

ВОЗМОЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА В ДИАГНОСТИКЕ ЛАТЕРОПОЗИЦИИ НАДКОЛЕННИКА И ГИПЕРПРЕССИИ ЛАТЕРАЛЬНОЙ ФАСЕТКИ НАДКОЛЕННИКА

Серова Н.С., Бахвалова В.А., Лычагин А.В., Липина М.М.

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). г. Москва, Россия.

Цель. Продемонстрировать возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ) коленного сустава в диагностике латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника на примере клинического наблюдения.

Материалы и методы. Представлено клиническое наблюдение пациентки Е., 27 лет, с жалобами на боли в переднем отделе правого коленного сустава. После осмотра травматологом-ортопедом для выявления изменений пателлофemorального сочленения пациентке было проведено стандартное рентгенографическое обследование, функциональная МСКТ, магнитно-резонансная томография коленного сустава, а также выполнена лечебно-диагностическая артроскопия.

Результаты. При проведении ортопедического осмотра и статических рентгенографии и МСКТ были отмечены косвенные признаки латеропозиции надколенника. При проведении магнитно-резонансной томографии выявлена хондромалация латеральной фасетки 1-й степени, что указывает на возможную гиперпрессию фасетки. При проведении функциональной МСКТ были получены убедительные данные, указывающие на наличие у пациентки Е. латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, что было подтверждено при проведении оперативного вмешательства.

Заключение. Функциональная МСКТ коленного сустава позволяет получить подробную диагностическую информацию о состоянии структур пателлофemorального сочленения у пациентов с латеропозицией надколенника и гиперпрессией латеральной фасетки надколенника. Данное наблюдение демонстрирует, что диагностические возможности стандартных рентгенографических методик уступают возможностям функциональной МСКТ при выявлении данного вида патологии пателлофemorального сочленения.

Ключевые слова: фМСКТ, функциональная МСКТ, гиперпрессия латеральной фасетки надколенника, латеропозиция надколенника.

Контактный автор: Бахвалова В.А., e-mail: v.bakhvalova@mail.ru

Для цитирования: Серова Н.С., Бахвалова В.А., Лычагин А.В., Липина М.М. Возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава в диагностике латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника. REJR 2022; 12(2):189-199. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-189-199.

Статья получена: 29.05.22

Статья принята: 15.06.22

POSSIBILITIES OF FUNCTIONAL MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY OF THE KNEE JOINT IN THE DIAGNOSIS OF LATERAL POSITION OF THE PATELLA AND HYPERPRESSION OF THE LATERAL FACET OF THE PATELLA

Serova N.S., Bakhvalova A.V., Lychagin A.V., Lipina M.M.

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). Moscow, Russia.

Purpose. To demonstrate the possibilities of functional multispiral computed tomography (fMSCT) of the knee joint in the diagnosis of lateroposition of the patella and hyperpression of the lateral facet of the patella on the example of a clinical observation.

Materials and methods. The article presents a clinical observation of patient E., 27 years old, with complaints of pain in the anterior section of the right knee joint. After examination by an orthopedic traumatologist to detect changes in the patellofemoral articulation, the patient underwent a standard radiographic examination, functional MSCT, magnetic resonance imaging of the knee joint, and arthroscopy.

Results. During the orthopedic examination and static radiography and MSCT, indirect signs of lateroposition of the patella were noted. Magnetic resonance imaging revealed chondromalacia of the lateral facet of the 1st degree, which indicates a possible hyperpression of the facet. When performing functional MSCT, convincing data were obtained indicating the presence of lateroposition of the patella and hyperpression of the lateral facet of the patella in patient E., which was confirmed during surgery.

Conclusions. Functional MSCT of the knee joint allows obtaining detailed diagnostic information about the state of the structures of the patellofemoral joint in patients with lateroposition of the patella and hyperpression of the lateral facet of the patella. Clinical observation has shown that the diagnostic capabilities of standard radiographic techniques are significantly inferior to those of functional MSCT in identifying this type of pathology of the patellofemoral joint.

Keywords: fMSCT, instability of the patellofemoral joint, hyperpression of the facet of the patella, lateral position of the patella.

Corresponding author: Bakhvalova V.A., e-mail: v.bakhvalova@mail.ru

For citation: 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 lateral position of the patella and hyperpression of the lateral facet of the patella. REJR 2022; 12(2):189-199. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-189-199.

Received: 29.05.22

Accepted: 15.06.22

Пателлофemorальное сочленение (ПФС) является структурой коленного сустава, претерпевающей значительные нагрузки и часто вовлекаемой в патологические процессы у молодых активных людей, а также у лиц, имеющих социально важные профессии (например, военнослужащих) [1, 2]. Такие заболевания, как латеропозиция надколенника, гиперпрессия латеральной фасетки, артроз сочленения, по данным ряда авторов, составляют около трети всех обращений к травматологу-ортопеду по поводу ограничения функции и болей в коленном суставе [3]. Нередко патология пателлофemorального сустава ошибочно принимается за изменение связочного аппарата, диагностируется позд-

но, уже на стадии сформировавшихся дегенеративно-дистрофических изменений, что связано с недостаточной освещенностью данной проблемы и отсутствием оптимального алгоритма обследования пациентов данной категории [4].

