

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 611.018.4:611.974.976:616-073.7(043.3)

БАГИНСКИЙ
Владимир Александрович

**ОСОБЕННОСТИ ОССИФИКАЦИИ КОСТЕЙ КИСТИ
И ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПРЕДПЛЕЧЬЯ В ПРАКТИКЕ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОСТНОГО ВОЗРАСТА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

по специальности 14.03.01 – анатомия человека

Минск 2026

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный медицинский университет»

Научный руководитель: **Денисов Сергей Дмитриевич**, кандидат медицинских наук, профессор

Официальные оппоненты: **Волотовский Алексей Игоревич**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии с курсом повышения квалификации и переподготовки учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»

Жук Игорь Георгиевич, доктор медицинских наук, профессор, ректор учреждения образования «Гродненский государственный медицинский университет»

Оппонирующая организация: учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»

Защита состоится 28 октября 2026 года в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 03.18.03 при учреждении образования «Белорусский государственный медицинский университет» по адресу: 220083, г. Минск, пр-т Дзержинского, 83; e-mail: uchsovet@bsmu.by; телефон: (017) 302 16 21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет».

Автореферат разослан 25 сентября 2026 года.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций Д 03.18.03,
кандидат медицинских наук, доцент



В.В. Савош

ВВЕДЕНИЕ

Исследование оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья лежит в основе определения костного возраста – одного из наиболее значимых показателей физического и полового развития человека [Martin D. D. et al., 2011].

В педиатрии оценка соответствия костного и хронологического возраста применяется для диагностики заболеваний, сопровождающихся нарушением роста и полового созревания, контроля эффективности лечения, прогнозирования конечного роста [Melmed S., 2015].

В настоящее время при определении костного возраста детей современного поколения наблюдается ряд проблем, влияющих на точность результатов исследования и требующих научного анализа.

Во-первых, это определение костного возраста на основании устаревших эталонных сроков оссификации, не учитывающих современные популяционные особенности этого процесса. Характеристики оссификации, такие как сроки, возрастная динамика и вариабельность, лежащие в основе определения костного возраста, требуют периодического обновления [Cunningham C., 2016]. В литературе отсутствуют данные, характеризующие особенности оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья современного поколения детей Республики Беларусь.

Во-вторых, это применение при определении костного возраста методов, которые различаются как по точности и трудоемкости, так и по результату их применения в разных популяциях. В связи с этим актуальной задачей является проведение сравнительной оценки методов определения костного возраста на материале исследуемой популяции для учета региональных особенностей оссификации с целью выбора методов, оптимальных для клинического применения [Резников Д. Н. и др., 2025].

Ключевыми для повышения точности результатов определения костного возраста являются вопросы выбора костей для исследования, оценка и применение наиболее достоверных индикаторов костного возраста, исследование динамики процесса оссификации. Данные литературы по названным вопросам отсутствуют либо носят противоречивый характер и требуют дальнейшего уточнения [Khan K., A. S. Elayappen A. S., 2011].

Исследование особенностей оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья у современного поколения детей Республики Беларусь необходимо для обновления рентгеноанатомических нормативов оссификации, усовершенствования методики и повышения точности определения костного возраста.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами, темами

Диссертация выполнена в рамках темы научно-исследовательской работы «Топографо-анатомическое обоснование клинических методов диагностики и лечения заболеваний взрослых и детей», № государственной регистрации 20220404, срок выполнения – 2022–2026 гг.

Цель исследования: установить особенности оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья у лиц в возрасте 0,5–18,9 года, проживающих в Республике Беларусь, и усовершенствовать на основе полученных данных методику определения костного возраста.

Задачи исследования:

1. Изучить рентгеноанатомические характеристики, сроки и стадийную динамику оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья.
2. Определить рентгеноанатомические характеристики оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья, наиболее точно отражающие костный возраст в разных возрастных группах.
3. Провести сравнение точности и трудоемкости применяемых в клинической практике методов определения костного возраста.
4. Разработать рекомендации по усовершенствованию методики и повышению точности определения костного возраста.

Объект исследования: оссификация костей кисти и дистального отдела предплечья.

Предмет исследования: рентгеноанатомические характеристики оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья.

Научная новизна

Впервые проведено рентгеноанатомическое исследование процесса оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья у лиц в возрасте 0,5–18,9 года, проживающих в Республике Беларусь.

Получены новые данные о сроках, стадийной динамике и вариабельности сроков оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья. Установленные данные отличаются от соответствующих нормативных характеристик оссификации и могут использоваться в клинической практике при определении костного возраста.

Установлены основные и вспомогательные индикаторы костного возраста – рентгеноанатомические характеристики костей, применение которых повышает точность оценки костного возраста. Определены индикаторы, наиболее диагностически значимые в разных возрастных группах.

Впервые проведен сравнительный анализ методов определения костного возраста у детей, проживающих в Республики Беларусь, и установлены оптимальные методы для применения в клинической практике.

На основе выявленных особенностей оксификации костей кисти и дистального отдела предплечья, таких как сроки, стадийная динамика и вариабельность сроков оксификации, а также результатов сравнительной оценки методов исследования костного возраста разработаны рекомендации по усовершенствованию методики и повышению точности определения костного возраста.

Новые данные об особенностях оксификации костей кисти и дистального отдела предплечья могут стать основой для продолжения и расширения исследований с целью актуализации эталонов, применяемых при определении костного возраста, для разработки алгоритмов анализа рентгенограмм и усовершенствования методов определения костного возраста, а также для повышения качества преподавания вопросов рентгеноанатомии скелета человека.

Положения, выносимые на защиту

1. Оксификация костей кисти и дистального отдела предплечья у детей Республики Беларусь характеризуется особенностями сроков и стадийной динамики, которые влияют на точность определения костного возраста и могут применяться в клинической практике, а также при разработке региональных нормативов оксификации и новых методов определения костного возраста.

2. Индикаторами костного возраста в возрастной группе 1–8,9 года у мальчиков и 1–7,9 года у девочек являются образование центров оксификации и стадийная динамика оксификации эпифизов трубчатых костей кисти, дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей, костей запястья; в возрастной группе 9–14,9 года у мальчиков и 8–12,9 года у девочек – образование центра оксификации гороховидной кости, стадийная динамика оксификации эпифизов трубчатых костей кисти, дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей, костей запястья; в возрастной группе 15–16,9 года у мальчиков и 13–15,9 года у девочек – стадийная динамика оксификации эпифизов трубчатых костей кисти, дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей; в возрастной группе 17–18,9 года у лиц мужского пола и 16–17,9 года у лиц женского пола – синостозирование дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей.

