

Багинский В.А., Денисов С.Д.

СРОКИ И ДИНАМИКА ОССИФИКАЦИИ КОСТЕЙ ЗАПЯСТЬЯ У ДЕТЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Белорусский государственный медицинский университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

В статье представлены результаты исследования сроков и динамики окостенения костей запястья у детей Республики Беларусь на современном этапе. Проведен анализ рентгенограмм кисти 398 пациентов. Получены данные о возрастных особенностях формирования центров окостенения костей запястья, установлены сроки и порядок появления, динамика развития костей запястья. Рекомендовано в клинической практике применять только специализированные руководства и методы, предназначенные для оценки костного возраста и адаптированные для современного поколения детей целевой популяции.

Ключевые слова: костный возраст, созревание скелета, кости запястья.

Baginskiy V.A., Denisov S.D.

TIME AND DYNAMICS OF OSSIFICATION OF CARPAL BONES IN CHILDREN OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

The article presents the results of a study of the timing and dynamics of ossification of the carpal bones in children of the Republic of Belarus at the present time. The analysis of X-ray films of the hands of 398 patients was carried out. Data on the age specific features of the development of ossification centers of the carpal bones were obtained. The time and order of appearance and dynamics of wrist bones development were established. It is recommended to use in clinical practice only specialized guidelines and methods designed to assess bone age and adapted to the current generation of children of the target population.

Key words: bone age, skeletal maturation, carpal bones.

Введение. Костный возраст является одним из наиболее значимых в клинической практике индикаторов физического и полового развития детей. Определение костного возраста широко используется для диагностики заболеваний, сопровождающихся нарушением роста и полового созревания, контроля эффективности лечения эндокринопатий, прогнозирования конечного роста [1, 2].

В клинической практике для определения костного возраста используют рентгенограммы кисти и лучезапястного сустава в прямой проекции из-за наличия в пределах данного сегмента конечности большого количества центров

окостенения, а также из-за простоты и доступности данного вида исследования. Для определения костного возраста применяются различные методы: сравнение рентгенограмм с эталонными снимками из специализированных атласов (Грейлиха-Пайла), расчетные методики с количественной оценкой стадии оссификации различных костей кисти и дистального отдела предплечья (Таннера-Уайтхауза), автоматизированные системы, основанные на применении принципов искусственного интеллекта [3, 4, 5].

Все методы определения костного возраста основаны на анализе рентгеноанатомических характеристик костей кисти и дистального отдела предплечья [5].

Динамика окостенения костей скелета различается в разных популяциях, расовых или этнических группах [6, 7, 8, 9]. Скорость оссификации скелета зависит от статуса питания, уровня физической активности, социально-экономических условий, экологической обстановки [10]. Для корректного определения костного возраста следует учитывать феномен акселерации, ускорение темпов оссификации скелета у современного поколения детей [11, 12].

Знание возрастных закономерностей оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья целевой популяции необходимо для выбора наиболее эффективных методов определения костного возраста, адаптации разных методик оценки костного возраста к определенной популяции, разработки национальной шкалы или стандарта определения костного возраста [5, 13].

Данные о формировании скелета детей, приводимые в учебниках по нормальной анатомии и руководствах по рентгенологии, изданных в Республике Беларусь и странах СНГ, ограничиваются перечислением и указанием средних сроков появления центров оссификации костей. Показатели возраста появления точек окостенения в различных руководствах могут отличаться между собой в широких пределах, что не позволяет качественно определять костный возраст в

клинической практике. Значительная часть научной литературы по рентгеноанатомии и рентгенодиагностике заболеваний скелета детей издана в начале и середине XX века и не учитывает феномен акселерации [11, 12, 14].

В литературе отсутствуют данные о сроках оссификации и темпах окостенения костей кисти у современного поколения детей Республики Беларусь.

Цель исследования. Определить сроки и динамику оссификации костей запястья у детей Республики Беларусь на современном этапе с учетом пола и возраста.

Методы исследования. Проведено исследование рентгенограмм кисти и лучезапястного сустава в прямой проекции 398 пациентов Городского клинического центра травматологии и ортопедии УЗ «6-я городская клиническая больница» г. Минска с травматологической патологией, не затрудняющей анализ рентгеноанатомических характеристик исследуемых костей. Проанализированы рентгенограммы пациентов мужского пола в возрасте 0,3-15,9 лет и женского пола в возрасте 0,7-14,9 лет (Таблица 1).