Наше клиническое наблюдение демонстрирует возможности функциональной МСКТ в диагностике латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника в сравнении с методами стандартного рентгенографического обследования (рентгенография, статическая МСКТ).

Цель.

Продемонстрировать возможности функциональной мультиспиральной компью-

терной томографии (фМСКТ) коленного сустава в диагностике латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки на примере клинического наблюдения.

Описание клинического случая.

Пациентка Е., 27 лет, обратилась в травматолого-ортопедическое отделение Университетской клинической больницы №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) с жалобами на периодические умеренные боли в переднем отделе правого коленного сустава, в основном проявляющиеся при подъеме по лестнице и занятиях спортом, на чувство нестабильности сустава при опоре на согнутую правую ногу, щелкающие звуки в суставе при вставании с корточек и при выполнении определенных физических упражнений. Пациентка занимается 3 раза в неделю аэробикой, кроссфитом на любительском уровне, имеет небольшое отклонение от нормы индекса массы тела (ИМТ=28). Указанные жалобы начали беспокоить около трех лет назад, в последнее время пациентка

отметила прогрессирование. Наличие серьезных травм, операций на область правого коленного сустава, хронические заболевания, патологию опорно-двигательного аппарата пациентка отрицает, обследуется впервые.

При ортопедическом осмотре было выявлено увеличение Q-угла или угла квадрицепса до 23° (угол Q – угол между линией оси четырехглавой мышцы и линией проекции хода связки надколенника, пересекающихся в центре надколенника, нормальные значения угла у женщин до 20° [5]), что является признаком вальгусной деформации нижних конечностей и предрасположенности к развитию латеральной нестабильности ПФС. При пальпации была выявлена болезненность в области латерального ретинакулума надколенника. При выполнении ортопедических проб отмечалось незначительное увеличение пассивной латерализации надколенника, слабо положительный симптом знака J, крепитация в области переднего отдела правого коленного сустава.

По итогу осмотра, оценки жалоб и ста-

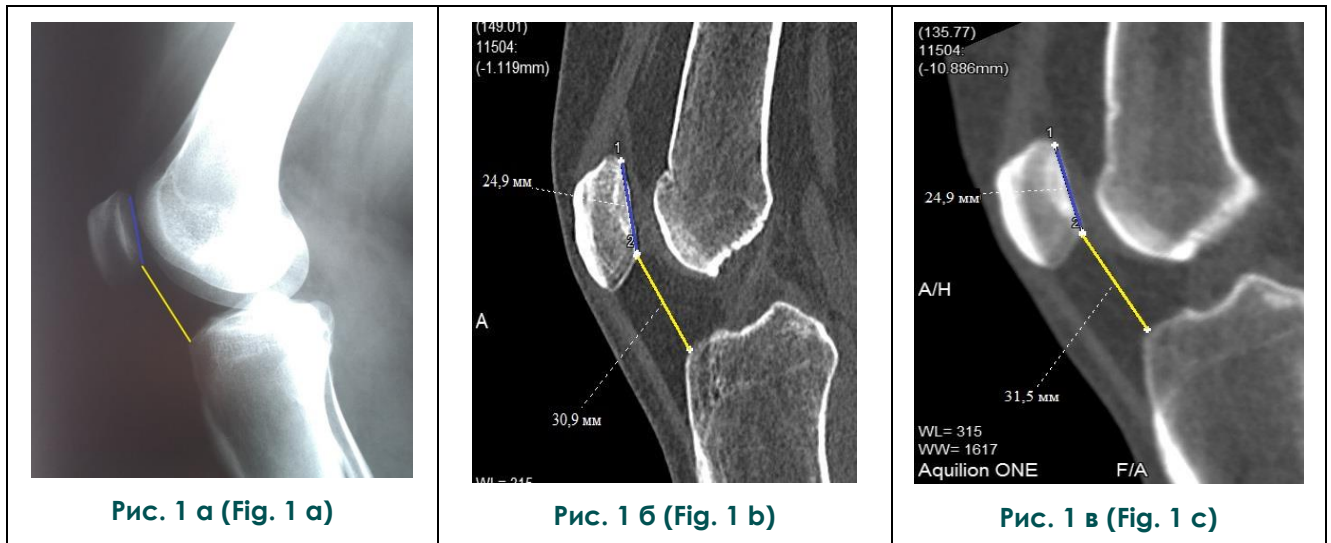


Рис. 1. Оценка высоты расположения надколенника с использованием индекса Катона-Дешампа – отношения расстояния от нижнего края суставной поверхности надколенника до передне-верхнего края бугристости большеберцовой кости (желтая линия) к длине суставной поверхности надколенника (синяя линия).

а – Рентгенограмма коленного сустава, боковая проекция, в состоянии сгибания около 25°, индекс равен 1,29; б – статическая МСКТ коленного сустава, сагиттальная плоскость, в состоянии сгибания около 25°, индекс равен 1,24; в – фМСКТ коленного сустава, сагиттальная плоскость, соответствует сгибанию около 25°, индекс равен 1,27.

Fig. 1. 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-superior edge of the tibial tuberosity (yellow line) to the length of the articular surface of the patella (blue line).

