

Министерство здравоохранения Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»

Кафедра лучевой диагностики с курсом ФПКиП

Автор:

Е.С.Зиновкина, ассистент

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для проведения практического занятия
по учебной дисциплине
Медицинская визуализация

для студентов 5 курса медико-диагностического факультета, обучающихся
по специальности 1-79 01 04 «Медико-диагностическое дело»

Тема 20: «Лучевая анатомия и методы лучевого исследования суставов
нижних конечностей».

Время: 6 часов

Утверждены на заседании кафедры лучевой диагностики с курсом ФПКиП
(протокол №7 от 06.02.2026)

Учебная цель:

- формирование у студентов профессиональных компетенций, необходимых для решения диагностических задач путем применения методов лучевой диагностики при исследовании суставов;
- формирование у студентов знаний о лучевой семиотике наиболее распространенных заболеваний человека и принципах органно-комплексного применения методов лучевой диагностики при исследовании суставов;
- уметь проводить базовую сердечно-легочную реанимацию и иные реанимационные мероприятия в случае возникновения осложнений при применении контрастных веществ

Воспитательная цель:

- развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны;
- научить соблюдать учебную и трудовую дисциплину, этические и деонтологические нормы и правила в диагностическом процессе;
- уметь применять основные модели взаимодействия врача и пациента;

Задачи:

- 1. Углубление знаний по нормальной анатомии крупных суставов нижних конечностей**
Повторить и систематизировать анатомическое строение тазобедренного, коленного и голеностопного суставов, включая костные, хрящевые, связочные и мышечные структуры.
- 2. Лучевая анатомия крупных суставов нижних конечностей**
Освоить особенности визуализации анатомических структур суставов на рентгенограммах, КТ, МРТ и УЗИ — в различных проекциях и режимах сканирования.
- 3. Методы лучевой диагностики крупных суставов нижних конечностей**
Изучить возможности и ограничения основных методов визуализации: рентгенографии, компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и ультразвукового исследования (УЗИ).
- 4. Показания и алгоритмы выбора метода визуализации для конкретных суставов**
Ознакомиться с клиническими ситуациями, при которых предпочтителен тот или иной метод, и освоить последовательность диагностического подхода при патологиях тазобедренного, коленного и голеностопного суставов.
- 5. Применение контрастных веществ при исследовании суставов**
Изучить показания, технику и особенности проведения артрографии (в том числе КТ- и МР-артрографии), включая типы контрастных препаратов и возможные осложнения.
- 6. Анализ и постпроцессинг КТ- и МРТ-изображений суставов**
Освоить методы обработки томографических данных: реконструкции в

различных плоскостях, 3D-моделирование, оценка мягких тканей, хрящей, связок и костных структур.

7. Стандартная схема описания рентгенограмм крупных суставов нижних конечностей

Научиться составлять структурированное заключение: оценка положения суставных поверхностей, суставной щели, костной структуры, наличия деформаций, разрушений или кальцинатов.

8. Схема описания КТ-изображений крупных суставов нижних конечностей

Освоить последовательность анализа томограмм: оценка костных структур, суставных поверхностей, параартикулярных тканей, выявление переломов, дегенеративных изменений и опухолевых поражений.

9. Схема описания МРТ-изображений крупных суставов нижних конечностей

Научиться интерпретировать сигнал от хрящей, менисков, связок, сухожилий и синовиальной оболочки, используя различные импульсные последовательности (T1-, T2-взвешенные, STIR, PD и др.).

10. Схема описания УЗ-изображений крупных суставов нижних конечностей

Освоить ультразвуковую семиотику: оценка суставной щели, синовиальной оболочки, выпота, сухожилий и мягких тканей, а также составление структурированного ультразвукового заключения.

11. Методика УЗ-исследования суставов у детей в зависимости от возраста

Ознакомиться с особенностями ультразвуковой диагностики суставов у новорождённых, грудных детей и подростков, включая возрастные нормы, технику сканирования и интерпретацию физиологических и патологических находок.

В результате проведения учебного занятия студент должен знать:

- ~ лучевую анатомию и лучевую семиотику заболеваний и методы лучевого исследования суставов;
- ~ принципы органно-комплексного применения методов лучевой диагностики и методы лучевого исследования суставов;
- ~ реакции и осложнения при применении контрастных веществ, а также меры по предотвращению и лечению местных/системных реакций и осложнений.

уметь:

- ~ определять показания и противопоказания к лучевому исследованию суставов;
- ~ подготавливать пациента к лучевому исследованию при заболеваниях суставов;
- ~ интерпретировать результаты лучевого исследования суставов, знать критерии нормальной лучевой анатомии суставов;
- ~ оказать первую помощь при острых побочных реакциях на введение контрастных веществ

владеть:

- ~ навыками выбора метода визуализации при исследовании суставов и при разных заболеваниях;
- ~ навыками подготовки пациентов к лучевым исследованиям при травме и заболеваниях суставов;
- ~ навыками интерпретации результатов лучевого исследования и, при необходимости, построения схемы дообследования при заболеваниях суставов);
- ~ навыками оказания первой помощи при возникновении острых побочных реакций на введение контрастных веществ.

Мотивация для усвоения темы: рейтинговая система оценки знаний

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

Комплекты рентгенограмм, электронные средства демонстрации иллюстративного материала (интерактивная доска, телевизор, проектор), ультразвуковые сканеры.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН

«Анатомия человека»:

- нормальная анатомия суставов
- половые и возрастные особенности суставов

Контрольные вопросы:

1. Рентгеноанатомия крупных суставов нижних конечностей.
2. КТ-анатомия крупных суставов нижних конечностей.
3. МРТ-анатомия крупных суставов нижних конечностей.
4. УЗИ-анатомия крупных суставов нижних конечностей
5. Рентгенография. Схема анализа рентгенограмм.
6. КТ. Схема анализа КТ-изображений.
7. МРТ. Схема анализа МРТ-изображений.
8. Преимущества и недостатки отдельных методов визуализации.
9. Методика УЗИ тазобедренного сустава.

