

DOI: 10.33454/1728-1261-2023-4-58-67  
УДК 616-073.75:611.983

## Возможности лучевых методов диагностики связочно-суставного аппарата коленного сустава в современных условиях

О. Н. Ямщиков<sup>1,2</sup>, Н. В. Емельянова<sup>1,2</sup>, С. А. Емельянов<sup>1,2</sup>, Р. В. Чумаков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», медицинский институт, г. Тамбов, Россия

<sup>2</sup> ТОГБУЗ «Городская клиническая больница города Котовска», г. Котовск, Россия

## Possibilities of radiation methods for diagnosing the ligamentous-articular structure of the knee joint in modern conditions

O. N. Yamshchikov<sup>1,2</sup>, N. V. Emelyanova<sup>1,2</sup>, S. A. Emelyanov<sup>1,2</sup>, R. V. Chumakov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> G. R. Derzhavin Tambov State University, Medical Institute, Tambov, Russia

<sup>2</sup> City Clinical Hospital of Kotovsk, Kotovsk, Russia

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

О. Н. Ямщиков – ORCID: 0000-0001-6825-7599; e-mail: [travma68@mail.ru](mailto:travma68@mail.ru)

Н. В. Емельянова – ORCID: 0000-0002-2418-0187; e-mail: [natalipismo@mail.ru](mailto:natalipismo@mail.ru)

С. А. Емельянов – ORCID: 0000-0002-5550-4199; e-mail: [cep\\_a@mail.ru](mailto:cep_a@mail.ru)

Р. В. Чумаков – ORCID: 0000-0002-4501-4022; e-mail: [roman68881@yandex.ru](mailto:roman68881@yandex.ru)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

O. N. Yamshchikov – ORCID: 0000-0001-6825-7599; e-mail: [travma68@mail.ru](mailto:travma68@mail.ru)

N. V. Emelyanova – ORCID: 0000-0002-2418-0187; e-mail: [natalipismo@mail.ru](mailto:natalipismo@mail.ru)

S. A. Emelyanov – ORCID: 0000-0002-5550-4199; e-mail: [cep\\_a@mail.ru](mailto:cep_a@mail.ru)

R. V. Chumakov – ORCID: 0000-0002-4501-4022; e-mail: [roman68881@yandex.ru](mailto:roman68881@yandex.ru)

### Резюме

**Актуальность.** Данная статья посвящена обзору актуальных лучевых методов визуализации патологий структур коленного сустава, представляющих актуальную проблему в современной клинической практике, требующих пристального внимания и глубокого изучения. Спектр лечебной терапии всецело зависит от рационального и необходимого использования лучевых методов визуализации и компетенции специалистов диагностического профиля.

**Цель обзора.** На основании анализа литературы оценить современное состояние проблемы и эффективность применяемых лучевых методов диагностики повреждения связочно-суставного аппарата колена.

**Материал и методы.** Поиск был проведен в открытых электронных научных базах данных PubMed Национальной электронной медицинской библиотеки США и баз данных российской научной электронной библиотеки e-library по ключевым словам и словосочетаниям: лучевая диагностика, травма коленного сустава, стандартная рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, артрография.

**Результаты обзора.** С целью ранней постановки диагноза посредством лучевых методов исследования и оказания необходимой помощи применяют стандартную рентгенографию, компьютерную томографию (КТ), магнитно-резонансную томографию (МРТ), ультразвуковое исследование (УЗИ). Также актуальными способами выявления травм коленного сустава являются контрастная рентгеновская артрография, компьютерно-томографическая артрография (КТ-артрография) и магнитно-резонансная артрография (МР-артрография). Одним из наиболее часто применяемых первичных методов лучевой визуализации патологий крупных суставов является стандартная рентгенография в двух проекциях. Однако оценить повреждения внутри анатомических структур мягких тканей и связок коленного сустава не представляется возможным ввиду низкой чувствительности данного метода. Применение компьютерной томографии в большинстве случаев является дополнительным способом уточнения корректности предполагаемого диагноза и носит второстепенный характер. Методом выбора при патологиях как внутрисуставных, так и внесуставных структур колена служит магнитно-резонансная томография. К преимуществам магнитно-резонансной томографии можно отнести безопасность и неинвазивность исследования, отсутствие ионизирующего излучения и высокую диагностическую значимость. Наиболее перспективными и информативными инвазивными лучевыми методиками диагностики патологий коленного сустава с применением парамагнитных контрастных средств в клинической практике является КТ-артрография и МР-артрография.

**Заключение.** Каждый метод лучевой визуализации имеет свои достоинства и важно индивидуально определять потребность в применении диагностических средств для определенных клинических случаев. Также с целью раннего выявления патологических состояний структур коленного сустава и проведения необходимых хирургических или терапевтических манипуляций необходимо использовать комплексный подход по отношению к диагностическим мероприятиям.

**Ключевые слова:** лучевая диагностика, травма сустава, стандартная рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография

#### Abstract

**Relevance.** This article is devoted to a review of current radiation methods for visualizing pathologies of the structures of the knee joint, which represent a topical problem in modern clinical practice and require close attention and in-depth study. The range of medical treatment depends entirely on the rational and necessary use of radiation imaging methods and the competence of diagnostic specialists.

**Objective of the review.** Based on an analysis of the literature, to assess the current state of the problem and the effectiveness of the used radiation methods for diagnosing damage to the ligamentous-articular structure of the knee.

**Material and methods.** The search was conducted in the open electronic scientific databases PubMed of the US National Electronic Medical Library and the databases of the Russian scientific electronic library e-library using keywords and phrases: radiodiagnosis, knee joint injury, standard radiography, computed tomography, magnetic resonance imaging, arthrography.