а – Radiograph of the knee joint, lateral projection, in a state of flexion of about 25°, the index is 1.29; б – static MSCT, knee joint, sagittal plane, corresponding to the flexion of about 25°, the index is 1.24; в – fMSCT, knee joint, sagittal plane, corresponding to the flexion of about 25°, the index is 1.27.

туса пациентки был сделан предварительный вывод о заболевании пателлофemorального сочленения.

На следующем этапе диагностического поиска пациентке проведено стандартное рентгенографическое обследование, включающее рентгенографию коленного сустава в тангенциальной (по Мерчанту), боковой проекциях [6] и статическую МСКТ коленного сустава в состоянии сгибания 25° , а также проведена новая методика – функциональная МСКТ (фМСКТ) коленного сустава, согласно разработанному протоколу [7].

По результатам лучевого обследования убедительных данных за наличие аномалий развития и строения надколенника и блока бедра не получено, конфигурация надколенника по Wiberg тип II [8]. Оценка расположения надколенника по высоте проводилась по боковой рентгенограмме, компьютерной томограмме в сагиттальной плоскости, полученной при статическом исследовании, и томограмме в сагиттальной плоскости, полученной при фМСКТ и соответствующей $23 - 25^\circ$ сгибания коленного сустава (рис. 1 а - в) с помощью индекса Катона-Дешампа [9] (отношение расстояния от нижнего края су-

ставной поверхности надколенника до передне-верхнего края бугристости большеберцовой кости к длине суставной поверхности надколенника; при нормальном расположении надколенника по высоте значение индекса должно быть менее 1,2). У пациентки Е. по данным рентгенографии индекс Катона-Дешампа был равен 1,29, по данным МСКТ – 1,24, по данным фМСКТ – 1,27. Выявлены минимальные различия в значениях индекса, которые были связаны с погрешностями измерения, однако, по данным всех методик лучевого обследования отмечалось увеличение индекса и, соответственно, признаки высокого расположения надколенника, что, в свою очередь, является фактором, предрасполагающим к развитию нестабильности пателлофemorального сочленения.

Оценка смещения надколенника относительно межмышцелковой борозды по аксиальной рентгенограмме коленного сустава с выведением пателлофemorального сочленения проводилась визуально с помощью анализа расстояния между условной линией, проходящей через центральный отдел межмышцелковой ямки, и условной линией, проходящей через гребень надколенника (рис. 2 а). Несмотря на то, что измерение индекса Бернажо (норма до 15 мм) оказалось невозможным ввиду затрудненной визуализации анатомических ориентиров, визуально признаков латеропозиции или медиализации

надколенника не отмечалось – расстояние между условными линиями не превышало 5 мм. Оценка смещения надколенника по данным МСКТ и фМСКТ производилась с помощью индекса ТТ-TG [10], причем при фМСКТ он оценивался в состоянии полного разгибания коленного сустава (учитывая биомеханику пателлофemorального сочленения, максимального изменения положения надколенника относительно блока следует ожидать в состоянии максимального напряжения квадрицепса). По данным статической МСКТ значение индекса ТТ-TG находилось на верхней границе нормы (норма 8 мм – 13,9 мм) и было равно 13,5 мм (рис. 2 б). По данным функциональной МСКТ в состоянии полного разгибания коленного сустава значение индекса ТТ-TG значительно превысило нормальные и составило 20,7 мм (рис. 2 в). Соответственно, по результатам рентгенографии признаков латеропозиции не отмечено, по результатам статической МСКТ можно лишь сделать предположение об избыточном латеральном смещении надколенника, а по данным фМСКТ получены убедительные данные, указывающие на латеропозицию надколенника.

Угол конгруэнтности [11] (угол между биссектрисой угла борозды и линией, соединяющей самую нижнюю точку центрального гребня надколенника и самую нижнюю точку межмышцелковой борозды) по рентгенограмме коленного сустава в тангенциальной проекции, томограмме коленного сустава в аксиальной плоскости, полученной при МСКТ, и аксиальной томограмме коленного сустава в состоянии полного разгибания (учитывая биомеханику сочленения), полученной при фМСКТ (рис. 3 а, б, в). Все значения угла медиальнее биссектрисы отрицательные (-), а латеральнее – положительные (+). В среднем угол конгруэнтности равен -6° , со стандартным отклонением в 11° , значения более $+5$ градусов указывают на латеропозицию надколенника. У пациентки Е. на аксиальной рентгенограмме коленного сустава с выведением пателлофemorального сочленения (рис. 3 а) значение угла конгруэнтности составило плюс 4° , на компьютерной томограмме коленного сустава в статике (рис. 3 б) – минус $9,6^\circ$, на томограмме коленного сустава, полученной при фМСКТ в состоянии полного разгибания (рис. 3 в), – плюс $11,6^\circ$.