3. Метод Таннера–Уайтхауса TWIII (RUS) отличается наиболее высокой точностью определения костного возраста и большой трудоемкостью, что определяет целесообразность применения данного метода в клинических случаях, требующих максимальной диагностической

точности. Метод Грейлиха–Пайла характеризуется низкой точностью определения костного возраста и минимальной трудоемкостью, что обосновывает использование этого метода в рутинной клинической практике. Методы Таннера–Уайтхауса TWII (CARPAL) и TWII (RUS) характеризуются низкой точностью и средней либо большой трудоемкостью, метод TWII 20 (20 BONE) – высокой точностью и максимальной трудоемкостью, что обуславливает нецелесообразность применения указанных методов в клинической практике.

Личный вклад соискателя ученой степени

Диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием, выполненным автором. Соискателем совместно с научным руководителем определены тема, цель, задачи и методы исследования, положения, выносимые на защиту, вклад соискателя – 90%.

Ретроспективный анализ отечественной и зарубежной литературы, патентно-информационный поиск выполнены самостоятельно соискателем. Сбор материала, его статистическая обработка, подготовка иллюстраций, а также написание всех разделов диссертационной работы выполнены лично соискателем. Автор диссертации самостоятельно проводил рентгеноанатомическое исследование рентгенограмм как врач-травматолог-ортопед высшей категории, имеющий необходимую профессиональную квалификацию и опыт диагностической работы с рентгенографическим материалом. При определении костного возраста автор получал консультативную помощь врача-рентгенолога высшей категории заведующей рентгенологическим отделением УЗ «6-я городская клиническая больница» Осипчук Т. Л., вклад соискателя – 95%.

Анализ и оценка итогов исследования, формулирование заключения с выводами и практическими рекомендациями выполнены лично соискателем. Основные научные результаты, представленные в диссертации, получены автором и изложены в статьях, тезисах докладов, вклад соискателя – 90%.

Автор диссертации принимал участие в разработке инструкции по применению «Алгоритм автоматизированного определения костного возраста у детей» № 104-1020, вклад соискателя – 20% [18–А].

Разработаны оригинальные предложения, признанные рационализаторскими (получено 5 удостоверений на рационализаторские предложения), вклад соискателя – 90%.

Автором разработаны оригинальные программные приложения для определения костного возраста, зарегистрированные в Государственном учреждении «Национальный центр интеллектуальной собственности» (2 свидетельства о добровольной регистрации и депонировании объекта авторского права), вклад соискателя – 100% [19–А; 20–А].

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на XVI съезде хирургов Республики Беларусь и Республиканской научно-практической конференции «Хирургия Беларуси на современном этапе» (Гродно, 2018); ежегодной научной сессии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (Минск, 2019, 2023, 2024, 2025, 2026); научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, лауреата Гос. премии Республики Беларусь, проф. П.И. Лобко (Минск, 2019); международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию БГМУ (Минск, 2021); Республиканской научно-практической конференции, посвященной 65-летию кафедры нормальной анатомии ГрГМУ (Гродно, 2023); Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию к.м.н., доцента С.П. Ярошевича (Минск, 2023); Республиканской научно-практической конференции «Весенние анатомические чтения» (Гродно, 2024); Международной научно-практической конференции, приуроченной 95-летию профессора П.И. Лобко (Минск, 2024); Республиканской научно-практической конференции «Весенние анатомические чтения» (Гродно, 2025).

Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедр нормальной анатомии, детской эндокринологии, клинической генетики и иммунологии с курсом повышения квалификации и переподготовки, лучевой диагностики и лучевой терапии УО «Белорусский государственный медицинский университет»; анатомии человека УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»; нормальной анатомии, лучевой диагностики, 2-й кафедры детских болезней УО «Гродненский государственный медицинский университет»; анатомии человека с курсом оперативной хирургии и топографической анатомии, лучевой диагностики с курсом ФПКП, педиатрии с курсом ФПКП УО «Гомельский государственный медицинский университет» (10 актов внедрения).

Результаты исследования внедрены в клиническую практику УЗ «2-я городская детская клиническая больница» (1 акт внедрения).

Опубликованность результатов диссертации

По материалам исследований опубликовано 17 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах и 1 статья в рецензируемом сборнике научных трудов, рекомендованных ВАК для опубликования работ по специальности (общий объем публикаций, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий,

составляет 3,59 авторских листа), 2 статьи в научных журналах (1,61 авторских листа), 10 статей и тезисов в сборниках и материалах конференций (2,31 авторских листа), инструкция по применению, утвержденная Министерством здравоохранения Республики Беларусь (0,27 авторских листа). Общий объем публикаций – 7,78 авторского листа.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 95 страницах машинописного текста (до списка использованных источников), состоит из введения, общей характеристики работы, аналитического обзора литературы, описания материала и методов исследования, 2 глав собственных исследований, заключения, списка использованных источников (16 страниц), включающего библиографический список (187 источников, в том числе 22 русскоязычных и 165 иностранных) и список публикаций соискателя ученой степени (17 публикаций, 1 инструкция по применению, 2 свидетельства о регистрации компьютерных программ). Работа иллюстрирована 37 рисунками, содержит 30 таблиц, 6 приложений (на 34 страницах).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Материал и методы исследования

Материалом для исследования рентгеноанатомических характеристик костей послужили рентгенограммы кисти и лучезапястного сустава в прямой проекции (правая или левая сторона). В исследование включены 2145 пациентов в возрасте 0,5–18,9 года (1134 мужского и 1011 женского пола), проживающих в Республике Беларусь. Все обследуемые получали медицинскую помощь по поводу травм верхней конечности в УЗ «6-я городская клиническая больница» г. Минска, на базе которой функционирует Республиканский центр хирургии кисти.

Для исследования отбирались рентгенограммы пациентов, у которых костный возраст соответствовал возрастной норме, а патологические изменения костей не затрудняли оценку костного возраста. Нормальные значения показателей костного возраста для разных возрастных групп рассчитывались на основании таблиц фонда Brush.

Рентгеноанатомические характеристики оссификации каждой отдельной кости изучались на основе метода Таннера–Уайтхауса, который позволяет описать стадийную динамику процесса оссификации. Установлены такие параметры оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья, как возраст образования центра оссификации (стадия В), возраст выявления промежуточных стадий оссификации (стадии от С до G, или от С до Н), возраст завершения формирования кости (стадия Н или I).

Материалом для исследования методов определения костного возраста послужили рентгенограммы кисти и лучезапястного сустава 1360 пациентов: 720 мужского пола в возрасте 2,4–14,9 года, 640 женского пола в возрасте 2–12,9 года, поскольку в данных возрастных группах применимы все анализируемые методы определения костного возраста.