**Review results.** In order to make an early diagnosis through radiation methods and provide the necessary assistance, standard radiography, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), and ultrasound are used. Contrast x-ray arthrography, computed tomographic arthrography (CT arthrography) and magnetic resonance arthrography (MR arthrography) are also relevant methods for detecting knee joint injuries. One of the most commonly used primary methods of radiological imaging of pathologies of large joints is standard radiography in two projections. However, it is not possible to assess damage within the anatomical structures of the soft tissues and ligaments of the knee joint due to the low sensitivity of this method. The use of computed tomography in most cases is an additional way to clarify the correctness of the intended diagnosis and is of a secondary nature. Magnetic resonance imaging is the method of choice for pathologies of both intra-articular and extra-articular structures of the knee. The advantages of magnetic resonance imaging include the safety and non-invasiveness of the study, the absence of ionizing radiation and high diagnostic value. The most promising and informative invasive radiation techniques for diagnosing knee joint pathologies using paramagnetic contrast agents in clinical practice are CT arthrography and MR arthrography.

**Conclusion.** Each radiation imaging method has its own advantages and it is important to individually determine the need for the use of diagnostic tools for certain clinical cases. Also, in order to early identify pathological conditions of the knee joint structures and carry out the necessary surgical or therapeutic manipulations, it is necessary to use an integrated approach to diagnostic measures.

**Keywords:** radiation diagnostics, joint injury, standard radiography, computed tomography, magnetic resonance imaging

Адекватная оценка и планирование необходимого лечения при травмах и патологиях связочно-суставного аппарата в первую очередь зависят от полноценной и своевременной проведенной диагностики. Позднее распознавание повреждений связок и других суставных компонентов колена может стать причиной проведения неполного лечения. Вследствие этого значительно возрастает риск потери трудоспособности, вплоть до инвалидности пациентов, независимо от их возраста [1]. Нередким явлением в клинической практике оказывается диагностическая ошибка при обнаружении внутрисуставных переломов у травмированных пациентов. Это происходит из-за специфических признаков данной патологии, отличающихся от остальных видов переломов, для выявления которых может потребоваться применение более обширных и глубоких диагностических методик.

При необходимости использования металлоконструкций при травмах колена создан программно-информационный комплекс, задача которого – виртуально провести остеосинтез перелома с применением предложенной металлоконструкции, т.е. осуществить предоперационное планирование и подобрать наиболее подходящую металлоконструкцию для остеосинтеза [2]. Однако при патологиях связочно-аппарата спектр лечебной терапии всецело

зависит от рационального и необходимого использования лучевых методов визуализации и компетенции специалистов диагностического профиля. Важно отметить, что достаточно часто переломы и вывихи костей в области коленного, локтевого и лучезапястного суставов приводят к разрыву связок и требуют незамедлительной терапии. При недостаточном комплексе предпринимаемых мер и способов лечения, в случае возникновения травм различного рода и характера с наличием повреждения как внесуставных, так и внутрисуставных связок, присутствует риск развития хронической нестабильности травмированного сустава [3].

Следуя данным, представленным John J. Callaghan et al. (2003), около половины поврежденных суставов у пациентов, вне зависимости от половых и возрастных данных, занимают травмы связочно-суставного аппарата колена [4]. При этом, по разным данным, от 55 до 85 % случаев повреждений колена занимает полное или частичное разрушение менисков [5–9]. Как правило, чаще всего травмы коленного сустава различной этиологии специалисты обнаруживают у трудоспособных слоев населения, что оказывает значительное влияние на работоспособность отдельных структур Российской Федерации. Также важно отметить высокий процент ошибок в постанов-

ке диагноза при травматических поражениях этой локализации [10].

Исходя из этого, вопрос ранней диагностики повреждения коленных суставов является актуальной проблемой в современной клинической практике, требующей пристального внимания и глубокого изучения. С целью ранней постановки диагноза посредством лучевых методов исследования и оказания необходимой помощи применяют ряд методик, а именно стандартную рентгенографию в двух проекциях, компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию, ультразвуковое исследование [11–14].

Благодаря быстрому развитию технических возможностей лучевой визуализации были разработаны новые, более чувствительные методы диагностики связочно-суставного аппарата, в основе которых – применение парамагнитных контрастных веществ. Они включают в себя контрастную рентгеновскую артрографию, компьютерно-томографическую артрографию и магнитно-резонансную артрографию. Эти методики лучевой визуализации имеют значительные перспективы дальнейшего развития и активного применения в медицинской практике травм как, в частности, коленного сустава, так и в случае возникновения других патологий связочно-суставного аппарата. При проведении инъекции контрастного вещества происходит увеличение суставной капсулы, а также явное улучшение визуальных составляющих травм и повреждений коленного сустава. При этом по способу введения контрастного вещества артрографический метод диагностики следует разделять на прямой и непрямой [15, 16].

**Цель обзора.** На основании анализа литературы оценить современное состояние проблемы и эффективность применяемых лучевых методов диагностики повреждения связочно-суставного аппарата.

**Материал и методы.** Поиск был проведен в открытых электронных научных базах данных PubMed Национальной электронной медицинской библиотеки США и баз данных российской научной электронной библиотеки eLibrary по ключевым словам и словосочетаниям: лучевая диагностика, травма сустава, стандартная рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, артрография.

**Результаты и обсуждение.** Одним из наиболее часто применяемых первичных методов лучевой визуализации патологий суставов, в число которых входит коленный сустав, и костных составляющих является применение стандартной рентгенографии в двух