Соответственно, по данным МСКТ значение угла в норме, по данным рентгенографии значение угла конгруэнтности может лишь косвенно указывать на возможную латеропозицию надколенника, по данным

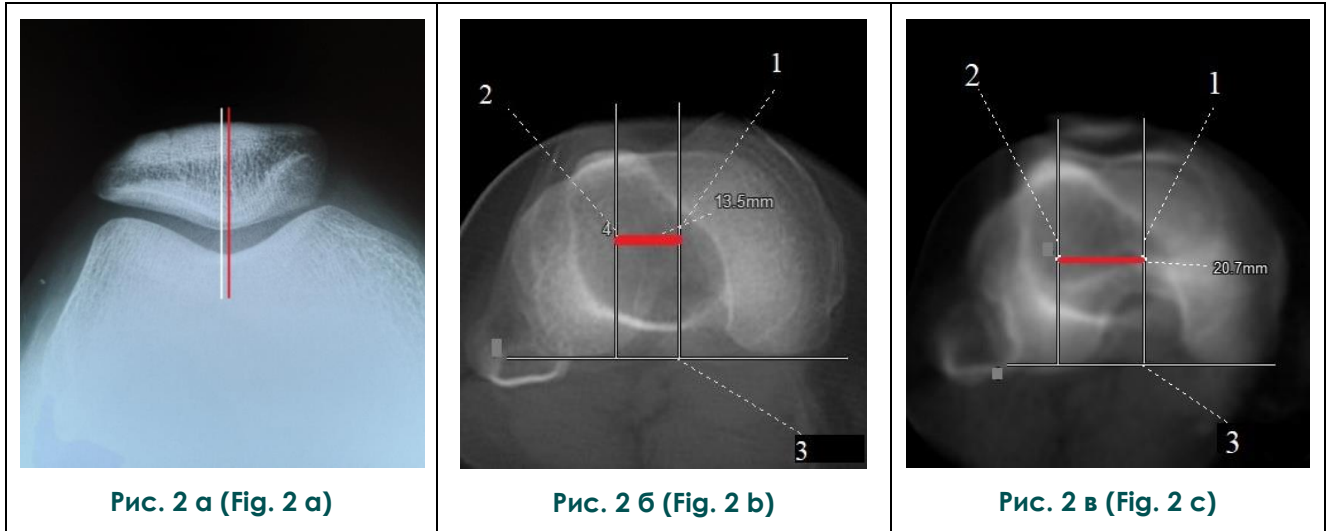


Рис. 2. Оценка смещения надколенника относительно межмыщелковой борозды бедренной кости.

а – Рентгенограмма коленного сустава, косо-аксиальная проекция; при помощи построения условной линии, проходящей через центральный отдел межмыщелковой борозды (красная линия), и условной линии, проходящей через гребень надколенника (белая линия), расстояние между линиями не превышает 5 мм, надколенник центрирован; б – статическая МСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость, при реконструкции с толстыми (более 75 мм) срезами *;

в – фМСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость, в состоянии полностью разогнутого коленного сустава, при реконструкции с толстыми (более 75 мм) срезами *;

* На томограммах а и в отмечены следующие ориентиры: перпендикуляр (1) к задней чрезмыщелковой линии (3) через центр задней межмыщелковой вырезки и перпендикуляр (2) к задней чрезмыщелковой линии через бугристость большеберцовой кости. Проведено измерение индекса ТТ-ТГ (красная линия). По данным МСКТ латеропозиции надколенника не выявлено – индекс ТТ-ТГ равен 13,5 мм. По данным фМСКТ отмечается латеропозиция надколенника – индекс ТТ-ТГ равен 20,7 мм (норма до 14 мм).

Fig. 2. Evaluation of the displacement of the patella relative to the intercondylar groove of the femur.

A a – radiograph, knee joint, oblique-axial projection, by constructing a conditional line passing through the central part of the intercondylar sulcus (red line) and a conditional line passing through the patella crest (white line), the distance between the lines does not exceed 5 mm, the patella is centered;

b – static MSCT, knee joint, axial plane, during reconstruction with thick (more than 75 mm) sections *;

c – fMSCT, knee joint, axial plane, in the state of a fully extended knee joint, during reconstruction with thick (more than 75 mm) sections *;

* On tomograms a and b, the following landmarks are marked: perpendicular (1) to the posterior transcondylar line (3) through the center of the posterior intercondylar notch and perpendicular (2) to the posterior transcondylar line through the tibial tuberosity. The TT-TG index was measured (red line). According to MSCT data, the lateroposition of the patella was not revealed - the TT-TG index was 13.5 mm. According to fMSCT data, the lateroposition of the patella is noted - the TT-TG index is 20.7 mm (the norm is up to 14 mm).

фМСКТ отмечается значительное увеличение угла конгруэнтности, что является проявлением латеропозиции надколенника.

По данным рентгенографии увеличение латерального наклона надколенника [7] не отмечено. При анализе компьютерной томографии были произведены измерения угла наклона надколенника. По данным статической МСКТ значение угла составило $13,8^\circ$ – признаков избыточного латерального не отмечено. При интерпретации функциональной МСКТ оценка угла производилась на различных углах сгибания, и максимальное значение было отмечено на серии, соответствующей полному разгибанию коленного сустава (0° сгибания). Максимальное значение угла латерального наклона составило $16,3^\circ$ – отмечается невыраженное увеличение

латерального наклона надколенника (нормальные значения угла до 15°), что является признаком латеральной нестабильности и указывает на возможное наличие гиперпрессии латеральной фasetки надколенника.

Для оценки наличия гиперпрессии фasetок измерялся размер щели пателлофemorального сочленения в латеральном отделе и медиальном отделе. Учитывая среднюю толщину хряща, покрывающего надколенник, сужение щели до $2,9$ мм и менее расценивалось как признак гиперпрессии.

