


**ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ**

СОГЛАСОВАНО

Главный внештатный специалист
по лучевой и инструментальной
диагностике
Департамента здравоохранения
города Москвы


____ Ю. А. Васильев
«15» июля 2025 г.

РЕКОМЕНДОВАНО

Экспертным советом по науке
Департамента здравоохранения
города Москвы № 11



«24» июля 2025 г.

**ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА КОСТНОГО ВОЗРАСТА
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕНТГЕНОГРАФИИ КИСТИ**

Методические рекомендации № 52

УДК 615.84+616-073.75
ББК 53.6
Д 44

Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики»

Основана в 2017 году

Организация-разработчик:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»

Составители:

Васильев Ю. А. – канд. мед. наук, главный внештатный специалист по лучевой и инструментальной диагностике ДЗМ, главный врач ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Владимирский А. В. – д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Омелянская О. В. – руководитель по управлению подразделениями дирекции «Наука» ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Резников Д. Н. – младший научный сотрудник отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», аспирант ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Петрайкин А. В. – д-р мед. наук, доцент, главный научный сотрудник отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Гордеев А. Е. – техник сектора разработки цифровых решений для медицины отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Варюхина М. Д. – канд. мед. наук, начальник сектора разработки цифровых решений для медицины отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Артиюкова З. Р. – младший научный сотрудник отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Петрайкина Е. Е. – д-р мед. наук, директор РДКБ – филиала ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России

Воронцова И. Г. – врач – детский эндокринолог РДКБ – филиала ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России

Ерижиков Р. А. – руководитель отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Д 44 Диагностика и оценка костного возраста по результатам рентгенографии кисти / сост. Ю. А. Васильев, А. В. Владимирский, О. В. Омелянская [и др.] // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». – Вып. 157. – М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2025. – 35 с.

Рецензенты:

Безлепкина Ольга Борисовна – д-р мед. наук, профессор, врач высшей квалификационной категории, директор Института детской эндокринологии ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. академика И. И. Дедова» Минздрава России

Шолохова Наталия Александровна – д-р мед. наук, доцент, заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ «ДГКБ св. Владимира ДЗМ», профессор кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России

Методические рекомендации предназначены сформировать требования к процедуре получения и анализа данных рентгенографии кисти при оценке костного возраста в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы.

Данные методические рекомендации подготовлены авторским коллективом в рамках НИОКР «Разработка и создание аппаратно-программного комплекса для оппортунистического скрининга остеопороза» (№ ЕГИСУ: 123031400007-7) в соответствии с приказом Департамента здравоохранения города Москвы от 21.12.2022 г. № 1196

«Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы, государственным бюджетным (автономным) учреждениям, подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов»

Данный документ является собственностью Департамента здравоохранения города Москвы, не подлежит тиражированию и распространению без соответствующего разрешения

ISSN

© Департамент здравоохранения города Москвы, 2025
© ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2025
© Коллектив авторов, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. Рентгенологическая анатомия лучезапястного сустава и кисти	9
2. Требования к рентгенографии кисти.....	11
2.1. Укладка пациента	11
2.2. Контроль качества рентгенографии кисти.....	12
2.3. Оценка рентгенографии кисти	12
2.4. Формулирование заключения.....	14
3. Методики оценки костного возраста.....	15
3.1. Таблица Жуковского и Бухмана.....	15
3.2. Атлас Грейлиха и Пайл	17
3.3. Методика Таннера и Уайтхауса	19
3.4. Атлас Гилсанса и Ратиба.....	21
4. Автоматизированная оценка костного возраста	23
4.1. MosMedSoft: программа для определения костного возраста у детей по рентгенограмме кисти	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	27
Приложение А. Разброс оценок костного возраста у пациентов без патологии... 29	
Приложение Б. Таблица со сроками окостенения Жуковского и Бухмана	30
Приложение В. Таблица со сроками окостенения из Федеральных клинических рекомендаций по ведению детей с эндокринными заболеваниями.....	31
Приложение Г. Методики оценки костного возраста по Таннеру и Уайтхаусу....	32
Приложение Д. Факторы, влияющие на костный возраст	33

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)».
2. СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований».
3. Федеральные клинические рекомендации (протоколы) по ведению детей с эндокринными заболеваниями / под ред. И. И. Дедова, В. А. Петерковой. М., 2014.
4. Клинические рекомендации «Преждевременное половое развитие». М., 2024.
5. Клинические рекомендации «Врожденный гипотиреоз у детей». М., 2024.
6. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024) «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»).

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Костный возраст – мера биологической зрелости растущего человека, определяется на основе изучения последовательных стадий развития скелета [1].

Технологии искусственного интеллекта – совокупность технологий, включающая в себя компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и перспективные методы искусственного интеллекта.

Компьютерное зрение – технология искусственного интеллекта для формирования полезных выводов относительно объектов и сцен реального мира на основе анализа изображений, полученных с помощью датчиков.

Средняя абсолютная ошибка – в контексте данной работы представляет собой разницу между значением костного возраста, которое определила программа, и значением костного возраста, которое определил врач.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем документе применены следующие обозначения и сокращения:

АГР – атлас Гилсанса и Ратиба

АГП – атлас Грейлиха и Пайл

ЕРИС ЕМИАС – Единый радиологический информационный сервис Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы

ИИ – искусственный интеллект

КВ – костный возраст

МТУ – методика Таннера и Уайтхауса

МТУ2 – вторая версия методики Таннера и Уайтхауса

МТУ3 – третья версия методики Таннера и Уайтхауса

ТЖБ – таблица Жуковского и Бухмана

ПО – программное обеспечение

ППС – преждевременное половое созревание

СШТ – синдром Шерешевского–Тернера

ТИИ – технологии искусственного интеллекта

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

ХВ – хронологический возраст

ЦНС – центральная нервная система

DICOM – Digital Imaging and Communication in Medicine (цифровая визуализация и коммуникация в медицине) – формат файла для создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений

RUS (radius, ulna, short bones) – лучевая кость; локтевая кость; короткие кости запястья (ладьевидная кость, полулунная кость, трехгранная кость, гороховидная кость, кость-трапеция, трапецевидная кость, головчатая кость, крючковидная кость)

RSNA (Radiological Society of North America) – радиологическое общество Северной Америки

ВВЕДЕНИЕ

Порядок и сроки появления точек окостенения и синостозов в различных частях скелета объективно отражают процессы роста и развития ребенка. Костный возраст (КВ) может отличаться от хронологического возраста (ХВ) в пределах 1–2 лет, однако отклонение более чем на 2 года считается патологией [1]. Помимо костного и хронологического возрастов, существует биологический возраст, который представляет собой совокупность антропометрических, клинико-лабораторных, психологических, эмоциональных свойств ребенка. Однако именно определяемый рентгенологически КВ является наиболее надежным индикатором биологического возраста и наиболее точно отражает процессы роста организма.

Определение КВ играет важную роль в различных областях медицины: в эндокринологии для диагностики патологических состояний (подробнее в приложении №1) и мониторинга терапии [2–3], в травматологии и ортопедии для выбора тактики лечения и при проведении остеоденситометрических исследований у детей, в судебно-медицинской экспертизе для идентификации пациента, в спортивной медицине для персонализации физических нагрузок и снижения риска травм [4–7].

ХВ человека можно определять по различным признакам, выявляемым с помощью методов лучевой диагностики. У взрослых для оценки возраста используют такие показатели, как степень обызвествления аорты, деформации скелета, состояние костной ткани и другие изменения, характерные для процесса старения организма. Эти методы имеют важное значение в судебно-медицинской практике, а также при необходимости уточнения возраста в случае отсутствия документов.

Однако, несмотря на важность определения ХВ по данным лучевых методов у взрослых, наибольшую актуальность и диагностическую значимость методики определения КВ имеют у детей, когда КВ изменяется наиболее динамично в соответствии с взрослением ребенка. Поэтому основные методы относятся к определению КВ у детей и будут рассмотрены далее.

Особенности формирования скелета у детей включают появление точек окостенения и закрытие зон роста, которые учитываются при анализе лучевых исследований. Существуют пособия, учитывающие возрастную и вариантную анатомию различных участков скелета, например, «Рентгеноанатомический атлас скелета» [8]. Однако наиболее удобным и точным методом определения КВ является анализ рентгенографии кистей рук в прямой проекции.

Определение КВ по рентгенографии кисти является важным инструментом в педиатрической практике, используемым для оценки физического развития ребенка и своевременного выявления отклонений. Несоответствие костного и хронологического возрастов может указывать на нарушения роста, эндокринные расстройства, генетические синдромы и другие патологические состояния.

Многообразие существующих методик и подходов к определению КВ обуславливает необходимость стандартизации и унификации данной процедуры. Качественный и объективный мониторинг лечения различных патологических состояний, связанных с отклонениями в КВ, требует точных и воспроизводимых методов оценки. Однако относительная трудоемкость процесса определения КВ, а также недостаток экспертов – специалистов в области лучевой диагностики, создают препятствия для его широкого применения. Кроме того, акселерация и сопутствующие измерения динамики роста человека и популяционная гетерогенность в отставании или опережении КВ относительно ХВ усложняют корректировку возрастных нормативных данных. Все это подчеркивает необходимость формирования универсальной автоматизированной платформы для определения КВ. В этом контексте применение технологий искусственного интеллекта (ТИИ) представляет собой перспективное направление, способное стандартизировать процедуру, повысить ее доступность и точность, а также учесть индивидуальные особенности пациентов.