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ:

1. Лучевая диагностика [Электронный ресурс] : учебник / [Г. Е. Труфанов и др.] ; под ред. Г. Е. Труфанова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 484 с. – Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970462102.html>. – Дата доступа: 01.06.2022.
2. Илясова, Е. Б. Лучевая диагностика: учебное пособие / Е. Б. Илясова, М. Л. Чехонацкая, В. Н. Приезжева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 432 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

3. Лучевая диагностика и лучевая терапия: учебн. пособие / [А.И. Алешкевич [и др.]] – Минск : Новое знание, 2017. – 381 с.
4. Атлас рентгенограмм по травматологии и ортопедии: для студентов лечеб. (специальность 1-79 01 01 "Лечеб. дело"), педиатр. (специальность 1-79 01 02 "Педиатрия"), мед.-диагност. (специальности 1-79 01 04 "Мед.-диагност. дело", 1-79 01 06 Сестр. дело"), мед.-психол. (специальность 1-79 01 05 "Мед.-психол. дело") фак. / М-во здравоохранения РБ, УО "ГрГМУ", Каф. травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии; А. А. Бритько [и др.]. – Гродно: ГрГМУ, 2019. – 205 с. : ил., фот.
5. Ростовцев, М. В. Атлас рентгеноанатомии и укладок: руководство для

врачей / М. В. Ростовцев, Г. И. Братникова, Е. П. Корнева [и др.] ; под ред. М. В. Ростовцева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 320 с.

НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ:

6. Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 №213.
7. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности воздействия ультразвука на человека»: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г. № 37.
8. Закон Республики Беларусь «О здравоохранении»: от 18.06.1993 г. №2435-XII: в редакции Закона Республики Беларусь от 20.06.2008 № 363-3: с изм. и доп.
9. Об утверждении расчетных нормативов времени на выполнение исследований в лучевой диагностике врачами и рентгенолаборантами организаций здравоохранения системы Министерства здравоохранения Республики Беларусь: Приказ Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 06.04.2007 № 255
10. Санитарные правила и нормы 2.6.1.8-38-2003 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований»: постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 31.12.2003 г. № 223: с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 26.05.2008 № 97.
11. Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137.

ЭЛЕКТРОННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

12. Консультант студента. Электронная библиотека медицинского вуза. Расширенный пакет = Student consultant. Electronic library of medical high school. Extended package [Электронный ресурс] / Издательская группа «ГЭОТАР–Медиа», ООО «ИПУЗ». – Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru>. – Дата доступа: 01.06.2022. (Включает: «Электронную библиотеку медицинского ВУЗа» ; ГЭОТАР–Медиа. Премиум комплект ; Книги из комплекта «Консультант врача»).
13. Scopus [Electronic resource] / Elsevier. – Mode of access: <https://scopus.com>. – Date of access: 01.06.2022.
14. Springer Medicine and Biomedical and Life science eBooks collections [Electronic resource] / Springer International Publishing AG. – Mode of access: <https://link.springer.com>. – Date of access: 01.06.2022.
15. Springer Medicine Journals collection [Electronic resource] / Springer International Publishing AG/ – Mode of access: <https://link.springer.com>. – Date of access: 01.06.2022

ДИДАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Содержание учебного материала.

Изучить методы исследования костно-суставной системы

Рентгеноанатомия крестцово-подвздошного сочленения и тазобедренного сустава, методики рентгенологического исследования. КТ-анатомия крестцово-подвздошного сочленения и тазобедренного сустава, методика исследования. МРТ-анатомия крестцово-подвздошного сочленения и тазобедренного сустава, методика исследования. Ультразвуковая анатомия крестцово-подвздошного сочленения и тазобедренного сустава, методика ультразвукового исследования у детей в различные возрастные периоды и у взрослых.

Рентгеноанатомия коленного сустава, методики рентгенологического исследования. КТ-анатомия коленного сустава, методика исследования. МРТ-анатомия коленного сустава, методика исследования. Ультразвуковая анатомия коленного сустава, методика ультразвукового исследования.

Рентгеноанатомия голеностопного сустава и стопы, методики рентгенологического исследования. КТ-анатомия голеностопного сустава и стопы, методика исследования. МРТ-анатомия голеностопного сустава и стопы, методика исследования. Ультразвуковая анатомия коленного сустава, методика ультразвукового исследования.

Схемы описания различных методов исследования:

Схема описания рентгенограмм:

I. Суставы

1. *Суставная щель:*
 - сужение / расширение
 - неравномерность ширины
 - деформация
2. *Суставная капсула:*
 - уплотнение
 - увеличение объёма (выпот, воспаление)
3. *Суставные поверхности и концы костей:*
 - деформация суставных концов
 - краевые костные разрастания (остеофиты)
 - изменения суставного хряща (косвенно)
 - нарушение целостности или структуры субхондральной пластинки
 - патологические изменения в губчатом веществе эпифиза (уплотнение, разрежение, кисты и др.)
4. *Соотношения суставных поверхностей:*
 - вывих
 - подвывих
5. *Внутрисуставные образования:*
 - свободные тела («суставные мыши»)

- кальцинаты, отложения и др.

II. Мягкие ткани

1. *Изменения плотности:*
 - уплотнение (усиление тени)
 - просветление (снижение плотности)
2. *Патологические включения:*
 - кальциноз
 - окостенение
3. *Изменения объёма:*
 - увеличение (отёк, опухоль, гематома)
 - уменьшение (атрофия)
4. *Структурные нарушения:*
 - изменение или исчезновение жировых прослоек
 - нечёткость анатомических границ
 - наличие газа, инородных тел и др.

