

Янова Эльвира Умаржоновна

<https://orcid.org/0000-0001-8588-1297>

Самаркандский государственный медицинский университет,
г. Самарканд, Республика Узбекистан

РОЛЬ 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ И РАДИОМИКИ В ВЫЯВЛЕНИИ СУБКЛИНИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ВЫВИХА ТАЗОБЕДРЕННОГО ЭНДОПРОТЕЗА

Аннотация

Актуальность. Вывих и функциональная нестабильность после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (ТЭТС) остаются одной из ведущих причин ревизий. «Субклинические» индикаторы риска (неоптимальная функциональная ориентация компонентов, снижение impingement-free ROM, уменьшение *jumping distance*, ранняя перипротезная перестройка кости и мягких тканей) часто неочевидны на стандартной 2D-рентгенографии. 3D-КТ/МР-моделирование и алгоритмы подавления металлических артефактов (IMAR/DECT/DL-MAR), в сочетании с радиомикой, дают возможность количественно выявлять эти предикторы до клинического события.

Цель. Обобщить данные о том, как 3D-реконструкция и радиомика позволяют обнаруживать субклинические признаки риска вывиха ТЭТС.

Методы. Целевой обзор работ по: (1) функционально-ориентированной 3D-оценке (спино-тазовая кинематика, функциональные «safe-zones», симуляция impingement/ROM, *jumping distance*); (2) КТ/MR-MAR; (3) радиомике и текстурному анализу в перипротезной зоне.

Результаты. (i) Статические «safe-zones» ограничены; учёт спино-тазовой кинематики сдвигает акцент к функциональным зонам позиционирования чашки/стержня и улучшает предсказание нестабильности. (ii) 3D-симуляторы ROM/коллизий вычисляют impingement-free диапазоны и *jumping distance*; меньший JD ассоциирован с более высоким риском дислокации. (iii) DECT/IMAR/DL-MAR повышают измеряемость вокруг металла и уверенность чтения. (iv) Радиомика демонстрирует потенциал для ранней детекции перипротезных изменений (кость и мягкие ткани) при соблюдении стандартов IBSI и контроля воспроизводимости.

Вывод. Интеграция функционально-ориентированной 3D-оценки с радиомикой на MAR-изображениях — перспективный путь к ранней стратификации риска вывиха ТЭТС; необходима проспективная валидация и стандартизованные протоколы.

Ключевые слова: ТЭТС; вывих эндопротеза; функциональная нестабильность; спино-тазовая кинематика; функциональная ориентация компонентов; 3D-КТ реконструкция; MAR (DECT, IMAR, DL-MAR); MARS-MPT; импинджмент; impingement-free ROM; *jumping distance*; радиомика; текстурный анализ; IBSI; перипротезная костная перестройка; ранняя стратификация риска.

Yanova Elvira Umarjonovna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti, UZ
Samarqand shahri, O'zbekiston Respublikasi

CHANOQ-SON ENDOPROTEZI CHIQISHI SUBKLINIK BELGILARINI ANIQLASHDA 3D REKONSTRUKSIYA VA RADIOMIKANING O'RNI

Annotatsiya

Dolzarbli. Tos-son bo'g'imini total endoprotezlashdan (TETS) keyingi dislokatsiya va funksional beqarorlik reviziyalarning yetakchi sabablaridan biri bo'lib qolmoqda. "Subklinik" xavf ko'rsatkichlari (komponentlarning nooptimal funksional yo'nalishi, impingement-free ROMning pasayishi, sakrash masofasining kamayishi, suyak va yumshoq to'qimalarning erta periprotez qayta tuzilishi) ko'pincha standart 2D rentgenografiyada aniqlanmay. 3D-KT/MR modellashtirish va metall artefaktlarni bostirish algoritmlari (IMAR/DECT/DL-MAR) radiomika bilan birgalikda ushbu prediktorlarni klinik hodisadan oldin miqdoriy aniqlash imkonini beradi.

Maqsad. 3D rekonstruksiya va radiomika TETS chiqish xavfining subklinik belgilarini aniqlash imkonini berishi haqidagi ma'lumotlarni umumlashtirish.