Костный возраст определялся методами Грейлиха–Пайла, Таннера–Уайтхауса (TWII (CARPAL), TWII 20 (20 BONE), TWII (RUS), TWIII (RUS)).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2016, Statistica 10.0 для Windows (StatSoft Inc., США), Python (библиотеки pandas, numpy, scipy, statistics, matplotlib).

Оценку нормальности распределения количественных данных проводили с применением критерия Шапиро–Уилка и критерия Колмогорова–Смирнова с учётом объёма выборки. При нормальном распределении данные представляли в виде среднего значения (M), стандартного отклонения (σ). При распределении, отличном от нормального, данные описывали с использованием медианы (Me), межквартильного размаха ($Q_{25\%}-Q_{75\%}$) и размаха ($min-max$).

Точность методов определения костного возраста оценивали по следующим показателям разности между костным и хронологическим возрастом: медиане (Me), межквартильному размаху ($Q_{25\%}-Q_{75\%}$), размаху ($min-max$), средней абсолютной ошибке (MAE) и корню из средней квадратичной ошибки (RMSE). Сравнительный анализ точности различных методов проводили с применением критерия Фридмана. При выявлении статистически значимых различий выполняли пост-хок анализ с использованием теста Немецьи.

Сравнительный анализ трудоемкости различных методов проводили с применением однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями. При выявлении статистически значимых различий выполняли пост-хок анализ с использованием теста Тьюки. Статистически значимыми считали различия при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования

Впервые получены детальные данные, отдельно для мужского и женского пола, о сроках, стадийной динамике и вариабельности сроков оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья у лиц в возрасте 0,5–18,9 года, проживающих в Республике Беларусь.

Новые данные о сроках и стадийной динамике оссификации 29 костей кисти и дистального отдела предплечья включают 220 параметров, что значительно превышает число показателей (от 13 до 20), используемых в эталонах оссификации, применяемых в настоящее время при определении костного возраста.

Каждый параметр оссификации представлен в виде медианного значения, межквартильного интервала и размаха вариации возраста оссификации, что обеспечивает методологическую основу для разработки современных эталонов оссификации и повышения на их основе точности определения костного возраста. Исследование стадийной динамики оссификации позволяет одновременно проводить анализ рентгеноанатомических характеристик от 5 до 29 костей кисти и дистального отдела предплечья в зависимости от хронологического возраста пациента. Это существенно повышает точность определения костного возраста, так как уменьшает влияние вариабельности сроков оссификации отдельных костей на результат исследования.

Анатомическая изменчивость оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья проявляется в вариабельности сроков оссификации: возраста образования центров оссификации, выявления отдельных стадий оссификации, завершения оссификации костей.

Межквартильный размах сроков оссификации составляет у мальчиков от 0,3 года (стадия В: эпифизы проксимальной и средней фаланг 3 пальца) до 3,4 года (стадия Е: эпифиз 2 пястной кости), у девочек от 0,2 года (стадия В: эпифизы средней фаланги 4 пальца и 2, 3 пястных костей; стадия С: эпифизы проксимальных фаланг 3, 4 пальцев и 3 пястной кости) до 2,6 года (стадия Е: эпифиз средней фаланги 4 пальца; стадия F: эпифиз дистальной фаланги 4 пальца).

Размах вариации сроков оссификации составляет у мальчиков от 1,2 года (стадия В: эпифиз проксимальной фаланги 2 пальца) до 9,9 года (стадия Е: эпифизы проксимальных фаланг 2, 3 пальцев), у девочек от 0,7 года (стадия В: эпифиз проксимальной фаланги 5 пальца) до 8,2 года (стадия F: эпифизы дистальных фаланг 2–4 пальцев).

Установлены индикаторы костного возраста – рентгеноанатомические характеристики процесса оссификации костей, позволяющие наиболее точно определить костный возраст ребенка в любом диапазоне его хронологического возраста. Такими характеристиками являются: наличие центра оссификации, стадийная динамика оссификации, синостозирование центров оссификации.

В связи с наличием большого количества центров оссификации и наблюдаемыми изменениями рентгеноанатомических характеристик костей в процессе роста, значимость различных индикаторов костного возраста существенно отличается в разных возрастных группах (таблица 1).

Таблица 1 – Индикаторы костного возраста в разных возрастных группах

Индикаторы костного возраста	Возрастная группа (годы)
Образование центров оссификации: • дистального эпифиза лучевой кости (стадия В); • эпифизов 1–5 пястных костей (стадия В); • эпифизов проксимальных, средних, дистальных фаланг пальцев (стадия В); • костей запястья: трехгранной, полулунной, кости-трапеции, трапецевидной, ладьевидной (стадия В); • дистального эпифиза локтевой кости (стадия В). Стадийная динамика оссификации трубчатых костей: • дистального эпифиза лучевой кости (стадии С–F); • дистального эпифиза локтевой кости (стадии С–D); • эпифизов 1–5 пястных костей (стадии С–E); • эпифизов проксимальных, средних, дистальных фаланг пальцев (стадии С–E). Стадийная динамика оссификации костей запястья: • головчатой (стадии С–F); • крючковидной (стадии С–E); • трехгранной (стадии С–E); • полулунной (стадии С–E); • кости-трапеции (стадии С–E); • трапецевидной (стадии С–E); • ладьевидной (стадии С–D)	1–8,9 (мужской пол) 1–7,9 (женский пол)
Стадийная динамика оссификации трубчатых костей: • дистального эпифиза лучевой кости (стадии G–H); • дистального эпифиза локтевой кости (стадии E–G); • эпифизов 1–5 пястных костей (стадии F–H); • эпифизов проксимальных, средних, дистальных фаланг пальцев (стадии F–H). Образование центра оссификации гороховидной кости (стадия В). Стадийная динамика оссификации костей запястья: • головчатой (стадии G–H); • крючковидной (стадии F–I); • трехгранной (стадии F–H); • полулунной (стадии F–H); • кости-трапеции (стадии F–I); • трапецевидной (стадии F–H); • ладьевидной (стадии E–H)	9–14,9 (мужской пол) 8–12,9 (женский пол)
Синостозирование эпифизов и метафизов: • эпифизов 1–5 пястных костей (стадия I); • эпифизов проксимальных, средних, дистальных фаланг пальцев (стадия I). Стадийная динамика оссификации дистального эпифиза лучевой кости (стадия I). Стадийная динамика оссификации дистального эпифиза локтевой кости (стадия H).	15–16,9 (мужской пол) 13–15,9 (женский пол)
Синостозирование дистальных эпифизов и метафизов лучевой и локтевой костей	17–18,9 (мужской пол) 16–17,9 (женский пол)

Рентгеноанатомические характеристики эпифизов трубчатых костей кисти и дистального отдела предплечья являются основными индикаторами костного возраста вследствие возможности простой и унифицированной оценки стадии оссификации, наличия большого количества трубчатых костей в пределах исследуемого сегмента конечности, а также в связи с возможностью применения этих индикаторов в широком возрастном диапазоне (1–18,9 года у лиц мужского пола, 1–17,9 года у лиц женского пола). Рентгеноанатомические характеристики костей запястья являются вспомогательными индикаторами костного возраста вследствие сложности оценки стадии оссификации и ограниченности возрастного диапазона их применения (1–14,9 года у мальчиков; 1–12,9 года у девочек).

