

ВОЗМОЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ ПАТЕЛЛОФЕМОРАЛЬНОГО СОЧЛЕНЕНИЯ

Терновой С.К.^{1,2}, Серова Н.С.¹, Бахвалова В.А.¹,
Лычагин А.В.¹, Липина М.М.¹

Цель исследования. Оценить возможности новой методики функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ) коленного сустава в диагностике патологии пателлофemorального сочленения (ПФС).

Материалы и методы. Было обследовано 45 пациентов от 18 до 57 лет с подозрением на патологию ПФС согласно анализу жалоб и данным клинического осмотра. Испытуемым проводилось исследование коленных суставов с помощью стандартной мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и новой методики фМСКТ на томографе Toshiba Aquilion ONE 640. Первоначально фМСКТ была отработана на пяти добровольцах, после чего был принят оптимальный протокол, по которому были обследованы все пациенты. Далее проводилась оценка и сравнение параметров смещения надколенника, соотношения и состояния фасеток по данным МСКТ и фМСКТ.

Результаты. По данным фМСКТ у 64,4% пациентов (n=29) наблюдалась латеропозиция надколенника, у 71,1% (n=32) – гиперпрессия латеральной фасетки, тогда как по данным МСКТ эти признаки были выявлены у 24,4% (n=11) и 8,9% (n=4) пациентов соответственно. Результаты фМСКТ позволили выделить степени латеральной нестабильности и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника. У 13,3% пациентов (n=6) при фМСКТ была отмечена медиализация надколенника, хотя при МСКТ у этих же пациентов отмечались нормальные индексы ТТ-ТГ. По данным МСКТ сужения щели в медиальных отделах не отмечено ни у одного пациента (n=0), тогда как по данным фМСКТ у 3 пациентов из 45 присутствовали признаки гиперпрессии медиальной фасетки. После анализа результатов фМСКТ была изменена тактика лечения на хирургическую (артроскопический латеральный релиз надколенника) у 35,6% пациентов (n=16).

Заключение. Функциональная МСКТ коленного сустава – перспективный неинвазивный метод, обладающий хорошими диагностическими возможностями в выявлении патологии ПФС, в том числе при незначительных нарушениях стабильности сочленения. ФМСКТ информативнее стандартной МСКТ в верификации гиперпрессии фасеток (8,9% (n=4) и 77,8% (n=35) по данным МСКТ и фМСКТ соответственно), латеропозиции (24,4% (n=11) и 64,4% (n=29) по данным МСКТ и фМСКТ соответственно) и медиализации надколенника (0% (n=0) и 13,3% (n=6) по данным МСКТ и фМСКТ соответственно).

Методика позволяет выявить изменения на ранней стадии и оптимизировать диагностический алгоритм для данной группы заболеваний. ФМСКТ дает возможность корректно определить тактику ведения пациентов (данные фМСКТ позволили изменить тактику на хирургическую (артроскопический латеральный релиз надколенника) и рассчитать объем вмешательства у 35,6% пациентов (n=16)), что помогает значительно улучшить результаты лечения и предотвратить развитие дегенеративно-дистрофических изменений переднего отдела коленного сустава.

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

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

Для цитирования: 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.

Статья получена: 06.05.20

Статья принята: 07.07.20

1 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия.
2 - ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, г. Москва, Россия.

POSSIBILITIES OF FUNCTIONAL MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY OF THE KNEE JOINT IN THE DIAGNOSIS OF PATELLOFEMORAL ARTICULATION PATHOLOGY

1 - I.M. Sechenov First
Moscow State Medical
University.
2 - National Cardiology
Research Center.
Moscow, Russia.

Ternovoy S.K.^{1,2}, Serova N.S.¹, Bakhvalova A.V.¹, Lychagin A.V.¹, Lipina M.M.¹

Purpose. To evaluate the possibilities of a new technique of functional multispiral computed tomography (fMSCT) of the knee joint in the diagnosis of pathology of patellofemoral articulation (PFA).

Materials and methods. A total of 45 patients from 18 to 57 years old with suspected PFA pathology were examined according to the analysis of complaints and clinical examination. The subjects examined the knee joints using standard multispiral computed tomography (MSCT) and the new fMSCT technique on a Toshiba Aquilion ONE 640 tomograph. Initially, fMSCT was tested on five volunteers, after which the optimal protocol was adopted, according to it all patients were examined. Thus an assessment and comparison of the parameters of the patella displacement, the ratio and condition of the facets according to MSCT and fMSCT were carried out.

Results. According to the fMSCT data, 64.4% of patients (n=29) had a lateral position of the patella, and 71.1% (n=32) had a lateral facet hyperpression, whereas according to MSCT these signs were detected in 24.4% (n=11) and 8.9% (n=4) of patients, respectively. The results of fMSCT allowed us to identify the degree of lateral instability and hyperpression of the lateral facet of the patella. In 13.3% of patients (n=6) with fMSCT, medialization of the patella was noted, although with MSCT in these same patients normal TT-TG indices were observed. According to MSCT, narrowing of the gap in the medial sections was not observed in any patient (n=0), whereas according to the fMSCT, 3 out of 45 patients showed signs of hyperpression of the medial facet. After analysis of the results of fMSCT, the treatment tactics were changed to surgical (arthroscopic lateral release of the patella) in 35.6% of cases (n=16).