Таким образом, современная практика сталкивается с рядом проблем, затрудняющих эффективную и точную оценку КВ:

- *Отсутствие стандартизации.* Классические методики, основанные на субъективной интерпретации рентгенограмм, могут приводить к вариабельности результатов между разными специалистами (приложение А).

- *Снижение качества медицинской помощи детям.* Неточное определение КВ может привести к неправильной диагностике и, следовательно, к неадекватному назначению или корректировке лечения.

В данных методических рекомендациях ставится цель разработать единые стандарты и подходы к определению костного возраста с учетом современных технологий, включая ТИИ, для обеспечения точности, воспроизводимости и доступности данной процедуры.

1. Рентгенологическая анатомия лучезапястного сустава и кисти

Анатомическое строение костей, образующих лучезапястный сустав и скелет кисти, представлено далее в виде описания и изображений кисти взрослого человека (рисунок 1).

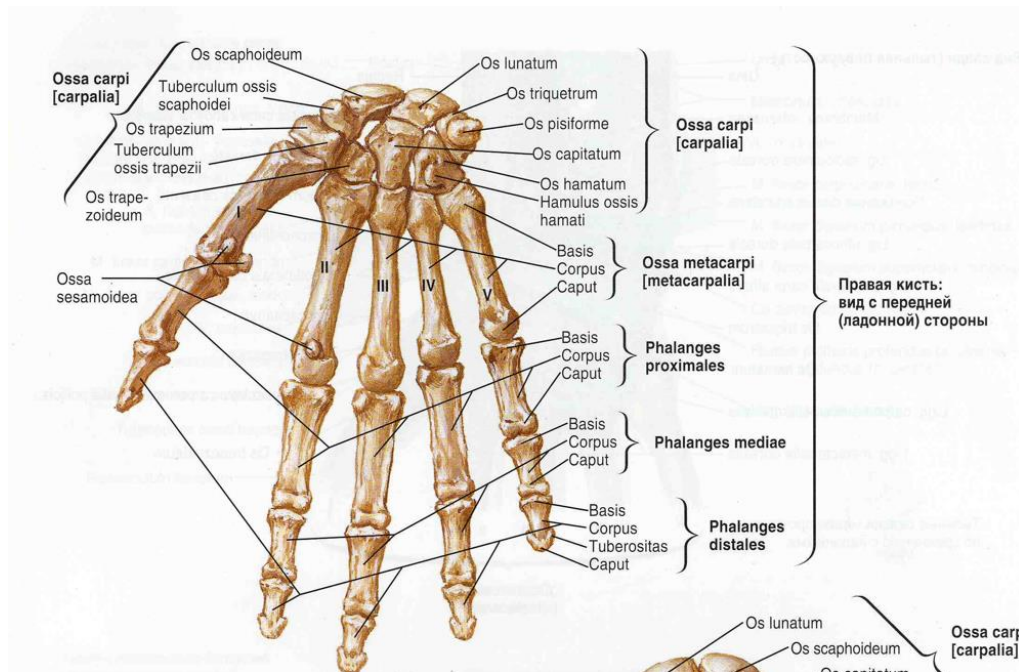


Рисунок 1 – Изображение кисти (Атлас анатомии человека Ф. Неттера)

Суставная впадина лучезапястного сустава образована запястной поверхностью дистального эпифиза лучевой кости и треугольным хрящом, прикрепляющимся к шиловидному отростку локтевой кости. Суставная головка этого сустава образована комплексом костей проксимального ряда запястья. Дистальный эпифиз лучевой кости относительно плоский, у лучевого его края находится шиловидный отросток. Фронтальный размер эпифиза значительно больше сагиттального. На локтевой поверхности дистального метаэпифиза лучевой кости имеется слабоогнутая цилиндрическая поверхность для сочленения с головкой локтевой кости (суставная впадина дистального лучелоктевого сустава). Головка локтевой кости имеет округлую форму, с локтевой стороны ее находится шиловидный отросток. В проксимальном ряду костей запястья расположены 4 кости, из которых в состав головки лучезапястного сустава входят ладьевидная, полулунная и трехгранная. Проксимальные поверхности всех трех костей выпуклые, дистальные у первых двух – вогнутые. Продольная ось ладьевидной кости отклонена от фронтальной плоскости в тыльном направлении под углом примерно 30° , продольная ось полулунной кости совпадает с сагиттальной плоскостью. На тыльной поверхности ладьевидной кости имеется отчетливо выраженная бугристость. Вогнутые дистальные поверхности костей проксимального ряда запястья в совокупности образуют суставную впадину межзапястного сустава. Головка этого сустава

представлена комплексом выпуклых проксимальных поверхностей крючковидной, центральной, трапециевидной костей запястья и кости трапеции. Пястные кости и фаланги пальцев имеют строение трубчатых костей. Суставные поверхности проксимальных эпифизов этих костей умеренно вогнутые, головки их – круглой формы. Запястно-пястные суставы плоские с незначительным объемом движений, пястно-фаланговые и межфаланговые суставы являются разновидностью блоковидных с преобладающей подвижностью в сагиттальной плоскости (кроме суставов I пальца).

Постнатальное формирование костных компонентов лучезапястного сустава и кисти имеет ряд особенностей по сравнению с формированием других сегментов конечностей. В связи с отсутствием у дистальных отделов костей предплечья и костей кисти апофизов, а также существенным различием возрастных сроков начала оссификации эпифизов трубчатых костей и костей запястья, в процессе энхондрального костеобразования этого отдела костно-суставной системы могут быть выделены только три в достаточной мере определенных периода:

- 1) очень кратковременный, – до появления первых центров оссификации анатомических образований, имеющих к моменту рождения хрящевое строение;
- 2) продолжительностью в 12 лет – период окостенения эпифизов трубчатых костей предплечья и кисти и костей запястья;
- 3) завершающий – период синостозирования метаэпифизарных ростковых зон.

Описание нормальной рентгеноанатомии лучезапястного сустава и кисти разделено на значительно большее число возрастных периодов, что вызвано следующими двумя обстоятельствами: во-первых, сроки начала оссификации каждой из костей запястья и эпифизов трубчатых костей предплечья и кисти принимаются за показатель не только общего костного возраста, но в определенной мере и биологического возраста ребенка, и потому мы считаем целесообразным заострить на них внимание; во-вторых, появление ядер окостенения ряда костей вносит определенные изменения в рентгеноанатомическую картину лучезапястного сустава и кисти и в комплекс показателей их анатомического строения, доступных для анализа [8].

2. Требования к рентгенографии кисти

2.1. Укладка пациента

Рентгенография лучезапястного сустава и кисти производится в большинстве случаев в двух стандартных проекциях – ладонной и боковой, которые при необходимости раздельного отображения (без проекционных наслоений) комплекса ладьевидной кости, кости трапеции, трапециевидной или комплекса трехгранной, гороховидной и крючковидной костей дополняются рентгенографией в ладонной или тыльной косых проекциях и в ладонной проекции с локтевым отклонением кисти (рисунок 2).