Usullari. Quyidagilar bo'yicha ishlarning maqsadli sharhi: (1) funksional yo'naltirilgan 3D-baholash (orqa-chanoq kinematikasi, funksional "xavfsiz zonalar," impingement/ROM simulyatsiyasi, jumping distance); (2) KT/MR-MAR; (3) periprotez sohasidagi radiomika va tekstura tahlili. PubMed Central/nashriyot saytlarida qidirish 10.11.2025 gacha.

Natijalar. (i) Statik "xavfsiz zonalar" cheklangan; orqa-chanoq kinematikasini hisobga olish asosiy e'tiborni kosacha/sterjen joylashuvining funksional zonalariga qaratadi va beqarorlikni bashorat qilishni yaxshilaydi. (ii) 3D ROM/kolliziya simulyatorlari impingement-free diapazonlari va jumping distance ni hisoblaydi; kichikroq JD yuqori dislokatsiya xavfi bilan bog'liq. (iii) DECT/IMAR/DL-MAR metalli atrofida o'lchanuvchanlikni va o'qish ishonchliligini oshiradi. (iv) Radiomika IBSI standartlariga rioya qilgan holda periprotez o'zgarishlarini (suyak va yumshoq to'qimalar) erta aniqlash va qayta tiklanishni nazorat qilish imkoniyatini ko'rsatadi.

Xulosa. Funksional yo'naltirilgan 3D baholashning MAR tasvirlaridagi radiomika bilan integratsiyasi TETS chiqish xavfini erta tabaqalashtirishning istiqbolli yo'lidir; istiqbolli validatsiya va standartlashtirilgan protokollar zarur.

Kalit so'zlar: Total son bo'g'imi artroplastikasi (THA); endoprotez dislokatsiyasi; funksional beqarorlik; spinopelvik kinematika; komponentlarning funksional orientatsiyasi; 3D KT rekonstruksiya; metall artefaktlarini kamaytirish (DECT, IMAR, DL-MAR); MARS MRT; impinjdment; impinjdmentsiz ROM; jumping distance (sakrash masofasi); radiomika; tekstura tahlili; IBSI; periprotez suyak qayta tuzilishi; erta xavf stratifikatsiyasi.

Yanova Elvira Umarjonovna

Samarkand State Medical University, UZ

Samarkand city, Republic of Uzbekistan

THE ROLE OF 3D RECONSTRUCTION AND RADIOMICS IN DETERMINING SUBCLINICAL CHARACTERISTICS OF PELVIC-PELVIC ENDOPROTESIS

Abstract

Relevance. Dislocations and functional instability after total endoprosthetics of the hip joint (TES) remain one of the leading causes of revision. "Subclinical" risk indicators (optimal functional orientation of components, decrease in impingement-free ROM, decrease in jump distance, early periprosthetic reconstruction of bone and soft tissues) are often inaccurate in standard 2D radiography.

3D CT/MR modeling and metal artifact suppression algorithms (IMAR/DECT/DL-MAR) in combination with radiomics allow for the quantitative determination of these predictors before the clinical event.

Goal. Generalization of data on the fact that 3D reconstruction and radiomycology allow for the identification of subclinical signs of TEC dislocation risk.

Methods. Target review of works on: (1) functionally oriented 3D assessment (spinal-pelvic kinematics, functional "safe zones," impingement/ROM simulation, jumping distance); (2) CT/MR-MAR; (3) analysis of radiomy and texture in the periprostheses area. Search PubMed Central/publisher websites until 10.11.2025.

Results. (i) Static "safety zones" are limited; considering the kinematics of the spinal column emphasizes the functional zones of the calyx/rod location and improves instability forecasting. (ii) 3D ROM/Collision simulators calculate impingement-free ranges and jumping distance; a smaller JD is associated with a higher dislocation risk. (iii) Improves measurability and reliability of reading around the metal DECT/IMAR/DL-MAR. (iv) Radiomics demonstrates the ability to detect changes in periprostheses (bone and soft tissues) early and monitor recovery while adhering to IBS standards.

Conclusion. The integration of functionally oriented 3D assessment with radiomics in MAR images is a promising way for early stratification of TETS risk; promising validation and standardized protocols are necessary.