Conclusions. FMSCT of the knee joint is a promising non-invasive method that has good diagnostic capabilities in identifying of PFA pathology, including with minor violations of articulation stability. FMSCT is more informative than standard MSCT in verification of facet hyperpression (8.9% (n=4) and 77.8% (n=35) according to MSCT and FMSCT, respectively), lateral position (24.4% (n=11) and 64, 4% (n=29) according to MSCT and fMSCT, respectively) and medialization of the patella (0% (n=0) and 13.3% (n=6) according to MSCT and FMSC, respectively).

The technique allows to detect changes at an early stage and optimize the diagnostic algorithm for this group of diseases. FMSCT makes it possible to correctly determine the tactics of patient treatment (the data of FMSCT allowed to change the tactics to surgical (arthroscopic lateral release of the patella) and calculate the volume of intervention in 35.6% of patients (n=16)), which helps to significantly improve treatment outcomes and prevent the development of degenerative dystrophic changes of the anterior region of knee 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: 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.

Received: 06.05.20

Accepted: 07.07.20

Пателлофemorальное сочленение (ПФС) – одна из наиболее часто вовлекаемых в патологические процессы анатомическая область у молодых и активных людей [1, 2]. Заболевания ПФС на сегодняшний день достаточно распространены и, по данным ряда авторов, составляет от 15 до 40% от всех обращений пациентов, испытывающих боль и разной степени выраженности дисфункцию коленного сустава. Нередко патология пателлофemorального сустава ошибочно принимается за изменение связочного аппарата, менисков и другие заболевания коленного сустава, что указывает на недостаточную освещенность данной проблемы и отсутствие точного диагностического алгоритма [3].

Патологии пателлофemorального сустава возникают на фоне анатомических особенностей врожденного характера, таких как дисплазия мыщелков бедренной кости, конфигурация надколенника II-III тип по Wiberg, а также на фоне приобретенных изменений коленного сустава и ПФС, например, повреждения удерживателей надколенника [4-6]. Всё это обуславливает биомеханические расстройства в виде наличия нестабильности и дисконгруэнтности надколенника относительно межмышечковой ямки бедренной кости, что является патогенетической основой в развитии хондромаляции надколенника в проблемных зонах и дегенеративно-дистрофических изменений переднего отдела коленного сустава [7, 8].

Наиболее распространенными патологиями пателлофemorального сочленения являются артроз, латеропозиция надколенника, куда относятся подвывихи надколенника нетравматического и травматического характера, а также гиперпрессия фасеток, зачастую сочетающаяся с латеропозицией [9, 10]. Говоря о гиперпрессии фасеток, более часто в литературе все же встречается определение «синдром гиперпрессии латеральной фасетки надколенника», так как в большинстве случаев идет неправильное распределение нагрузки именно на латеральную фасетку [11].

Клинический осмотр пациентов с подозрением на патологию ПФС не выявляет объективных признаков, позволяющих установить точный диагноз и определить тактику лечения. Методы лучевой диагностики позволяют верифицировать изменения в ПФС на этапе после опроса и осмотра травматологом-ортопедом. До появления высокоинформативных неинвазивных методов исследования, таких как компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, диагностика патологии ПФС основывалась на стандартной рентгенографии в аксиальной проекции Merchant и в боковой проекции в положении сгибания коленного сустава

25-30 градусов [12, 13]. При появлении МСКТ и магнитно-резонансной томографии (МРТ) диагностика изменений ПФС стала более точной, однако, при подобных исследованиях нет возможности судить непосредственно о степени нарушения конгруэнтности надколенника и блока бедра, так как у данной группы пациентов изменения ПФС и связанные с ними боль и дискомфорт проявляются только при активном трекинге надколенника – при сгибании и разгибании в коленном суставе [14]. Также стоит отметить, что описанные в литературе методы лучевой визуализации патологий ПФС не справляются с задачей именно ранней диагностики, так, например, МРТ становится информативна при наличии хондромаляции суставных поверхностей надколенника [15].

Для решения данной проблемы на базе Российско-Японского Центра визуализации сердца УКБ №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) был разработан и внедрен в практику метод диагностики патологии пателлофemorального сочленения при помощи функциональной МСКТ.

Цель исследования.

Оценить возможности новой методики функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава в диагностике патологии пателлофemorального сочленения.

Материалы и методы.

Было обследовано 45 пациентов (100%) от 18 до 57 лет с подозрением на патологию ПФС по данным клинического осмотра, без травм и оперативного вмешательства на коленном суставе в анамнезе. Средний возраст пациентов составил $32,1 \pm 1,6$ лет, женщин больше, чем мужчин, - 68,8% (n=31). Для верификации патологических изменений испытуемым была проведена стандартная статическая МСКТ коленных суставов и функциональная МСКТ.