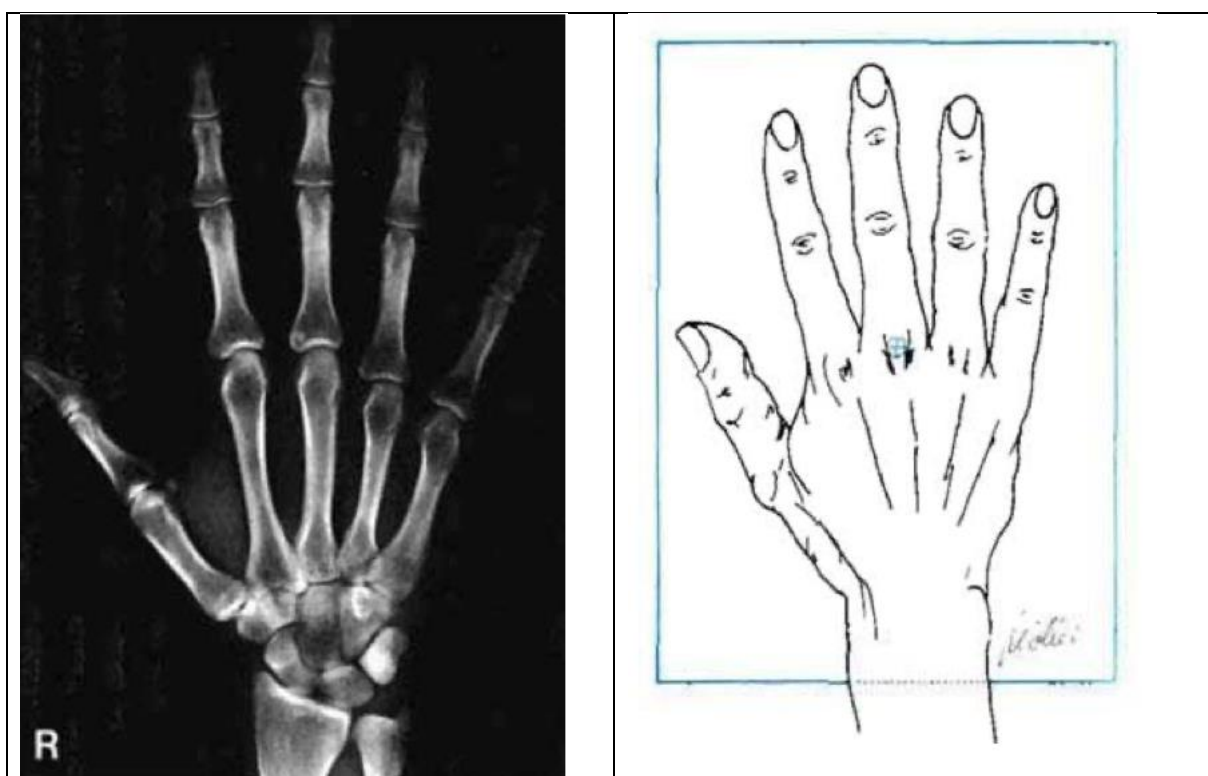


Рисунок 2 – Изображение рентгенографии кисти из Атласа рентгенологических укладок (Меллер Торстен Б., Райф Эмиль)

2.2. Контроль качества рентгенографии кисти

Основными требованиями к выполнению рентгенографии являются:

1. *Подготовка к исследованию:* необходимо снять с рук пациента украшения и предметы одежды, которые могут вызвать артефакты.
2. *Правильное выполнение исследования:* при выполнении рентгенограммы кисть укладывают ладонью вниз на горизонтальную поверхность (на кассету или детектор). На снимке должны быть четко видны все пальцы, запястье и дистальная часть костей предплечья.
3. *Маркировка:* правая или левая кисть обозначается соответствующим буквенным символом.
4. *Соблюдение требований к плотности снимка:* радиографическая плотность снимка должна позволять визуализацию трабекул и мягких тканей конечности.
5. *Корректная и полная оценка рентгенограммы:* оценка рентгенограммы должна учитывать структуру, плотность, диаметр и изогнутость костей для исключения костно-суставных дисплазий верхней конечности.

2.3. Оценка рентгенографии кисти

На рентгенограммах в стандартных проекциях лучезапястного сустава и кисти взрослых возможна оценка следующих показателей анатомического строения этого отдела костно-суставной системы. На рентгенограмме в прямой проекции к таким показателям относятся форма, размеры, контуры и структура дистальных метаэпифизов костей предплечья, центральной кости, крючковидной и кости трапеции, а также пястных костей и фаланг пальцев; контуры и структура полулунной, трапециевидной и ладьевидной костей запястья; анатомические соотношения в дистальном лучелоктевом суставе, лучезапястном, межзапястном, пястно-запястных и межфаланговых суставах (кроме пястно-фалангового сустава I пальца, анализ соотношений в котором производится на рентгенограмме, выполненной в специальной проекции).

Далее приведены результаты рентгенографии кистей, выполненные с соблюдением требований (рисунок 3) и нарушением требований (рисунок 4).

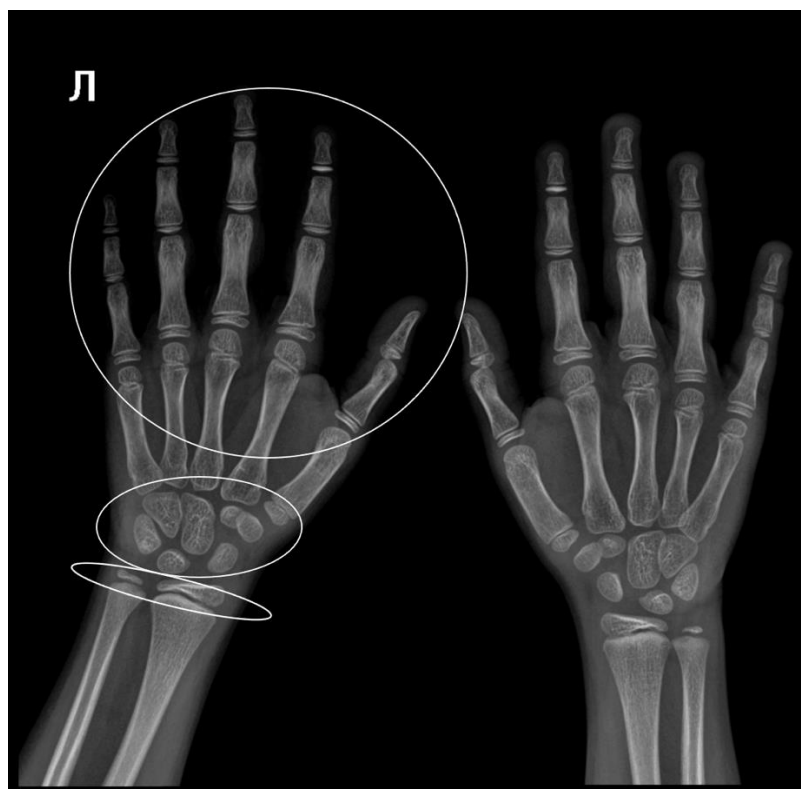


Рисунок 3 – Рентгенограмма кистей, выполненная с соблюдением требований. Пациент К., мужской пол, хронологический возраст – 93 месяца. Костный возраст, определенный по Таблице Жуковского и Бухмана (ТЖБ), соответствует 7–7,5 лет (87 месяцев). Костный возраст отстает от хронологического возраста на 6 месяцев. Подготовка к исследованию выполнена верно: отсутствуют все украшения и предметы одежды, четко видны все пальцы, пястные кости (окружность), запястье (овал) и дистальная часть костей предплечья (сжатый овал); обозначена левая кисть. Радиографическая плотность снимка позволяет визуализировать трабекулы и мягких тканей конечности

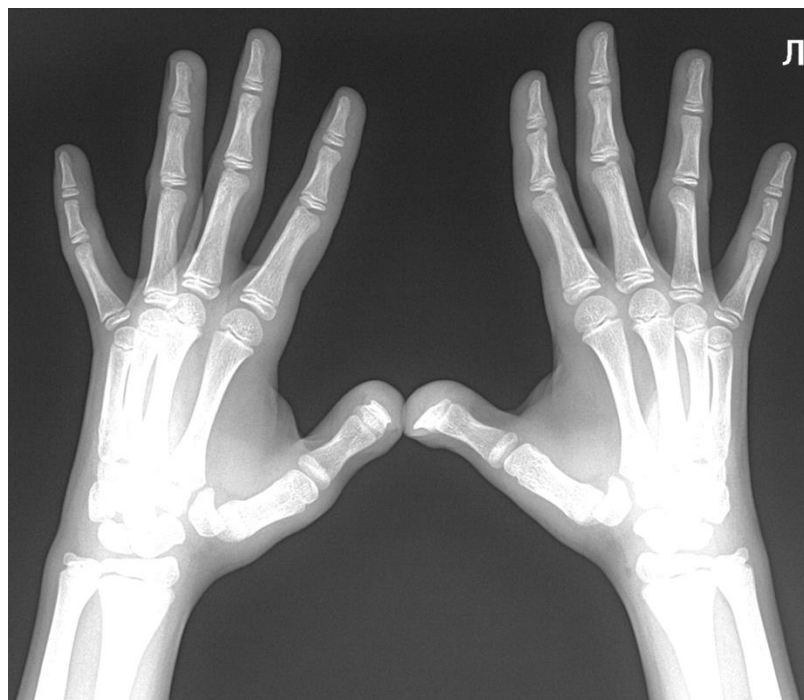


Рисунок 4 – Рентгенограмма кистей, выполненная с нарушением требований. Пациент В., мужской пол, хронологический возраст – 80 месяцев. Костный возраст определить не представляется возможным. Из-за нарушения укладки произошло проекционное наложение пястных и запястных костных структур. Отмечается недостаточная визуализация пястных, запястных, дистальных фрагментов костей предплечья. Радиографическая плотность снимка не позволяет оценить трабекулы, костные структуры не дифференцированы

2.4. Формулирование заключения

Для принятия обоснованных клинических решений требуется точное значение КВ. В заключении об оценке КВ необходимо указывать:

- методику, по которой была произведена оценка КВ;
- значение КВ в соответствии с выбранной методикой (число, если используются атлас Грейлиха и Пайл (АГП), Атлас Гилсанса и Ратиба (АГР) или методика Таннера и Уайтхауса (МТУ); возрастной интервал, если используется Таблица Жуковского и Бухмана (ТЖБ), а также дополнительно в скобках указывается среднее значение интервала в месяцах) (приложение А);
- разницу между костным и хронологическим возрастами, указанную в месяцах.