проекциях. На сегодняшний день при всей многочисленности и полноте методов клинического обследования суставов он играет одну из главных ролей в раннем выявлении внутрисуставных переломов [17]. Стоит отметить, что, как правило, это утверждение актуально для выявления дефектов крупных суставов, а для проведения диагностики при подозрении на патологию мелких суставов в большинстве случаев в целях постановки верного диагноза потребуются применение дополнительных методов лучевой визуализации. В случае обнаружения патологических изменений формы костных структур и их положения традиционная рентгенография предоставляет специалистам возможность лишь заподозрить травмы и повреждения, произошедшие в суставно-связочном аппарате. Это подтверждается информацией, приведенной в работе Verquist T. H. (2003), следуя которой можно определить то, что вследствие проведения стандартной рентгенографии отсутствует вероятность выявления конкретных признаков повреждений мягких внутрисуставных и внесуставных тканей [1]. К неоспоримым достоинствам рентгенологического исследования при подозрении на травму суставно-связочного аппарата колена можно отнести возможность адекватной оценки состояния костей сустава и их хрящевого покрова. Также важно отметить широкое распространение диагностических аппаратов на территории Российской Федерации и низкую стоимость проведения процедуры относительно других методик лучевой визуализации. Однако оценить повреждения внутри анатомических структур мягких тканей коленного сустава не представляется возможным ввиду низкой чувствительности данного метода. Анализ мягкотканых суставных образований может быть произведен при помощи проведения методов диагностики с более высокими пределами чувствительности либо посредством введения в полость сустава контрастных средств [18–20]. Что касается диагностики травм мениска, по данным Кузнецова И. А. с соавт. (2003) и Белоенко Е. Д. с соавт. (1997), их структуру при проведении классической рентгенографии коленного сустава можно визуализировать только при условии возникновения поверхностной оссификации [21, 22].

В свою очередь, компьютерная томография может быть проведена для обнаружения и выявления особенностей переломов костных структур, а также патологических соотношений образующих сустав костей. Однако, по данным Кадубовской Е. А. (2010), ре-

зультаты, полученные в процессе применения данного метода лучевой визуализации, представляют возможность лишь косвенно предполагать наличие травмы связочного аппарата [23]. А также следуя информации, представленной в работе Kiuru MJ et al. (2004), явными признаками повреждения связок в ходе КТ-исследования можно считать признаки краевых дефектов костных структур или наличие отрывного перелома [24, 25].

Стоит отметить, что применение этой методики в случае подозрения на травму коленного сустава в большинстве случаев является дополнительным способом уточнения корректности предполагаемого диагноза и носит второстепенный характер. По результатам ее проведения затруднительно в достаточной мере получить информацию о состоянии хрящевых структур, связок и мышц [26]. Дать оценку их предполагаемому поражению как в коленном, так и в других суставах также не представляется возможным. Это связано с низким показателем контрастности снимков мягкотканых структур, полученных при проведении компьютерной томографии, а также равной рентгеновской плотностью с мягкими тканями.

Затрагивая магнитно-резонансную терапию как метод диагностики травм коленного сустава, можно отметить тенденцию к приобретению приоритетной роли данной методики, используемой в целях предоставления изображения как внесуставных, так и внутрисуставных структур. По данным ряда отечественных авторов, для верной оценки состояния костных и хрящевых структур и их наилучшей визуализации рекомендовано применять именно магнитно-резонансную томографию, а также метод ультразвукового исследования [27–29]. Выбор в пользу данной методики связан со способностью визуализации необходимого фрагмента в нескольких плоскостях совместно с самым высоким показателем контрастности мягкотканых структур при сравнении с представленными методами лучевой визуализации.

Стоит отметить, что методика магнитно-резонансной томографии крайне хорошо зарекомендовала себя при необходимости диагностики травм связочного аппарата. Так, исходя из исследования Nikolaou VS et al. (2008) следует, что при разрыве крестообразной связки из 27 клинических случаев, диагностированных при помощи артроскопии, 19 были подтверждены посредством магнитно-резонансной томографии, что составило 86 % верных результатов [30]. Ошибки в диагностическом поиске при травмах крестообразной связки могут

происходить из-за разрыва либо сохранения структур слизистой оболочки. Таким образом, в случае разрыва слизистой оболочки специалисты могут диагностировать ложноположительный результат травмы связочного аппарата, а при ее сохранении, напротив, полученные данные магнитно-резонансного исследования могут носить ложноотрицательный характер [31, 32]. Также важно отметить высокую информативность данного метода лучевой визуализации при разрыве задней крестообразной связки. По данным ряда зарубежных авторов, точность диагностирования этой патологии посредством МРТ составляет 90 %, а в некоторых случаях стремится к абсолютному значению [33, 34]. С другой стороны, шансы своевременно диагностировать нарушение целостности хрящевого покрова коленного сустава в значительной степени уменьшаются в сравнении с травмами связочного аппарата. Точность методики составляет около 60 % и во многом зависит от компетенции специалиста лучевой диагностики, фокусировки внимания на дефектах гиалинового хряща [35–37]. Характерным признаком патологии мениска, диагностированным при помощи магнитно-резонансной томографии, следует считать образование полей значительно усиленного МРТ-сигнала в области предполагаемой травмы [38–40]. В клинической практике чаще встречается вариант как вертикальной, так и горизонтальной позиции сигнала в области визуальной проекции тени хрящевых структур колена. За время использования метода магнитно-резонансной томографии было проведено множество исследований с целью доказательства либо опровержения диагностической ценности данных, полученных в процессе работы на томографах с разными величинами мощности как у молодых слоев населения, так и у гериатрических больных с травмами менисков коленного сустава [5, 41, 42]. В каждом из них авторы пришли к выводу о важности и необходимости применения магнитно-резонансной томографии в случае патологии менисков.

Существуют исследования, подтверждающие мнение о том, что диагностическая точность МРТ может критическим образом повлиять на способ лечения травм колена. Так, Mackenzie R et al. (1996) в своем исследовании изучили диагноз 332 пациентов, у которых первоначально диагноз был определен на основании клинического обследования, а терапевтическая процедура была определена до проведения МРТ [43]. В итоге у 57 из 113 больных клинические положительные результаты разрыва мениска до проведения диа-

гностического поиска посредством магнитно-резонансной томографии не были подтверждены при помощи данного метода визуализации. Этот результат привел к переоценке и дифференциации лечения у 62 % пациентов, а из пациентов, которым было необходимо проведение оперативного вмешательства, только 38 % больным в конечном итоге потребовалось проведение артроскопии. В другом исследовании Weinstabl R et al. случайным образом распределили пациентов с подтвержденным разрывом мениска коленного сустава на две группы [44]. Все пациенты первой группы прошли МРТ-обследование перед артроскопией, и в этой группе только у 2 % пациентов не было выявлено патологии мениска посредством инвазивного оперативного вмешательства. Пациентам второй группы, основываясь только на результатах клинического обследования, была проведена артроскопия с целью выявления внутреннего повреждения коленного сустава. В этой группе посредством инвазивной манипуляции только у 30 % пациентов подтвердились результаты клинического обследования.