Keywords: Total hip arthroplasty (THA); dislocation; functional instability; spinopelvic mobility; functional component orientation; 3D CT reconstruction; metal artifact reduction (DECT, IMAR, DL-MAR); MARS MRI; impingement; impingement-free ROM; jumping distance; radiomics; texture analysis; IBSI; periprosthetic bone remodeling; early risk stratification.

Введение

Несмотря на улучшение имплантов и навигации, нестабильность и вывих после ТЭТС сохраняются проблемой. Систематические обзоры показывают, что попадание в классическую зону Lewinnek не гарантирует отсутствие дислокации; у части пациентов риск определяется **динамической** (позо- и нагрузочно-зависимой) ориентацией компонентов. Это связано со спино-тазовой подвижностью и изменениями наклона таза при «жизненных» позах (стоя/сидя). Концепция **functional safe zone** пришла на смену исключительно статическим целям, а её применение снижает вероятность импинджмента/саблуксации.

3D-КТ/МР-реконструкция позволяет количественно оценить ориентацию чашки и стержня, просчитать impingement-free ROM и *jumping distance* (JD) — расстояние латерального смещения центра головки до момента дислокации. Уменьшение JD теоретически повышает риск вывиха; на JD влияют геометрия, размер головки, offset и углы установки.

Современные MAR-подходы (DECT с виртуально-моноэнергетическими реконструкциями, итеративные и глубокие нейросетевые алгоритмы) уменьшают артефакты и улучшают оценку интерфейса «кость-имплант», тогда как МРТ с MARS-последовательностями остаётся ключевой для мягкотканого компонента болевого ТЭТС.

Радиомика — высокопроизводительный количественный анализ изображений — в ортопедии уже помогает распознавать сложные паттерны (FAI, остеоартрит, остеонекроз) и,

при соблюдении IBSI-стандартов, может дополнить 3D-метрики для ранней идентификации «фенотипов риска» нестабильности. Первые работы по радиомике у пациентов с ТЭТС на МРТ показывают возможность автоматической классификации мягкотканых реакций.

Цель — показать, как 3D-реконструкция и радиомика совместно выявляют субклинические маркеры риска вывиха ТЭТС.

Материалы и методы

Проведён целевой обзор:

1. **Функциональная 3D-оценка ТЭТС:** спино-тазовая кинематика, функциональные «safe-zones», комбинированная антеторсия, симуляция impingement/ROM, JD.
2. **Подавление артефактов:** сравнения IMAR vs DECT, влияние VMI/комбинаций VMI+IMAR, качество DL-MAR при ТЭТС.
3. **Радиомика:** IBSI-стандартизация; текстурный анализ перипротезной кости на рентгенограммах; МР-радиомика мягких тканей в области ТЭТС; смежные модели (FAI/OA/ОНГБК).

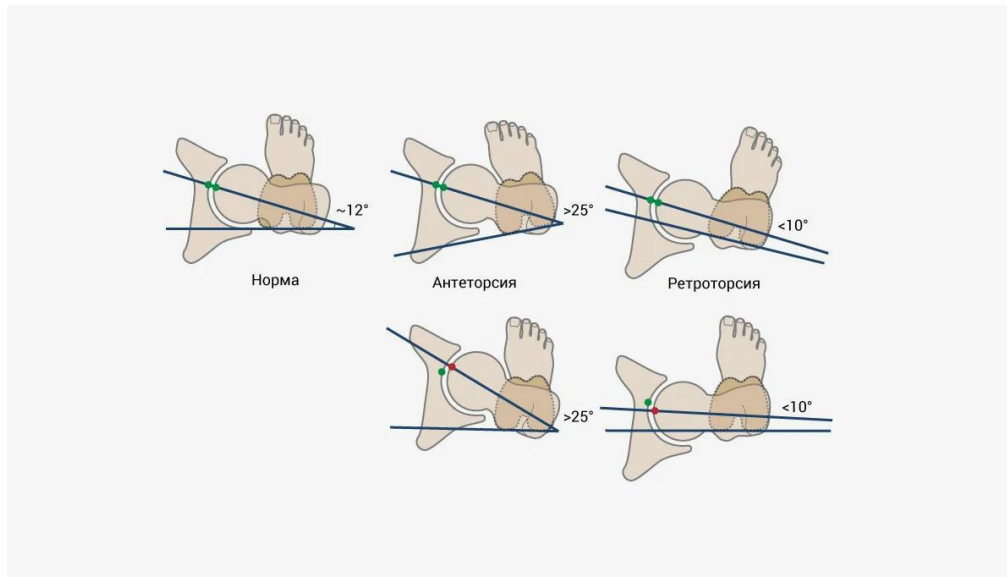


Рис. 1. Схематическое определение функциональной ориентации чаши: инклинация относительно поперечной оси таза и антеверсия с учётом спино-тазовой кинематики.