3. Методики оценки костного возраста

В Российской Федерации наиболее распространенными методиками оценки КВ являются ТЖБ и АГП. АГП создан американскими исследователями и широко используется педиатрами по всему миру (более чем в 76% случаев), при этом в детской эндокринологии специалисты чаще используют МТУ2.

Согласно «Федеральным клиническим рекомендациям по ведению детей с эндокринными заболеваниями», костный возраст обычно определяют по методу АГП с использованием радиологического атласа или по методу МТУ2, однако на практике подавляющее большинство врачей в России используют ТЖБ [9].

3.1. Таблица Жуковского и Бухмана

Принцип методики: методика основана на использовании таблиц, которые содержат стандартные возрастные значения различных костных параметров [10]. Определение костного возраста проводится путем сопоставления рентгеновских снимков кистей рук ребенка с эталонными значениями. ТЖБ приведена в приложении Б.

Правила интерпретации результатов:

- анализируются ядра окостенения костей запястья, пястных костей и фаланг пальцев, дистальных эпифизов костей предплечья;
- оценивается соответствие визуального развития костей эталонным возрастным значениям;
- в заключении указывается наибольший из определенных интервалов, соответствующий наиболее зрелому состоянию костной структуры пациента.

Ниже приведен пример расчета КВ по ТЖБ (рисунок 5).

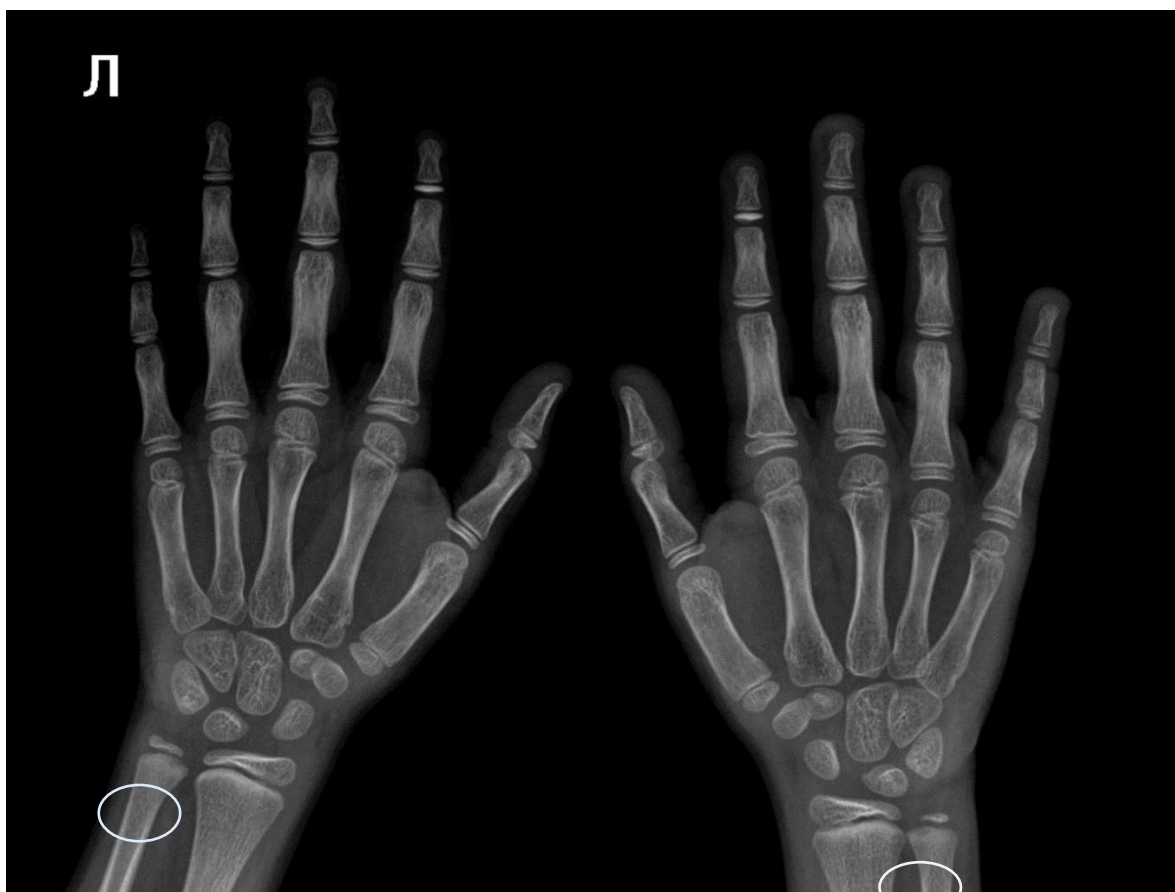


Рисунок 5 – Пример расчета КВ по ТЖБ. Пациент К., мужской пол, ХВ – 7 лет 9 месяцев (93 месяца). Визуализированы точки окостенения, соответствующие первым семи строкам таблицы Жуковского и Бухмана. Наличие точек окостенения шиловидного отростка в данном случае, которое не визуализировано. Дистальный эпифиз локтевой кости визуализирован. С учетом визуализированных точек окостенения возраст соответствует 7–7,5 годам для мальчиков и 6–6,5 годам для девочек

Пример формирования заключения по представленной рентгенограмме (рисунок 5): «Хронологический возраст пациента составляет 93 месяца. Костный возраст, определенный по таблице Жуковского и Бухмана, соответствует 7–7,5 годам (87 месяцам). Костный возраст отстает от хронологического возраста на 6 месяцев».

Среди преимуществ использования ТЖБ можно привести:

- простоту и удобство применения;
- создание методики на данных российской популяции;
- распространенность методики в практическом здравоохранении.

Недостатками методики являются:

- представление КВ в виде интервалов между наиболее ранним и наиболее поздним сроками появления данной точки окостенения;
- субъективность оценки;
- недостаточное количество исследований, посвященных валидации современными методами оценки;
- низкое соответствие современным стандартам для точного определения отклонений костного возраста от хронологического (методика была разработана в 1987 году);
- отсутствие визуальных изображений костных структур для соответствующих возрастных интервалов.

В «Федеральных клинических рекомендациях по ведению детей с эндокринными заболеваниями» приведена таблица «Сроки окостенения различных частей скелета у мальчиков и девочек», которая представляет собой адаптированную версию ТЖБ (приложение В). В отличие от оригинала, в данной таблице вместо интервалов указаны средние значения.

3.2. Атлас Грейлиха и Пайл

Принцип методики: методика использует АГП, представляющий собой серию рентгеновских снимков левой кисти и запястья, соответствующих различным возрастам [11]. КВ определяется путем визуального сравнения конкретной рентгенограммы с возрастными эталонами (в зависимости от пола) изображений в атласе, наиболее близкими по развитию.

Атлас содержит стандартные изображения рентгенографии мужского пола, включающие 31 рентгенографическое изображение и охватывающие этапы роста от 0 до 19 лет, тогда как шаблоны для девочек состоят из 27 рентгенографических изображений, охватывающих этапы роста от 0 до 18 лет. Разделение шаблонных серий для мальчиков и девочек обусловлено тем, что рост и развитие костей зависят от пола.

Правила интерпретации результатов:

- Если рентгенограмма пациента точно соответствует эталонному изображению, костный возраст принимается равным возрасту стандарта.
- Если точного соответствия нет, можно выбрать среднее значение между двумя стандартами, если развитие пациента находится между указанными возрастными.

Популяция, которая использовалась при создании методики: атлас был разработан на основе данных белой популяции американцев среднего социально-экономического статуса (исследование Brush Foundation, 1931–1942 гг.), что может ограничивать его применимость для представителей других этнических групп. Ниже приведен пример расчета КВ по АГП (рисунок 6).