Некоторые отечественные авторы также изучили и проанализировали важность использования метода магнитно-резонансной томографии при проведении диагностики внутрисуставных патологий. Так, О. П. Филиппов с соавт. (2004) в своей работе определили данную методику необходимой для описания травм мягкотканых структур колена и определения его функциональной составляющей [45]. А. Э. Цориев с соавт. (2001) также подтвердили важность применения этого метода для определения характера патологий мягких тканей коленного сустава [46].

К неоспоримым преимуществам метода магнитно-резонансной томографии можно отнести безопасность и неинвазивность исследования, отсутствие ионизирующего излучения и высокую диагностическую значимость. В качестве недостатков методики следует отметить невозможность ее применения в случае пребывания металлических изделий, в том числе в человеческом организме, в зоне исследования.

В последние годы активное развитие существующих методов лучевой диагностики, а также разработка и внедрение новых диагностических методик заложили основы артроскопии, применяемой при повреждении сустава. Посредством введения контрастного вещества происходит расширение капсулы сустава, из-за чего улучшается визуализация травм связочно-суставного аппарата. Данный метод сформировался и стал интен-

сивно внедряться в практическую деятельность врачей диагностического и хирургического профиля с 1980-х годов, и до настоящего времени он развивается и совершенствуется [47]. Наиболее перспективными и информативными лучевыми методиками диагностики патологий коленного сустава в клинической практике является КТ-артрография и МР-артрография [48–52].

Внутрисуставное введение контрастного вещества предоставляет возможность специалистам лучше визуализировать дефекты коленного сустава и его составляющих при помощи компьютерной томографии. По информации некоторых зарубежных авторов, следуя материалам их публикаций, можно отметить, что информативность КТ-артрографии сопоставима с данными, полученными методом магнитно-резонансной томографии, в случае необходимости диагностики патологий интраартикулярных структур, менисков и суставного хряща [43–55]. Это связано с высоким показателем контрастности костной ткани и особенностей физических основ применяемой методики. К недостаткам метода можно отнести низкую чувствительность при выявлении патологии внесиновиальных частей сустава, высокую лучевую нагрузку и риски неудовлетворительных исходов контрастирования. Исходя из этого, важно отметить, что к применению КТ-артрографии стоит прибегать в случае наличия исключительных показаний, а также при ограничениях к проведению магнитно-резонансного исследования по различным причинам [56]. Также в настоящее время активно внедряется в клиническую практику понятие виртуальной артроскопии, применяемое для сравнительной оценки состояния колена. В этом случае результат будет визуально схож с показателями артроскопии, при этом инвазивное оперативное вмешательство не требуется. Несмотря на то что виртуальная артроскопия выступает в роли дополнительного метода анализа состояния коленного сустава и не всегда может быть применена практически, всё же в ряде исследований данную методику описали как самостоятельный метод оценки патологий крестообразных связок и менисков [57, 58].

Наиболее перспективной методикой диагностики патологий коленного сустава с использованием парамагнитных контрастных веществ является МР-артрография. По данным ряда авторов, произвести дифференцировку при дефектах хрящевой ткани, а именно ее глубоких слоев и костной части, расположенной под хрящом, при помощи стандарт-

ного метода магнитно-резонансной томографии в большинстве случаев бывает затруднительно [59–61]. А вследствие повышения контрастности между содержимым коленного сустава и гиалиновым хрящом увеличивается вероятность корректно дифференцировать состояние хрящевых структур. Так, в исследовании Bergin D et al. (2003) было доказано, что в случае безошибочного проведения МР-артрографии материалы исследования несут в себе значимые и качественные диагностические данные [62]. Некоторые зарубежные авторы также в своих публикациях определили важность применения этого метода визуализации для выявления и определения патологий коленного сустава [63–65].

В настоящее время существует и широко применяется методика прямой контрастной артрографии и непрямой МР-артрографии. Прямой метод актуален для взрослых слоев населения и в большинстве случаев не рекомендован пациентам детского возраста. По данным Elentuck D et al. (2004) и Steinbach LS et al. (2002), это связано с необходимостью проведения анестезиологического пособия и относительно высокой инвазивностью применяемой методики [66, 67]. Ввиду этого, несмотря на высокую диагностическую ценность и возможность визуализации дефектов в различных внутрисуставных и внесуставных структурах, существовала острая необходимость в разработке более щадящего метода диагностики. Данным методом стала непрямая МР-артрография, основанная на внутривенном введении контрастного препарата. Для проникновения контрастных веществ в полость сустава требуется определенное время, и в связи с этим важной характеристикой, влияющей на успешность проведения методики, является возможность отсроченного получения данных исследования. Как правило, на это требуется около 30 минут, однако, следуя информации, представленной в работах Kaura DR et al. (2005) и Morrisson WB et al. (2005), при имеющемся воспалительном процессе в области сустава необходимое время ожидания перед проведением магнитно-резонансного исследования может быть значительно сокращено [68, 69]. Также важно отметить крайне обширные возможности программного обеспечения, благодаря которым существует способ в процессе исследования минимизировать сигнал, поступающий от жировой ткани. Несомненно, это влияет на качество визуализации связочно-суставных структур коленного сустава. К явным преимуществам данного метода лучевой диагностики патологий колена следует отнести возможность успешно выявлять

хрящевые дефекты и травмы мениска, патологии сухожилий, дефекты костных структур и мягких тканей, расположенных вне сустава, а также возможность применения у пациентов любой возрастной группы.