Критерии включения: англоязычные оригинальные исследования, обзоры, консенсусы; приоритет — открытый доступ и последние 10–15 лет. Количественный мета-анализ не проводился из-за методической гетерогенности.

Результаты

1) Функциональная анатомия и 3D-метрики нестабильности

Ограничения статических «safe-zones». Большая часть работ не подтверждает устойчивую связь «чашка в Lewinnek» → «нет дислокаций». Пациенты с дегенеративным/ригидным позвоночником и после спондилодеза чаще оказываются «вне

безопасности» при смене позы из-за сдвига функциональной антегорсии/инклинации. Отсюда — переход к patient-specific функциональным зонам с учётом спино-тазовой кинематики.

Таблица 1. Клинические задачи и соответствующие методы визуализации при ТЭТС

Клиническая задача	Предпочтительный метод	Что именно оцениваем	Комментарий
Скрытая нестабильность/риск вывиха	КТ с MAR (DECT/IMAR/DL-MAR) + 3D	Функциональная антегорсия/инклинация, ROM, JD	3D-симуляция коллизий; учитывать спино-тазовую кинематику
Болевой ТЭТС, подозрение на импинджмент	КТ-3D + симуляция	Импинджмент-свободный ROM, контактные зоны	Моделирование движения, проверка «узких мест»
Мягкотканые реакции (ALTR), выпоты	MPT (MARS)	Капсула, сухожилия, синовиит/ALTR	Протокол подавления артефактов
Перипротезная костная перестройка	КТ с MAR; рентген (динамика)	Тонкие изменения трабекул, интерфейс кость-имплант	Для количественного анализа предпочтительна КТ
Инфекция (подозрение)	MPT/КТ + лаборатория	Коллекции, свищи, костный отёк	Стандартные алгоритмы исключения ПИ

3D-симуляция ROM и импинджмента. CT/MR-основанные симуляторы рассчитывают impingement-free ROM и виды коллизий (кость-кость; имплант-имплант/шейка-чашка), выявляя «узкие места» ещё до клинической нестабильности. Валидационные и прикладные исследования показывают, что такие симуляции отражают различия между фенотипами и помогают достигать целевых ROM после навигируемого ТЭТС.

Jumping distance. JD — количественный показатель «запаса» до дислокации; уменьшается при неблагоприятной геометрии и ориентации компонентов, а также при малом диаметре головки. Математическая модель JD широко цитируется как теоретическая основа оценки устойчивости.

Таблица 2. Рекомендуемые параметры КТ с MAR (для количественной 3D-оценки)

Параметр	Рекомендация	Зачем
Толщина среза / шаг	0.5–1.0 мм / изотропно	Точная сегментация и 3D-измерения

MAR-подход	DECT с VMI (высокие кэВ) ± IMAR; при наличии — DL-MAR	Снижение артефактов от металла
FOV/матрица	Полный таз + прокс. бедро; единый FOV и ядро реконструкции	Сопоставимость серий/радиомики
Экспорт	DICOM с одинаковыми ядрами, voxel-size зафиксирован	Воспроизводимость метрик
Поза/кинематика	Базово — супин; по возможности — стоя/сидя или модель	Функциональная ориентация компонентов

2) Качество данных: КТ/МР-MAR и измеряемость

КТ: в фантомах и клинике IMAR и DECT улучшают визуализацию ацетабулярной кортикалки и перипротезной кости; сочетание VMI+IMAR дополнительно снижает артефакты. Глубокие нейросети (DL-MAR) демонстрируют ещё большее уменьшение артефактов и рост диагностической уверенности у пациентов с односторонним ТЭТС.