Методика фМСКТ коленного сустава была разработана и проводилась в схожем алгоритме с функциональной МСКТ шейного отдела позвоночника [16, 17]. Отработка фМСКТ коленного сустава проведена на пяти добровольцах, после чего был принят оптимальный протокол, по которому обследовались пациенты, включенные в настоящее исследование.

фМСКТ коленного сустава проводилась на мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion ONE 640 (Toshiba, Япония). Укладка пациента в положении лежа на спине ногами в сторону гентри, под колено подкладывалось специальное приспособление, имеющее форму треугольной призмы, которое создавало сгибание в коленном суставе до 60 градусов (рис. 1).

Далее пациенту объяснялась суть исследования, и проводилось несколько тренировочных

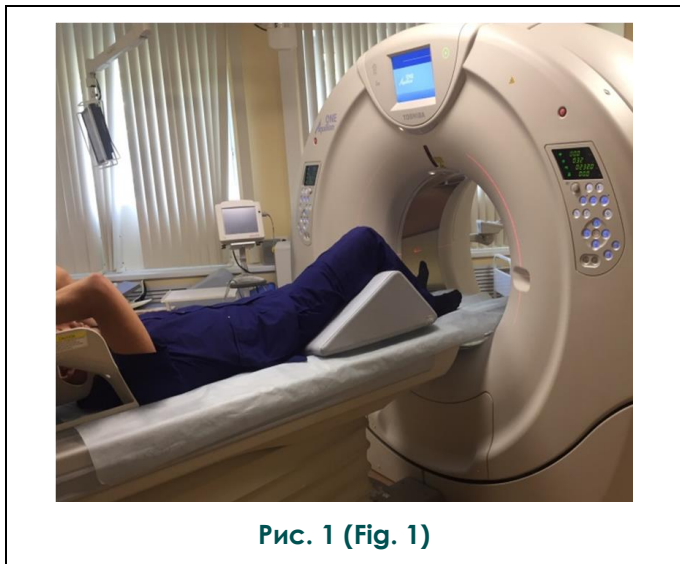


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Фото.

Укладка пациента на столе томографа перед выполнением фМСКТ коленного сустава (описание в тексте).

Fig. 1. Photo.

The patient laying on the table of the tomograph before performing FMSCT of the knee joint (description in the text).

нялось под счет врача-рентгенолога с использованием динамика громкой связи. ФМСКТ проводилась по протоколу, приведенному в таблице 1. Средняя лучевая нагрузка на область исследования составила 7,8 мЗв.

После томографирования производилась мультипланарная реконструкция (МПР) с толщиной среза 1мм. Отдельное внимание следует уделить построению косо-аксиальной проекции для наилучшей визуализации пателлофemorального сочленения: необходимо вывести задние мышечки бедра в одну плоскость, так чтобы можно было провести заднюю чрезмышечковую линию параллельно условной линии пола, так же необходимо вывести надколенник в его наибольший аксиальный размер (рис. 2).

Оценка взаимного расположения костей ПФС также проводилось на 3D-реконструкциях коленного сустава. При работе с этими реконструкциями выполнялась модификация изображения с отсутствующими костями голени, что давало возможность более наглядно продемонстрировать нарушения конгруэнтности ПФС (рис. 3).

Статическая МСКТ коленного сустава проводилась по стандартному протоколу с укладкой пациента лежа на спине с выпрямленными ногами. На первых добровольцах было произведено сравнение качества визуализации

Таблица №1. Протокол фМСКТ коленного сустава.	
Режим исследования	Объемный
Толщина среза	0,5 мм
Угол наклона гентри	0 градусов
Зона исследования	160 мм
Сила тока	100 кВ
Напряжение	250 мА
Время одного оборота рентгеновской трубки	0,5 с
Время исследования	7 с
Тип реконструкции	Костный, мягкотканый, 3D

разгибаний в суставе, чтобы пациент смог максимально «чисто» выполнить исследование. После того, как была завершена укладка, производилась разметка области исследования по топограммам коленного сустава в прямой и боковой проекциях. При разметке необходимо учитывать, что надколенник при разгибании коленного сустава смещается краниально, и для точного позиционирования следует установить верхнюю границу области исследования на топограмме в прямой проекции на расстоянии не менее 7 см от верхнего полюса надколенника. После выполнялась объемная томография в аксиальной проекции. Во время исследования, равное 7 секундам, пациенты совершали плавное разгибание в коленном суставе до максимально возможного уровня. Движение выпол-

требующихся для исследования параметров с применением функции Low Dose и без нее. Было отмечено, что качество визуализации не снижается, и дальнейшие исследования были выполнены с применением функции Low Dose для уменьшения суммарной лучевой нагрузки на область исследования. Суммарная средняя лучевая нагрузка при МСКТ и фМСКТ не превышала 9,8 мЗв.

