noted.

щего программного обеспечения), которые могут быть необходимы для более точного планирования оперативного вмешательства.

Заключение.

Распространённость патологии ПФС с каждым годом неуклонно растет, преимущественно среди лиц женского пола, также среди молодой и средней возрастной категории, в том числе среди физически активных людей и профессиональных спортсменов.

Своевременное выявление патологических изменений ПФС на дооперационном этапе является невозможным без применения такой новой, оригинальной, высокотехнологичной и высокоинформативной методики, как фМСКТ, которая позволила выделить степени выраженности патологических изменений ПФС при латеральной нестабильности надколенника, также при гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.

фМСКТ коленного сустава является новым, современным неинвазивным методом лучевой диагностики, обладающим высокими диагностическими возможностями в выявлении различных патологий ПФС. При этом данный метод намного информативнее стандартной МСКТ в верификации гиперпрессии фасеток, латеропозиции и медиализации надколенника и дает возможность определить наиболее оптимальную тактику ведения пациентов, что, в свою очередь, помогает многократно улучшить результаты проведенного хирургического лечения.

фМСКТ коленного сустава может быть использована без предварительного применения рентгенографии и стандартной МСКТ у пациентов с подозрением на патологию пателлофemorального сочленения.

Таким образом, новая методика

(фМСКТ) направлена на существенное совершенствование оказания медицинской помощи категории пациентов с подозрением на наличие патологии переднего отдела коленного сустава с целью ранней и неинвазивной диагностики заболеваний ПФС, что, в дальнейшем позволит уменьшить частоту хронизации процесса, снизить процент случаев потери трудоспособности и инвалидизации населения, а также улучшить качество жизни пациентов.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Taunton J.E., Ryan M.B., Clement D.B et al. A retrospective case-control analysis of 2,002 running injuries. *British Journal of Sports Medicine*. 2002; 36 (2): 95-101. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.36.2.95>.
2. Boling, M., Padua, D., Marshall, S. et al. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010; 20 (5): 725-730. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00996.x>.
3. Gerasimenko, M.A. *Diagnosis and treatment of injuries and orthopedic diseases of the knee joint*. Minsk, Technology, 2010. 167 p.
4. Wiberg G. Roentgenographic and anatomic studies on the femoropatellar joint. *Acta Orthop Scand*. 1941; 12: 319-410.
5. Dejour H., Walch G., Neyret P. Dysplasia of the femoral trochlea. *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot*. 1990; 76 (1): 45-54.
6. Ложко П.П., Киселевский Ю.М. Анатомические предпосылки к возникновению патологии пателлофemorального сустава. Весенние анатомические чтения Сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти доцента Д. Д. Смирнова. С. 106-107.
7. Fulkerson J.P. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *Am J Sports Med*. 2002; 30 (3): 447-56. <https://doi.org/10.1177/03635465020300032501>.
8. Whitlock K., Mosier B., Matzkin E. Anterior Knee Pain: Diagnosis and Treatment. In: Katz J., Blauwet C., Schoenfeld A. (eds) *Principles of Orthopedic Practice for Primary Care Providers*. Springer, Cham. 2018; 313-327. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68661-5_19.
9. Саид Ф.М.М., Ахтямов И.Ф., Кудрявцев А.И., Нуриахметов А.Н. Этиопатогенетические основы развития пателлофemorального артроза. *Казанский медицинский журнал*. 2018; 99 (2): 270-278.
10. Novak, D.J., Fox, J.M. *Operative arthroscopy, third edition*. 2002: 265-285.
11. М.А. Герасименко, О.И. Шалатонина, Е.В. Жук. Синдром латеральной гиперпрессии надколенника у пациентов молодого возраста. Клинико-электромиографическое исследование. *ARS MEDICA*. 2010; 9 (29): 197-201.
12. Филистеев П.А., Терновой С.К., Серова Н.С., Семенов А.И., Заров А.Ю. Функциональная магнитно-резонансная томография в оценке биомеханики передней крестообразной связки коленного сустава: методика и протокол исследования. *REJR*. 2024; 14(4):167-178. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-4-167-178.
13. Merchant A.C. Patellofemoral imaging. *Clin Orthop Relat Res*. 2001; 389: 15-21. <https://doi.org/10.1097/00003086-200108000-00004>.
14. Dejour D., Saggin P.R., Meyer X., Tavernier T. Standard X-Ray Examination: Patellofemoral Disorders. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 51-60. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_6.
15. Бахвалова В.А., Терновой С.К., Серова Н.С. Лучевая диагностика патологий пателлофemorального сочленения. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (4): 65-76. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-65-76.
16. Chu C.R., Williams A., Schreiber V.M. MRI of the Patellofemoral Articular Cartilage. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis*. Springer. 2010; 91-98. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_11.
17. Терновой С.К., Серова Н.С., Абрамов А.С., Терновой К.С. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии шейного отдела позвоночника. *REJR*. 2016; 6 (4): 38-43. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-4-38-43.
18. Терновой С.К., Лычагин А.В., Серова Н.С., Абрамов А.С., Черепанов В.Г., Мискарян Т.И. Результаты применения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии при хирургическом лечении пациентов с нестабильностью шейного отдела позвоночника. *REJR*.