МРТ: MARS-последовательности и оптимизация параметров делают МРТ информативной для мягкотканых осложнений (ALTR, жидкости, тендинопатии) и инфекции; однако для количественной костной перестройки и тонких признаков интерфейса «кость-имплант» КТ нередко информативнее. Комплексные обзоры 2024 года описывают современные МР-техники подавления артефактов вокруг ТЭТС.

Таблица 3. Функциональные 3D-метрики для отчёта

Метрика	Определение (что и как)	Единицы/примечания
Функциональная инклинация чашки	Угол чашки в «жизненной» позе (учёт наклона таза)	градусы
Функциональная антеверсия чашки	Проекция ориентации чашки с учётом вращения таза	градусы
Комбинированная антеторсия	Суммарная ориентация чашки + стержня	градусы
Impingement-free ROM	Диапазон движений без коллизий (3D-симуляция)	градусы по осям
Jumping distance (JD)	Запас смещения головки до дислокации по модели	мм/условная величина

Спино-тазовая подвижность	Изменение углов между стоя/сидя	градусы, качественная оценка
---------------------------	---------------------------------	------------------------------

3) Радиомика: возможности в перипротезной зоне

Кость. Ранние работы показали, что радиографический текстурный анализ улавливает изменения трабекулярного рисунка при перипротезном остеолите ещё до выраженных линейных просветлений. Это создаёт предпосылки для переноса количественных признаков на КТ/DECT с MAR.

Мягкие ткани. Недавние исследования МР-радиомики у пациентов с ТЭТС продемонстрировали автоматическую классификацию мягкотканых реакций вокруг эндопротеза, что важно для ранней стратификации риска нестабильности/болевого синдрома.

Смежные модели (доказательство применимости). В FAI и дегенеративной патологии тазобедренного сустава радиомические признаки на 3D-MPT превосходят традиционные ручные измерения при классификации фенотипов, поддерживая идею «количественных фенотипов» и в послеартропластическом контексте.

Стандартизация. IBSI (Radiology, 2020) формализует определения признаков, эталоны и процедуры калибровки софта — необходимая основа для воспроизводимой радиомики вблизи металла, где предобработка особенно критична.

Таблица 4. Выходные данные 3D-симуляции импинджмента

Параметр	Описание	Клиническая польза
Тип коллизии	Кость-кость, имплант-имплант, шейка-чашка	Идентификация механизма
Критическая поза	Угол сгибания/ротации в которой возникает контакт	Точка вмешательства (реабилитация/ревизия)
Карта контактов	Локализация по краю чашки/шейке	Планирование коррекции
Изменение JD	До/после изменения параметров	Подбор диаметра головки/offset

4) Кандидатные «субклинические» индикаторы риска вывиха

1. Функциональные

3D-метрики:

- отклонение функциональной антеторсии/инклинации от patient-specific «functional safe zone»;
- снижение impingement-free ROM в ключевых движениях (внутренняя ротация при 90° сгибания; наружная ротация/разгибание);
- уменьшение *jumping distance* по 3D-модели;
- «ригидный» или «неадекватно компенсирующий» паттерн спино-тазовой подвижности при переходе стоя↔сидя.

2. Радиомические признаки (рабочие гипотезы, требующие валидации):

- рост гетерогенности/энтропии и изменение матричных текстурных метрик в периацетабулярных зонах «edge-loading»;
- текстурные/морфометрические изменения пристержневых зон, предшествующие рентгенологическим просветлениям;

- мягкотканые радиометрики ALTR/капсулы как маркеры «функционального импинджмента».

Обсуждение

Почему 3D и «функционально». Риск вывиха определяется не только «правильным» положением компонентов на статической рентгенограмме, но и тем, как меняется ориентация чашки/стержня при повседневных позах. Спино-тазовая кинематика смещает функциональные углы, меняя окно «безопасных» движений. Переход к функциональным зонам и расчёту impingement-free ROM/JD обеспечивает более релевантную оценку «запаса стабильности» до симптомов.