Оценка патологических изменений ПФС по данным МСКТ и фМСКТ проводилась по следующим критериям:

- конфигурация надколенника I-III по Wiberg;
- избыточное смещение надколенника латерально или медиально относительно межмышечковой ямки по индексу TT-TG (tibial

tuberosity - trochlear groove) [18, 19]. Для получения индекса необходимо провести произведсти аксиальную MIP-реконструкцию с толстыми срезами таким образом, чтобы в одном поле обзора находилось сразу несколько анатомических ориентиров: задние отделы мыщелков бедра и межмыщелковая задняя ямка, а также бугристость большеберцовой кости. Расстояние между перпендикуляром, проведенным к задней чрезмыщелковой линии через центральный отдел задней межмыщелковой вырезки, и перпендикуляром, проведенным к задней чрезмы-

надколенника, выведенного в аксиальной плоскости, и линией, параллельной задней чрезмыщелковой линии (вершина угла в области латерального полюса надколенника). Угол наклона надколенника больше 15° является признаком латерального смещения надколенника [20];

- наличие дегенеративно-дистрофических изменений структур сочленения (субхондральный склероз, кистозная перестройка контактных отделов, краевые костные разрастания);

- уменьшение щели ПФС в контактных отделах (признак, указывающий на гиперпрессию



Рис. 2 (Fig. 2)

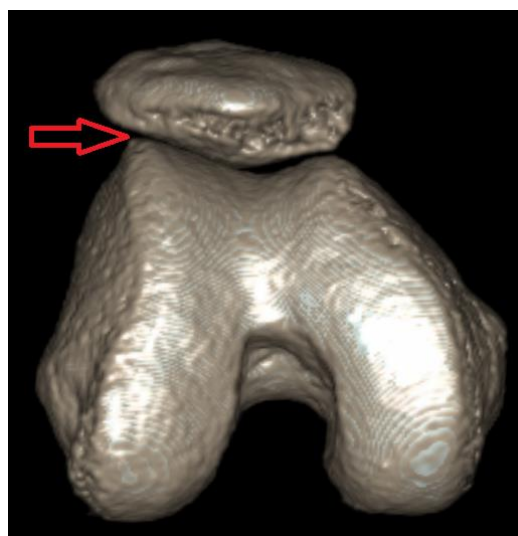


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 2. МСКТ.

Томограмма коленного сустава в косо-аксиальной проекции, полученная при фМСКТ, с выведением задней чрезмыщелковой линии (линии, касательной к задним отделам мыщелков бедра и параллельной условному полу – белая стрелка) и наибольшего аксиального размера надколенника. Данная проекция позволяет достоверно оценить ПФС.

Fig. 2. MSCT.

A tomogram of the knee joint in oblique axial projection, obtained by fMSCT, with the posterior transcondylar line (the line tangent to the posterior condyles of the femur and parallel to the conditional floor – white arrow) and the largest axial size of the patella. This projection allows you to reliably evaluate the PFA.

Рис. 3. МСКТ.

Модифицированная 3D-реконструкция пателлофemorального сочленения при фМСКТ коленного сустава. Отмечается выраженное сужение щели ПФС в латеральном отделе (красная стрелка).

Fig. 3. MSCT.

Modified 3D-reconstruction of the patellofemoral joint according fMSCT. There is a narrowing of the PFA space in the lateral region (red arrow).

щелковой линии через бугристость большеберцовой кости, и будет являться значением индекса TT-TG. В норме индекс составляет 8-14 мм. Значения 14-20 мм свидетельствуют о латеропозиции надколенника, увеличение индекса более 20 мм может быть признаком подвывиха надколенника, уменьшение индекса менее 8 мм - признаком медиализации надколенника;

- изменение угла латерального наклона надколенника - угла между линией, проведенной через наибольший поперечный размер

фасеток и возможную хондропатию) до значений менее 2-2,5 мм, учитывая, что средняя толщина хряща, покрывающего фасетки, – 3-3,2 мм [21].

Следует отметить, что индекс TT-TG и угол конгруэнтности при фМСКТ оценивались в состоянии полностью разогнутого коленного сустава (0 градусов сгибания), так как, учитывая биомеханику ПФС, максимального смещения и отклонения надколенника от блока следует ожидать при максимальной амплитуде разгиба-

ния и напряжении квадрицепса. Изменение щели ПФС при фМСКТ оценивалось на протяжении всего процесса разгибания коленного сустава из состояния сгибания 55-60 градусов до полного разгибания (0 градусов сгибания) с интервалом шага 5 градусов, соответственно из 12±1 измерений выбиралось наименьшее значение и фиксировалось, на каком этапе разгибание оно достигалось.

Результаты.

ного наклона (более 25 градусов), максимальное значение угла составило 33 градуса, тогда как по данным МСКТ – 18,5 градусов. В нормальном диапазоне находились значения угла у 77,8% пациентов (n=35) по данным МСКТ, у 46,6% (n=21) пациентов - по данным фМСКТ.

Сужение щели ПФС менее 2,5мм в латеральных отделах отмечалось всего в 8,9% случаев (n=4) по данным МСКТ, тогда как по данным фМСКТ в 71,1% случаев (n=32) щель составляла

Таблица №2. Количество случаев заболеваний ПФС, выявленных в группе пациентов (n=45, 100%) по данным МСКТ и фМСКТ коленного сустава.