Схема описания ультразвуковых изображений

1. **Надкостница**
 - Утолщение
 - Отслоение от костной поверхности
2. **Сухожилия и связки**
 - Контур: гладкий / неровный, чёткий / нечёткий
 - Наличие гипэхогенных (жидкостных, дегенеративных) участков
 - Нарушение фибриллярной структуры: «смазанность», дезорганизация
 - Утолщение:
 - локальное / распространённое
 - равномерное / неравномерное
 - Изменение размеров: удлинение, укорочение
 - Нарушение целостности:
 - частичный разрыв
 - полный разрыв
3. **Синовиальные полости**
(суставы, синовиальные влагалища сухожилий, околосуставные сумки)
 - Изменение формы
 - Наличие выпота / скопления жидкости
 - Утолщение синовиальной оболочки (стенок полости)
4. **Мышцы**
 - Изменение объёма: увеличение (отёк, гематома), уменьшение (атрофия)
 - Изменение эхогенности:
 - снижение (отёк, воспаление)
 - повышение (фиброз, жировая инфильтрация)
 - Нарушение внутримышечной архитектоники («смазанность» стриации)
 - Деформация или изменение формы мышцы
 - Дефект мышечной ткани (разрыв, некроз)
 - Наличие кальцинатов
 - Патологические образования: кисты, опухоли и др.

Схема описания МРТ-изображений

1. Кости

- *Изменение размеров, формы, контуров*
- *Нарушение структуры кортикального и губчатого вещества*
- *Изменение интенсивности МР-сигнала от:*
 - костного мозга (например, отёк, инфильтрация, жировая дистрофия)
 - кортикального слоя
 - трабекулярной (губчатой) кости

2. Сухожилия, связки, энтезы, мениски

- *Изменение интенсивности МР-сигнала:*
 - локальное / распространённое
 - равномерное / неравномерное (указывает на дегенерацию, тендинит, энтезопатию и др.)
- *Нарушение целостности:*
 - частичный разрыв
 - полный разрыв
- *Структурные изменения:*
 - утолщение, истончение, потеря нормальной фибриллярной архитектоники

3. Синовиальные полости и околосуставные пространства

- *Скопление жидкости:*
 - в полости сустава
 - в синовиальных влагалищах сухожилий
 - в околосуставных (бурсальных) сумках
 - в межфасциальных пространствах
- *Характер сигнала жидкости:*
 - гиперинтенсивный на T2-ВИ (особенно при подавлении сигнала от жира — FS/STIR)
- *Наличие дефектов:*
 - например, разрыв мениска с выходом внутрисуставной жидкости в параартикулярные ткани («знак птичьего клюва» и др.)
- *Патологические образования:*
 - ганглии, кисты Бейкера, синовиомы, опухоли мягких тканей и др.

Схема описания радионуклидных изображений (скелетная сцинтиграфия)

Кости: Оценка распределения радиофармпрепарата (РФП, чаще всего ^{99m}Tc -меченых фосфонатов) в скелете проводится по характеру, локализации, интенсивности и количеству очагов накопления.

- «Горячий очаг» — участок повышенного накопления РФП:
 - *может указывать на:*
 - воспалительный процесс (остеомиелит, артрит);
 - посттравматические изменения (переломы, микротравмы, стресс-реакции);
 - опухолевое поражение (первичные костные опухоли, метастазы — особенно остеобластического типа);
 - дегенеративно-дистрофические изменения (остеоартроз, спондилёз, энтезопатии);
 - реактивные изменения (например, при болезни Педжета).
 - *описывается по:*
 - локализации (точное анатомическое расположение);

- интенсивности (умеренная, выраженная — часто по сравнению с фоновым накоплением);
- форме и границам (чёткие/нечёткие, округлые, линейные и др.);
- количеству (одиночный, множественные, диффузные).
- «Холодный очаг» — участок сниженного или отсутствующего накопления РФП:
 - может наблюдаться при:
 - опухолях с выраженным разрушением костной ткани и вытеснением функционирующей костной ткани (например, миелома, остеолитические метастазы);
 - аваскулярном некрозе (например, головки бедренной кости);
 - после лучевой терапии;
 - кистозных образованиях или заполненных жидкостью полостях;
 - технических артефактах (например, тень от металлоконструкций).
 - описывается по:
 - локализации;
 - размерам;
 - чёткости границ;
 - степени «холодности» (умеренное снижение или полное отсутствие накопления);
 - сопоставлению с данными других методов визуализации (КТ, МРТ).

Рентгенанатомия тазобедренного сустава

Тазобедренный сустав (лат. *articulatio coxae*) — это шаровидный (сферический) синовиальный сустав, образованный сочленением головки бедренной кости с вертлужной впадиной тазовой кости. Обеспечивает широкий диапазон движений при высокой устойчивости и опорной функции.

1. Костные структуры

• **Головка бедренной кости (*caput femoris*):** Шаровидная, покрыта гиалиновым хрящом почти со всех сторон, за исключением ямки головки бедренной кости (*fovea capitis*), где прикрепляется связка головки бедренной кости.

• **Вертлужная впадина (*acetabulum*):** Образована слиянием трёх костей таза: подвздошной, седалищной и лонной. Выстлана гиалиновым хрящом по периферии, кроме вертлужной вырезки (*incisura acetabuli*) и центральной невертлужной ямки (*acetabular fossa*), где хрящ отсутствует. Углубляется за счёт вертлужной губы (*labrum acetabulare*) — фиброзно-хрящевого ободка по краю впадины.

2. Суставная капсула и связки

• **Суставная капсула:** мощная, прикрепляется к краю вертлужной губы и пояснично-наружной поверхности шейки бедренной кости. *Усилена тремя основными связками:*

- **Подвздошно-бедренная связка** — самая прочная связка в организме, ограничивает разгибание и гиперэкстензию.
- **Седалищно-бедренная связка** — ограничивает внутреннюю ротацию.
- **Лонно-бедренная связка** — ограничивает отведение и наружную ротацию.
- **Связка головки бедренной кости (*ligamentum capitis femoris*):** Расположена внутри сустава, соединяет ямку головки бедренной кости с вертлужной

вырезкой. Содержит *артерию головки бедренной кости* (особенно важна у детей).

3. Кровоснабжение

Основные источники:

- **Медиальная и латеральная верхние коленные артерии** (ветви глубокой артерии бедра) — основной источник у взрослых.
- **Артерия головки бедренной кости** (ветвь запирающей артерии) — значима в детском возрасте, у взрослых часто редуцирована.