Таблица 5. Радиомический конвейер (IBSI-совместимый)

Этап	Содержание	Контроль воспроизводимости
Предобработка	Нормализация интенсивности, ресэмплинг до фиксированного voxel-size	Протокол фиксируется в отчёте
ROI	Периацетабулярные зоны, пристержневые сегменты	Полуавто/автосегментация, QA
Экстракция признаков	First-order, GLCM, GLRLM, GLSZM, NGTDM, shape	Версии софта/параметры IBSI
Отбор/моделирование	Стабильность, перекрёстная валидация	Test-retest, гармонизация
Интеграция	Слияние с 3D-метриками и клиникой	Калибровка на мультицентровых данных

Качество изображения как «бутылочное горлышко». Для точных 3D-измерений и радиомики нужны стандартизованные данные. КТ с IMAR/DECT и DL-MAR достоверно снижает артефакты вокруг металла, повышая воспроизводимость измерений и сегментации; MPT с MARS-последовательностями критична для мягкотканых осложнений и может быть источником радиомических биомаркеров ALTR.

Таблица 6. Кандидатные радиомические признаки и возможная интерпретация

Семейство	Примеры признаков	Возможная клиническая интерпретация*
First-order	Энтропия, дисперсия, скошенность	Неоднородность нагрузки/перестройки
GLCM	Контраст, однородность, корреляция	Микроструктурная организация трабекул

GLRLM	Short/Long-Run Emphasis	Длина однородных «пробегов» плотности
GLSZM	Zone Entropy, Large Area Emphasis	Размер и вариабельность зон
Shape (3D)	Объём/площадь/компактность ROI	Морфология перестройки у края чашки

Радиомика — мост к «микро-фенотипам». В перипротезной кости радиографический текстурный анализ много лет назад показал чувствительность к ранним изменениям; новые МР-радиомические работы при ТЭТС подтверждают возможность автоматической классификации мягкотканых реакций. Совмещение этих количественных признаков с 3D-метриками кинематики может сформировать мультипараметрический «риск-скор» вывиха. Однако необходимы многоцентровые проспективные исследования и строгая IBSI-совместимая методология (фиксация протоколов, тест-ретест, гармонизация).

Практические следствия. Для отделения лучевой диагностики это означает: (i) развернуть низкодозные КТ-протоколы таза/бедра с MAR (в идеале DECT или DL-MAR) и стандартной реконструкцией для количественной оценки; (ii) включать «функциональные» позы или эквивалентное кинематическое моделирование; (iii) использовать программные симуляторы ROM/JD; (iv) запускать пилотный IBSI-совместимый радиомический конвейер в типовых перипротезных ROI.

Ограничения обзора. Гетерогенность методик, различия в определениях «функциональных» углов, небольшие выборки радиомических исследований при ТЭТС и отсутствие «жесткой» прослеживаемости до клинических вывихов ограничивают уровень доказательств. Тем не менее согласованность данных по функциональному позиционированию и улучшению качества изображений поддерживает предложенную стратегию.

Заключение

Комбинация **функционально-ориентированной 3D-оценки** (спино-тазовая кинематика, *impingement-free ROM*, *jumping distance*) и **радиомики** (IBSI-совместимые признаки кости/мягких тканей на MAR-изображениях) создаёт реальный инструмент для выявления субклинической нестабильности ТЭТС и ранней стратификации риска вывиха. Следующие шаги — стандартизованные протоколы съёмки/реконструкции, многоцентровая проспективная валидация интегральных моделей (3D-метрики + радиомика + клиника) и оценка влияния таких моделей на тактику (позиционирование при ревизии, выбор диаметра головки/двухмобильных систем, реабилитацию).

Литературы:

1. Seagrave KG, Troelsen A, Malchau H, Husted H, Gromov K. Acetabular cup position and risk of dislocation in primary total hip arthroplasty. *Acta Orthop.* 2017;88(1):10–17. doi:10.1080/17453674.2016.1251255.