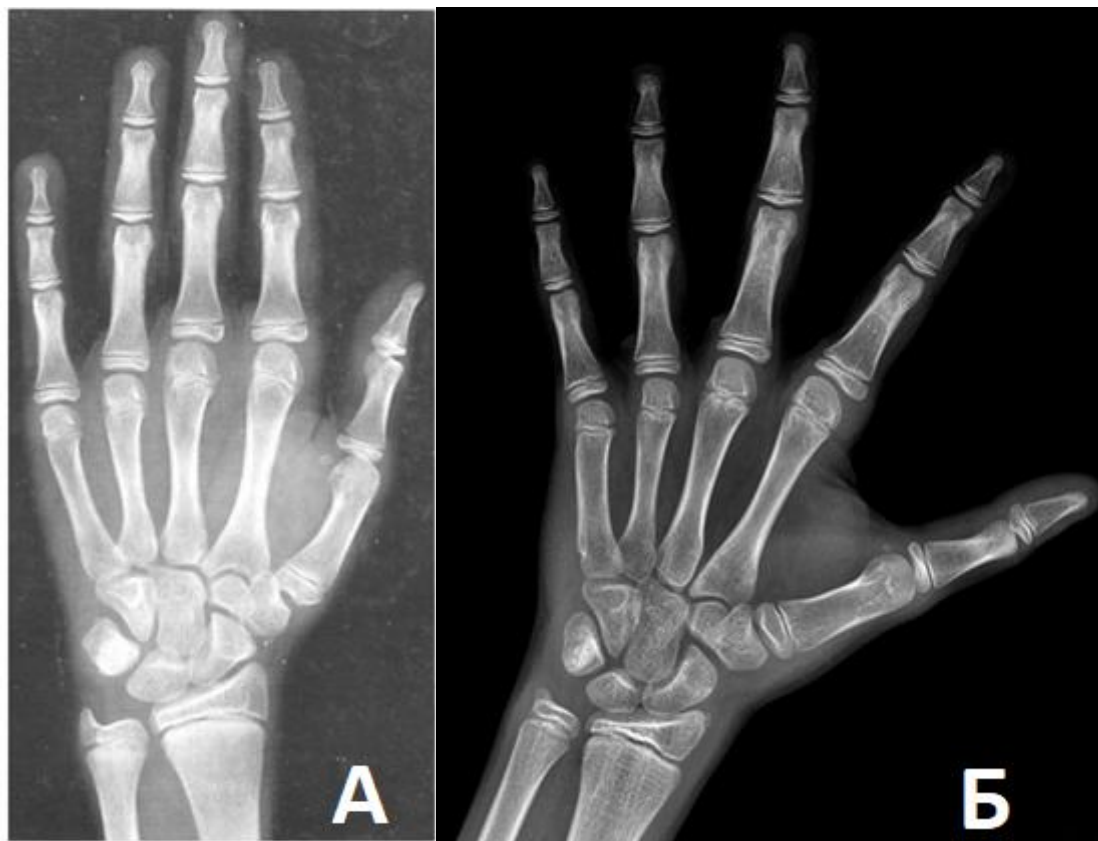


Рисунок 6 – Пример расчета КВ по АГП:

А – изображение из АГП, которое соответствует 14 годам для мужского пола (ориентир для оценки зрелости скелета у пациента); Б – рентгенограмма кисти пациента В. мужского пола, хронологический возраст которого составляет 13 лет 6 месяцев (164 месяца). Наиболее зрелая зона на снимке пациента – сесамовидная кость большого пальца. При сравнении формы, размера и степени окостенения сесамовидной кости пациента с эталонным изображением А можно заключить, что развитие сесамовидной кости пациента близко к тому, что отражено на эталонной рентгенограмме для возраста 14 лет. Это может указывать на костный возраст, соответствующий 14 годам, несмотря на хронологический возраст 13 лет 6 месяцев

Пример формирования заключения по представленной рентгенограмме (рисунок 6): «Хронологический возраст пациента равен 13 годам 6 месяцам (162 месяцам). Костный возраст, определенный по Атласу Грейлиха и Пайл, соответствует 14 годам (168 месяцам). Костный возраст опережает хронологический на 6 месяцев».

Среди преимуществ использования АГП можно привести:

- наиболее широкое распространение в мире;
- простоту в освоении методики;
- скорость оценки КВ (около 1–2 минут);

- высокую воспроизводимость результатов при достаточном опыте оценки КВ.

Недостатками методики являются:

- субъективность оценки;
- варьирование точности оценки КВ для различных этнических групп;
- неприменимость для рентгенограмм с нарушенным порядком окостенения;
- низкое соответствие современным стандартам для точного определения отклонений костного возраста от хронологического (методика была разработана в 1959 году);
- ограниченная применимость у пациентов с патологиями костной системы.

3.3. Методика Таннера и Уайтхауса

Принцип методики: МТУ основана на получении балльной оценки для соответствующих костей путем детального структурного анализа и суммирования баллов, присваиваемых костям на основе этого анализа [12]. Кости, подвергающиеся анализу окостенения, включают лучевую и локтевую кости, короткие кости (RUS) и кости запястья. Для каждого этапа развития каждой кости используются отдельные баллы для мальчиков и девочек. МТУ основывается на оценке зрелости 20 костей кисти и запястья.

Для более детального ознакомления с методиками оценки костного возраста по МТУ, включая методы МТУ2 и МТУ3, таблица приведена в приложении Г.

Правила расчета КВ по МТУ:

- каждой из 20 костей присваивается степень зрелости, которая выражается в виде буквенной шкалы от А (начальная стадия окостенения) до I (полностью сформированная кость);
- на основе полученных стадий зрелости всех 20 костей рассчитывается сумма баллов для пациента;
- полученный костный возраст сравнивается с хронологическим возрастом пациента.

Ниже приведен пример расчета КВ по МТУ2 (рисунок 7).

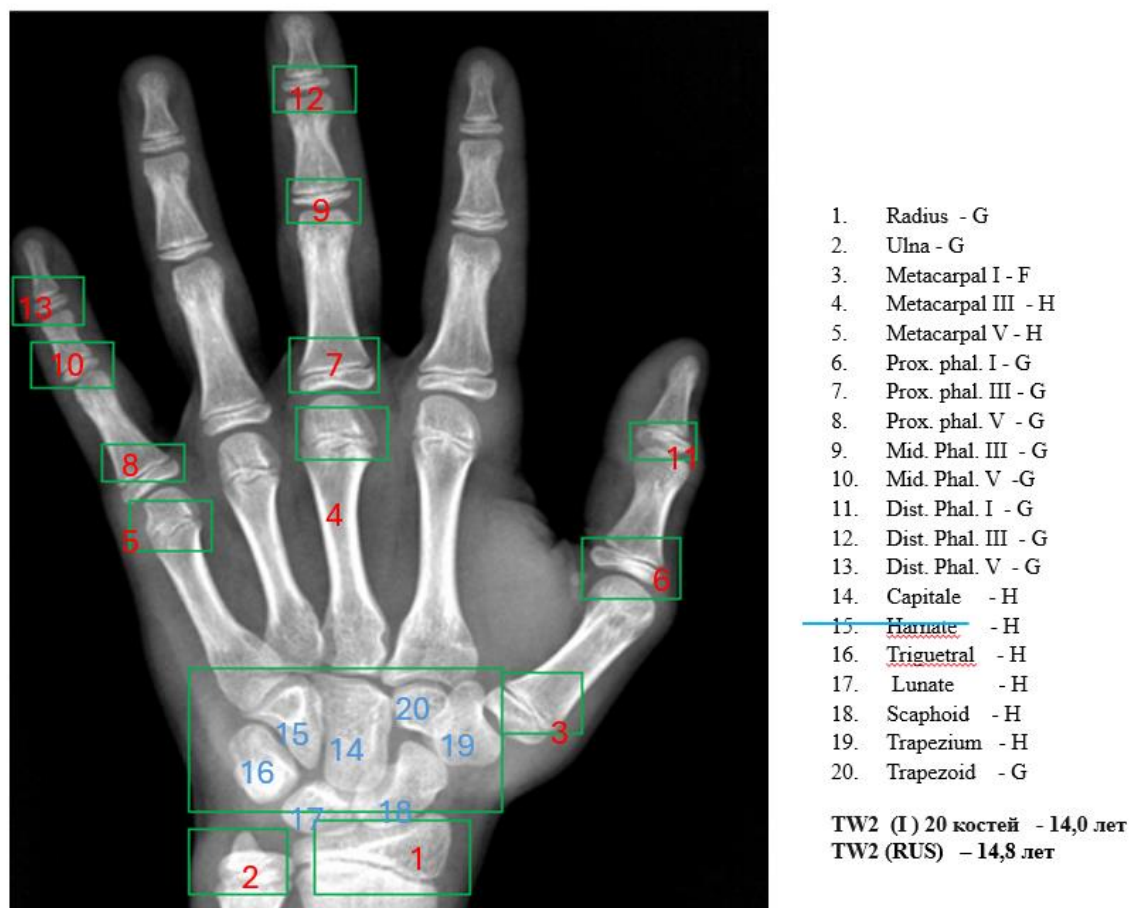


Рисунок 7 – Пример расчета КВ по МТУ2. Произведена оценка 20 костей с градацией степени зрелости (буквенная маркировка) с дальнейшим подсчетом КВ

Пример формирования заключения по представленной рентгенограмме (рисунок 7): «Хронологический возраст пациента равен 14 годам 3 месяцам (171 месяцу). Костный возраст, определенный по методике Таннера и Уайтхауса, соответствует 14 годам 10 месяцам (168 месяцам). Костный возраст опережает хронологический на 3 месяца».

Среди преимуществ использования МТУ можно привести:

- высокую точность;
- наличие актуальной версии методики: последняя версия (МТУ3) выпущена в 2001 году;
- наиболее высокую воспроизводимость результатов по сравнению с прочими методами оценки КВ.

Недостатками методики являются:

- значительные временные затраты на оценку КВ (скорость оценки КВ около 10–15 минут);
- длительный период обучения работы по МТУ.

3.4. Атлас Гилсанса и Ратиба

Принцип методики: методика использует атлас, включающий «идеализированные» изображения для каждого возрастного периода, которые были получены серией рентгеновских снимков кистей рук, соответствующих различным возрастам [13]. Костный возраст определяется путем визуального сравнения конкретной рентгенограммы с возрастными эталонами (в зависимости от пола) изображений в атласе, наиболее близкими по развитию. Для создания «идеализированных» изображений в атласе использовалось несколько изображений из одной возрастной группы, это позволило получить усредненные значения для каждой кости (рисунок 8).