На аксиальной рентгенограмме в тангенциальной проекции минимальное значение размера щели в латеральном отделе составило 4 мм (рис. 4 а), минимальное значение размера щели в медиальном отделе составило 2 мм – признаков гиперпрессии латеральной фasetки не отмечено, однако,

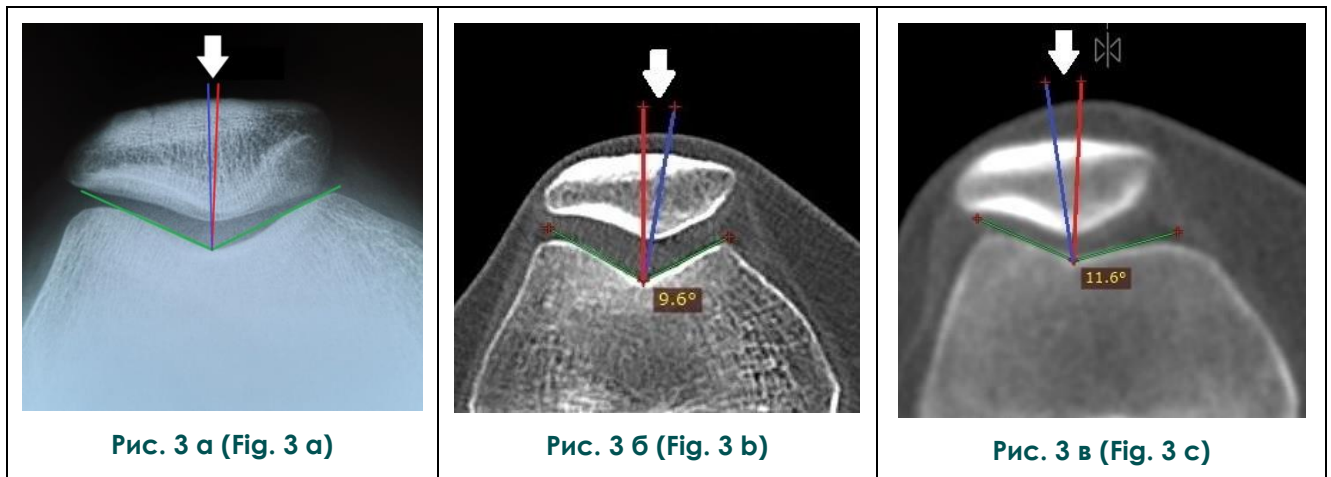


Рис. 3. Оценка угла конгруэнтности (белая стрелка) – угла между биссектрисой (красная линия) угла бедренной борозды (выделен зеленым) и линией, соединяющей самую нижнюю точку центрального гребня надколенника и самую нижнюю точку межмыщелковой борозды (синяя линия).

а – Рентгенограмма коленного сустава, тангенциальная проекция с выведением пателлофemorального сочленения, угол равен плюс 4° (значение латеральнее биссектрисы);

б – статическая МСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость, угол равен минус $9,6^\circ$ (значение медиальнее биссектрисы);

в – фМСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость, в состоянии полного разгибания, угол равен плюс $11,6^\circ$ (значение латеральнее биссектрисы) (пояснения в тексте).

Fig. 3. Assessment of the angle of congruence (white arrow) – the angle between the bisector (red line) of the angle of the femoral sulcus (highlighted in green) and the line connecting the lowest point of the central crest of the patella and the lowest point of the intercondylar sulcus (blue line).

а – radiograph, knee joint, in a tangential projection with the removal of the patellofemorale joint, the angle is plus 4° (the value is lateral to the bisector);

б – static MSCT, knee joint, axial plane, the angle is minus 9.6° (the value is medial to the bisector);

с – fMSCT, knee joint, axial plane, in the state of full extension, the angle is plus 11.6° (the value is lateral to the bisector).

нельзя исключить наличие признаков гиперпрессии медиальной фасетки. На аксиальной томограмме коленного сустава, полученной при статической МСКТ, минимальное значение размера щели в латеральном отделе составило 4,8 мм (рис. 4 б), минимальное значение размера щели в медиальном отделе составило 4,6 мм – признаков гиперпрессии фасеток не отмечено. При анализе данных фМСКТ размер щели сочленения оценивался на всех сериях, минимальное значение щели отмечено на серии, соответствующей полному разгибанию коленного сустава (0° сгибания) – в ниже-латеральном отделе выявлено сужение щели сочленения до 1 мм, в ниже-медиальном отделе минимальное значение размера щели зафиксировано 3,4 мм (рис. 4

в).

Соответственно, по данным фМСКТ определяется гиперпрессия латеральной фасетки надколенника, данных за гиперпрессию медиальной фасетки не получено.

Анализируя выше описанные данные, по результатам рентгенографии правого коленного сустава в тангенциальной и боковой проекциях было сделано заключение о наличии признаков высоко расположенного надколенника и сужения щели пателлофemorального сочленения в медиальном отделе и вероятной гиперпрессии медиальной фасетки, признаков смещения надколенника не выявлено.

