



МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА: ПОЛНОТА И КАЧЕСТВО ОЦЕНКИ ПО ДАННЫМ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Е.В. Астапенко, А.В. Владзимирский

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий,
Оружейный переулок, д. 43, стр.1, г. Москва, 127006, Россия

Резюме. *Актуальность.* Рентгенография коленных суставов остаётся основным методом диагностики гонартроза на амбулаторном этапе. Корректное стадирование заболевания требует точного измерения ширины суставной щели, однако качество описания результатов исследований не изучено в полной мере. *Цель исследования:* оценить полноту описаний ширины суставной щели и корректность стадирования гонартроза в протоколах рентгенографии коленных суставов. *Материалы и методы.* Проанализированы 1000 случайно отобранных протоколов рентгенографии коленных суставов из базы данных ЕМИАС г. Москвы за период 2023-2024 гг. Оценивалось наличие объективных данных измерений ширины суставной щели и корректность стадирования по классификации Н.С. Косинской. *Результаты.* Объективные данные измерений суставной щели содержались только в 22,0% протоколов (220 из 1000). В 78,0% случаев использовались субъективные формулировки типа «умеренно сужена», «неравномерно сужена» без конкретных измерений. При этом в заключениях указывались конкретные стадии гонартроза: I стадия – в 54,1% дефектных протоколов, II стадия – в 31,8%, III стадия – в 8,5%. В 5,6% случаев стадия заболевания не была определена. *Заключение.* Выявлена неудовлетворительная полнота описаний морфометрических параметров при рентгенографии коленных суставов. Необходимо внедрение автоматизированных инструментов измерения ширины суставной щели для объективизации стадирования гонартроза и повышения качества диагностики.

Ключевые слова: рентгенография коленного сустава [D011859]; морфометрические параметры [D009056]; гонартроз [D020370]; деформирующий остеоартроз [D010003]; суставная щель [нет точного MeSH-кода]; качество описания [D011787]; протокол исследования [D011795]; стадирование [D009367]; классификация Косинской [нет точного MeSH-кода]; контроль качества [D011786]; искусственный интеллект [D001185]; автоматизация [D001331]; лучевая диагностика [D003952]; медицинская документация [D008499]; дефекты протоколов [нет точного MeSH-кода].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Статья подготовлена в рамках НИР «Научные методологии устойчивого развития технологий искусственного интеллекта в медицинской диагностике», (№ ЕГИСУ: № 123031500004-5) в соответствии с Приказом от 22.12.2023 г. № 1258 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2024 год и плановый период 2025 и 2026 годов» Департамента здравоохранения города Москвы.

Соответствие нормам этики. Исследование выполнено в рамках Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы (mosmed.ai), утвержденного этическим комитетом (выписка из протокола №2 НЭК МРО РОПР от 20 февраля 2020 года), также зарегистрированного на ClinicalTrials (NCT04489992).

Для цитирования: Астапенко Е.В., Владзимирский А.В. Морфометрические параметры коленного сустава: полнота и качество оценки по данным рентгенографии. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2025;15(4):237-242. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.4.MIM.1>



MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE KNEE JOINT: COMPLETENESS AND QUALITY OF ASSESSMENT ACCORDING TO RADIOGRAPHY

Elena V. Astapenko, Anton V. Vladzimirskiy

Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Oruzheyne Lane, 43, building 1, Moscow, 127006, Russia

Abstract. *Background.* Knee joint radiography remains the primary diagnostic method for gonarthrosis at the outpatient stage. Correct disease staging requires accurate measurement of joint space width, however, the quality of study result descriptions has not been fully investigated. *Objective:* To evaluate the completeness of joint space width descriptions and the correctness of gonarthrosis staging in knee joint radiography protocols. *Materials and methods.* 1000 randomly selected knee joint radiography protocols from the UMIAS database of Moscow for the period 2023-2024 were analyzed. The presence of objective data on joint space width measurements and the correctness of staging according to N.S. Kosinskaya classification were assessed. *Results.* Objective joint space measurement data was contained in only 22.0% of protocols (220 out of 1000). In 78.0% of cases, subjective formulations such as "moderately narrowed", "unevenly narrowed" were used without specific measurements. Nevertheless, specific stages of gonarthrosis were indicated in conclusions: stage I – in 54.1% of defective protocols, stage II – in 31.8%, stage III – in 8.5%. In 5.6% of cases, disease stage was not determined. *Conclusion.* Unsatisfactory completeness of morphometric parameter descriptions in knee joint radiography was revealed. Implementation of automated joint space width measurement tools is necessary for objectification of gonarthrosis staging and improvement of diagnostic quality.