**Заключение.** В современной клинической практике для выявления патологий коленного сустава широко применяется ряд методов лучевой диагностики, а именно: стандартная рентгенография в двух проекциях, КТ, МРТ и различные вариации артрографических методик. Наиболее информативной неинвазивной технологией выявления и определения внутрисуставных травм служит МРТ. Для верной оценки состояния костных и хрящевых структур колена и их наилучшей визуализации рекомендовано применять именно данный метод исследования. При наличии противопоказаний у пациентов к проведению МРТ следует прибегать к дополнительным методикам диагностики. Базовая стандартная рентгенография удовлетворяет в потребности поиска и раннего выявления внутрисуставных переломов, дефектов крупных суставов. Ввиду широкого распространения диагностических аппаратов на территории Российской Федерации и низкой стоимости проведения процедуры данный метод исследования является системным способом визуализации явных патологических состояний коленного сустава. В свою очередь, компьютерная томография может быть проведена для обнаружения и выявления особенностей переломов костных структур, а также аномальных соотношений образующих сустав костей. По причине затруднительной диагностики состояния хрящевых структур, связок и мышц в большинстве случаев данный метод является дополнительным способом уточнения корректности предполагаемого диагноза и носит второстепенный характер.

Важно выделить диагностическую значимость ключевых методов артрографии в определении патологий коленного сустава. КТ-артрография и МР-артрография представляют собой крайне информативные технологии визуализации травм связочно-суставного аппарата. Методики прямой контрастной артрографии и непрямой МР-артрографии предоставляют возможность определения хрящевых дефектов и травм мениска, патологий сухожилий, дефектов костных внутрисуставных и внесуставных структур, а также мягких тканей.

Каждый метод лучевой визуализации имеет свои достоинства, и важно индивидуально определять потребность в применении диагностических средств для определенных клинических случаев. Также с целью раннего вы-

явления патологических состояний структур коленного сустава и проведения необходимых хирургических или терапевтических манипуляций необходимо использовать комплексный подход по отношению к диагностическим мероприятиям. Около половины повреждений суставов у трудоспособных пациентов, вне за-

висимости от половых и возрастных данных, занимают травмы связочно-суставного аппарата колена. Это оказывает значительное влияние на работоспособность отдельных структур РФ и является актуальной проблемой в современной клинической практике, требующей пристального внимания и глубокого изучения.

Таблица 1

**Разделение по обсуждаемым вопросам и проблемам**

Рассматриваемые вопросы и проблемы	Количество статей	Авторы и год публикации
Актуальность обзора ключевых лучевых методов диагностики патологий коленного сустава	10	Berquist TH (2003) [1], Ямщиков О. Н. с соавт. (2014) [3], Greenspan A (2000) [3], John J Callaghan (2003) [4], Редько К. Г. с соавт. (1998) [5], Оганесян О. В. с соавт. (2002) [6], Higuchi H et al. (2000) [7], Lee CR et al. (2018) [8], Katz JN et al. (2020) [9], Коваленко В. Н. с соавт. (2003) [10]
Общие сведения о диагностических методиках	6	Брюханов А. В., Васильев А. Ю. (2006) [11], Трофимова Т. Н., Карпенко А. К. (2006) [12], Крамер Дж. (2015) [13], Зубарев А. Р., Неменова Н. А. (2006) [14], Lungu E, Moser TP (2015) [15], Malhotra G et al. (2023) [16]
Стандартная рентгенография в диагностике патологий коленного сустава	6	Емельянова Н. В. (2023) [17], Berquist TH (2003) [1], Schmitt R et al. (2006) [18], Metz VM et al. (1993) [19], Cherian BS et al. (2019) [20], Кузнецов И. А. с соавт. (2003) [21], Белоенко Е. Д. с соавт. (1997) [22]
Компьютерная томография в диагностике патологий коленного сустава	4	Кадубовская Е. А. (Kadubovskaya EA) (2010) [23], Kiuru MJ et al. (2004) [24], Basha MAA et al. (2017) [25], Васильев А. Ю., Буковская Ю.В. (2008) [26]
Магнитно-резонансная томография в диагностике патологий коленного сустава	20	Кузина И. Р., Ахадов Т. А. (2003) [27], Миронов С. П. с соавт. (2006) [28], Ермак Е. М. (2005) [29], Nikolaou VS et al. (2008) [30], Rose NE, Gaold SM (1996) [31], Hodler J et al. (1992) [32], Trieshmann HW, Mosure JC (1996) [33], Ficher SP et al. (1991) [34], Speer KP et al. (1991) [35], Mori R et al. (1999) [36], Ochi M (1994) [37], Ваза А. Ю. (2003) [38], Петрофф В. (1999) [39], Tabib W et al. (2000) [40], Shaffer B, Klimkiewicz JJ (2002) [41], Dirshl DR (1997) [42], Mackenzie R (1996) [43], Weinstabl R (1997) [44], Филиппов О. П. с соавт. (2001) [45], Филиппов О. П. с соавт. (2004) [46]

Рассматриваемые вопросы и проблемы	Количество статей	Авторы и год публикации
Общие сведения об артрографическом методе исследования	6	Peterson JJ et al. (2008) [47], De Jesus JO et al. (2009) [48], Meister K et al. (2004) [49], Waldt S et al. (2007) [50], Bhure U et al. (2018) [51], Greif DN et al. (2020) [52], Vande Berg BC et al. (2002) [53]
КТ-артрография в диагностике патологий коленного сустава	6	Vande Berg BC et al. (2002) [53], Vande Berg BC et al. (1998) [54], Hadj-Salah M et al. (2006) [55], Moser T (2008) [56], Coulrier B (2006) [57], Whal Lee et al. (2004) [58]
МР-артрография в диагностике патологий коленного сустава	11	McGibbon CA et al. (2003) [59], Poterfy CG (2000) [60], Potter HO et al. (1998) [61], Bergin D, Schweitzer M (2003) [62], Burststein D et al. (2001) [63], Kramer J, Recht MP (2002) [64], Schulte Altedorneburg G et al. (2003) [65], Elentuck D, Palmer WE (2004) [66], Steinbach LS et al. (2002) [67], Kaura DR et al. (2005) [68], Morrisson WB (2005) [69]