4. **Иннервация** осуществляется ветвями: бедренного нерва (n. femoralis), седалищного нерва (n. ischiadicus), верхнего и нижнего ягодичных нервов, запирающего нерва (n. obturatorius)

5. **Движения в суставе** благодаря шаровидной форме возможны вокруг трёх осей: сгибание / разгибание; отведение / приведение; внутренняя и наружная ротация; круговое движение (циркумдукция).

Рентгенологическим признаком нормального положения таза в горизонтальной плоскости служит совпадение лобкового симфиза с продольной осью крестца, а также симметрия поперечных размеров крыльев подвздошных костей. Важно отметить, что данный критерий достоверен только при условии правильной укладки пациента во время выполнения рентгенографии — без ротации или наклона таза.

Пространственное положение входа в вертлужную впадину во фронтальной плоскости оценивается по углу, образованному двумя линиями:

— касательной, проведённой ко входу в вертлужную впадину,
— и линией, соединяющей нижние полюсы «фигур слезы» (изображений нижней части вертлужных впадин).

В норме этот угол составляет **50–55°**.

Положение крыши вертлужной впадины характеризуется другим углом — между:

— касательной к наружному контуру крыши впадины,
— и линией, соединяющей верхние края «фигур слезы».

Нормальное значение этого угла — **10–12°**.

Положение проксимального отдела бедренной кости во фронтальной плоскости определяется по **шеечно-диафизарному** углу, который в норме равен **120–130°**. Косвенным признаком положения бедренной кости в горизонтальной плоскости является степень выступания **малого вертела** за медиальный контур диафиза бедренной кости: при нейтральной ротации он обычно не выступает или лишь слегка виден.

Лучевые критерии нормы тазобедренного сустава

Суставная щель:

- верхний отдел — 3–4 мм,
- медиальный отдел — 4–5 мм.

Жировые прослойки (чётко визуализируются в прямой проекции):

- медиально от сухожилия m. iliopsoas,
- медиально от m. gluteus minimus,
- между мышцами латеральной ягодичной группы.

Покрывание головки бедренной кости крышей вертлужной впадины:

- у детей — не менее 75% суставной поверхности,
- у детей старше 5 лет — $\frac{3}{4}$ –1,0 (75–100%).

Шеечно-диафизарный угол:

- у взрослых — 120–130° (с возрастной динамикой у детей).

Угол Виберга (центр головки — наружный край крыши впадины):

- у взрослых — 26–30°.

Ацетабулярный угол (наклон крыши вертлужной впадины):

- у взрослых — не менее 10°.

Особенности лучевой диагностики суставов у детей

Анатомия и рентгенологическая картина суставов у детей существенно отличаются от таковых у взрослых. Эти различия обусловлены поэтапным процессом скелетного созревания, в ходе которого хрящевая и фиброзная ткани постепенно замещаются костной. Ключевыми этапами этого процесса являются:

- Появление ядер (очагов, точек) окостенения в эпифизах и апофизах;
- Формирование и развитие суставных поверхностей;
- Закрытие ростковых (физарных) зон в подростковом и юношеском возрасте.

Эти процессы происходят в строго определённой хронологической последовательности, которая хорошо изучена и описана в возрастных атласах (например, по Greulich & Pyle или Tanner-Whitehouse). Знание сроков появления и срастания ядер окостенения критически важно при интерпретации рентгенограмм у детей, так как позволяет:

1. Оценить биологический (скелетный) возраст ребёнка — особенно при отставании или опережении физического развития;
2. Дифференцировать нормальные анатомические структуры от патологических изменений (например, переломов, опухолей, воспалительных процессов);
3. Выявить признаки задержки или ускорения окостенения, которые могут быть маркерами эндокринных, метаболических или генетических заболеваний.

Примеры появления ядер окостенения в области тазобедренного сустава:

- Головка бедренной кости: ядро окостенения появляется в возрасте 3–6 месяцев у доношенных детей;
- Большой вертел: окостенение начинается в 3–4 года;
- Малый вертел: ядро появляется около 10–12 лет;
- Тело подвздошной, седалищной и лонной костей срастаются в единую тазовую кость к 14–16 годам;
- Зона роста шейки бедра закрывается в 16–18 лет, после чего головка и диафиз становятся единым костным сегментом.

Значение исследования тазобедренного сустава у маленьких детей

Особое внимание в педиатрической лучевой диагностике уделяется тазобедренному суставу у новорождённых и детей первого года жизни. В этом возрасте суставные структуры в основном представлены хрящом, который не визуализируется на рентгенограмме, поэтому диагностика основывается на:

- Оценке положения головки бедренной кости относительно вертлужной впадины;
- Измерении ацетабулярного угла и угла W-линии (линии Хильгенрейнера,

Перкина);

- Анализе симметрии «фигур слезы» и крыши вертлужной впадины. Это исследование является обязательным скрининговым методом в рамках раннего выявления дисплазии тазобедренного сустава (ДТБС) — одного из наиболее распространённых врождённых ортопедических заболеваний. При отсутствии своевременной диагностики и лечения дисплазия может прогрессировать до подвывиха или вывиха бедра, что в дальнейшем приводит к нарушению походки, болевому синдрому и раннему остеоартрозу. В первые месяцы жизни предпочтительным методом является УЗИ тазобедренных суставов, так как позволяет визуализировать хрящевые структуры. Рентгенография становится информативной с 3–4 месяцев, когда появляется ядро окостенения головки.

УЗИ тазобедренных суставов у младенцев

У новорожденных и младенцев до 6 месяцев головка бедренной кости состоит преимущественно из хрящевой ткани, что делает её «эхоотрицательной» на УЗИ и позволяет визуализировать как головку бедренной кости, так и хрящевые структуры вертлужной впадины. Это обеспечивает возможность детальной оценки анатомии и стабильности тазобедренного сустава с помощью ультразвука. Однако по мере роста ребёнка (обычно начиная с 4–6 месяцев) происходит окостенение головки бедра и костных краёв вертлужной впадины, что ограничивает визуализацию ключевых структур и снижает диагностическую ценность УЗИ. В таких случаях прибегают к рентгенографии тазобедренных суставов.