Keywords: knee joint radiography [D011859]; morphometric parameters [D009056]; gonarthrosis [D020370]; deforming osteoarthritis [D010003]; joint space [нет точного MeSH-кода]; quality of description [D011787]; study protocol [D011795]; staging [D009367]; Kosinskaya classification [нет MeSH-кода]; quality control [D011786]; artificial intelligence [D001185]; automation [D001331]; лучевая диагностика / radiation diagnostics [D003952]; medical documentation [D008499]; protocol defects [нет точного MeSH-кода].

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding. This paper was prepared by a team of authors as a part of the research project "Evidence-based methodologies for sustainable development of artificial intelligence in medical imaging", (EGISU No. 123031500004-5) in accordance with Order No. 1258 dated December 22, 2023: "On approval of state assignments funded from the Moscow city budget to state budgetary (autonomous) institutions subordinated to the Moscow Healthcare Department for 2024 and the planning period of 2025 and 2026."

Compliance with ethical principles. The study was carried out as part of the Experiment on the use of innovative technologies in the field of computer vision for the analysis of medical images and further application in the health care system of the city of Moscow (mosmed.ai), approved by the ethical committee (extract from protocol No. 2 of the NEC MRO RRRR dated February 20, 2020), also registered at ClinicalTrials (NCT04489992).

Cite as: Astapenko E.V., Vladzimirskiy A.V. Morphometric parameters of the knee joint: completeness and quality of assessment according to radiography. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2025;15(4):237-242. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.4.MIM.1>

Введение

Рентгенография (РГ) на сегодняшний день остаётся наиболее распространённым и доступным методом визуализации коленных суставов в рамках оказания амбулаторной помощи на уровне первичного звена здравоохранения [1]. Технически правильно выполненное рентгенологическое исследование позволяет выявить патологические изменения на ранних стадиях и посодействовать выбору оптимального метода лечения [2-5].

Сужение рентгенологической суставной щели – важный, а на начальных этапах и единственный симптом дегенеративно-дистрофических изменений суставов [6]. Обычно при интерпретации результатов рентгенографии коленного сустава определяют ширину рентгенологической суставной щели в медиальном и латеральном отделах сустава на рентгенограмме, выполненной в прямой проекции в положении сгибания 30-45 градусов [7, 8]. Поскольку гипердиагностика гонартроза чревата неоправданным назначением дообследований и ростом тревожности со стороны пациента [9], а недооценка – пропуском ранних признаков заболевания [10], представляется целесообразным указание истинных размеров ширины суставной щели в протоколе исследования.

Согласно клиническим рекомендациям по гонартрозу [7], при описании результатов рентгенографии коленного сустава производится стадирование патологического процесса по клинико-рентгенологической классификации Н.С. Косинской [8], включающей три стадии:

I стадия – при рентгенографии определяется незначительное сужение суставной щели по сравнению со здоровым суставом и лёгкий субхондральный остеосклероз. Клинически заболевание проявляется болью, возникающей после или при ходьбе, особенно при спуске и подъёме по лестнице, которая проходит в состоянии покоя, иногда боль может появляться после долгого пребывания на ногах, движения в суставе, как правило, не ограничены.

II стадия – сужение рентгенологической суставной щели в 2-3 раза превышает норму, субхондральный склероз становится более выражен, по краям суставной щели и/или в зоне межмыщелкового возвышения появляются костные разрастания (остеофиты). Клинически – умеренный болевой синдром, развивается ограничение движений в суставе, гипотрофия мышц, хромота, определяется лёгкая фронтальная деформация оси конечности.

III стадия – клиническая картина характеризуется стойкими сгибательно-разгибательными контрактурами, резко выраженными болями и хромотой, умеренной и выраженной вальгусной или варусной деформацией конечности, нестабильностью сустава и атрофией мышц бедра и голени. При рентгенографии выявляется значительная деформация и склерозирование суставных поверхностей эпифизов с зонами субхондрального некроза и локального остеопороза, суставная щель почти полностью отсутствует, определяются обширные костные разрастания и свободные суставные тела.