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Berquist T. H. *MRI of the hand and wrist* / T. H. Berquist. Philadelphia : Lippincott Williams&Wilkins, 2003. 194 p.
- Ямщиков О. Н., Марков Д. А., Емельянов С. А. Предоперационное планирование с применением компьютерного моделирования в лечении переломов дистального отдела бедренной кости // *Мед. наука и образование Урала*. 2014. Т. 15, № 3 (79). С. 81–84.
- Yamshchikov ON, Markov DA, Emelyanov SA. *Preoperative planning using computer modeling in the treatment of fractures of the distal femur*. Medical Science and Education of the Urals. 2014;15:3 (79):81–84.
- Greenspan A. *Orthopedic radiology: a practical approach* / A. Greenspan. Philadelphia : Lippincott Williams&Wilkins, 2000. 1200 p.
- The Adult Knee / J. J. Callaghan et al. W. p.: Lippincott Williams & Wilkins, 2003. 1536 p.
- Дифференциальная диагностика повреждений менисков коленного сустава с помощью магнитно-резонансной томографии / К. Г. Редько и др. // *Актуальные вопросы травматологии и ортопедии*. СПб., 1998. С. 19–20.
- Differential diagnosis of injuries to the menisci of the knee joint using magnetic resonance imaging. Redko KG et al. *Current issues of traumatology and orthopedics*. St. Petersburg, 1998.
- Оганесян О. В., Семевский А. Е. Артроскопическое лечение контрактур коленного сустава с использованием шарнирно-дистракционных аппаратов // *Травматология и ортопедия России*. 2002. № 1. С. 12–15.
- Oganesyanyan OV, Semevskiy AE. *Arthroscopic treatment of contractures of the knee joint using hinge-distraction devices*. *Traumatologiya i Ortopediya Rossii*. 2002;1:12–15.
- Factors affecting long-term results after arthroscopic partial meniscectomy / H. Higuchi et al. // *Clinical Orthopaedics*. 2000. № 377. P. 161–168.
- Arthroscopic partial meniscectomy in young patients with symptomatic discoid lateral meniscus: an average 10-year follow-up study / C. R. Lee et al. // *Arch. of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2018. Vol. 138, № 3: Mar. P. 369–376. DOI 10.1007/s00402-017-2853-1.
- Five-Year Outcome of Operative and Nonoperative Management of Meniscal Tear in Persons Older Than Forty-Five Years / J. N. Katz et al. // *Arthritis & Rheumatology*. 2020. Vol. 72, № 2: Feb. P. 273–281. DOI 10.1002/art.41082
- Коваленко В. Н., Борткевич О. П. *Остеоартроз : практ. рук.* Киев : Морион, 2003. 448 с.
- Kovalenko VN, Bortkevich O. P. *Osteoarthritis: practical guidelines*. Kyiv: Morion, 2003.
- Брюханов А. В., Васильев А. Ю. *Магнитно-резонансная томография в остеологии*. М. : Медицина, 2006. 200 с.
- Bryukhanov AV, Vasiliev AYu. *Magnetic resonance imaging in osteology*. Moscow: Meditsina, 2006.
- Трофимова Т. Н., Карпенко А. К. *МРТ-диагностика травмы коленного сустава*. СПб. : Изд. дом СПбМАПО, 2006. 150 с.
- Trofimova TN, Karpenko AK. *MRI diagnosis of knee joint injury*. St. Petersburg : Publishing house SPbMAPO, 2006.
- Крамер Й. *МРТ- и КТ-артрография // Лучевая диагностика и терапия*. 2015. № 2. С. 11–16.
- Kramer J. *MRI and CT arthrography*. *Luchevaya Diagnostika i Terapiya*. 2015;2:11–16.
- Зубарев А. Р., Неменова Н. А. *Ультразвуковое исследование опорно-двигательного аппарата у взрослых и детей*. М. : Видар, 2006. 136 с.
- Zubarev AR, Nemenova NA. *Ultrasound examination of the musculoskeletal system in adults and children*. Moscow: Vidar, 2006.
- Lungu E., Moser T. P. *A practical guide for performing arthrography under fluoroscopic or ultrasound guidance // Insights Imaging*. 2015. № 6 (6). P. 601–610.
- Fluoroscopic-guided procedures of the lower extremity / G. Malhotra et al. // *Skeletal Radiology*. 2023. Vol. 52, № 5: May. – P. 855–874. DOI 10.1007/s00256-022-04139-w.