Метод Патология	МСКТ		фМСКТ		P
	Абс. кол-во случаев	%	Абс. кол-во случаев	%	
Латеропозиция надколенника	11	24,4	29	64,4	< 0,05
Гиперпрессия латеральной фасетки	4	8,9	32	71,1	< 0,05
Медиализация надколенника	0	0	6	13,3	< 0,05
Гиперпрессия медиальной фасетки	0	0	3	6,7	< 0,05

По данным МСКТ и фМСКТ у всех пациентов в группе отмечались изменения конфигурации надколенника, предрасполагающие к дисконгруэнтности: у 31,1% (n=14) отмечалась конфигурация типа III по Wiberg, у 46,7% (n=21) - II-III типа по Wiberg, у 22,2% (n=10) – тип II.

У 11,1% пациентов (n=5) были выявлены дегенеративно-дистрофические изменения: субхондральные изменения фасеток и блока, краевые разрастания. Стоит отметить, что данные изменения отмечались у лиц старше 45 лет с длительно анамнезом пателлофemorальной боли.

Увеличение индекса TT-TG более 14 мм было выявлено у 24,4% пациентов (n=11) по данным МСКТ и у 64,4% (n=29) по данным фМСКТ. Следует отметить, что по данным МСКТ значение индекса у данных лиц было значительно выше нормы (18,5 мм и более), максимальное значение составило 21 мм, по результатам фМСКТ увеличенный индекс колебался от 14,5 мм до 27 мм. Нормальные или пограничные значения индекса были отмечены в 75,6% случаев (n=34) по данным МСКТ, в 22,2% случаев (n=10) по данным фМСКТ. Уменьшение индекса менее 8 мм было отмечено только по данным фМСКТ у 13,3% пациентов (n=6).

Увеличение угла латерального наклона более 15 градусов было выявлено у 22,2% пациентов (n=10) по данным МСКТ, у 57,8% (n=26) – по данным фМСКТ. Стоит отметить, что по данным фМСКТ у 11,1% пациентов (n=5) было отмечено значительное увеличение угла латераль-

2 мм и менее, наименьшее значение щели ПФС в латеральных составило 0,6 мм по данным фМСКТ. Стоит отметить, что в 13,3% (n=6) минимальные значения были зафиксированы в состоянии неполного разгибания коленного сустава (в интервале 5-10 градусов сгибания), а в 57,8% (n=26) – в состоянии полного разгибания. Также по результатам фМСКТ было выявлено сужение щели в медиальных отделах в 6,7% случаев (n=3), все случаи в состоянии полного разгибания коленного сустава. По данным МСКТ сужения щели в медиальных отделах не отмечено (n=0).

Информативность сравниваемых методов в диагностике заболеваний ПФС в группе пациентов (n=45, 100%) представлена в таблице 2.

Сочетание увеличенного индекса TT-TG, увеличенного угла латерального наклона более 15 градусов, как признаков нестабильности ПФС и латеропозиции, встречалось в 13,3% случаев (n=6) по данным МСКТ (из них в 8,9% случаев (n=4) – подвывихи надколенника) и в 48,9% случаев (n=22) по данным фМСКТ.

Сочетание латеропозиции и гиперпрессии латеральной фасетки встречалось в 8,9% (n=4) по данным МСКТ и в 62,2% случаев (n=28) по данным фМСКТ. Изолированно гиперпрессия латеральной фасетки определялась у 8,9% пациентов (n=4) по данным фМСКТ, по данным МСКТ случаев не отмечено (n=0).

Сочетание медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки определялось по данным фМСКТ в 6,7% случаев (n=3), по

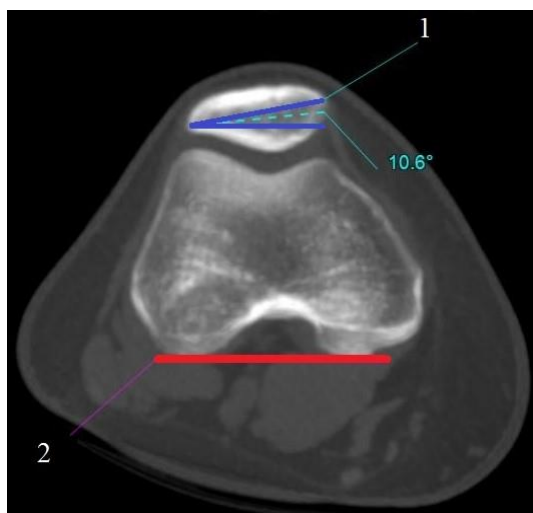


Рис. 4 а (Fig. 4 а)

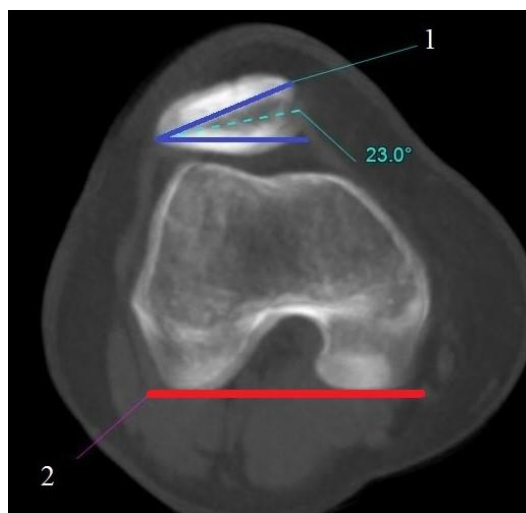


Рис. 4 б (Fig. 4 б)

Рис. 4. КТ-томограммы коленного сустава в аксиальной проекции.