По результатам статической МСКТ правого коленного сустава при стандартном угле

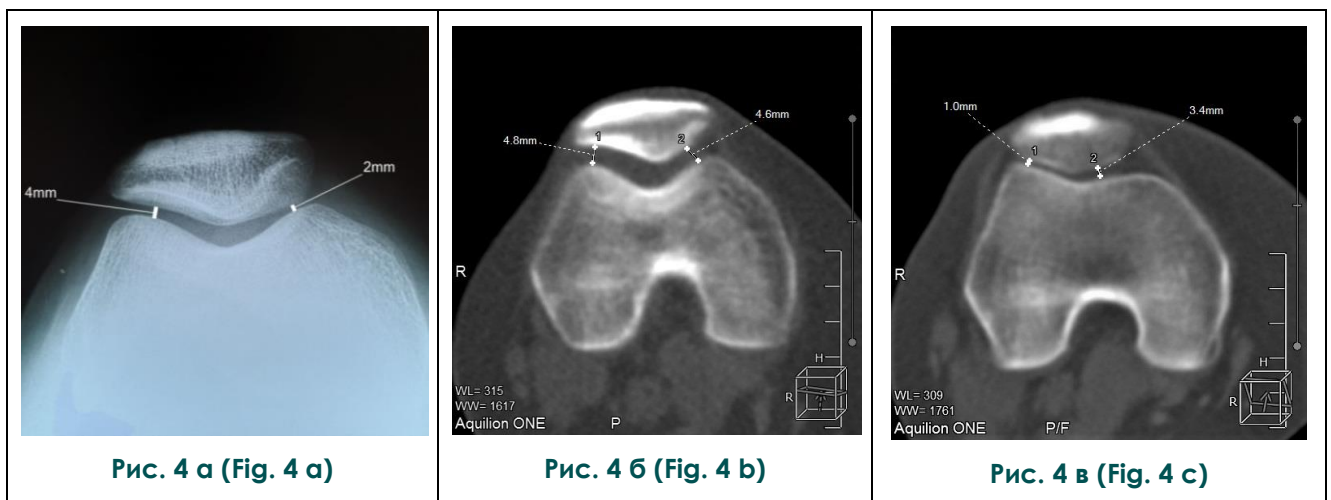


Рис. 4. Оценка щели сочленения по данным рентгенографии, статической МСКТ и функциональной МСКТ.

а – Рентгенограмма коленного сустава, тангенциальная проекция. Признаков гиперпрессии латеральной фасетки не отмечено: щель сочленения в латеральном отделе до 4 мм. Отмечается сужение щели в медиальном отделе до 2 мм – нельзя исключить наличие признаков гиперпрессии медиальной фасетки;

б – МСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость. Признаков гиперпрессии фасеток надколенника не отмечено: щель латерально – 4,8 мм, медиально – 4,6 мм;

в – фМСКТ коленного сустава, аксиальная плоскость, в состоянии полного разгибания. Отмечается выраженное 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. 4. Evaluation of the articulation space according to radiography, static MSCT and functional MSCT.

a – radiograph, knee joint, tangential projection. There were no signs of hyperpression of the lateral facet: the articulation space in the lateral section was up to 4 mm. There is a narrowing of the space in the medial section up to 2 mm - the presence of signs of hyperpression of the medial facet cannot be ruled out,

b – MSCT, knee joint, axial plane. There were no signs of hyperpression of the patella facets: the space was 4.8 mm laterally, 4.6 mm medially;

c – fMSCT, knee joint, axial plane, in the state of full extension. There is a pronounced narrowing of the space of the patellofemor joint in the lateral section – up to 1 mm – a sign of hyperpression of the lateral facet. Data for hyperpression of the medial facet was not obtained, the medial articulation space was 3.4 mm.

сгибания (25°) было сделано заключение о наличии высоко расположенного надколенника, признаков гиперпрессии фасеток и смещения надколенника не выявлено. По результатам функциональной МСКТ правого коленного сустава было сделано заключение о наличии высоко расположенного надколенника, латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.

Данные МСКТ и фМСКТ были дополнены 3D-реконструкциями, при работе с которыми выполнялась модификация изображения («отсутствуют» кости голени) и выведение фокуса непосредственно на пателлофemorальное сочленение. Реконструкция, полученная при статической МСКТ, продемонстрировала нормальные взаимоотношения надколенника и блока с сохранением достаточного размера щели сочленения (рис. 5 а). Реконструкция, полученная по данным

функциональной МСКТ в состоянии полного разгибания коленного сустава, наглядно продемонстрировала истинное нарушение биомеханики ПФС, выражающееся в латеральном смещении надколенника, его латеральном наклоне и критическом сужении щели сочленения в латеральном отделе (рис. 5 б).

Также данные функциональной МСКТ для более информативного восприятия и планирования хирургического вмешательства были представлены травматологам-ортопедам после обработки в специализированной программе «4D-orthopedic», которая позволила дополнить 3D-реконструкцию видеовизуализацией и графическим отображением изменения отдельных параметров стабильности сочленения (рис. 6).

В рамках предоперационного планирования пациентке была проведена статическая МРТ коленного сустава (примерно за



Рис. 5 а (Fig. 5 а)



Рис. 5 б (Fig. 5 б)

Рис. 5. 3D-реконструкции коленного сустава с выведением непосредственно пателлофemorального сочленения (модификация).