Основными параметрами сравнения методов определения костного возраста являлись точность результата и трудоемкость. В таблицах 2 и 3 приведены сравнительные данные, характеризующие точность и трудоемкость определения костного возраста с применением метода Грейлиха–Пайла и четырех методов Таннера–Уайтхауса (TWII (CARPAL), TWII 20 (20 BONE), TWII (RUS), TWIII (RUS)).

Таблица 2 – Разность между костным возрастом, определенным методами Грейлиха–Пайла, Таннера–Уайтхауса, и хронологическим возрастом (годы)

Показатель	Пол	Метод Грейлиха–Пайла	TWII (CARPAL)	TWII 20 (20 BONE)	TWII (RUS)	TWIII (RUS)
Me	м	-0,4	-0,1	0,2	0,8	0,2
	ж	-0,1	-0,1	0,4	1,1	0,5
Q _{25%} –Q _{75%}	м	-1,1–0,7	-1–0,6	-0,4–1	0,2–1,5	-0,3–0,7
	ж	-0,8–0,7	-0,7–0,5	-0,1–1	0,5–1,7	0–0,9
Min–max	м	-3,5–3	-3,6–3	-2,5–3,2	-1,5–3,3	-1,8–1,8
	ж	-2,7–2,8	-3,1–3	-1,7–2,5	-1,2–2,8	-1,1–1,8
MAE	м	1	0,9	0,9	1	0,6
	ж	0,8	0,7	0,7	1,1	0,6
RMSE	м	1,2	1,1	1,1	1,2	0,7
	ж	1	0,9	0,9	1,3	0,8

Таблица 3 – Трудоемкость определения костного возраста методами Грейлиха–Пайла и Таннера–Уайтхауса (мин)

Показатель	Пол	Грейлиха–Пайла	TWII (CARPAL)	TWII 20 (20 BONE)	TWII (RUS)	TWIII (RUS)
Время анализа рентгенограммы, М±σ	м	1,5±0,5	4±1,2	11±2,8	7,2±1,5	7,1±1,2
	ж	1,3±0,7	4,2±1,5	10±3,2	7±1,3	6,8±1,1

При проведении межгруппового сравнения методов с использованием критерия Фридмана выявлены статистически значимые различия показателей костного возраста, определенного разными методами: для пациентов мужского пола $\chi^2(4) = 129,8$, $p < 0,001$; для пациентов женского пола $\chi^2(4) = 221,7$, $p < 0,001$.

Пост-хок анализ с использованием теста Немецки, проведенный после исследования критерия Фридмана, выявил статистически значимые различия между всеми методами, за исключением TWII 20 (20 BONE) и TWIII (RUS) ($p = 0,317$ у пациентов мужского пола; $p = 0,985$ у пациентов женского пола), различия между которыми по уровню точности статистически незначимы.

Однофакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями выявил статистически значимые различия показателей трудоемкости при использовании разных методов ($F(4, 2876) = 3566$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,799$ — у мальчиков; $F(4, 2556) = 2219$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,736$ — у девочек).

По результатам пост-хок анализа с использованием теста Тьюки установлено, что все сравниваемые методы статистически значимо различаются между собой по времени анализа, за исключением методов TWII (RUS) и TWIII (RUS), различия между которыми по показателю трудоемкости статистически незначимы ($p = 0,793$ у мальчиков, $p = 0,446$ у девочек).

Для сравнительной оценки и ранжирования методов определения костного возраста выполнена эмпирическая стандартизация показателей их точности и трудоемкости. На основании результатов статистического анализа показателей разности между костным и хронологическим возрастом методы определения костного возраста оценены как методы высокой и низкой точности. На основании сравнения средних значений времени анализа рентгенограммы методы определения костного возраста оценены как методы малой, средней и большой трудоемкости.

Метод Таннера–Уайтхауса TWIII (RUS) характеризуется наиболее высокой точностью, что подтверждается минимальными значениями интегральных метрик ошибки MAE и RMSE, минимальным диапазоном индивидуальных отклонений и незначительным смещением медианы показателей разности между костным и хронологическим возрастом. Трудоемкость метода большая.

Метод Таннера–Уайтхауса TWII 20 (20 BONE) характеризуется высокой точностью, что подтверждается средними значениями интегральных метрик ошибки MAE и RMSE, узким диапазоном индивидуальных отклонений и незначительным смещением медианы показателей разности между костным и хронологическим возрастом. Трудоемкость метода максимальная.

Метод Таннера–Уайтхауса TWII (CARPAL) характеризуется низкой точностью, что подтверждается средними значениями интегральных метрик ошибки MAE и RMSE, широким диапазоном индивидуальных отклонений и незначительным смещением медианы показателей разности между костным и хронологическим возрастом. Трудоемкость метода средняя.

Метод Таннера–Уайтхауса TWII (RUS) характеризуется низкой точностью, что подтверждается высокими значениями интегральных метрик

ошибки MAE и RMSE, узким диапазоном индивидуальных отклонений и значительным смещением медианы показателей разности между костным и хронологическим возрастом. Трудоемкость метода большая.

Метод Грейлиха–Пайла характеризуется низкой точностью, что подтверждается высокими значениями интегральных метрик ошибки MAE и RMSE, широким диапазоном индивидуальных отклонений и незначительным смещением медианы показателей разности между костным и хронологическим возрастом. Трудоемкость метода малая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выявленные особенности оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья (сроки, стадийная динамика, вариабельность сроков оссификации), результаты оценки диагностической значимости индикаторов костного возраста и сравнительного анализа методов исследования костного возраста являются основанием для усовершенствования методики определения костного возраста в клинической практике [5–А; 6–А; 7–А; 10–А; 11–А; 12–А; 13–А; 14–А; 16–А].