Положение пациента и технические параметры исследования

Младенца укладывают на кушетку в положении на спине или на боку (в зависимости от этапа сканирования). Исследование проводится с использованием высокочастотного линейного датчика (7–15 МГц), который размещают в проекции большого вертела бедренной кости. Датчик ориентируют либо параллельно, либо перпендикулярно продольной оси тела (в зависимости от плоскости сканирования): параллельно — для продольного среза, перпендикулярно — для поперечного.

Этапы ультразвукового исследования

1. Продольное сканирование тазобедренного сустава

На этом этапе врач получает стандартный сагиттальный (продольный) срез, позволяющий оценить анатомические ориентиры и выполнить ключевые измерения. На изображении чётко визуализируются:

- Подвздошная кость (её костный край),
- Хрящевая часть вертлужной впадины,
- Головка бедренной кости,
- Суставная губа и связка головки бедра.

По полученному изображению проводятся следующие измерения:

- Угол α (альфа) — отражает степень костного покрытия головки бедра; измеряется между базовой линией подвздошной кости и линией, проведённой от костного края вертлужной впадины к центру головки.

- Угол $\alpha > 60^\circ$ считается нормой и указывает на зрелость костной крыши.
- Угол β (бета) — характеризует хрящевую часть впадины (в частности, состояния суставной губы и её покрытия головки); измеряется между базовой линией и линией, проведённой от края хрящевой губы к центру головки. Угол $\beta < 55^\circ$ расценивается как нормальный.
- Костное покрытие головки — оценивается в процентах или визуально: норма — более 50% покрытия головки костной частью вертлужной впадины.
- Расстояние от лобковой кости до головки бедра — помогает выявить смещение головки при подвывихе или вывихе.

На основании этих параметров сустав классифицируется по системе Графа, которая включает типы от I (норма) до IV (вывих), с подтипами.

2. Оценка стабильности сустава (динамическое тестирование — проба Барлоу–Ортолани)

Врач пассивно перемещает бедро, моделируя манёвры, используемые в клиническом осмотре:

- Проба Барлоу (выявление вывихиваемости): бедро слегка приводят и надавливают вниз — оценивают, смещается ли головка из вертлужной впадины.
- Проба Ортолани (выявление вправимости): бедро отводят и поднимают — проверяют, возвращается ли головка в суставную впадину.

В нестабильных или патологически изменённых суставах при таких манипуляциях отмечают:

- Уменьшение костного покрытия головки,
- Увеличение расстояния от лобковой кости до головки,
- Рост угла β ,
- Визуализация смещения головки — либо кпереди, либо кзади, что имеет значение для выбора тактики лечения.

3. Поперечное сканирование

На завершающем этапе выполняется коронарное (поперечное) сканирование тазобедренных суставов. Эта проекция позволяет сравнить положение обеих головок бёдер относительно друг друга и оценить симметрию суставов, а также подтвердить наличие или отсутствие центрации головки в вертлужной впадине.

Значение стандартизации в практике

Врачи ультразвуковой диагностики, работающие в тесном взаимодействии с педиатрами и детским травматологами-ортопедами, должны строго придерживаться стандартизированных протоколов УЗИ тазобедренных суставов, включая:

- Использование единой методики сканирования,
- Измерение углов α и β ,
- Классификацию по Графу,
- Описание стабильности сустава,
- Указание направления смещения головки при нестабильности.

Такой подход обеспечивает сопоставимость результатов между разными специалистами, позволяет объективно отслеживать динамику развития сустава и своевременно выявлять дисплазию тазобедренных суставов на ранних

стадиях, когда лечение наиболее эффективно и неинвазивно.

МРТ тазобедренных суставов

Магнитно-резонансная томография (МРТ) тазобедренных суставов (ТБС) — это высокоинформативный, неинвазивный метод визуализации, позволяющий детально оценить костные, хрящевые, синовиальные, связочные и мышечные структуры в области тазобедренного сустава. В отличие от УЗИ и рентгенографии, МРТ особенно ценна при оценке мягких тканей, хряща, костного мозга и внутрисуставных патологий, не видимых на других методах.

Показания к МРТ тазобедренных суставов у детей и взрослых

У детей и подростков:

- Подозрение на аваскулярный некроз головки бедренной кости (болезнь Пертеса) — МРТ выявляет изменения на самых ранних стадиях, задолго до рентгенологических признаков.
- Оценка последствий травм (околосуставные гематомы, повреждения хряща, микропереломы, отёк костного мозга).
- Диагностика воспалительных и инфекционных процессов: остеомиелит, септический артрит, транзиторный синовит.
- Контроль после операций (например, при врождённом вывихе бедра или остеотомиях).
- Исследование при дисплазии ТБС у старших детей (после окостенения головки), когда УЗИ уже неинформативно.
- Оценка хрящевой ткани и суставной губы при болевом синдроме неясной этиологии.

У взрослых:

- Боль в паху или тазобедренной области без явных рентгенологических изменений.
- Подозрение на повреждение вертлужной губы (labral tear).
- Диагностика импинджмент-синдрома (FAI — femoroacetabular impingement).
- Дегенеративные изменения (коксартроз) — оценка степени повреждения хряща, субхондрального склероза, кист.
- Подозрение на опухолевые или воспалительные заболевания (например, синовиома, ревматоидный артрит).
- Планирование эндопротезирования или артроскопии.

Рентгенанатомия коленного сустава.

Коленный сустав — один из самых крупных и сложных суставов опорно-двигательной системы человека. Он образован тремя костями: **дистальным (нижним) эпифизом бедренной кости, проксимальным (верхним) эпифизом большеберцовой кости и надколенником**. Сустав является **сложным, блоковидно-мышечковым**, обеспечивающим движения в сагиттальной плоскости (сгибание и разгибание) и незначительную ротацию в полусогнутом положении.