Субъективная оценка выраженности патологических изменений на рентгенограммах суставов, как и неверно выполненные измерения, могут привести к ошибкам в определении стадии патологического процесса, а вследствие этого – стать причиной выбора неверной тактики лечения. Указанный субъективизм связан с высокой нагрузкой на врачей-рентгенологов, чаще всего – с объективным отсутствием времени на выполнение измерений в силу высокой интенсивности процесса описания результатов лучевых исследований [11]. Потенциальным решением проблемы может стать автоматизация анализа изображений [12], с которой связывают оптимизацию производственных процессов и кадровых ресурсов медицинских организаций при оказании помощи пациентам ортопедического профиля [13]. В последние годы появились разработки на основе технологий искусственного интеллекта (ТИИ) для диагностики травм и заболеваний опорно-двигательной системы, потенциально применимые как в практике врачей-рентгенологов, так и в работе ортопедов-травматологов [14-17].

Также необходимо отметить, что реальный уровень качества описаний результатов рентгенологических исследований опорно-двигательной системы не изучен. Существующие публикации основываются на контрольно-проверочных мероприятиях, а не на сплошной оценке протоколов [11].

Цель исследования – оценить полноту описаний ширины суставной щели и корректность стадирования гонартроза на результатах рентгенографии коленных суставов.

Материалы и методы

Исследование выполнено в рамках эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы (mosmed.ai), утверждённого этическим комитетом (выписка из протокола №2 НЭК МРО РОПР от

20 февраля 2020 года), также зарегистрированного на ClinicalTrials (NCT04489992).

Проанализированы протоколы РГ коленных суставов, оформленные врачами-рентгенологами медицинских организаций г. Москвы в период с 01.01.2023 по 31.12.2024 гг. Использована выгрузка из Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы Москвы (ЕРИС ЕМИАС).

Поиск и анализ протоколов выполнен с использованием оригинального инструмента «Платформа подготовки наборов данных» [18]. Стратегия поиска включала: выбор модальности и вида исследования (РГ коленного сустава); применение комбинаций ключевых слов, связанных с описанием гонартроза, и логических операторов.

Использованы аналитические методы исследований и описательная статистика.

Результаты

Всего выявлено 354 413 целевых протоколов, содержащих описание признаков деформирующего остеоартроза (ДОА) на результатах рентгенографии коленного сустава. Это составляет 69,14% от объёма соответствующих услуг, оказанных за период (n=512 621), поэтому выборку можно считать репрезентативной. Далее из общего количества протоколов при помощи «Платформы подготовки наборов данных» в случайном порядке были взяты для пересмотра 1000 текстовых документов, по 500 случаев за каждый исследуемый календарный год.

Оценку суставной щели содержали все целевые протоколы, однако в большинстве случаев объективные подтверждения этой оценки в виде конкретных результатов проведённых измерений в текстах описаний отсутствовали. Результаты измерений суставной щели присутствовали в 220 из 1000 описаний, то есть лишь в 22,0% случаев. В остальных 780 случаях использована конструкция «сужение суставной щели» и её ближайшие аналоги.

Также был проведён анализ заключений на предмет того, какие именно стадии гонартроза и насколько часто были выставлены на основании дефектных, то есть оформленных без выполнения морфометрии, описаний. Из 780 дефектных протоколов 422 (54,1%) случая в заключении содержали указание на наличие признаков деформирующего остеоартроза коленного сустава I стадии, 248 (31,8%) случаев – на наличие признаков остеоартроза II стадии и, наконец, III стадия гонартроза была выставлена 66 пациентам, что составило 8,5%. Результаты анализа заключений по выставленным стадиям гонартроза представлены в табл. 1.

Таблица 1. Количество результатов рентгенографии коленных суставов, не содержащих в описательной части объективных данных о ширине суставной щели, выявленные при анализе случайной выборки 1000 целевых протоколов, содержащих ключевые слова «артроз + колен/гонартроз» в заключениях

Table 1. Number of knee joint radiography results that did not contain objective data on joint space width in the descriptive part, identified during the analysis of a random sample of 1000 target protocols containing the keywords “arthrosis + knee/gonarthrosis” in the conclusions

Год	Всего протоколов без морфометрии	I стадия ДОА	II стадия ДОА	III стадия ДОА	Отсутствие стадирования в заключении
2023	383	195	121	33	29
2024	397	227	127	33	15
2023 + 2024	780	422 (54,1%)	248 (31,8%)	66 (8,5%)	44 (5,6%)

При пересмотре протоколов исследований нами также было выявлено 54 текстовых документа, в которых не указана конкретная стадия патологического процесса, что составляет 5,4% от общего количества проанализированных заключений. Количество подобных заключений среди протоколов, оформленных без морфометрических данных в их описательной части, составляет 44 (5,6%).