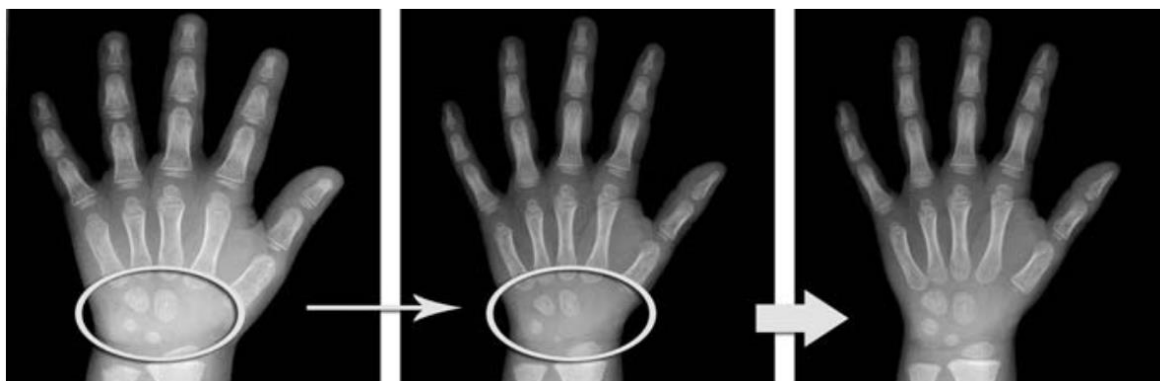


Рисунок 8 – Пример создания «идеализированных» изображений в АГР

Правила интерпретации результатов:

- если рентгенограмма пациента точно соответствует эталонному изображению, костный возраст принимается равным возрасту стандарта;
- если точного соответствия нет, можно выбрать среднее значение между двумя стандартами, если развитие пациента находится между указанными возрастными группами.

Ниже представлен пример вычисления КВ по АГР (рисунок 9).

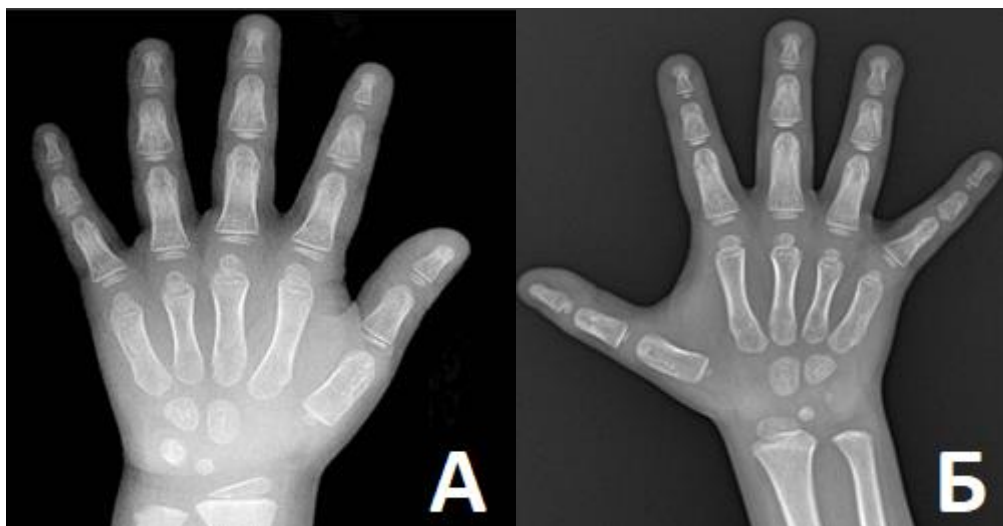


Рисунок 9 – Пример расчета КВ при помощи АГР:

А – изображение из АГР, которое соответствует 4 годам для мужского пола и представляет собой ориентир для оценки зрелости скелета у пациента.

Б – рентгенограмма пациента В. мужского пола. Хронологический возраст – 3 года 6 месяцев (42 месяца). Оценивается степень развития полулунной кости у пациента по сравнению с изображением из атласа для 48 месяцев. Сравниваются форма, размер и степень окостенения кости пациента с изображением, представленным в атласе. Если развитие полулунной кости пациента близко к изображению для 48 месяцев, это может указывать на костный возраст, соответствующий 48 месяцам, несмотря на хронологический возраст 42 месяца (3 года 6 месяцев)

Пример формирования заключения по представленной рентгенограмме (рисунок 9): «Хронологический возраст пациента равен 3 годам 6 месяцам (42 месяцам). Костный возраст, определенный по Атласу Гилсанса и Ратиба, соответствует 4 годам (48 месяцам). Костный возраст опережает хронологический на 6 месяцев».

Среди преимуществ использования АГР можно привести:

- высокое качество эталонных изображений (изображения в атласе получены с помощью синтеза нескольких исследований);
- простоту освоения методики специалистами;
- скорость оценки КВ (около 1–2 минут);
- высокую воспроизводимость результатов при достаточном опыте оценки КВ.

Недостатками методики являются:

- субъективность оценки;
- варьирование точности оценки КВ для различных этнических групп;
- неприменимость для рентгенограмм с нарушенным порядком окостенения;
- ограниченная применимость у пациентов с патологиями костной системы;
- отсутствие формального признания в Российской Федерации. Нет доступных валидированных экземпляров атласа в широком доступе, нет методических руководств, зачастую используются некачественные копии.

4. Автоматизированная оценка костного возраста

Процесс определения КВ можно автоматизировать с применением специального программного обеспечения (ПО) [14–15]. Это позволит сократить время на описания рентгенографии и снизить нагрузку на врача-рентгенолога.

Среди требований к ПО для анализа рентгенограмм кисти на предмет автоматизированной оценки КВ можно отметить следующие:

Базовые функциональные требования к ПО:

- требования к данным для работы ПО: поддержка различных форматов данных для анализа (исследования в формате DICOM, изображения в форматах JPEG, PNG и пр.);
- основной язык интерфейса – русский;
- наличие интерфейса программного приложения (application programming interface, API) для возможности внедрения в медицинские информационные системы, такие как Единый радиологический информационный сервис Единой медицинской информационной аналитической системы (ЕРИС ЕМИАС);
- использование защищенных протоколов передачи медицинских данных;
- наличие всех видов документации и руководства пользователя с описанием возможных ограничений работы ПО.

Для обеспечения точной и надежной диагностики разработанное ПО также должно соответствовать базовым диагностическим требованиям, представленным ниже (таблица 1).

Таблица 1 – Базовые диагностические требования к ПО

Вид исследования	Рентгенография кисти		
Клиническая задача, решаемая ИИ-сервисом	Автоматизация определения костного возраста		
Показатели, по которым ожидаются результаты работы ИИ-сервиса	Измеряемые показатели: 1) наличие ядер окостенения костей кисти; 2) размеры ядер окостенения костей кисти; 3) закрытие зон роста трубчатых костей (фаланги, пястные кости, кости предплечья)		
Содержание ответа ИИ-сервиса	Обязательно – значение костного возраста	Обязательно – графическое сопоставление со справочником костного возраста	Опционально – определение наличия ядер окостенения и закрытия зон роста трубчатых костей
Формат ответа ИИ-сервиса	Число	Контур/маска	Целое число, текст
Форма предоставления ответа ИИ-сервиса	Apache Kafka Message, DICOM SR	DICOM	Apache Kafka Message, DICOM SR

Для возможности точной программной оценки КВ анализируемые рентгенограммы должны соответствовать требованиям качества, таким как стандартная проекция, отсутствие артефактов, полное отображение зон роста и пр., что детально отражено в разделе 2. Кроме того, должны быть учтены исключаяющие критерии (к примеру, заболевания, влияющие на окостенение, приведенные в приложении Д).

4.1. MosMedSoft: программа для определения костного возраста у детей по рентгенограмме кисти

В ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» совместно с РДКБ – филиалом ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России было разработано ПО на основе ТИИ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025661583), позволяющее определить костный возраст с достаточно высокой точностью (средняя абсолютная ошибка алгоритма не превышает 9 месяцев) [19].

В основу разработанного ПО легли рентгенограммы кисти пациентов различного возраста и пола, полученные из ЕРИС ЕМИАС, а также рентгенограммы из открытого набора данных RSNA.

Отбор рентгенограмм для обучения и тестирования работы алгоритма осуществлялся на основе следующих критериев:

- прямая рентгенография одной кисти, выполненная в ладонной проекции;
- информация о значении КВ по АГП;
- известный пол пациента;
- отсутствие выраженной патологии и артефактов, затрудняющих оценку КВ.

При обучении нейронной сети использовался подход «обучения с учителем», т.е. в качестве целевых значений КВ алгоритму были предоставлены данные о КВ для каждой рентгенограммы, которые были получены из открытых источников для данных из датасета RSNA или посредством разметки рентгенограмм из ЕРИС ЕМИАС двумя независимыми врачами-экспертами.