а – Реконструкция, полученная при статической МСКТ: определяется центрирование надколенника относительно блока с сохранением щели сочленения;

б – реконструкция, полученная при функциональной МСКТ в состоянии полного разгибания коленного сустава: определяется латеропозиция надколенника с критическим сужением щели сочленения в латеральном отделе.

Fig. 5. 3D-reconstruction of the knee joint with direct exposure of the patellofemor al joint (modification).

a – reconstruction obtained with static MSCT: centering of the patella relative to the block is determined with preservation of the articulation space,

b – reconstruction obtained with functional MSCT in the state of full extension of the knee joint: the lateroposition of the patella is determined with a critical narrowing of the articulation space in the lateral section.

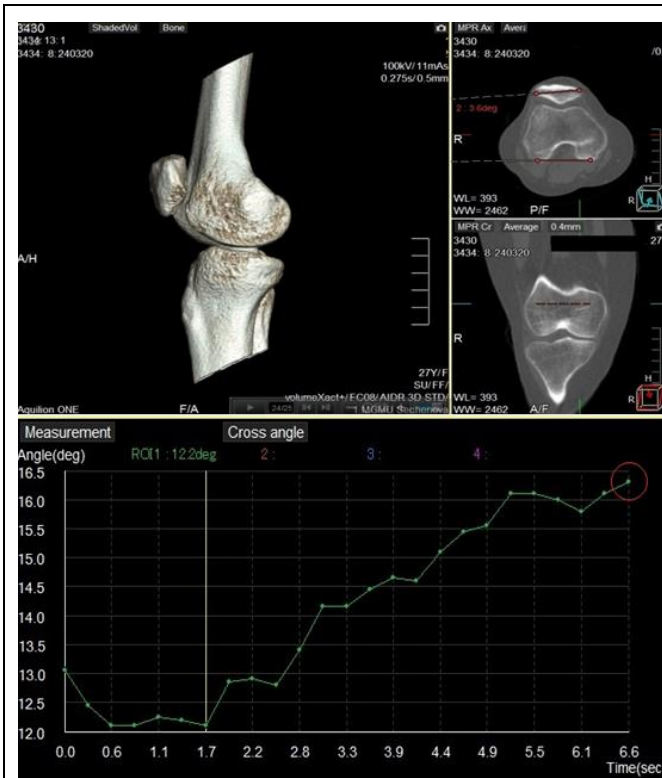


Рис. 6 (Fig. 6)

Рис. 6. Обработка данных функциональной МСКТ коленного сустава в программе «4D-Orthopedic» с отображением изменения угла латерального наклона надколенника в процессе разгибания коленного сустава в виде графика – зеленая кривая.

Вертикальная ось – значения угла в градусах с шагом в $0,5^\circ$, горизонтальная ось – интервалы движения сустава с шагом в 0,25 – 0,3 секунды. По графику видно, что максимальное значение угла наклона надколенника – $16,3^\circ$ – регистрируется в состоянии полного разгибания (интервал движения, соответствующий 6,6 – 7 с, выделено красным кругом). «4D-orthopedic» также дает возможность видеовизуализации движений в суставе и соответствующих им изменений графика.

Fig. 6. Processing of functional MSCT data of the knee joint in the 4D-Orthopedic program showing the change in the angle of the lateral inclination of the patella in the process of knee joint extension in the form of a graph – green curve.

Vertical axis – angle values in degrees in 0.5° increments, horizontal axis – joint movement intervals in 0.25 – 0.3 second increments. The graph shows that the maximum value of the angle of inclination of the patella – 16.3° – is recorded in the state of full extension (the interval of movement corresponding to 6.6 – 7 s is highlighted in red circle). "4D-orthopedic" also enables video visualization of movements in the joint and the corresponding changes in the graph.

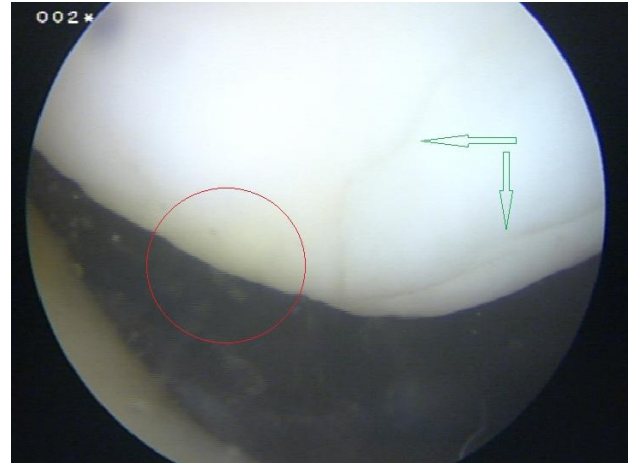


Рис. 7 (Fig. 7)

Рис. 7. Интраоперационная фотография при артропии коленного сустава.

Красным кругом отмечена зона хондромалиции надколенника 1 – 2 степени, связанная с гиперпрессией латеральной фасетки надколенника; зелеными стрелками отмечено транسخондральное повреждение (не проявлялось клинически).

Fig. 7. Intraoperative photography during knee arthroscopy.