2019; 9 (2): 55-62. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-55-62.

19. Терновой С.К., Серова Н.С., Бахвалова В.А., Лычагин А.В., Липина М.М. Возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава в диагностике патологии пателлофemorального сочленения. REJR. 2020; 10(2):129-139. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-129-139.

References:

1. Taunton J.E., Ryan M.B., Clement D.B et al. A retrospective case-control analysis of 2,002 running injuries. *British Journal of Sports Medicine*. 2002; 36 (2): 95-101. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.36.2.95>.
2. Boling, M., Padua, D., Marshall, S. et al. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010; 20 (5): 725-730. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00996.x>.
3. Gerasimenko, M.A. *Diagnosis and treatment of injuries and orthopedic diseases of the knee joint*. Minsk, Technology, 2010. 167 p. (in Russian).
4. Wiberg G. Roentgenographic and anatomic studies on the femoropatellar joint. *Acta Orthop Scand*. 1941; 12: 319-410.
5. Dejour H., Walch G., Neyret P. Dysplasia of the femoral trochlea. *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot*. 1990; 76 (1): 45-54.
6. Lozhko P.P., Kiselevsky Yu.M. Anatomical prerequisites for the occurrence of pathology of the patellofemoral joint. *Spring anatomical readings Collection of articles of a scientific and practical conference dedicated to the memory of Associate Professor D. D. Smirnov*. PP. 106-107 (in Russian).
7. Fulkerson J.P. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *Am J Sports Med*. 2002; 30 (3): 447-56. <https://doi.org/10.1177/03635465020300032501>.
8. Whitlock K., Mosier B., Matzkin E. Anterior Knee Pain: Diagnosis and Treatment. In: Katz J., Blauwet C., Schoenfeld A. (eds) *Principles of Orthopedic Practice for Primary Care Providers*. Springer, Cham. 2018; 313-327. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68661-5_19.
9. Said F.M.M., Akhtyamov I.F., Kudryavtsev A.I., Nuriakhmetov A.N. Etiopathogenetic basis for the development of patellofemoral arthrosis. *Kazan medical journal*. 2018; 99 (2): 270-278 (in Russian).
10. Novak, D.J., Fox, J.M. *Operative arthroscopy, third edition*. 2002: 265-285.
11. M.A. Gerasimenko, O.I. Shalatonina, E.V. Bug. Syndrome of lateral hyperpression of the patella in young patients. *Clinical and electromyographic study*. *ARS MEDICA*. 2010; 9 (29): 197-201 (in Russian).
12. Filisteev P.A., Ternovoy S.K., Serova N.S., Semenov A.I., Zarov A.Y. Functional magnetic resonance imaging in assessing the biomechanics of the anterior cruciate ligament of the knee joint: methodology and study protocol. *REJR* 2024;

20. Терновой С.К., Серова Н.С., Лычагин А.В., Бахвалова В.А., Липина М.М. Результаты применения нового протокола функциональной мультиспиральной компьютерной томографии у пациентов с латеральной нестабильностью надколенника и гиперпрессией латеральной фасетки. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2020; 3(41): 63-68. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2020.3.63-68.

14(4):167-178. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-4-167-178 (in Russian).

13. Merchant A.C. Patellofemoral imaging. *Clin Orthop Relat Res*. 2001; 389: 15-21. <https://doi.org/10.1097/00003086-200108000-00004>.

14. Dejour D., Saggin P.R., Meyer X., Tavernier T. Standard X-Ray Examination: Patellofemoral Disorders. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 51-60. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_6.

15. Bakhvalova V.A., Ternovoy S.K., Serova N.S. Radiation diagnostics of the pathology of patellofemoral joint. *Medical Visualization*. 2018; 22 (4): 65-76. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-65-76 (in Russian).

16. Chu C.R., Williams A., Schreiber V.M. MRI of the Patellofemoral Articular Cartilage. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis*. Springer. 2010; 91-98. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_11.

17. Ternovoy S.K., Serova N.S., Abramov A.S., Ternovoy K.S. Functional multislice computed tomography in the diagnosis of cervical spine vertebral-motor segment instability. *REJR*. 2016; 6 (4):b38-43. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-4-38-43 (in Russian).

18. Ternovoy S.K., Lychgin A.V., Serova N.S., Abramov A.S., Cherepanov V.G., Miskaryan T.I. The results of the application of functional multispiral computed tomography in the surgical treatment of patients with cervical spine instability. *REJR* 2019; 9 (2): 55-62. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-55-62 (in Russian).

19. Ternovoy S.K., Serova N.S., Bakhvalova A.V., Lychagin A.V., Lipina M.M. Possibilities of functional multispiral computed tomography of the knee joint in the diagnosis of patellofemoral articulation pathology. *REJR*. 2020; 10 (2): 129-139. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-129-139 (in Russian).

20. Ternovoy S.K., Serova N.S., Bakhvalova A.V., Lychagin A.V., Lipina M.M. Results of application of the new protocol of functional multispiral computer tomography in patients with lateral instability and the syndrome of lateral hyperpressure of the patella. *The Department of Traumatology and Orthopedics*. 2020; 3(41): 63-68. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2020.3.63-68 (in Russian).