1. Костные структуры

- **Мыщелки бедренной кости** (медиальный и латеральный) — закруглённые кондилы, образующие суставные поверхности, контактирующие с соответствующими мыщелками большеберцовой кости. Между ними расположена **межмыщелковая ямка** — углубление на задней поверхности дистального метаэпифиза бедра, служащее местом прикрепления **крестообразных связок**.
- **Мыщелки большеберцовой кости** — слегка вогнутые суставные площадки. Медиальный мыщелок больше и устойчивее латерального. Между ними находится **межмыщелковое возвышение**, к которому прикрепляются передний и задний рога менисков и крестообразные связки.
- **Надколенник** — сесамовидная кость, расположенная в толще сухожилия четырёхглавой мышцы бедра. Имеет **суставную поверхность с медиальной и латеральной фасетками**, скользящую по передней поверхности блока бедренной кости (в межмыщелковой борозде).
 - У 10–30% населения встречается дополнительная сесамовидная кость — **фабелла**, локализуемая в сухожилии латеральной головки икроножной мышцы, сзади латерального мыщелка бедра. Это анатомическое вариант, но может имитировать патологию на рентгенограммах или МРТ.

2. Внутрисуставные структуры (не видны на рентгенограммах, но их косвенные признаки важны)

Мениски

- Медиальный и латеральный мениски — хрящевые полудиски, улучшающие конгруэнтность суставных поверхностей, распределяющие нагрузку и амортизирующие удары.
- **Прикрепление:** периферические (наружные) края менисков фиксированы к суставной капсуле и межмыщелковому возвышению большеберцовой кости. Медиальный мениск менее подвижен, чем латеральный.
- **Связки менисков:**
 - **Поперечная связка колена** соединяет передние рога обоих менисков.
 - **Мениско-бедренные связки** (передняя и задняя, также называемые связками Хамфри и Врисберга) соединяют задний рог латерального мениска с медиальным мыщелком бедра, проходя позади или спереди от задней крестообразной связки.

Крестообразные связки

- Расположены **внутри суставной полости**, но **внесиновиально** (вне синовиальной оболочки).
- **Передняя крестообразная связка (ПКС)** берёт начало от **внутренней поверхности латерального мыщелка бедра** и прикрепляется к **переднему межмыщелковому полю большеберцовой кости**. Основная функция — предотвращение переднего смещения большеберцовой кости относительно бедра.
- **Задняя крестообразная связка (ЗКС)** начинается от **латеральной поверхности медиального мыщелка бедра** и прикрепляется к **заднему межмыщелковому полю большеберцовой кости**. Основная функция

— предотвращение заднего смещения большеберцовой кости.

- Между крестообразными связками находится **жировая подушка** (инфрателлярная жировая масса), а также **синовиальная складка**, которая может визуализироваться на МРТ.

На рентгенограммах крестообразные связки не видны, но их повреждение может проявляться **косвенными признаками**: смещением костей, наличием avulsion-переломов (отрывных переломов) в точках прикрепления, увеличением суставной щели.

3. Суставная капсула и связочный аппарат

- **Фиброзная капсула** коленного сустава тонкая, но значительно усилена окружающим связочным и мышечным аппаратом.
- **Основные внекапсулярные связки**:
 - **Медиальная (большеберцовая) коллатеральная связка** — от медиального мыщелка бедра к метафизу большеберцовой кости, сращена с капсулой и медиальным мениском.
 - **Латеральная (малоберцовая) коллатеральная связка** — от латерального мыщелка бедра к головке малоберцовой кости; не соединена с латеральным мениском, что обеспечивает ему большую подвижность.
- **Мышечно-сухожильный аппарат**:
 - **Четырёхглавая мышца бедра (m. quadriceps femoris)** — главный разгибатель колена.
 - Её сухожилие охватывает надколенник спереди, срастаясь с его надкостницей.
 - Ниже надколенника продолжается как **собственная связка надколенника**, фиксирующаяся к **бугристости большеберцовой кости**.
 - Этот комплекс (сухожилие четырёхглавой мышцы → надколенник → собственная связка надколенника) называется **разгибательным аппаратом колена**. Его целостность критична для функции сустава.

4. Синовиальная оболочка и завороты

- Синовиальная оболочка выстилает всю внутреннюю поверхность сустава, за исключением суставных хрящей и интракапсульных связок.
- Образует до **12–13 синовиальных заворотов** — карманов, значительно расширяющих объём суставной полости.
 - **Наиболее крупный — верхний (наднадколенниковый) заворот**, который у взрослых обычно сообщается с полостью сустава и может достигать уровня середины бедра.
 - При воспалении или травме в заворотах скапливается выпот (жидкость), что визуализируется на УЗИ и МРТ как **гидрартроз**.

5. Синовиальные сумки (бурсы)

Расположены **вне суставной капсулы**, но некоторые сообщаются с полостью сустава:

- **Наднадколенниковая сумка (bursa suprapatellaris)** — самая крупная, часто сообщается с верхним заворотом.
- **Подкожная преднадколенниковая сумка** — между кожей и надколенником.

- **Подкожная поднадколенниковая сумка** — между кожей и связкой надколенника.
- **Глубокая преднадколенниковая сумка** — между связкой надколенника и большеберцовой костью.
- **Сумка под сухожилием полуперепончатой мышцы** — медиально, часто вовлекается при кистах Бейкера.

Воспаление сумок (бурсит) может напоминать артрит, но на рентгенограммах проявляется только косвенно (размягчение тканей, кальцификация при хроническом процессе).

Рентгенологическая визуализация

- На **прямой рентгенограмме** оцениваются:
 - Суставные щели (медиальная и латеральная),
 - Высота и форма мыщелков,
 - Положение надколенника (при необходимости — съёмка в аксиальной проекции),
 - Наличие костных фрагментов, остеофитов, субхондрального склероза.
- На **боковой рентгенограмме** оцениваются:
 - Межмышцелковая ямка,
 - Суставная поверхность надколенника,
 - Жировые прослойки (пред- и инфрапателлярные), смещение которых указывает на выпот.