Обсуждение

Точная оценка ширины суставной щели чрезвычайно важна для диагностики дегенеративно-дистрофических изменений суставов [6]. В норме у взрослых ширина рентгенологической суставной щели коленного сустава составляет от 6 до 8 мм (по Шинцу – Фридлеру) [19].

При описании ширины суставной щели в 780 случаях из 1000, взятых нами для анализа текстовых

протоколов, используются различные формулировки, не позволяющие произвести корректное стадирование патологического процесса, но, тем не менее, стадия деформирующего остеоартроза в заключениях к этим исследованиям была выставлена. С примерами подобных дефектов (правописание оригинала сохранено) можно ознакомиться в таблице 2.

При описании протокола пациента 1 формулировка «суставная щель сужена по медиальному контуру приблизительно на 30%» не даёт понятия о фактической ширине суставной щели, кроме того, при снижении суставной щели менее чем на 50% в заключении должна быть выставлена I стадия деформирующего остеоартроза по Н.С. Косинской, а не II-я, как в данном протоколе.

Таблица 2. Примеры фрагментов описаний и заключений по результатам рентгенографии коленных суставов
Table 2. Examples of fragments of descriptions and conclusions based on the results of radiography of the knee joints

Пациент, возраст, пол	Протокол описания	Протокол заключения
Пациент 1, 60 лет, пол - женский	Сужена суставная щель по медиальному контуру приблизительно на 30%	Деформирующий артроз правого коленного сустава второй степени
Пациент 2, 65 лет, пол - женский	Рентгеновская суставная щель умеренно сужена	Рентгенологические признаки остеоартроза правого коленного сустава I ст.
Пациент 3, 83 года, пол - женский	Рентгеновская суставная щель умеренно неравномерно сужена с обеих сторон	Гонартроз II ст. с обеих сторон (по Н.С. Косинской)
Пациент 4, 59 лет, пол - мужской	Суставная щель неравномерна, несколько сужена	Рентген- признаки остеоартроза (II ст.) левого коленного сустава (по Косинской)
Пациент 5, 61 год, пол - женский	R-суставная щель коленного сустава сужена неравномерно незначительно	Правосторонний гонартроз II ст.
Пациент 6, 74 года, пол - мужской	Отмечается сужение суставной щели	РГ-признаки остеоартроза II ст.
Пациент 7, 81 год, пол - женский	Суставная щель: не сужена	Остеоартроз III ст. (по Н.С. Косинской)

При описании протоколов пациентов 2, 3, 4 и 5 используются такие формулировки как: «умеренно сужена», «неравномерно сужена», «несколько сужена», «сужена неравномерно незначительно», при этом в заключениях совершенно необоснованно выставляются конкретные стадии гонартроза.

В протоколе пациента 7 мы видим и вовсе противоречивые данные, поскольку заключение «Остеоартроз III ст. (по Н.С. Косинской)» подразумевает сужение суставной щели до 1 мм или даже её полное отсутствие, а в данном примере в описательной части протокола суставная щель оказывается «не сужена».

Особую категорию дефектных протоколов составляют случаи, когда в заключении вовсе не указывается какая-либо конкретная стадия патологического процесса. Подобных случаев было выявлено 44, что составляет 5,6% от 780 проанализированных протоколов, не содержащих результатов измерений суставной щели. Типичные примеры подобных формулировок: «признаки начальных проявлений гонартроза», «рентген-признаки гонартроза 2-3 ст.», «артроз правого коленного сустава 1-2 ст.», «деформирующий артроз правого коленного сустава», «артроз левого коленного сустава», «рентген-признаки гонартроза».

Очевидно, что подобные описания и заключения недостаточно информативны для лечащих врачей [20].