17. Емельянова Н. В., Чумаков Р. В., Гладышев М. А. Современные методы лучевой диагностики внутрисуставных переломов // *Вестн. СурГУ. Медицина*. 2023. Т. 16, № 2. С. 14–18. DOI 10.35266/2304-9448-2023-2-14-18  
Emelyanova NV, Chumakov RV, Gladyshev MA. Modern methods of radiological diagnosis of intra-articular fractures. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2023;16(2):14–18. DOI 10.35266/2304-9448-2023-2-14-18
18. Carpal instability / R. Schmitt et al. // *Europ. Radiology*. 2006. Vol. 16. P. 2161–2178.
19. Metz V. M., Mann F. A., Gilula L. A. Three-compartment wrist arthrography: correlation of pain site with location of uni and bidirectional communications // *Amer. J. of Roentgenology*. 1993. Vol. 160. P. 819–822.
20. Comparison of MRI & direct MR arthrography with arthroscopy in diagnosing ligament injuries of wrist / B. S. Cherian et al. // *J. of Orthopaedics*. 2019. № 19: Nov 12. P. 203–207. DOI 10.1016/j.jor.2019.11.014
21. Кузнецов И. А., Монахов В. В., Селин А. В. Ортопедическая трансплантация медиального мениска коленного сустава (семилетний результат) // *Скорая медицинская помощь*. 2003. Спец. вып. С. 53.  
Kuznetsov IA, Monakhov VV, Selin AV. Orthotopic transplantation of the medial meniscus of the knee joint (seven-year result). *Skoraya Meditsinskaya Pomosh'. Special issue*. 2003.
22. Белоенко Е. Д., Скакун П. Г., Эйсмонт О. Л. Артроскопия в диагностике заболеваний и повреждений коленного сустава // *Сборник материалов Второго конгресса Российской артроскопического общества*. М., 1997. С. 26.  
Belouenko ED, Skakun PG, Eismont OL. Arthroscopy in the diagnosis of diseases and injuries of the knee joint. *Collection of materials of the Second Congress of the Russian Arthroscopy Society*. Moscow: 1997.
23. Кадубовская Е. А. Современные возможности лучевой диагностики повреждений связок области лучезапястного сустава (обзор литературы) // *Травматология и ортопедия России*. 2010. № 4 (58). С. 93–101.  
Kadubovskaya EA. Modern possibilities of radiation diagnostics of injuries to the ligaments of the wrist joint (literature review). *Traumatologiya i Ortopediya Rossii*. 2010;4(58):93–101.
24. Wrist injuries; diagnosis with multidetector CT / M. J. Kiuru et al. // *Emergency Radiology*. 2004. Vol. 10. P. 182–185.
25. Basha M. A. A., Ismail A. A., Imam A. H. F. Does radiography still have a significant diagnostic role in evaluation of acute traumatic wrist injuries? A prospective comparative study // *Emergency Radiology*. 2018. Vol. 25, № 2: Apr. P. 129–138. DOI 10.1007/s10140-017-1559-6
26. Васильев А. Ю., Буковская Ю. В. Лучевая диагностика повреждений лучезапястного сустава и кисти. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 168 с.  
Vasilyev AYu., Bukovskaya YuV. *Radiation diagnostics of injuries of the wrist joint and hand*. Moscow: GEOTAR-Media, 2008.
27. Кузина И. Р., Ахадов Т. А. Магнитно-резонансная томография травмы коленного сустава. Новосибирск: Издатель, 2003. 113 с.  
Kuzina IR, Akhadov TA. *Magnetic resonance imaging of knee joint injury*. Novosibirsk: Izdatel', 2003.
28. Миронов С. П., Еськин Н. А., Орлецкий А. К. Эхография патологии коленного сустава // *SonoAce international*. 2006. № 14. С. 78–89.  
Mironov SP, Eskin NA, Orletsky AK. *Echography of the pathology of the knee joint*. SonoAce international. 2006;14:78–89.
29. Ермак Е. М. Современные ультразвуковые технологии в диагностике деструктивных и репаративных процессов в костной и хрящевой тканях: дис. ... д-ра. мед. наук: 14.00.19 / Ермак Елена Михайловна. М., 2006. 235 с.  
Yermak EM. *Modern ultrasound technologies in the diagnosis of destructive and reparative processes in bone and cartilage tissue: Dissertation of Doctor of Medical Sciences: 14.00.19*. Yermak Elena Mikhailovna. Moscow: 2006.
30. MRI efficacy in diagnosing internal lesions of the knee: a retrospective analysis / V. S. Nikolaou et al. // *J. of Trauma Management & Outcomes*. 2008. Vol. 2, № 1: Jun. 2. P. 4. DOI 10.1186/1752-2897-2-4
31. Rose N. E., Gold S. M. A comparison of accuracy between clinical examination and magnetic resonance imaging in the diagnosis of meniscal and anterior cruciate ligament tears // *Arthroscopy*. 1996. Vol. 12, № 4. P. 398–405.
32. The cruciate ligaments of the knee: correlation between MR appearance and gross and histologic findings in cadaveric specimens / J. Hodler et al. // *Amer. J. of Roentgenology*. 1992. Vol. 159, № 2. P. 357–360.
33. Trieshmann H. W., Mosure J. C. The impact of magnetic resonance imaging of the knee on surgical decision making // *Arthroscopy*. 1996. Vol. 12, № 5. P. 550–555.
34. Accuracy of diagnoses from magnetic resonance imaging of the knee. A multi-center analysis of one thousand and fourteen patients / S. P. Fischer et al. // *The J. of Bone and Joint Surgery*. Amer. vol. 1991. Vol. 73, № 1. P. 2–10.
35. Magnetic resonance imaging of traumatic knee articular cartilage injuries / K. P. Speer et al. // *The Amer. J. of Sports Medicine*. 1991. Vol. 19, № 4. P. 396–402. DOI 10.1177/036354659101900414
36. Clinical significance of magnetic resonance imaging (MRI) for focal chondral lesions / R. Mori et al. // *Magnetic Resonance Imaging*. 1999. Vol. 17, № 8. P. 1135–1140. DOI 10.1016/S0730-725X(99)00033-8
37. The diagnostic value and limitation of magnetic resonance imaging on chondral lesions in the knee joint / M. Ochi et al. // *Arthroscopy*. 1994. Vol. 10, № 2. P. 176–183.
38. Ваза А. Ю. Диагностика и лечение закрытых переломов мыщелков большеберцовой кости: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 / Ваза Александр Юльевич. М., 2003. 25 с.  
Vaza AYu. *Diagnosis and treatment of closed fractures of the tibial condyles: abstract of Dissertation of Candidate of Medical Sciences: 14.00.22*. Vaza Alexander Yulevich. Moscow: 2003.
39. Петрофф В. МРТ нормального и ненормального коленного сустава // *Сборник материалов III конгресса Российской артроскопического общества*. М., 1999. С. 120–121.  
Petroff V. *MRI of normal and abnormal knee joint*. *Collection of materials of the III Congress of the Russian Arthroscopic Society*. Moscow: 1999.
40. Arthroscopic meniscectomy using Ho-Yag laser versus mechanical instruments: a prospective single blind randomized study on 80 meniscectomies / W. Tabib et al. // *J. Bone Joint Surg*. 1999. Vol. 85, № 7: Nov. P. 713–721.
41. Shaffer B., Klimkiewicz J. J. The meniscus 2002: Where do we stand? // *Arthroscopy*. 2002. Vol. 18, № 9. P. 14–25.
42. Dirshl D. R., Dahners L. E., Hill C. Current Treatment of Tibial Plateau Fractures // *J. of the Southern Orthopaedic Association*. 1997. Vol. 6, № 1. P. 54–61.
43. Magnetic resonance imaging of the knee: assessment of effectiveness / R. Mackenzie et al. // *Clinical Radiology*. 1996. Vol. 51, № 4. P. 245–250. DOI 10.1016/S0009-9260(96)80340-0
44. Economic considerations for the diagnosis and therapy of meniscal lesions: can magnetic resonance imaging help reduce the expense? / R. Weinstabl et al. // *World J. of Surgery*. 1997. Vol. 21, № 4. P. 363–368. DOI 10.1007/PL00012254
45. Артроскопия в комплексе диагностики и хирургического лечения закрытых переломов костей коленного сустава / О. П. Филиппов и др. // *Мед. науч. и учеб.-метод. журн*. 2001. № 1. С. 67–74.  
Arthroscopy in the complex of diagnosis and surgical treatment of closed fractures of the knee joint. Filippov OP et al. *Meditsinskij Nauchnij i Uchebno-Metodicheskij Zhurnal*. 2001;1:67–74.