В современной диагностике заболеваний и повреждений коленного сустава всё большее значение приобретают методы визуализации, позволяющие оценить не только костные, но и мягкие ткани. В этой связи ультразвуковое исследование (УЗИ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) занимают ведущее место, поскольку обеспечивают детальную информацию о состоянии менисков, связок, сухожилий, синовиальной оболочки, гиалинового хряща, а также позволяют выявить наличие суставного выпота, который недоступен для визуализации при стандартной рентгенографии.

При ультразвуковом сканировании коленного сустава в продольной (сагиттальной) проекции оцениваются передние и задние рога менисков, которые в норме имеют чёткую треугольную форму, однородную структуру и ровные контуры. В поперечной (коронарной) проекции возможно качественно визуализировать среднюю часть менисков — *pars intermedia*, что особенно важно для выявления патологии в центральных отделах хрящевых структур.

Для обеспечения полноты и клинической значимости заключения протокол УЗИ коленного сустава должен содержать стандартизированное описание следующих анатомических и функциональных параметров:

Суставной выпот:

- наличие/отсутствие в верхнем (наднадколенниковом) завороте;
- эхоструктура жидкости — однородная (серозный экссудат) или неоднородная (гемартроз, гной, фибринозные включения).

Инородные тела: наличие или отсутствие в полости сустава или околосуставных тканях.

Сухожилие прямой мышцы бедра (часть четырёхглавой мышцы):

- сохранена или нарушена целостность;
- наличие признаков тендопатии, кальцификации, перитендинального

воспаления.

Надколенник:

- контуры — ровные или неровные (эрозии, остеофиты);
- наличие бурсита (преднадколенникового, глубокого или субкожного).

Собственная связка надколенника:

- целостность (сохранена / частичный или полный разрыв);
- структура — однородная или неоднородная, эхогенность (снижена при дегенерации);
- толщина — в норме около 4–6 мм;
- наличие бурсита в области прикрепления (например, глубокая преднадколенниковая bursa).

Жировые тела (преимущественно инфрапателлярное и наднадколенниковое):

- структура — сохранена или изменена (отёк, фиброз, воспаление);
- гипертрофия — отсутствует или присутствует (может наблюдаться при хроническом синовите).

Медиопателлярная (медиальная пателлярная) складка:

- структура — нормальная или утолщённая, фиброзированная;
- повреждение — отсутствует или имеется (разрыв, ущемление).

Коллатеральные (боковые) связки (медиальная и латеральная):

- структура — однородная, без разволокнения или утолщения;
- при проведении функционального (стресс-) теста оценивается наличие диастаза — патологического расхождения суставных поверхностей, указывающего на нестабильность.

Суставные поверхности бедренной и большеберцовой костей:

- контуры — ровные или неровные (эрозии, узурации);
- наличие остеофитов (костных разрастаний);
- дополнительные включения — кальцинаты, свободные суставные тела («суставные мыши»), хондральные фрагменты.

Гиалиновый хрящ суставных поверхностей:

- контуры — ровные или фрагментированные, изъеденные;
- толщина — в пределах нормы (до 2,5–3 мм у взрослых) или истончён (признак остеоартроза).

Мениски — описываются отдельно для латерального (наружного) и медиального (внутреннего):

- Форма — правильная (треугольная в продольном срезе) или деформированная;
- Структура — однородная или неоднородная (признак дегенерации или разрыва);
- Контуры — чёткие/нечёткие, ровные/неровные;
- Фрагментация — отсутствует или присутствует;
- Кальцификация — нет / есть;
- Паракапсулярная зона — отсутствие или наличие жидкостных образований (кисты мениска, паракапсулярные выпоты).

Подколенная область:

- наличие кисты Бейкера (Беккера) — выпячивания синовиальной оболочки через заднюю капсулу сустава, часто связанного с хроническим синовитом или менисковой патологией.

РЕНТГЕНОАНАТОМИЯ ГОЛЕНСТОПНОГО СУСТАВА И СТОПЫ

Область голеностопного сустава и стопы относится к одной из наиболее анатомически сложных зон в опорно-двигательной системе — как из-за intricate взаимоотношений костных структур, так и из-за плотного прилегания многочисленных сухожилий, связок и синовиальных образований.

Голеностопный сустав формируется суставными поверхностями дистальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей, которые охватывают сверху и с боков блок таранной кости, создавая своего рода «вилку».

- *Дистальный эпифиз большеберцовой кости* имеет вогнутую суставную поверхность, покрытую гиалиновым хрящом, а также медиальную лодыжку, внутренняя поверхность которой также участвует в образовании сустава.
- *Малоберцовая кость* заканчивается латеральной лодыжкой, на медиальной (внутренней) поверхности которой располагается суставная площадка, контактирующая с латеральной поверхностью таранной кости. Эта суставная поверхность не доходит до верхушки лодыжки, что является важной анатомической особенностью.

Таранная кость состоит из трёх основных частей: тела, шейки и головки. Верхняя поверхность тела таранной кости образует суставной блок, имеющий во фронтальной плоскости клиновидную форму: он несколько шире спереди и уже сзади. В центре блока имеется неглубокое углубление, а по краям чётко выражены два вала — медиальный и латеральный, которые входят в контакт с соответствующими суставными поверхностями большеберцовой и малоберцовой костей.

Скелет стопы условно разделяют на три отдела:

- Предплюсна (задний отдел стопы), включающая таранную и пяточную кости, а также ладьевидную, кубовидную и три клиновидные кости. Предплюсна дополнительно подразделяется на задний (таранная и пяточная кости) и передний (остальные кости) отделы.
- Плюсна, представленная пятью плюсневыми костями.
- Фаланги пальцев: у I пальца — две фаланги (проксимальная и дистальная), у II–V пальцев — по три (проксимальная, средняя и дистальная).