The red circle marks the zone of chondromalacia of the patella of 1-2 degrees, associated with hyperpression of the lateral facet of the patella; green arrows indicate transchondral damage (not clinically manifested).

месяц до операции), по результатам которой смещения надколенника относительно межмышцелковой борозды отмечено не было, была выявлена хондромалиция 1 степени латеральной фасетки надколенника и на фоне артефактов заподозрено линейное повреждение хряща в области гребня с вероятным распространением до субхондральной кости. Со стороны связочного аппарата и других структур коленного сустава принципиальных изменений не выявлено.

Непосредственно перед операцией пациентке Е. было проведено необходимое обследование, включающее в себя стандартный набор анализов и исследований.

После предоперационного обследования проведена консультация анестезиолога-реаниматолога и повторная консультация травматолога-ортопеда: показано хирургическое лечение. Было проведено хирургическое вмешательство из артроскопического доступа. По данным артроскопии правого коленного сустава выявлено нарушение трекинга надколенника с латеропозицией, гиперпрессия латеральной фасетки надколенника с хондромалицией 1-2 степени, а также трансхондральное повреждение хряща, покрывающего гребень с переходом на медиальную фасетку (рис. 7), которое клинически себя никак не проявляло и было лишь заподозрено на МРТ (расценено как интраоперационная находка).

При артроскопии коленного сустава пациентке Е. был произведен латеральный релиз надколенника с целью устранения избыточной латерализации надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки, правильного распределения нагрузки на фасетки, что в свою очередь должно привести к остановке прогрессии хондромалиции надколенника и предупреждению развития необра-

тимых дегенеративно-дистрофических изменений.

При осмотре через месяц после операции пациентка Е. отметила частичный регресс жалоб, при ортопедических пробах была отмечена положительная динамика.

Заключение.

На примере данного клинического наблюдения показано, что рентгенография продемонстрировала ложноотрицательный результат в отношении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки, ложноположительный результат в отношении гиперпрессии медиальной фасетки надколенника. Статическая МСКТ продемонстрировала ложноотрицательный результат в отношении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки. По данным статической МСКТ можно было лишь предположить возможное избыточное латеральное смещение надколенника, так как значение индекса TT-TG находилось на верхней границе нормы. Функциональная МСКТ продемонстрировала высокую диагностическую эффективность в отношении латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника, что было подтверждено интраоперационно при артроскопии.

Конфликт интересов и источник финансирования.

Работа представлена в рамках реализации Гранта Президента РФ по поддержке Ведущей научной школы НШ-599.2022.3 "Неинвазивные функциональные технологии лучевой медицины в скрининге, ранней диагностике, мониторинге лечения и контроле реабилитации социально значимых заболеваний" (Руководитель Н.С. Серова).

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. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2018; 13 (1): e0190892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190892>.
4. Герасименко, М.А. Диагностика и лечение поврежденных и ортопедических заболеваний коленного сустава.

- Минск, Технология, 2010. 167 с.
5. Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E.A. *Patellofemoral pain, instability, and arthritis*. Heidelberg Dordrecht London New York: Springer. 2010; 331 p. DOI: 10.1007/978-3-642-05424-2.
6. 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.
7. 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 пателлофеморального сочленения. *REJR*. 2020; 10 (2):129-139. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-129-139

8. Wiberg G. Roentgenographic and anatomic studies on the femoro-patellar joint. *Acta Orthop Scand.* 1941; 12: 319-410.
9. Bruderer J., Servien E., Neyret P. Patellar Height: Which Index?. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 61-68. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_7.
10. Hochreiter B, Hirschmann MT, Amsler F, Behrend H.

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/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. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2018; 13 (1): e0190892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190892>.
4. Gerasimenko, M.A. *Diagnosis and treatment of injuries and orthopedic diseases of the knee joint*. Minsk, Technology, 2010. 167 p. (in Russian).
5. Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E.A. *Patellofemoral pain, instability, and arthritis*. Heidelberg Dordrecht London New York: Springer. 2010; 331 p. DOI: 10.1007/978-3-642-05424-2.
6. 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*

Highly variable tibial tubercle-trochlear groove distance (TT-TG) in osteoarthritic knees should be considered when performing TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019; 27 (5): 1403-1409. doi:10.1007/s00167-018-5141-x

11. Merchant A.C. *Patellofemoral disorders: biomechanics, diagnosis, and nonoperative treatment*. In: McGinty JB, ed. *Operative arthroscopy*. New York, Raven Press, 1990. 273 p.

Arthritis. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 51-60. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_6.

7. 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).

8. Wiberg G. Roentgenographic and anatomic studies on the femoro-patellar joint. *Acta Orthop Scand.* 1941; 12: 319-410.

9. Bruderer J., Servien E., Neyret P. Patellar Height: Which Index?. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 61-68. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_7.

10. Hochreiter B, Hirschmann MT, Amsler F, Behrend H. *Highly variable tibial tubercle-trochlear groove distance (TT-TG) in osteoarthritic knees should be considered when performing TKA*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019; 27 (5): 1403-1409. doi:10.1007/s00167-018-5141-x

11. Merchant A.C. *Patellofemoral disorders: biomechanics, diagnosis, and nonoperative treatment*. In: McGinty JB, ed. *Operative arthroscopy*. New York, Raven Press, 1990. 273 p.