Синими линиями обозначен угол наклона надколенника, красной линией – задняя чрезмыщелковая линия – ориентир для построения угла. а – определяется изменение угла латерального наклона надколенника в пределах нормальных значений при МСКТ (10,6°). б – при фМСКТ отмечается выраженное увеличение угла наклона надколенника (23°).

Fig. 4. Axial CT-tomograms of the knee joint.

The blue lines indicate the lateral tilt angle of the patella, the red line indicates the posterior transcondylar line – a reference point for constructing the angle. a - according to MSCT the change of the lateral tilt angle determines within the normal range (10.6 °). b - according to fMSCT there is a marked increase in the angle (23 °)

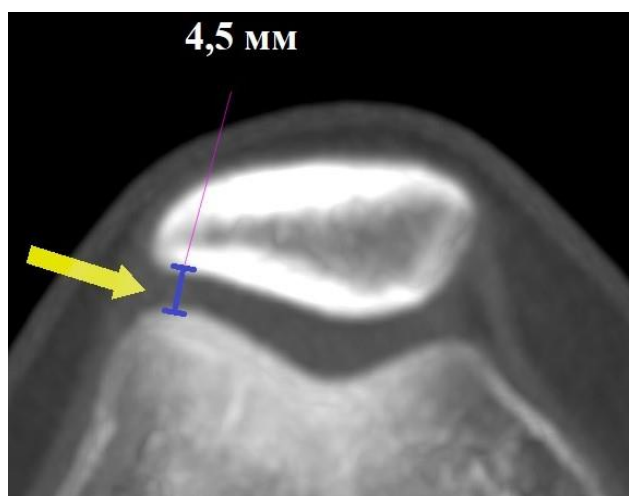


Рис. 5 а (Fig. 5 а)

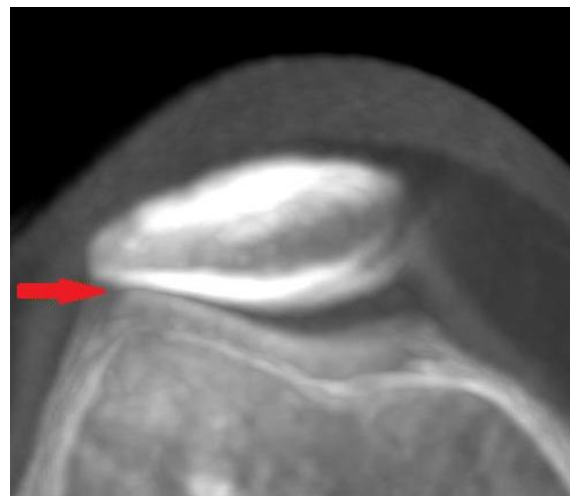


Рис. 5 б (Fig. 5 б)

Рис. 5. КТ-томограммы коленного сустава в аксиальной проекции.

а - определяется изменение щели в нижне-латеральном отделе ПФС в пределах нормальных значений при МСКТ (желтая стрелка). б – при фМСКТ отмечается выраженное сужение щели в нижне-латеральном отделе (красная стрелка). Данный пример показывает, что применение фМСКТ позволяет более точно определить степень сужения щели ПФС и выявить наличие гиперпрессии фасетки.

Fig. 5. Axial CT-tomograms of the knee joint.

a - the change of the joint space in the lower lateral region of PFA is determined within the normal range according to MSCT (yellow arrow). b - according to fMSCT there is a marked narrowing of the joint space in the lower lateral region (red arrow). This example shows that the use of fMSCT allows you to more accurately determine the degree of narrowing of the PFA space and to reveal the presence of facet hyperpression.

данным МСКТ случаев не отмечено (n=0). Изолировано медиализация надколенника наблюдалась по данным фМСКТ в 6,7% случаев (n=3), по данным МСКТ случаев не отмечено (n=0).

Пример. Пациентка К., 19 лет. Обратилась к травматологу-ортопеду с жалобами на ноющие боли в переднем отделе коленного сустава после подъема по лестнице и при беге, щелчки и неловкость в правом коленном суставе при приседании. При осмотре отмечается умеренная вальгусная деформация нижних конечностей, наличие болевого синдрома при пальпации области надколенника и при смещении надколенника латерально при ортопедических пробах. Операций и травм в анамнезе нет.