46. Филиппов О. П., Чураянц В. В., Божко О. В. Роль МРТ в диагностике и оценке изолированных и сочетанных повреждений менисков коленного сустава // *Мед. визуализация*. 2004. № 2. С. 108–117.
- Filippov OP, Churayants VV, Bozhko OV. The role of MRI in the diagnosis and assessment of isolated and combined injuries of the meniscus of the knee joint. *Meditinskaya visualizatsiya*. 2004;2:108–117.
47. Peterson J. J., Fenton D. S., Czervionke L. F. Image-guided musculoskeletal interventions. Philadelphia : Saunderson Elsevier, 2008. 367 p.
48. Accuracy of MRI, MR arthrography, and ultrasound in the diagnosis of rotator cuff tears: a meta-analysis / J. O. de Jesus et al. // *Amer. J. of Roentgenology*. 2009. Vol. 192, № 6. P. 1701–1707.
49. MR arthrography of partial thickness tears of the undersurface of the rotator cuff: an arthroscopic correlation / K. Meister et al. // *Skeletal Radiology*. 2004. № 33 (3). P. 136–141.
50. Rotator cuff tears: assessment with MR arthrography in 275 patients with arthroscopic correlation / S. Waldt et al. // *Europ. Radiology*. 2007. Vol. 17, № 2. P. 491–498.
51. SPECT/CT arthrography / U. Bhure et al. // *The British J. of Radiology*. 2018. Vol. 91, № 1082: Feb. P. 20170635. DOI 10.1259/bjr.20170635
52. MRI appearance of the different meniscal ramp lesion types, with clinical and arthroscopic correlation / D. N. Greif et al. // *Skeletal Radiology*. 2020. Vol. 49, № 5: May. P. 677–689. DOI 10.1007/s00256-020-03381-4
53. Spiral CT arthrography of the knee: technique and value in the assessment of internal derangement of the knee / B. C. Vande Berg et al. // *Europ. Radiology*. 2002. Vol. 12. P. 1800–1810.
54. Berland L. L., Smith J. K. Multi detector-array CT: once again, technology creates new opportunities // *Radiology*. 1998. Vol. 209. P. 327–329.
55. Spiral computed tomographic arthrography versus arthroscopy in internal derangements of the knee / M. Hady-Salah et al. // *Tunis medical*. 2006. Vol. 84, № 11: Nov. P. 734–737.
56. Moser T. Multidetector CT arthrography of the wrist joint: how to do it / T. Moser [et al.] // *RadioGraphics*. 2008. Vol. 28. P. 787–800.
57. Coulier B. Direct 3D imaging of the knee menisci during 16-row multislice CT arthrography // *JBR-BTR*. 2006. Vol. 89. P. 291–297.
58. CT Arthrography and Virtual Arthroscopy in the Diagnosis of the Anterior Cruciate Ligament and Meniscal Abnormalities of the Knee Joint / Whal Lee et al. // *Korean J. of Radiology*. 2004. Vol. 5, № 1: Jan-Mar. P. 47–54. DOI 10.3348/kjr.2004.5.1.47
59. Accuracy of cartilage and subchondral bone spatial thickness distribution from MRI / C. A. McGibbon et al. // *Magnetic Resonance Imaging*. 2003. Vol. 17. P. 703–715.
60. Poterfy C. G. Scratching the surface: articular cartilage disorders in the knee // *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*. 2000. Vol. 8. P. 409–430.
61. Magnetic resonance imaging of articular cartilage in the knee: an evaluation with use of fast-spin-echo imaging / H. O. Potter et al. // *The J. of Bone and Joint Surgery, Amer. vol.* 1998. Vol. 80. P. 1276–1284.
62. Bergin D., Schweitzer M. Indirect magnetic resonance arthrography // *Skeletal Radiology*. 2003. Vol. 32. P. 551–558.
63. Protocol issues for delayed Gd(DTPA)(2)enhanced MRI (dGEMRIC) for clinical evaluation of articular cartilage / D. Burstein et al. // *Magnetic Resonance in Medicine*. 2001. Vol. 45. P. 36–41.
64. Kramer J., Recht M. P. MR arthrography of the lower extremity // *Radiologic Clinics of North America*. 2002. Vol. 40. P. 1121–1132.
65. MR arthrography: pharmacology, efficacy and safety in clinical trials / G. Schulte-Altdorneburg et al. // *Skeletal Radiology*. 2003. Vol. 32. P. 1–12.
66. Elentuck D., Palmer W. E. Direct magnetic resonance arthrography // *Europ. Radiology*. 2004. Vol. 14. P. 1956–1967.
67. Steinbach L. S., Palmer W. E., Schweitzer M. E. Special focus session: MR arthrography // *RadioGraphics*. 2002. Vol. 22. P. 1223–1246.
68. Optimization of indirect arthrography of the knee by application of external heat: Initial experience / D. R. Kaura et al. // *J. of Magnetic Resonance Imaging*. 2005. Vol. 22. P. 810–812.
69. Morrisson W. B. Indirect MR arthrography: concepts and controversies // *Seminars in Musculoskeletal Radiology*. 2005. Vol. 9. P. 125–134.