В целом, выявленная ситуация позволяет охарактеризовать полноту описаний признаков гонартроза при интерпретации результатов рентгенографии коленного сустава как неудовлетворительную. Измерение ширины суставной щели коленного сустава – рутинная процедура, значимость которой не всегда очевидна для конкретного врача-рентгенолога. Вероятной причиной служит экономия времени врачом-рентгенологом, обусловленная высокой производственной нагрузкой, особенно при оказании медицинской помощи в амбулаторных условиях, в поликлинических учреждениях. Выявленная ситуация создаёт риски безопасности пациента, прежде всего за счёт недооценки тяжести состояния, а также потенциально повышает шансы проведения повторных лучевых исследований [21]. Абсолютно уверены, что подвергать критике практикующих врачей неконструктивно и неэтично [22, 23]. На фоне современных цифровых возможностей правильным подходом будет предложить инструмент автоматизации измерений, который как сэкономит время, так и обеспечит объ-

ективную и точную классификацию патологических изменений.

Заключение

По итогам анализа 1000 протоколов с результатами рентгенографии коленных суставов выявлены как описания, так и заключения неудовлетворительного качества.

В большинстве случаев (78,0%) тексты описаний не содержат объективного подтверждения констатируемого факта сужения суставной щели.

При заявленном наличии сужения суставной щели коленного сустава данные о результатах проведённых измерений содержатся только в 22,0% протоколов.

Не определена конкретная стадия патологического процесса при гонартрозе в 5,6% заключений.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости разработки и внедрения инструмента для автоматизированной морфометрии ширины суставной щели коленного сустава с целью объективизации стадирования гонартроза, минимизации негативного влияния «человеческого фактора» и снижения рутинной нагрузки на врача-рентгенолога.

Литература [References]

- 1 Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 3. Диагностика патологических состояний и заболеваний опорно-двигательного аппарата: методические рекомендации. Сост. С.П. Морозов, Д.С. Бурмистров, С.В. Епифанова [и др.]; под ред. С. П. Морозова. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Выпуск 20. 2-е изд., переработанное и доп. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020:44. *Informativnost' metodov luchevoy diagnostiki pri razlichnykh patologicheskikh sostoyaniyakh organizma. Razdel 3. Diagnostika patologicheskikh sostoyaniy i zabolevaniy oporno-dvigatel'nogo apparata: me-todicheskie rekomendatsii. Sost. S.P. Morozov, D.S. Burmistrov, S.V. Epifanova [i dr.]; pod red. S. P. Morozova. Seriya «Luchshie praktiki luchevoy i instrumental'noy diagnostiki». Vypusk 20. 2-e izd., pe-rerabotannoe i dop. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM», 2020:44. (In Russ.)*
- 2 Ростовцев М.В. и др. Атлас рентгеноанатомии и укладок: руководство для врачей. 2-е изд., испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017:320. *Rostovtsev M.V. i dr. Atlas rentgenoanatomii i ukladok: rukovodstvo dlya vrachev. 2-e izd., ispr. i dop. Moscow: GEOTAR-Media, 2017:320. (In Russ.)*
- 3 Цвингер С.М., Говорин А.В., Романова Е.Н., Портянникова О.О. Частота остеоартрита и особенности коморбидного фона у пациентов, обращающихся за медицинской помощью по поводу болей в суставах. *Профилактическая медицина*. 2021;24(1):67– 72. *Tsvinger SM, Govorin AV, Romanova EN, Portyannikova OO. Incidence of osteoarthritis and comorbid background features in patients seeking medical attention for joint pain. Profilakticheskaya meditsina*. 2021;24(1):67– 72. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/profmed20212401167>
- 4 Giorgino R, Albano D, Fusco S, Peretti GM, Mangiavini L, Messina C. Knee Osteoarthritis: Epidemiology, Pathogenesis, and Mesenchymal Stem Cells: What Else Is New? An Update. *Int J Mol Sci*. 2023 Mar 29;24(7):6405. <https://doi.org/10.3390/ijms24076405>
- 5 Ромакина Н.А., Гладкова Е.В., Титова Ю.И., Гладкова Ю.К. Возможности комплексной диагностики начальных стадий остеоартроза. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2020;16(2):494-499. *Romakina NA, Gladkova EV, Titova Yul, Gladkova YuK. Possibilities of comprehensive diagnosis of the initial stages of osteoarthritis. Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. 2020;16(2):494-499. (In Russ.)
- 6 Смирнов А.В. Рентгенологическая диагностика первичного идиопатического остеоартроза. *Русский медицинский журнал*. 2001;7:294-297. *Smirnov AV. Radiological diagnosis of primary idiopathic osteoarthritis. Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2001;7:294-297. (In Russ.)
- 7 Ассоциация ревматологов России, Ассоциация травматологов-ортопедов России, Общероссийская общественная организация Ассоциация реабилитологов России, Клинические рекомендации Министерства Здравоохранения Российской Федерации: Гонартроз, 2024. *Assotsiatsiya revmatologov Rossii, Assotsiatsiya travmatologov-ortopedov Rossii, Obshcherossiyskaya obshchestvennaya organizatsiya Assotsiatsiya reabilitologov Rossii, Klinicheskie rekomendatsii Mini-sterstva Zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii: Gonartroz*, 2024. (In Russ.)
- 8 Косинская Н.С. Дегенеративно-дистрофические поражения костно-суставного аппарата. М.: Изд-во «Книга по Требованию», 2013:245. *Kosinskaya N.S. Degenerativno-distroficheskie porazheniya kostno-sustavnogo apparata*. Moscow: Izd-vo «Kniga po Trebovaniyu», 2013:245. (In Russ.)
- 9 Lawford BJ, Bennell KL, Ewald D, Li P, De Silva A, Pardo J, Capewell B, Hall M, Haber T, Egerton T, Filbay S, Dobson F, Hinman RS. Effects of X-ray-based diagnosis and explanation of knee osteoarthritis on patient beliefs about osteoarthritis management: A randomised clinical trial. *PLoS Med*. 2025 Feb 4;22(2):e1004537. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004537>. PMID: 39903790; PMCID: PMC11838874.
- 10 Wang, Q., Runhaar, J., Kloppenburg, M. et al. Diagnosis of early stage knee osteoarthritis based on early clinical course: data from the CHECK cohort. *Arthritis Res Ther*. 2021;23:217. <https://doi.org/10.1186/s13075-021-02598-5>