Пациентке сначала в рамках исследования была выполнена МСКТ правого коленного сустава, по результатам которой конкретных данных за патологию ПФС не выявлено. Были отмечены минимальные проявления субхондрального склероза латеральной фасетки, кон-

фигурация надколенника типа II по Wiberg и пограничное значение индекса TT-TG – 13,5 мм (норма до 14 мм), косвенно указывающее на возможное смещение надколенника латерально. Угол латерального наклона при статическом исследовании – 10,6° (норма до 15°), щель сочленения в латеральном отделе составила 4,5 мм (норма более 3 мм, учитывая среднюю толщину хряща в ниже-латеральных отделах). Также у пациентки на руках были данные МРТ, согласно которым имелось подозрение на хондромалацию I латеральной фасетки надколенника. После МСКТ было назначено консервативное лечение, которое спустя месяц не привело к уменьшению болей в переднем отделе коленного сустава. После пациентке выполнена фМСКТ правого коленного сустава: в состоянии полностью разогнутого коленного сустава отмечено увеличение индекса TT-TG до 16,5 мм и увеличение угла латерального наклона до 23° (более чем в два раза по сравнению с данными МСКТ

Таблица №3. Количество случаев патологических изменений, выявленных при МСКТ и фМСКТ, при различных степенях латеральной нестабильности и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника (согласно предложенной классификации на основе результатов фМСКТ).

	Латеропозиция надколенника		
	норма	1 степень	2 степень
TT-TG (мм)	8-14	14,1-19,9	более 20
фМСКТ (% случаев)	22,2	44,4	20
МСКТ (% случаев)	75,6	8,9	15,5
	Латеральный наклон надколенника		
	норма	1 степень	2 степень
Угол наклона (в градусах)	10-14,9	15-25	более 25
фМСКТ (% случаев)	46,6	42,3	11,1
МСКТ (% случаев)	77,8	22,2	0
	Гиперпрессия латеральной фасетки		
	норма	1 степень	2 степень
Щель ПФС в ЛО (мм)	2,6 и более	1,8-2,5	менее 1,7
фМСКТ (% случаев)	28,9	24,4	46,7
МСКТ (% случаев)	91,1	8,9	0

(рис. 4 а, б) – прямые признаки латеропозиции надколенника. Также отмечено выраженное сужение щели ПФС в нижне-латеральном отделе до 0,9 мм (рис. 5 а, б), что является признаком гиперпрессии латеральной фасетки надколенника.

В итоге по данным фМСКТ был сформулирован диагноз латеропозиция надколенника с синдромом гиперпрессии латеральной фасетки, и изменена тактика лечения – пациентке планируется проведение артроскопического латерального релиза надколенника.

Обсуждение результатов.

Сравнивать два метода по критерию визуализации дегенеративно-дистрофических изменений и конфигурации надколенника не корректно, можно лишь высказаться, что фМСКТ предоставляет дополнительные сведения о влиянии данных изменений на биомеханику сочленения.

В диагностике медиализации надколенника и гиперпрессии медиальной фасетки надколенника МСКТ оказалась неинформативна: по данным фМСКТ у 13,3% пациентов (n=6) отмечалась медиализация надколенника, а при МСКТ у этих же пациентов отмечались нормальные индексы ТТ-TG. По данным МСКТ сужения щели в медиальных отделах не отмечено (n=0), тогда как по данным фМСКТ у 3 пациентов из 45 присутствовали признаки гиперпрессии медиальной фасетки.

В отношении выявления латеропозиции надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки статическая МСКТ уступает фМСКТ в информативности. На основании полученных результатов можно выделить несколько степеней латеральной нестабильности надколенника и гиперпрессии латеральной фасетки, опираясь на имеющиеся признаки (индекс ТТ-TG, угол наклона, размер щели ПФС в латеральном отделе (ЛО)), а также сравнить диагностические возможности статической МСКТ и фМСКТ при каждой из них (табл. 3).

При анализе полученных данных становится очевидным, что МСКТ информативна только при наличии значительной дисконгруэнтности и выраженной латеропозиции, например, при подвывихе надколенника. Более чем у половины пациентов (53,3%, n=24) по данным фМСКТ наблюдалась латеропозиция надколенника с гиперпрессией латеральной фасетки, тогда как по данным МСКТ у них изменения не выявлены. При фМСКТ есть возможность диагностики незначительных изменений и на различных стадиях процесса. Так, например, можно выявить невыраженные признаки латеральной нестабильности, когда еще нет проявлений дегенеративных изменений, влияющих на качество жизни и активность пациентов. Стоит отметить также, что при диагности-

ке гиперпрессии фасеток с помощью фМСКТ анализ реконструкций позволяет отметить момент гиперпрессии, который может проявиться при любом угле сгибания из возможного диапазона.

Результаты фМСКТ позволили более корректно спланировать ведение пациентов, включенных в исследование, изменить тактику лечения на хирургическую и определить объем вмешательства (артроскопического латерального релиза надколенника) у 35,6% пациентов (n=16).

Заключение.