Реализованный алгоритм определения КВ включает в себя этапы предобработки рентгенограмм при помощи компьютерного зрения и ТИИ, в частности, сверточных нейронных сетей с последующим предсказанием значения костного возраста в месяцах посредством алгоритма визуальной регрессии, основанном на резидуальных (остаточных) нейронных сетях. В настоящем виде алгоритм имеет возможность внедрения в медицинские информационные системы за счет наличия программного интерфейса приложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определение костного возраста является важным инструментом диагностики и мониторинга состояния скелетного развития у детей и подростков. Прямая рентгенография кисти остается методом выбора, обеспечивающим высокую точность при оценке степени зрелости костной ткани. В ходе анализа различных методик оценки костного возраста были рассмотрены наиболее распространенные подходы, включая Атлас Грейлиха и Пайл, Атлас Гилсанса и Ратиба, методику Таннера и Уайтхауса, а также отечественную таблицу Жуковского и Бухмана.

Традиционные методы, несмотря на их широкое применение, имеют ряд ограничений, связанных с устареванием эталонных данных. Эталонные значения, разработанные на ограниченных выборках несколько десятилетий назад, могут не учитывать современные популяционные особенности, секулярные тренды и различия в темпах развития детей разных этнических и социальных групп. Это приводит к потенциальным погрешностям в диагностике и требует пересмотра существующих норм.

В современных условиях актуальным становится внедрение цифровых технологий в процесс оценки костного возраста. Разработка и использование популяционно-специфичных цифровых атласов с высококачественными изображениями, адаптированными по полу и возрасту, позволяют повысить точность диагностики. Важную роль играет и интеграция методов ИИ, обученных на данных конкретной популяции. Использование ИИ-алгоритмов дает возможность автоматизировать процесс оценки, минимизировать субъективные погрешности и повысить воспроизводимость результатов.

Кроме того, стандартизация методик оценки костного возраста в рамках клинических рекомендаций позволит унифицировать заключения, облегчить работу врачей-рентгенологов и педиатров, а также обеспечить более точные прогнозы развития костной системы у пациентов.

В перспективе требуется проведение дополнительных исследований, направленных на оценку применимости классических методик к современной отечественной популяции, анализ точности таблицы Жуковского и Бухмана в современных условиях, а также разработка новых подходов с учетом региональных особенностей. Развитие программного обеспечения, основанного на технологиях ИИ и адаптированного под национальные данные, станет важным шагом в повышении точности и доступности оценки костного возраста в клинической практике.

Таким образом, интеграция традиционных методов с современными цифровыми технологиями, учет популяционных различий и внедрение автоматизированных систем анализа позволят значительно улучшить диагностику и лечение заболеваний, связанных с нарушениями роста и развития у детей и подростков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Melmed Sh., Koenig R., Rosen C. J., et el. Williams Textbook Of Endocrinology. 15th edition. Elsivier, 2024.
2. Иванов Я. И., Мининков Д. С., Гущина Д. А., Ельцин А. Г. [и др.]. Сравнение различных методик определения «костного возраста» по рентгенограммам кисти у пациентов с активными зонами роста с антеромедиальной нестабильностью коленного сустава // Гений ортопедии. 2024. Т. 30, №1. С. 67–75.
3. Воронцова И. Г., Буянова А. А., Петрайкина Е. Е. [и др.]. Синдромальная задержка роста, обусловленная нарушением функции рибосомального белка eL13 // Проблемы эндокринологии. 2024. Т. 70, № 3. С. 93–97.
4. Воронцова И. Г., Щагина О. А., Петрайкина Е. Е. [и др.]. COL2A1-ассоциированная прогрессирующая псевдоревматоидная дисплазия: клиническое наблюдение // Педиатрия им. Г. Н. Сперанского. 2024. Т. 103, № 3. С. 190–198.
5. Зиненко Ю. В. Некоторые проблемы производства судебно-медицинских экспертиз по установлению возраста живых лиц // Электронный научный журнал «Дневник науки». 2021. №5.
6. Отто Н. Ю., Безрукова Д. А., Джумагазиев А. А. [и др.]. Клинические случаи задержки роста у детей и подростков Астраханской области // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2021. Т. 18, № 1. С. 144–149.
7. Нагаева Е. В. Российский национальный консенсус. Диагностика и лечение гипопитуитаризма у детей // Проблемы эндокринологии. Meditsina. 2018. Т. 64, № 6. С. 402–411.
8. Королюк И. П. Рентгеноанатомический атлас скелета (норма, варианты, ошибки интерпретации). 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВИДАР, 2008. 190 с.
9. Андрианова Е. А., Безлепкина О. Б., Васюкова О. В. [и др.]. Федеральные клинические рекомендации (протоколы) по ведению детей с эндокринными заболеваниями / под общ. ред. И. И. Дедова, В. А. Петерковой. М., 2014. 444 с.
10. Жуковский М. А. Детская эндокринология: руководство для врачей. М., 1995. 656 с.
11. Greulich W. P.S. Radiographic Atlas Of Skeletal Development Of The Hand And Wrist. Stanford, 1959. 256 p.
12. Tanner Jm et al. A New System For Estimating Skeletal Maturity From The Hand And Wrist // Int J Osteodysplast Res. 1962.
13. Vicente G., Ratib O. Hand Bone Age: A Digital Atlas Of Skeletal Maturity. Springer –Verlag Berlin Heidelberg, 2005. 96 p.
14. Prokop-Piotrkowska M., Marszałek-Dziuba K., Moszczyńska E., et al. Traditional and new methods of bone age assessment-an overview // JCRPE Journal

of Clinical Research in Pediatric Endocrinology. Galenos. 2021. Vol. 13, № 3. P. 251–262.

15. De Sanctis V., Di Maio S., Soliman A. T., et al. Hand X-ray in pediatric endocrinology: Skeletal age assessment and beyond // Indian Journal of Endocrinology and Metabolism. Medknow Publications. 2014. Vol. 18. P. 63–71.

16. Васильев Ю. А., Владзимирский А. В., Омелянская О. В. [и др.]. Методология тестирования и мониторинга программного обеспечения на основе технологий искусственного интеллекта для медицинской диагностики // Digital Diagnostics. 2023. Т. 4, № 3. С. 252–267.

17. Петеркова В. А., Безлепкина О. Б., Петрайкина Е. Е. [и др.]. Федеральные клинические рекомендации «Преждевременное половое развитие». М., 2024. 68 с.

18. Садофьева В. И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы детей. Ленинград: Медицина, 1990. 216 с.

19. Резников Д. Н., Кулиговский Д. В., Воронцова И. Г. [и др.]. Применение искусственного интеллекта для оценки костного возраста в российской медицине: опыт хакатона (итоги разработки алгоритмов для медицинской диагностики) // Диагностическая и интервенционная радиология. 2024. Т. 18, № 5. С. 6–14.

РАЗБРОС ОЦЕНОК КОСТНОГО ВОЗРАСТА У ПАЦИЕНТОВ БЕЗ ПАТОЛОГИИ

Таблица А.1 – Разброс оценок костного возраста у пациентов без патологии



Пациент №1
ХВ: 2 года 4 мес

Пациент №2
ХВ: 8 лет 3 мес

Пациент №3
ХВ: 17 лет 9 мес

Атлас Грейлиха и
Пайл

2 года

8 лет

18 лет

Таблица
Жуковского и
Бухмана

20–24 мес

7–7,5 лет

17–18 лет

Атлас Гилсанса и
Ратиба

24 мес

8 лет

17 лет

Методика
Таннера и
Уайтхауса 2

2 года 3 мес

8 лет 6 мес

17 лет 8 мес

**ТАБЛИЦА СО СРОКАМИ ОКОСТЕНЕНИЯ
ЖУКОВСКОГО И БУХМАНА**

Таблица Б.1 – Сроки окостенения Жуковского и Бухмана [8]

Структура	Наиболее ранний срок		Наиболее поздний срок		Средний срок	
	Мужской пол	Женский пол	Мужской пол	Женский пол	Мужской пол	Женский пол
Головчатая кость и крючковидная кость	1 мес	1 мес	10 мес	8 мес	3–4 мес	2–3 мес
Дистальный эпифиз лучевой кости	6 мес	4 мес	2 года	1,5 года	10–12 мес	8–10 мес
Эпифизы средних и концевых фаланг	1 год	10 мес	3 года	3 года	20–24 мес	12–15 мес
Треугольная кость	1,5 года	1 год	5 лет	4 года	3–3,5 года	2–2,5 года
Полулунная кость	2 года	2 года	6 лет	4,5 год	3,5–4 года	2,5–3 года
Многоугольная и ладьевидная кость	4 года	3,5 года	8 лет	6 лет	5,5–6 лет	4–4,5 года
Дистальный эпифиз локтевой кости	6 лет	5 лет	10 лет	8 лет	7–7,5 лет	6–6,5 года
Шиловидный отросток локтевой кости	7 лет	6 лет	12 лет	10 лет	9,5–10 лет	7,5–8 лет
Горбовидная кость	10 лет	7 лет	13 лет	11 лет	11–12 лет	8,5–9 лет
Сесамовидная кость в I пястно-фаланговом суставе	11 лет	9 лет	15 лет	13 лет	13,5–14 лет	10–11,5 лет
Синостоз в I пястной кости	14 лет	12 лет	17 лет	15 лет	15,5–16 лет	12,5–13 лет
Синостоз в концевых фалангах	14 лет	12 лет	18 лет	16 лет	16–16,5 лет	13,5–14 лет
Синостоз в основных фалангах	14 лет	12 лет	19 лет	17 лет	16,5–17 лет	14–15 лет
Синостоз в средних фалангах	14 лет	12 лет	19 лет	17 лет	16,5–17 лет	15,5–16,5 лет
Синостоз во II–V пястных костях	14 лет	12 лет	19 лет	17 лет	16,5–17 лет	15,5–16,5 лет
Синостоз дистального эпифиза локтевой кости	16 лет	13 лет	19 лет	17 лет	17–18 лет	15,5–16,5 лет
Синостоз дистального эпифиза лучевой кости	16 лет	14 лет	20 лет	18 лет	18–19 лет	16,5–17,5 лет