Получены новые данные о рентгеноанатомических характеристиках и сроках оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья у лиц в возрасте 0,5–18,9 года, проживающих в Республике Беларусь. Данные отличаются по ряду показателей от характеристик оссификации, установленных ранее на материале других популяций, и могут применяться для повышения точности определения костного возраста. Согласно полученным данным возраст образования центров оссификации дистального эпифиза лучевой кости, эпифизов проксимальных фаланг и пястных костей на 0,3–0,5 года больше нормативных. Возраст образования центра оссификации трехгранной кости на 0,1–0,3 года меньше нормативных сроков оссификации. Размах вариации возраста образования центров оссификации дистального эпифиза лучевой кости, эпифизов проксимальных фаланг и пястных костей на 0,2–1,6 года больше нормативных. Размах вариации возраста синостозирования эпифизов и метафизов дистальных, проксимальных, средних фаланг пальцев, дистального эпифиза и метафиза лучевой кости на 0,2–1,1 года меньше нормативных сроков оссификации [5–А; 6–А; 11–А; 13–А; 16–А; 17–А].

Данные о сроках оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья включают 220 параметров, что значительно превосходит число показателей, используемых в эталонах оссификации, применяемых в настоящее время при определении костного возраста (от 13 до 20).

По каждому параметру определены медиана, межквартильный интервал и размах вариации, что создает методологическую основу для разработки современных нормативов сроков оссификации и повышения на их основе точности определения костного возраста [5–А; 6–А].

Анатомическая изменчивость оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья проявляется вариабельностью сроков оссификации: возраста образования центров оссификации, выявления промежуточных стадий и завершения оссификации [5–А; 6–А; 11–А; 13–А; 16–А; 17–А].

Межквартильный размах возраста образования центров оссификации составляет у мальчиков от 0,3 года (эпифизы проксимальной и средней фаланг 3 пальца) до 2,1 года (трехгранная кость), у девочек от 0,2 года (эпифизы средней фаланги 4 пальца и 2, 3 пястных костей) до 1,9 года (полулунная кость и дистальный эпифиз локтевой кости) [5–А; 6–А].

Размах вариации возраста образования центров оссификации составляет у мальчиков от 1,2 года (эпифиз проксимальной фаланги 2 пальца) до 6,1 года (полулунная кость), у девочек – от 0,7 года (эпифиз проксимальной фаланги 5 пальца) до 5,4 года (гороховидная кость) [5–А; 6–А].

Межквартильный размах возраста выявления промежуточных стадий оссификации составляет у мальчиков от 0,4 года (стадия С – эпифизы проксимальных фаланг 2–4 пальцев) до 3,4 года (стадия Е – эпифиз 2 пястной кости), у девочек – от 0,2 года (стадия С – эпифизы проксимальных фаланг 3, 4 пальцев и 3 пястной кости) до 2,6 года (стадия Е – эпифиз средней фаланги 4 пальца; стадия F – эпифиз дистальной фаланги 4 пальца) [6–А].

Размах вариации возраста выявления промежуточных стадий оссификации составляет у мальчиков от 1,4 года (стадия С – эпифизы проксимальных фаланг 3, 4 пальцев) до 9,9 года (стадия Е – эпифизы проксимальных фаланг 2, 3 пальцев), у девочек – от 0,8 года (стадия С – эпифизы проксимальных фаланг 2–4 пальцев) до 8,2 года (стадия F – эпифизы дистальных фаланг 2–4 пальцев) [6–А].

Межквартильный размах возраста завершения оссификации составляет у мальчиков от 1 года (дистальный эпифиз лучевой кости) до 1,7 года (трапецевидная и головчатая кости), у девочек – от 0,9 года (эпифизы дистальных фаланг 3, 4 пальцев) до 1,6 года (эпифиз средней фаланги 5 пальца и дистальный эпифиз локтевой кости) [5–А; 6–А].

Размах вариации возраста завершения оссификации составляет у мальчиков от 3,1 года (дистальный эпифиз лучевой кости) до 5,9 года (головчатая кость), у девочек от 3 лет (эпифиз дистальной фаланги 2 пальца, трехгранная кость) до 4,7 года (трапецевидная, головчатая, крючковидная, полулунная, гороховидная кости) [5–А; 6–А].

Значительная вариабельность сроков оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья свидетельствует о том, что исследование рентгеноанатомических характеристик одной кости не может являться надежным критерием для точного определения костного возраста. Для повышения точности определения костного возраста необходимо проводить исследование рентгеноанатомических характеристик как можно большего количества костей кисти и дистального отдела предплечья, а также использовать методы статистического анализа для минимизации влияния высокой вариабельности сроков оссификации на результат исследования [5–А; 6–А].

2. Диагностическая ценность рентгеноанатомических характеристик оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья, применяемых в качестве индикаторов костного возраста, отличается в разных возрастных группах [6–А].

В возрастной группе 1–8,9 года у мальчиков и 1–7,9 года у девочек индикаторами костного возраста являются образование центров оссификации и стадийная динамика оссификации эпифизов трубчатых костей кисти, дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей, костей запястья. В возрастной группе 9–14,9 года у мальчиков и 8–12,9 года у девочек индикаторами костного возраста являются образование центра оссификации гороховидной кости, стадийная динамика оссификации эпифизов трубчатых костей кисти, дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей, костей запястья. В возрастной группе 15–16,9 года у лиц мужского пола и 13–15,9 года у лиц женского пола индикатором костного возраста является стадийная динамика оссификации эпифизов трубчатых костей кисти, дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей. В возрастной группе 17–18,9 года у лиц мужского пола и 16–17,9 года у лиц женского пола индикатором костного возраста является синостозирование дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей [6–А; 11–А; 13–А; 16–А].

Рентгеноанатомические характеристики эпифизов трубчатых костей кисти и дистального отдела предплечья являются основными индикаторами костного возраста вследствие возможности простой и унифицированной оценки стадии оссификации, наличия большого количества трубчатых костей в пределах исследуемого сегмента конечности, а также в связи с возможностью применения этих индикаторов в широком возрастном диапазоне (1–18,9 года у лиц мужского пола, 1–17,9 года у лиц женского пола) [6–А; 11–А; 16–А].

Рентгеноанатомические характеристики костей запястья являются вспомогательными индикаторами костного возраста вследствие сложности оценки стадии оссификации и ограниченности возрастного диапазона их применения (1–14,9 года у мальчиков; 1–12,9 года у девочек) [5–А; 6–А; 13–А].

Повышение точности определения костного возраста может быть достигнуто исследованием индикаторов, обладающих максимальной диагностической ценностью в определенной возрастной группе [6–А].

3. Методы Грейлиха–Пайла и Таннера–Уайтхауса при определении костного возраста продемонстрировали различия в точности и трудоемкости, которые необходимо учитывать при выборе оптимального метода, соответствующего диагностической задаче. Целесообразно указывать название применявшегося метода, что позволит врачу понять степень точности результата и его соответствие задачам клинического исследования [1–А; 2–А; 3–А; 4–А; 6–А; 7–А; 8–А; 9–А; 10–А; 15–А].