- 11 York T, Franklin C, Reynolds K, Munro G, Jenney H, Harland W, Leong D. Reporting errors in plain radiographs for lower limb trauma-a systematic review and meta-analysis. *Skeletal Radiol.* 2022 Jan; 51(1):171-182. <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03821-9>
- 12 Алешкевич А. И. Усовершенствованная методика рентгенометрии в определении показателей рентгеновской суставной щели при остеоартрозе коленного сустава. *Медицинские новости.* 2021;4 (319). Aleshkevich AI. Improved Radiometry Technique in the Determination of X-ray Joint Gap Parameters in Osteoarthritis of the Knee. *Meditsinskie novosti.* 2021;4 (319). (In Russ.)
- 13 Hirschmann A, Cyriac J, Stieltjes B, Kober T, Richiardi J, Omoumi P. Artificial Intelligence in Musculoskeletal Imaging: Review of Current Literature, Challenges, and Trends. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2019 Jun; 23(3):304-311. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1684024>. Epub 2019 Jun 4. PMID: 31163504.
- 14 Alsoof D, McDonald CL, Kuris EO, Daniels AH. Machine Learning for the Orthopaedic Surgeon: Uses and Limitations. *J Bone Joint Surg Am.* 2022 Sep 7;104(17):1586-1594. <https://doi.org/10.2106/JBJS.21.01305>. Epub 2022 Apr 5. PMID: 35383655.
- 15 Jiang T, Lau SH, Zhang J, Chan LC, Wang W, Chan PK, Cai J, Wen C. Radiomics signature of osteoarthritis: Current status and perspective. *J Orthop Translat.* 2024 Mar 16; 45:100-106. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2023.10.003>. PMID: 38524869; PMCID: PMC10958157.
- 16 Wang VM, Cheung CA, Kozar AJ, Huang B. Machine Learning Applications in Orthopaedic Imaging. *J Am Acad Orthop Surg.* 2020 May 15;28(10):e415-e417. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-19-00688>. PMID: 32053527; PMCID: PMC7247552.
- 17 Wang C.T., Huang B., Thogiti N., et al. Successful real-world application of an osteoarthritis classification deep-learning model using 9210 knees-An orthopedic surgeon's view. *J Orthop Res.* 2023 Apr;41(4):737-746. <https://doi.org/10.1002/jor.25415>
- 18 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025610804 Российская Федерация. Платформа подготовки наборов данных: № 2024691653: заявл. 20.12.2024: опубл. 14.01.2025 / Ю. А. Васильев, А. В. Владзимирский, О. В. Омелянская [и др.]; заявитель Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2025610804 Rossiyskaya Fede-ratsiya. Platforma podgotovki naborov dannykh: № 2024691653: yayavl. 20.12.2024: opubl. 14.01.2025 / Yu. A. Vasil'ev, A. V. Vladzimirskiy, O. V. Omelyanskaya [i dr.]; yayavitel' Gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie zdravookhraneniya goroda Moskvyy «Nauchno-prakticheskiy klinicheskiy tsentr diagnostiki i teledimitsinskikh tekhnologiy Departamenta zdravookhraneniya goroda Moskvyy. (In Russ.)
- 19 Смирнов А.В. Атлас рентгенологической диагностики первичного остеоартроза. М.: ИМА-ПРЕСС, 2010:40. Smirnov A.V. Atlas rentgenologicheskoy diagnostiki pervichnogo osteoartroza. M.: IMA-PRESS, 2010:40. (In Russ.)