2. Tezuka T, Heckmann ND, Bodner RJ, Dorr LD. Functional safe zone is superior to the Lewinnek safe zone for total hip arthroplasty: why the Lewinnek safe zone is not always predictive of stability. *J Arthroplasty*. 2019;34(1):3–8. doi:10.1016/j.arth.2018.10.034.
3. Grammatopoulos G, Innmann M, Phan P, Bodner R, Meermans G. Spinopelvic challenges in primary total hip arthroplasty. *EFORT Open Rev*. 2023;8(5):298–312. doi:10.1530/EOR-23-0049.
4. Sariali E, Lazennec JY, Khiami F, Catonné Y. Mathematical evaluation of jumping distance in total hip arthroplasty: influence of sagittal pelvic tilt. *Acta Orthop*. 2009;80(3):277–282. doi:10.3109/17453670902930088.
5. Kim YJ, Yi JH, Choi JY, et al. Dual-energy and iterative metal artifact reduction for reducing metal artifacts and distortion in CT of hip arthroplasty: a phantom study. *AJR Am J Roentgenol*. 2019;213(1):140–147. doi:10.2214/AJR.18.20413;
6. Layer YC, Mesropyan N, Kupczyk PA, et al. Combining iterative metal artifact reduction and virtual monoenergetic images severely reduces hip prosthesis-associated artifacts in photon-counting detector CT. *Sci Rep*. 2023;13:8955. doi:10.1038/s41598-023-35989-6;
7. Selles M, Stuivenberg VH, Wellenberg RHH, et al. Image quality and metal artifact reduction in total hip arthroplasty CT: deep learning-based algorithm versus virtual monoenergetic imaging and O-MAR. *Eur Radiol Exp*. 2024;8(1):27. doi:10.1186/s41747-024-00427-3.
8. Albano D, Messina C, Zoccali C, et al. MRI of total hip arthroplasty: technical aspects and imaging findings. *Insights Imaging*. 2024;15(1):152. doi:10.1186/s13244-024-01717-5.
9. Wilkie JR, Giger ML, Engh CA Sr, Hopper RH Jr, Martell JM. Radiographic texture analysis in the characterization of trabecular patterns in periprosthetic osteolysis. *Acad Radiol*. 2008;15(2):176–185. doi:10.1016/j.acra.2007.09.008.
10. Zwanenburg A, Vallières M, Abdalah MA, et al. The Image Biomarker Standardization Initiative: standardized quantitative radiomics for high-throughput image-based phenotyping. *Radiology*. 2020;295(2):328–338. doi:10.1148/radiol.2020191145.
11. Negmatov IS. Possibilities of radiation methods in the diagnosis of pancreas pseudocyst. *J Coryphaeus Sci*. 2024;6(1):387–394.
12. Askarova NR. Hybrid surgical and radiological procedures: comprehensive safety and efficacy assessment of combined interventions under ultrasound, CT, and fluoroscopy guidance. *Healthway*. 2025;1(3):122–128. doi:10.64411/n0e5cc49.
13. Негматов ИС. Этапная реабилитация пациентов после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава. *Healthway*. 2025;1(2):180–190. doi:10.64411/jm161n30.
14. Негматов ИС. Немедикаментозная терапия коленного остеоартрита: ключевые подходы и влияние физиотерапии [Internet]. *Healthway*. 2025;1(1):262–272 [cited 2025 Nov 10].
15. Ravshanov ZX, Turdumatov JA. O‘pka surunkali obstruktiv kasalliklarini tashxis qo‘yishning nurli usullari [Internet]. *Healthway*. 2025;1(1):4–10 [cited 2025 Nov 10].

16. Турдуматов ЖА, Мардиева ГМ. II типдаги қандли диабетда ўпканинг сурункали обструктив касаллиги рентгенологик семиотикаси [Internet]. ЖГЕН. 2025 Mar 14;2(19[2]):235–241 [cited 2025 Nov 10].

17. Аскарлова НР, Рахматов ИС. Роль ультразвука с контрастным усилением (CEUS) в навигации при малоинвазивных вмешательствах на печени. Healthway. 2025;1(3):41–50. doi:10.64411/69zvp398.

18. Рахматов ИС, Аскарлова НР. Связь рентгенологических стадий остеоартроза коленного сустава с клиническими шкалами боли и качества жизни. Healthway. 2025;1(3):34–40. doi:10.64411/4dhddj17.

19. Аскарлова НР. Нижение лучевой нагрузки при операционных рентген-контролях с применением адаптивных алгоритмов реконструкции изображений. Healthway. 2025;1(3):153–160. doi:10.64411/ff35xj21.

Muallif bilan bog‘lanish uchun e-mail	Author's contact email	Email для связи с автором
kolibri8889@gmail.com		