**ТАБЛИЦА СО СРОКАМИ ОКОСТЕНЕНИЯ ИЗ ФЕДЕРАЛЬНЫХ
КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВЕДЕНИЮ ДЕТЕЙ
С ЭНДОКРИННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ**

Таблица В.1 – Сроки окостенения из Федеральных клинических рекомендаций по ведению детей с эндокринными заболеваниями [7]

Локализация ядер окостенения	Сроки появления ядер окостенения					
	Наиболее ранние		Наиболее поздние		Средние	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
Головки II—V пястных костей	8 мес	7 мес	3 года	2 года	2 года	1 год
Головчатая кость	18 сут	18 сут	7 мес	5 мес	3 мес	1 мес
Дистальный эпифиз лучевой кости	6 мес	5 мес	2 года	1 год	11 мес	9 мес
Дистальный эпифиз локтевой кости	5 лет	4 года	9 лет	7 лет	7 лет	6 лет
Крючковидная кость	18 сут	18 сут	7 мес	5 мес	4 мес	2 мес
Ладьевидная кость	3 года	2 года	9 лет	7 лет	6 лет	4 года
Основание дистальных фаланг	9 мес	8 мес	3 года	2 года	2 года	1 год
Основание I пястной кости	1 год	11 мес	4 года	3 года	3 года	2 года
Основание проксимальных фаланг II—V пальцев	8 мес	7 мес	3 года	2 года	1 год	11 мес
Основание средних фаланг	9 мес	8 мес	3 года	2 года	2 года	1 год
Полулунная кость	1 год	10 мес	7 лет	5 лет	4 года	3 года
Сесамовидные кости I пястно-фалангового сустава	10 лет	9 лет	16 лет	14 лет	14 лет	11 лет
Трапецевидные кости	3 года	2 года	9 лет	7 лет	7 лет	5 лет
Треугольная кость	6 мес	5 мес	7 лет	5 лет	3 года	2 года

МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КОСТНОГО ВОЗРАСТА ПО ТАННЕРУ И УАЙТХАУСУ

Таблица Г.1 – Методики оценки костного возраста по Таннеру и Уайтхаусу

Методика	Дата разработки метода (год)	Этническая группа	Методика	Классификация стадии созревания костей (по шкале)	Особенности метода оценки костного возраста (КВ)
MTU	1930	Европеоидная раса	Оценка степени зрелости каждой из 20 костей скелета кисти и запястья	От А до Н или I	Оценка КВ проводится до 18 лет для девочек и 19 лет для мальчиков
MTU2	1950–1960	Европеоидная раса	I метод: оценка степени зрелости каждой из 20 костей скелета кисти и запястья (рисунок Г. 1, а)	От А–В до Н или I	Оценка КВ проводится до 18 лет для девочек и 19 лет для мальчиков
			II RUS: Оценка степени зрелости 13 костей, что и в I методе TW2, за исключением костей запястья; RUS (радиус, локтевая и пястные кости фаланг) (рисунок Г. 2, в)		
			III CARPAL: оценка степени зрелости костей запястья (рисунок Г. 3, с)		
MTU3	2001	Дети – коренные жители Северной Америки	Оценка степени зрелости только костей RUS (радиус, локтевая и пястная кости фаланг)	От В до Н или I	Оценка КВ проводится до 15 лет для девочек и 16,5 лет для мальчиков



Рисунок Г. 1 – Проекция зон интереса для оценки костного возраста по MTU:
а – проекция зон для оценки костного возраста по MTU1 и MTU2; в – оценка степени зрелости по RUS: 13 костей, за исключением костей запястья; RUS (радиус, локтевая и пястные кости фаланг); с – оценка степени зрелости костей запястья по CARPAL

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КОСТНЫЙ ВОЗРАСТ

Таблица Д.1 – Факторы, влияющие на костный возраст

Отставание КВ от ХВ	Опережение КВ над ХВ	КВ соответствует ХВ
Эндокринные причины		
Конституциональная задержка роста, гипотиреоз, гипопитуитаризм, пангипопитуитаризм, гипогонадизм, синдром Кушинга, сахарный диабет, синдром Мориака (длительная декомпенсация заболевания)	Истинное преждевременное половое созревание – ГнРГ-зависимое (идиопатическое истинное ППС, опухоли ЦНС, другие поражения ЦНС, истинное ППС после позднего лечения врожденной вирилизирующей гиперплазии надпочечников или иной формы длительного контакта с половыми стероидными гормонами, истинное ППС в связи с функциональными мутациями генов KISS1R/GRP54 и KISS1). Неполное изосексуальное ППС – независимое от ГнРГ (преждевременное адренархе, опухоли яичников, клеток Лейдига, яичек, герминогенные и др.). Гипертиреоз	Семейная низкорослость
Не эндокринные причины/хронические заболевания/скелетные дисплазии		
Сердечно-сосудистые заболевания (врожденный порок сердца), рахит, хроническая болезнь почек, ювенильный идиопатический артрит, воспалительные заболевания кишечника, целиакия, цистический фиброз, бронхиальная астма, тяжелое течение (применение ингаляционных глюкокортикоидов), иммунодефициты, ВИЧ-инфекция, активный туберкулез, female athlete triad (ведущая к гипогонадизму), анорексия	Конституциональная высокорослость (Constitutional tall stature)	Ахондроплазия*, гипохондроплазия, псевдоахондроплазия и др.

Продолжение таблицы Д.1

Отставание КВ от ХВ	Опережение КВ над ХВ	КВ соответствует ХВ
Хромосомные аномалии /генетические синдромы		
Синдром Клайнфельтера, синдром Ларона, синдром Секкеля, синдром Патау, трисомия по 13 хромосоме, синдром Эдвардса, трисомия по 18 хромосоме, синдром Дауна, трисомия по 21 хромосоме, синдром Рубинштейна– Тейби	Семейный тестостоксикоз (ограниченное по полу аутосомно- доминантное, независимое от гонадотропинов гипофиза преждевременное созревание клеток Лейдига и герминативных клеток), синдром Маккьюна–Олбрайта, синдром Маршалла–Смита, синдром Сотоса, Синдром Беквита–Видемана синдром Марфана, синдром Пайл	Синдром Нунан, синдром Рассела– Сильвера, синдром Шерешевского– Тернера (СШТ)**
Лекарственные средства		
Глюкокортикоиды (3–5мг/м ² преднизолона или 12–15 мг/м ² гидрокортизона), амфетамин и декстроамфетамин (умеренное воздействие), аналоги ГнРГ (гонадотропин-рилизинг- гормона), ингибиторы ароматазы	Эстроген, оральные контрацептивы, препараты тестостерона, лаванда (эстрогеноподобный эффект), масло чайного дерева (эстрогеноподобный эффект)	
Нарушения питания		
Недостаточное питание, недостаток веса в результате болезни, недостаточная минерализация костей	Экзогенно-конституциональное ожирение	
<p>* При ахондроплазии, как правило, отмечается замедление появления точек окостенения в кисти в раннем возрасте, в дальнейшем, в возрасте 8–9 лет – ускорение темпов дифференциации, и к 10–12 годам КВ соответствует ХВ.</p> <p>** При СШТ в течение первых 3 лет жизни отставание КВ от ХВ; до 10 лет КВ соответствует ХВ; после 10–12 лет КВ отстает от ХВ (разница между КВ и ХВ не превышает 1–2 года)</p>		

Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики»

Выпуск 157

Составители:

*Васильев Юрий Александрович
Владзимирский Антон Вячеславович
Омелянская Ольга Васильевна
Резников Дмитрий Николаевич
Петрайкин Алексей Владимирович
Гордеев Александр Евгеньевич
Варюхина Мария Дмитриевна
Артюкова Злата Романовна
Петрайкина Елена Ефимовна
Воронцова Инна Геннадьевна
Ерижоков Рустам Арсеньевич*

**ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА КОСТНОГО ВОЗРАСТА
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕНТГЕНОГРАФИИ КИСТИ**

Методические рекомендации

Отдел координации научной деятельности ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
Технический редактор А. И. Овчарова
Компьютерная верстка Е. Д. Бугаенко

ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
127051, г. Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1