Метод Грейлиха–Пайла продемонстрировал низкую точность ($\Delta KB-XB$: мужской пол – $Me = -0,4$ года; $IQR = 1,8$ года; $MAE = 1$ год; $RMSE = 1,2$ года; женский пол – $Me = -0,1$ года; $IQR = 1,5$ года; $MAE = 0,8$ года; $RMSE = 1$ год) и малую трудоемкость (среднее время анализа рентгенограммы: мужской пол – 1,5 мин, женский пол – 1,3 мин). Низкая точность метода обусловлена отсутствием строгих критериев оценки стадии оссификации костей и большими возрастными интервалами между эталонными рентгенограммами. Малая трудоемкость обусловлена методологической простотой метода. Применение метода Грейлиха–Пайла целесообразно в рутинной клинической практике [2–А; 6–А; 7–А; 9–А; 10–А].

Метод Таннера–Уайтхауса TWIII (RUS) характеризуется наиболее высокой точностью ($\Delta KB-XB$: мужской пол – $Me = 0,2$ года; $IQR = 1$ год; $MAE = 0,6$ года; $RMSE = 0,7$ года; женский пол – $Me = 0,5$ года; $IQR = 0,9$ года; $MAE = 0,6$ года; $RMSE = 0,8$ года) и большой трудоемкостью (среднее время анализа рентгенограммы: мужской пол – 7,1 мин, женский пол – 6,8 мин). Высокая точность метода обусловлена анализом стадийной динамики оссификации, использованием в качестве индикаторов костного возраста рентгеноанатомических характеристик оссификации эпифизов трубчатых костей кисти и дистального отдела предплечья, а также применением современных нормативов оссификации. Большая трудоемкость обусловлена необходимостью количественной оценки стадий оссификации тринадцати костей. Метод Таннера–Уайтхауса TWIII (RUS) целесообразно применять в сложных клинических ситуациях, требующих максимально точной оценки костного возраста [1–А; 6–А; 7–А; 8–А; 10–А].

Метод Таннера–Уайтхауса TWII (RUS) продемонстрировал низкую точность ($\Delta KB-XB$: мужской пол – $Me = 0,8$ года; $IQR = 1,3$ года; $MAE = 1$ год; $RMSE = 1,2$ года; женский пол – $Me = 1,1$ года; $IQR = 1,2$ года; $MAE = 1,1$ года; $RMSE = 1,3$ года) и большую трудоемкость (среднее время анализа рентгенограммы: мужской пол – 7,2 мин, женский пол – 7 мин). Низкая точность метода обусловлена использованием устаревших нормативов

оссификации. Большая трудоемкость обусловлена необходимостью количественной оценки стадий оссификации тринадцати костей [6–А; 7–А].

Метод Таннера–Уайтхауса TWII (CARPAL) продемонстрировал низкую точность определения костного возраста ($\Delta KB-XB$: мужской пол – $Me = -0,1$ года; $IQR = 1,6$ года; $MAE = 0,9$ года; $RMSE = 1,1$ года; женский пол – $Me = -0,1$ года; $IQR = 1,2$ года; $MAE = 0,7$ года; $RMSE = 0,9$ года) и среднюю трудоемкость (среднее время анализа рентгенограммы: мужской пол – 4 мин, женский пол – 4,2 мин). Низкая точность метода обусловлена использованием костей запястья в качестве индикаторов костного возраста. Средняя трудоемкость обусловлена необходимостью количественной оценки стадий оссификации семи костей [6–А; 7–А].

Метод Таннера–Уайтхауса TWII 20 (20 BONE) показал высокую точность ($\Delta KB-XB$: мужской пол – $Me = 0,2$ года; $IQR = 1,4$ года; $MAE = 0,9$ года; $RMSE = 1,1$ года; женский пол – $Me = 0,4$ года; $IQR = 1,1$ года; $MAE = 0,7$ года; $RMSE = 0,9$ года), но при этом и наибольшую трудоемкость (среднее время анализа рентгенограммы: мужской пол – 11 мин, женский пол – 10 мин). Высокая точность метода обусловлена анализом стадийной динамики оссификации костей. Большая трудоемкость обусловлена необходимостью количественной оценки стадий оссификации двадцати костей [6–А; 7–А].

Применение методов Таннера–Уайтхауса TWII (CARPAL), TWII (RUS) и TWII 20 (20 BONE) в современной клинической практике нецелесообразно [6–А; 7–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Данные о сроках и анатомической изменчивости оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья внедрены в учебный процесс кафедр анатомии учреждений высшего медицинского образования Республики Беларусь и могут применяться для углубления знаний по рентгеноанатомии скелета, формирования современных представлений об оссификации и принципах повышения точности оценки костного возраста (4 акта внедрения) [5–А; 6–А].

2. Данные о рентгеноанатомии костей кисти и дистального отдела предплечья, индикаторах костного возраста, сравнительной характеристике методов определения костного возраста, принципах повышения точности оценки костного возраста внедрены в учебный процесс кафедр лучевой диагностики и лучевой терапии, а также кафедр, преподающих вопросы эндокринологии и детской эндокринологии. Полученные данные могут использоваться для повышения точности определения костного возраста в клинической практике (6 актов внедрения) [1–А; 2–А; 5–А; 6–А; 7–А].

3. Данные сравнительного исследования методов определения костного возраста, а также разработанные рекомендации позволят врачам использовать оптимальный метод оценки костного возраста, соответствующий клинической задаче [1–А; 2–А; 6–А; 7–А].

4. Разработанная инструкция по применению «Алгоритм автоматизированного определения костного возраста у детей» № 104-1020, утвержденная Министерством здравоохранения Республики Беларусь 07.12.2020 г., внедрена в клиническую практику учреждения здравоохранения «2-я городская детская клиническая больница» (1 акт внедрения). Применение автоматизированной системы позволит врачам упростить процесс оценки костного возраста и уменьшить время исследования [3–А; 15–А; 18–А].

5. Применение разработанных автором программных приложений для анализа рентгеноанатомических характеристик костей и определения костного возраста уменьшит трудоемкость анализа рентгенограмм, облегчит освоение методов определения костного возраста, ускорит расчет количественных показателей оссификации [4–А; 15–А; 19–А; 20–А].