Лучевые критерии анатомо-топографических соотношений в области голеностопного сустава и стопы

Правильная оценка взаимного положения костных структур на рентгенограммах — ключевой этап диагностики при травмах, деформациях, воспалительных и дегенеративных заболеваниях. Нарушение анатомических соотношений может свидетельствовать о подвывихах, вывихах, нестабильности связочного аппарата или деформациях сводов стопы.

1. Критерии нормальных анатомических соотношений в голеностопном суставе

В передне-задней (АП) проекции:

- Равномерная ширина горизонтальной части суставной щели между телом таранной кости и дистальным эпифизом большеберцовой кости — в норме составляет 2–4 мм и должна быть одинаковой по всей протяжённости.
- Совпадение уровня латерального края дистального эпифиза большеберцовой кости и латерального края блока таранной кости. Это важный маркер отсутствия латерального смещения таранной кости и сохранения целостности дельтовидной связки и межберцового синдесмоза.

В боковой (сагитальной) проекции:

- Равномерная высота суставной щели по переднему и заднему краю сустава.
- Совпадение центров суставных поверхностей: центр дистального суставного конца большеберцовой кости и центр блока таранной кости должны лежать на одной горизонтальной линии. Нарушение этого соотношения может указывать на переднее или заднее смещение таранной кости (часто при повреждении связок или переломах лодыжек).

2. Оценка пространственного положения костей стопы после завершения окостенения

После окончания формирования скелета стопы (обычно к 14–16 годам) становится возможной точная количественная оценка архитектоники стопы по рентгенограммам, выполненным в положении стоя (под нагрузкой) — это критически важно для диагностики плоскостопия и других деформаций.

В сагитальной плоскости:

- Таранно-берцовый угол (угол между продольными осями большеберцовой и таранной костей):
 - Измеряется на боковой рентгенограмме.
 - Норма — $90^\circ \pm 5^\circ$.
 - Увеличение угла ($>95^\circ$) указывает на тыльное сгибание таранной кости, уменьшение ($<85^\circ$) — на подошвенное сгибание, что может наблюдаться при контрактурах, парезах или посттравматических деформациях.
- Угол продольного свода стопы:
 - Формируется при пересечении двух касательных линий:
 - Первая — к нижней поверхности пяточной кости,
 - Вторая — к нижней поверхности головки I плюсневой кости.
 - Нормативное значение — от 125° до 135° .
 - Угол $<125^\circ$ — признак опущения продольного свода (продольное плоскостопие).
 - Угол $>135^\circ$ — может указывать на высокий свод (полая стопа).

Во фронтальной плоскости (под нагрузкой):

- Оценивается таранно-пяточный угол, угол между I и V плюсневыми костями, а также конгруэнтность подтаранного и таранно-ладьевидного суставов для выявления вальгусной или варусной деформации заднего отдела стопы.

3. Критерии нормальных соотношений в суставах стопы

При анализе рентгенограмм стопы оцениваются:

- Форма, размеры, контуры и структура всех костей (на наличие остеопороза, склероза, кист, остеофитов, эрозий).
- Анатомические соотношения в суставах предплюсны, плюснефаланговых и межфаланговых суставах.

Для оценки правильности суставных соотношений используются следующие принципы:

- Для суставов с параллельными суставными поверхностями (например, межберцово-таранный, межфаланговые суставы): — Равномерная ширина суставной щели по всей площади сочленения.
- Для суставов с неровной, конгруэнтной формой суставных поверхностей (таранно-ладьевидный, плюснефаланговые): — Совпадение центров суставных поверхностей на рентгенограмме — признак правильного сочленения.
- Для плоских (амфиартротических) суставов (например, суставы Лисфранка — между предплюсной и плюсной): — Расположение краёв суставных поверхностей на одном уровне — маркер отсутствия подвывиха или диастаза.

Нарушение этих соотношений может свидетельствовать о травме (например, разрыв синдесмоза или повреждение связок Лисфранка), хронической нестабильности, воспалительном процессе (ревматоидный артрит) или дегенеративных изменениях.

Возможности современных методов лучевой диагностики

Рентгенография остаётся первичным методом скрининга, однако не позволяет визуализировать мягкие ткани — связки, сухожилия, синовиальную оболочку, суставной хрящ и мениски (в колене). Для их оценки применяются:

- *Ультразвуковое исследование (УЗИ):*
 - Высокочастотным линейным датчиком (7–15 МГц) в реальном времени оцениваются сухожилия (ахиллово, длинный сгибатель большого пальца), связки (дельтовидная, подошвенные), синовиальные сумки.
 - Позволяет выявить тендиниты, бурситы, разрывы, ганглии, синовит.
 - Требуется знания анатомии и индивидуального подхода: положение датчика, угол сканирования и плоскость среза подбираются отдельно для каждого сустава и структуры.
- *Магнитно-резонансная томография (МРТ):*
 - «Золотой стандарт» для оценки мягких тканей, хряща, костного мозга, связок и синовиальной оболочки.
 - Используются специализированные последовательности: T1, T2 с подавлением жира (FS/SPAIR), PD, 3D DESS — в зависимости от задачи (например, оценка хряща или выявление отёка костного мозга).
 - В коленном суставе — позволяет детально визуализировать мениски, крестообразные и коллатеральные связки.
 - В области стопы — диагностирует повреждения пружинящей связки, компрессионные переломы, болезнь Мортона, синдром тарзального туннеля.
- *Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ):*
 - Особенно ценна при сложных переломах, внутрисуставных фрагментах,

планировании остеотомий.

- Объёмные реконструкции (3D) позволяют точно оценить пространственное смещение отломков, степень вовлечения суставных поверхностей.
- При подозрении на микротравмы или стресс-переломы, не видимые на рентгене, может применяться КТ с тонкими срезами ($\leq 0,6$ мм).
- *Контрастные методы:*
 - АртроМРТ (МР-артрография) — введение гадолиния в полость сустава для улучшения визуализации повреждений суставной губы, хряща, капсулы (чаще в тазобедренном и плечевом суставах, реже — в голеностопе).
 - КТ-артрография — применяется при противопоказаниях к МРТ.