Анализ данных, полученных с использованием разработанного нами алгоритма, продемонстрировал, что методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии коленного сустава имеет хорошие диагностические возможности в выявлении патологии ПФС, в том числе при незначительных нарушениях стабильности сочленения. ФМСКТ обладает достаточно высокой информативностью по сравнению со статической МСКТ при визуализации латеропозиции надколенника (24,4% (n=11) и 64,4% (n=29) по данным МСКТ и фМСКТ соответственно) с увеличением угла наклона надколенника (22,2% (n=10) и 57,8% (n=26) по данным МСКТ и фМСКТ соответственно) и гиперпрессии латеральной фасетки надколенника (8,9% (n=4) и 71,1% (n=32) по данным МСКТ и фМСКТ соответственно), особенно на ранних этапах заболевания, до появления дегенеративно-дистрофических изменений. С помощью фМСКТ коленного сустава возможна диагностика медиализации и гиперпрессии медиальной фасетки надколенника, тогда как стандартная МСКТ не информативна при данном нарушении конгруэнтности (по данным фМСКТ у 13,3% пациентов (n=6) была выявлена медиализация надколенника и у 6,7% (n=3) – признаки выраженного сужения щели в медиальных отделах ПФС, при МСКТ признаков медиализации и сужения щели в медиальном отделе не выявлено (n=0)). Анализ фМСКТ позволяет оценить изменения при любом угле сгибания из возможного диапазона. ФМСКТ предоставляет дополнительные сведения о влиянии имеющихся особенностей строения надколенника, дегенеративно-дистрофических изменений на биомеханику сочленения

Данные фМСКТ позволяют более корректно и индивидуализировано подобрать тактику лечения – консервативную или хирургическую. До введения в диагностический алгоритм фМСКТ ввиду отсутствия точного диагноза спланировать адекватное ведение пациентов было затруднительно, в основном назначались общие консервативные методы. Использование в алгоритме фМСКТ дало возможность определить план ведения пациентов, назначить опти-

мальный вид лечения. Данные фМСКТ позволили изменить тактику на хирургическую (артроскопический латеральный релиз надколенника) и рассчитать объем вмешательства у 35,6% пациентов (n=16). Также, учитывая данные настоящего исследования, можно высказаться в пользу потенциала использования фМСКТ в качестве метода для оценки эффективности лечения

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. Герасименко, М.А. Диагностика и лечение повреждений и ортопедических заболеваний коленного сустава. Минск, Тех-нология, 2010. 167 с.
4. Wiberg G. Roentgenographic and anatomic studies on the femoro-patellar 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. Merchant A.C. Patellofemoral imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 2001; 389: 15-21. <https://doi.org/10.1097/00003086-200108000-00004>.

13. 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.
14. 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.
15. 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
16. 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
17. 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.
18. Koeter S., Horstmann W.G., Wagenaar F.C. et al. A new CT scan method for measuring the tibial tubercle trochlear groove distance in patellar instability. *Knee.* 2007; 14 (2): 128-132. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2006.11.003>
19. Saggin P.R., Dejour D., Meyer X., Tavernier T. Computed Tomography and Arthro-CT Scan in Patellofemoral Disorders. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis.* Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 73-78. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_9.
20. Dejour H., Walch G., Nove-Josserand L. et al. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994; 2: 19-26. <https://doi.org/10.1007/BF01552649>.
21. Marc D. van Leersum, M.D., Schweitzer, M.E., Gannon, F. et al. Thickness of patellofemoral articular cartilage as measured on MR imaging: sequence comparison of accuracy, reproducibility, and interobserver variation. *Skeletal Radiol.* 1995; 24: 431-435 <https://doi.org/10.1007/BF00941240>.

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. 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 femoro-patellar 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.
 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. Merchant A.C. Patellofemoral imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 2001; 389:b15–21. <https://doi.org/10.1097/00003086-200108000-00004>.
 13. 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.
 14. Bakhvalova V.A., Ternovoi S.K., Serova N.S. Radiation diagnosis of pathologies of patellofemoral articulation. *Medical imaging.* 2018; 22 (4): 65–76. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-65-76 (in Russian).
 15. 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, Berlin, Heidelberg. 2010; 91-98. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_11
 16. 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).
 17. 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).
 18. Koeter S., Horstmann W.G., Wagenaar F.C. et al. A new CT scan method for measuring the tibial tubercle trochlear groove distance in patellar instability. *Knee.* 2007; 14 (2): 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2006.11.003>
 19. Saggin P.R., Dejour D., Meyer X., Tavernier T. Computed Tomography and Arthro-CT Scan in Patellofemoral Disorders. In: Zaffagnini S., Dejour D., Arendt E. (eds) *Patellofemoral Pain, Instability, and Arthritis.* Springer. 2010; 73-78. https://doi.org/10.1007/978-3-642-05424-2_9.
 20. Dejour H., Walch G., Nove-Josserand L. et al. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994; 2: 19–26. <https://doi.org/10.1007/BF01552649>.
 21. Marc D. van Leersum, M.D., Schweitzer, M.E., Gannon, F. et al. Thickness of patellofemoral articular cartilage as measured on MR imaging: sequence comparison of accuracy, reproducibility, and interobserver variation. *Skeletal Radiol.* 1995; 24: 431–435 <https://doi.org/10.1007/BF00941240>.