6. Разработанные рекомендации по повышению точности оценки костного возраста, а также данные о сроках и стадийной динамике оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья могут использоваться в качестве основы для усовершенствования применяющихся в настоящее время, а также для разработки новых, в том числе автоматизированных, методов определения костного возраста [5–А; 6–А].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в научных журналах

1–А. Багинский, В. А. Точность и эффективность клинического применения метода Таннера–Уайтхауза для определения костного возраста детей в Республике Беларусь / В. А. Багинский, С. Д. Денисов, А. В. Солнцева // Педиатрия. Восточная Европа. – 2019. – Т. 7. – № 4. – С. 585–596.

2–А. Багинский, В. А. Точность и эффективность определения костного возраста методом Грейлиха–Пайла у детей Республики Беларусь / В. А. Багинский, С. Д. Денисов, А. В. Солнцева // Педиатрия. Восточная Европа. – 2020. – Т. 8. – № 2. – С. 206–217.

3–А. Багинский, В. А. Опыт использования программного приложения «BoneAgeAnalyzer» для определения костного возраста / В. А. Багинский // Воен. медицина. – 2024. – № 3. – С. 46–52.

4–А. Багинский, В. А. Оценка точности и эффективности программных веб-приложений для определения костного возраста / В. А. Багинский // Воен. медицина. – 2024. – № 4. – С. 71–76.

5–А. Багинский, В. А. Индивидуальные и половые особенности оксификации костей кисти и дистального отдела предплечья и их влияние на точность определения костного возраста / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Медицинские новости. – 2025. – № 7. – С. 75–80.

6–А. Багинский, В. А. Повышение точности определения костного возраста на основе комплексной оценки процесса оксификации костей кисти и дистального отдела предплечья / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Медицинские новости. – 2025. – № 8. – С. 75–82.

Статьи в сборниках научных работ

7–А. Багинский, В. А. Сравнительный анализ методов определения костного возраста / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: рецензир. ежегод. сб. науч. тр. : в 2 т. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Белорус. гос. мед. ун-т ; под ред. С. П. Рубниковича, В. А. Филонюка. – Минск, 2022. – Вып. 12, Т. 2: Фундаментальная наука – медицине. Фармация. – С. 129–136.

Статьи в сборниках и материалах научно-практических конференций

8–А. Багинский, В. А. Опыт определения костного возраста с применением методики Таннера–Уайтхауза / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Хирургия Беларуси на современном этапе: материалы XVI съезда хирургов Республики Беларусь и Республиканской научно-практической конференции «Хирургия Беларуси на современном этапе», 1-2 ноября 2018 г. / Белорусская

ассоциация хирургов, Гродн. гос. мед. ун-т ; под ред. Г. Г. Кондратенко. – Гродно : ГрГМУ, 2018. – Ч. 1. – С. 239–241.

9–А. Багинский, В. А. Опыт определения костного возраста с применением метода Грейлиха–Пайла / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Современная морфология: проблемы и перспективы развития : сб. тр. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения заслуж. деятеля науки Респ. Беларусь, лауреата Гос. премии Респ. Беларусь, проф. П. И. Лобко / Белорус. гос. мед. ун-т ; под общ. ред. Н. А. Трушель. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – Ч. 1. – С. 23–25.

10–А. Багинский, В. А. Опыт определения костного возраста с помощью методов Грейлиха–Пайла и Таннера–Уайтхауза / В. А. Багинский, С. Д. Денисов, В. М. Дечко, Н. С. Анисова // Современные технологии в медицинском образовании : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Белорус. гос. мед. ун-та, Республика Беларусь, г. Минск, 1–5 ноября 2021 г. / Белорус. гос. мед. ун-т ; под ред. С. П. Рубниковича, В. А. Филонюка. – Минск, 2021. – С. 639–641.

11–А. Багинский, В. А. Динамика оксификации дистального отдела лучевой и локтевой костей у детей Республики Беларусь / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Весенние анатомические чтения : сб. ст. Респ. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию кафедры нормальной анатомии ГрГМУ, 2 июня 2023 г. / Гродн. гос. мед. ун-т ; отв. ред. Ф. Г. Гаджиева. – Гродно : ГрГМУ, 2023. – С. 18–22.

12–А. Багинский, В. А. Билатеральная асимметрия костей кисти и дистального отдела предплечья в практике определения костного возраста / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Актуальные проблемы морфологии на современном этапе : сб. науч. ст., посвящ. 85-летию к.м.н., доц. С. П. Ярошевича, 13 окт. 2023 г. / Белорус. гос. мед. ун-т ; под общ. ред. Н. А. Трушель. – Минск : БГМУ, 2023. – С. 51–53.

13–А. Багинский, В. А. Сроки и динамика оксификации костей запястья у детей Республики Беларусь / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Актуальные проблемы и перспективы развития гистологии, цитологии и эмбриологии : сб. материалов Респ. научно-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии, 26 окт. 2023 г. / Белорус. гос. мед. ун-т ; под общ. ред. В. С. Гайдука. – Минск : БГМУ, 2023. – С. 10–19.

14–А. Багинский, В. А. Билатеральная асимметрия при определении костного возраста методом Таннера–Уайтхауза TWIII (RUS) / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Весенние анатомические чтения : сб. ст. Респ. науч.-практ. конф., 31 мая 2024 г. / Гродн. гос. мед. ун-т ; редкол. : Ф. Г. Гаджиева (отв. ред.), С. А. Сидорович. – Гродно, 2024. – С. 7–9.

15–А. Багинский, В. А. Применение цифровых технологий для усовершенствования методов определения костного возраста / В. А. Багинский // Достижения современной морфологии : сб. науч. ст., посвящ. 95-летию профессора П. И. Лобко, 27 сент. 2024 г. / Бел. гос. мед. ун-т ; под общ. ред. Н. А. Трушель. – Минск : БГМУ, 2024. – С. 31–35.

16–А. Багинский, В. А. Динамика оксификации пястных костей у детей и подростков Республики Беларусь / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Достижения современной морфологии : сб. науч. ст., посвящ. 95-летию профессора П. И. Лобко, 27 сент. 2024 г. / Бел. гос. мед. ун-т ; под общ. ред. Н. А. Трушель. – Минск: БГМУ, 2024. – С. 36–38.

17–А. Багинский, В. А. Вариабельность порядка оксификации костей запястья / В. А. Багинский, С. Д. Денисов // Весенние анатомические чтения : сб. ст. Респ. науч.-практ. конф., 30 мая 2025 г. / Гродн. гос. мед. ун-т ; отв. ред. Е. С. Околоулак. – Гродно : ГрГМУ, 2025. – С. 7–11.

Инструкция по применению

18–А. Алгоритм автоматизированного определения костного возраста у детей : инструкция по применению № 104-1020 : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 07.12.2020 / С. Л. Кабак, Е. И. Кислая, И. И. Косик, Г. М. Карапетян, В. А. Багинский ; Беларус. гос. мед. ун-т. – Минск, 2020. – 7 с.