- 20 Общие рекомендации по описанию первичных и повторных КТ, МРТ, рентгенологических исследований: Методические рекомендации. Москва: Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы "Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы", 2017;19. (Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики). Obshchie rekomendatsii po opisaniyu pervichnykh i povtornykh KT, MRT, rentgenologicheskikh issledovaniy: Metodicheskie rekomendatsii. Moskva: Gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie zdravookhraneniya goroda Moskvyy "Nauchno-prakticheskiy tsentr meditsinskoy radiologii Departamenta zdravookhra-neniya goroda Moskvyy", 2017;19. (Luchshie praktiki luchevoj i instrumental'noy diagnostiki). (In Russ.)
- 21 Васильев Ю.А., Владзимирский А.В., Бондарчук Д.В., Кожихина Д.Д., Решетников Р.В., Блохин И.А., Соловьев А.В., Гатин Д.В. Значение технологий искусственного интеллекта для профилактики дефектов в работе врача-рентгенолога. *Врач и информационные технологии.* 2023;2:16-27. Vasil'ev YuA, Vladzymyrskyy AV, Bondarchuk DV, Kozhikhina DD, Reshetnikov RV, Blokhin IA, et al. The importance of artificial intelligence technologies for the prevention of defects in the work of a radiologist. *Vrach i informatsionnye tekhnologii.* 2023; 2: 16-27. (In Russ.) https://doi.org/10.25881/18110193_2023_2_16
- 22 Васильев Ю.А., Гусев А.В., Михайлова А.А., Шарова Д.Е., Владзимирский А.В. Этические принципы разработки систем искусственного интеллекта для здравоохранения. *Врач и информационные технологии.* 2023; 4: 36-41. Vasil'ev YuA, Gusev AV, Mikhaylova AA, Sharova DE, Vladzymyrskyy AV. Ethical principles for the development of artificial intelligence systems for healthcare. *Vrach i informatsionnye tekhnologii.* 2023; 4: 36-41. (In Russ.) https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_36
- 23 Баева А.В. Эпистемический статус искусственного интеллекта в медицинских практиках: этические вызовы. *Digital Diagnostics.* 2024;5(1):120-132. Baeva AV. The epistemic status of artificial intelligence in medical practices: ethical challenges. *Digital Diagnostics.* 2024;5(1):120-132. (In Russ.) <https://doi.org/10.17816/DD625319>

Авторская справка

Астапенко Елена Васильевна

Младший научный сотрудник отдела медицинской информатики, радиомики и радиогеномики, Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий.

ORCID 0009-0006-6284-2088; AstapenkoEV1@zdrav.mos.ru

Вклад автора: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание текста.

Владзимирский Антон Вячеславович

Заместитель директора по научной работе, Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий.

ORCID 0000-0002-2990-7736; VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

Вклад автора: редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи для последующей публикации.

Author's reference

Elena V. Astapenko

Junior Researcher, Department of Medical Informatics, Radiomics, and Radiogenomics, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies.

ORCID 0009-0006-6284-2088; AstapenkoEV1@zdrav.mos.ru

Author contributions: study concept and design development, data collection and processing, and writing.

Anton V. Vladzimirsky

Deputy Director for Research, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies.

ORCID 0000-0002-2990-7736; VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

Author contributions: text editing, approval of the final version of the article for publication.