Свидетельства о регистрации компьютерных программ

19–А. Багинский, В. А. Веб-приложение для определения костного возраста методом Грейлиха–Пайла : свидетельство о добровольной регистрации и депонировании объекта авторского права (компьютерной программы) № 1717-КП / правообладатель: Багинский В. А. ; дата регистрации 17.04.2024 ; дата внесения в реестр 25.04.2024 // Реестр компьютерных программ / Нац. центр интеллектуальной собственности. – 2024.

20–А. Багинский, В. А. Веб-приложение для определения костного возраста методом Таннера–Уайтхауза TWIII (RUS) : свидетельство о добровольной регистрации и депонировании объекта авторского права (компьютерной программы) № 1718-КП / правообладатель: Багинский В. А. ; дата регистрации 17.04.2024 ; дата внесения в Реестр 25.04.2024 // Реестр компьютерных программ / Нац. центр интеллектуальной собственности. – 2024.

РЭЗІЮМЭ

Багінскі Уладзімір Аляксандравіч **Асаблівасці асіфікацыі костак кісці і дыстальнага аддзела перадплечча** **ў практыцы вызначэння касцявога ўзросту**

Ключавыя словы: рэнтгенаанатомія, косці кісці, асіфікацыя, касцявы ўзрост, анатамічная зменлівасць

Мэта даследавання: выявіць асаблівасці асіфікацыі костак кісці і дыстальнага аддзела перадплечча ў асоб ва ўзросце 0,5–18,9 года, якія пражываюць у Рэспубліцы Беларусь, і ўдасканаліць на аснове атрыманых даных методыку вызначэння касцявога ўзросту.

Метады даследавання: рэнтгеналагічны, рэнтгенаанатамічны, метады вызначэння касцявога ўзросту (Грэйліха–Пайла, Таннера–Уайтхаўса), статыстычны.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Устаноўлены тэрміны, стадыйная дынаміка і варыябельнасць тэрмінаў асіфікацыі костак кісці і дыстальнага аддзела перадплечча ў дзяцей Рэспублікі Беларусь, якія адрозніваюцца ад нарматываў, што прымяняюцца пры вызначэнні касцявога ўзросту. Дадзена ацэнка індикатарам касцявога ўзросту, вызначана іх дыягнастычная значнасць у розных узроставых групх. Устаноўлены аптымальныя, адпаведныя дыягнастычным задачам метады вызначэння касцявога ўзросту. Распрацаваны рэкамендацыі па ўдасканаленні методыкі і павышэнні дакладнасці вызначэння касцявога ўзросту.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Вынікі даследавання могуць выкарыстоўвацца ў працы дзіцячых эндакрынолагаў, педыятраў, прамянёвых дыягностай, артапедаў, спартыўных урачоў для павышэння дакладнасці вызначэння касцявога ўзросту. Даныя даследавання могуць выкарыстоўвацца ў медыцынскай адукацыі з мэтай паглыблення ведаў па рэнтгенаанатоміі шкілета і фарміравання сучасных уяўленняў аб прынцыпах павышэння дакладнасці ацэнкі касцявога ўзросту. Атрыманыя вынікі могуць прымяняцца для распрацоўкі новых і ўдасканалення існуючых метадаў вызначэння касцявога ўзросту.

Галіна прымянення: анатомія чалавека, эндакрыналогія, прамянёвая дыягностыка, артапедыя, спартыўная медыцына.

РЕЗЮМЕ

Багинский Владимир Александрович **Особенности оссификации костей кисти и дистального отдела** **предплечья в практике определения костного возраста**

Ключевые слова: рентгеноанатомия, кости кисти, оссификация, костный возраст, анатомическая изменчивость

Цель исследования: установить особенности оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья у лиц в возрасте 0,5–18,9 года, проживающих в Республике Беларусь, и усовершенствовать на основе полученных данных методику определения костного возраста.

Методы исследования: рентгенологический, рентгеноанатомический, методы определения костного возраста (Грейлиха–Пайла, Таннера–Уайтхауса), статистический.

Полученные результаты и их новизна. Установлены сроки, стадийная динамика и вариабельность сроков оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья у детей Республики Беларусь, отличающиеся от нормативов, применяемых при определении костного возраста. Дана оценка индикаторам костного возраста, определена их диагностическая значимость в разных возрастных группах. Установлены оптимальные, соответствующие диагностическим задачам методы определения костного возраста. Разработаны рекомендации по усовершенствованию методики и повышению точности определения костного возраста.

Рекомендации по использованию. Результаты исследования могут использоваться в работе детских эндокринологов, педиатров, лучевых диагностов, ортопедов, спортивных врачей для повышения точности определения костного возраста. Данные исследования могут применяться в медицинском образовании с целью углубления знаний по рентгеноанатомии скелета и формирования современных представлений о принципах повышения точности оценки костного возраста. Полученные результаты могут применяться для разработки новых и усовершенствования существующих методов определения костного возраста.

Область применения: анатомия человека, эндокринология, лучевая диагностика, ортопедия, спортивная медицина.

SUMMARY

Baginskiy Vladimir

Features of ossification of the hand and distal forearm bones in the practice of bone age assessment

Keywords: radiographic anatomy, bones of the hand, ossification, bone age, anatomical variability

Aim of the study: to establish the characteristics of ossification of the bones of the hand and distal forearm in individuals aged 0.5–18.9 years living in the Republic of Belarus and, based on these findings, to improve the methodology of bone age assessment.

Research methods: radiological, radiographic anatomical, bone age assessment methods (Greulich–Pyle, Tanner–Whitehouse), statistical.

Obtained results and their novelty. We established the timing, staging dynamics, and variability of ossification of the hand and distal forearm bones in children of the Republic of Belarus, which differ from the standards used for bone age assessment. We evaluated bone age indicators and determined their diagnostic significance across different age groups. We identified the optimal methods for bone age assessment, tailored to specific diagnostic objectives. We have developed recommendations for improving the methodology and increasing the accuracy of bone age assessment.

Recommendations for use. The results of the study can be used in the practice of pediatric endocrinologists, pediatricians, radiologists, orthopedic surgeons, and sports medicine physicians to improve the accuracy of bone age assessment. The data obtained in this study can be used in medical education to deepen knowledge of skeletal radiographic anatomy and to develop a modern approach to improving the accuracy of bone age assessment. The obtained results may be applied in the development of new methods and the improvement of existing methods for bone age assessment.

Fields of application: human anatomy, endocrinology, radiological diagnostics, orthopaedics, sports medicine.

Подписано в печать 17.09.26. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Марафон Бизнес».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,37. Тираж 60 экз. Заказ 560.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.