Таблица 1

Распределение пациентов по возрастным группам

Возраст, лет	Количество пациентов	
	Мужской пол	Женский пол
0-0,9	8	6
1-1,9	27	28
2-2,9	10	13
3-3,9	12	12
4-4,9	10	10
5-5,9	10	10
6-6,9	10	10
7-7,9	10	10
8-8,9	10	10
9-9,9	12	10
10-10,9	16	11
11-11,9	12	17
12-12,9	20	19
13-13,9	15	12
14-14,9	11	19

15-15,9	17	-
Всего	210	188

Рентгеноанатомические характеристики костей запястья определялись с использованием метода Таннера-Уайтхауза TWII (CARPAL). Начальная стадия оссификации трехгранной, полулунной, кости-трапеции, трапецевидной, ладьевидной, гороховидной костей определялась как В, начальная стадия оссификации головчатой и крючковидной костей определялась как С. Завершающая стадия оссификации кости-трапеции и крючковидной костей определялась как I, трапецевидной, головчатой, ладьевидной, полулунной, трехгранной как H. Поскольку метод Таннера-Уайтхауза TWII (CARPAL) не включает анализ гороховидной кости, завершающая стадия оссификации данной кости нами описывалась, как стадия с наличием центра окостенения круглой формы с ровной непрерывной границей (стадия С).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2016, STATISTICA 10.0 для Windows («StatSoft Inc.» США). Сравнение количественных данных выполняли с применением методов описательной статистики и непараметрических методов. Статистически значимым считали результат в случае, если вероятность отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий не превышала 5% ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. Наиболее часто выявляемый порядок появления центров окостенения костей запястья одинаков у пациентов мужского и женского пола: головчатая, крючковидная, трехгранная, полулунная, кость-трапеция, трапецевидная, ладьевидная, гороховидная кости.

В Таблице 2 приведены данные среднего возраста появления ядер окостенения отдельных костей запястья. Нам не удалось собрать достаточно рентгенограмм для определения времени появления центров окостенения головчатой и крючковидной костей. Согласно данным литературы, ядро окостенения головчатой кости выявляется в возрасте 2-3 мес. у пациентов женского

пола, 3-4 мес. у пациентов мужского пола; ядро окостенения крючковидной кости выявляется в возрасте 3-4 мес. у пациентов женского пола, 4-5 мес. у пациентов мужского пола [15].

Таблица 2

Возраст появления центров окостенения костей запястья, лет

Кость	m±σ		min/max	
	Мужской пол	Женский пол	Мужской пол	Женский пол
Трехгранная	2,1±1,2	2,2±0,8	1/3,4	1,2/3,4
Полулунная	3,2±1,9	2,9±0,9	1,2/6,4	1,7/4,1
Кость-трапеция	6,2±1,2	3,6±1,1	4,5/7,4	2/4,8
Трапецевидная	6,6±0,5	3,6±0,9	6,1/7,2	2,6/4,7
Ладьевидная	6,8±0,6	4,5±0,8	6/7,4	3/5,6
Гороховидная	12±1,1	8,9±1,5	10/13,5	5,7/10,9

Примечание: **m** — среднее арифметическое значение; **σ** — среднеквадратическое отклонение; **min/max** — минимальное/максимальное значение.

В таблице 3 приведены данные частоты выявления центров окостенения костей запястья в разных возрастных группах.

Таблица 3

Частота выявления центров окостенения костей запястья у пациентов мужского и женского пола в различных возрастных группах, %

Возраст, лет	Головчатая		Крючковидная		Трехгранная		Полулунная		Кость-трапеция		Трапецевидная		Ладьевидная		Гороховидная	
	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж
0-0,9	88	100	88	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-1,9	100	100	100	100	22	36	19	21	0	4	0	0	0	0	0	0
2-2,9	100	100	100	100	20	69	0	54	0	15	0	15	0	8	0	0
3-3,9	100	100	100	100	92	83	33	83	0	42	0	25	0	33	0	0
4-4,9	100	100	100	100	100	100	50	90	20	60	0	40	0	70	0	0
5-5,9	100	100	100	100	100	100	60	100	30	90	30	90	30	100	0	10
6-6,9	100	100	100	100	100	100	100	100	70	100	60	100	60	100	0	10
7-7,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100	0	10
8-8,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	30
9-9,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	8	70
10-10,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	25	91
11-11,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	58	100
12-12,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80	100
13-13,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

14-14,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15-15,9	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-

У детей в возрасте до 1 г выявлено наличие центров окостенения двух костей запястья (головчатой, крючковидной) у 100% пациентов женского и 88% пациентов мужского пола.

Центры окостенения головчатой, крючковидной, трехгранной, полулунной, кости-трапеции, трапециевидной, ладьевидной костей наблюдаются у 100% пациентов мужского пола в возрасте 7-7,9 лет, у пациенток женского пола в возрасте 6-6,9 лет.

Центр окостенения гороховидной кости выявляется у 100% пациентов мужского пола в возрасте 13-13,9 лет, женского пола в возрасте 11-11,9 лет. Таким образом, центры окостенения восьми костей запястья наблюдаются у всех пациентов мужского пола в возрасте 13-13,9 лет, женского пола в возрасте 11-11,9 лет.

На рисунках 1 и 2 представлены диаграммы размаха возраста выявления различных стадий оссификации костей запястья у пациентов разных возрастных групп мужского и женского пола.

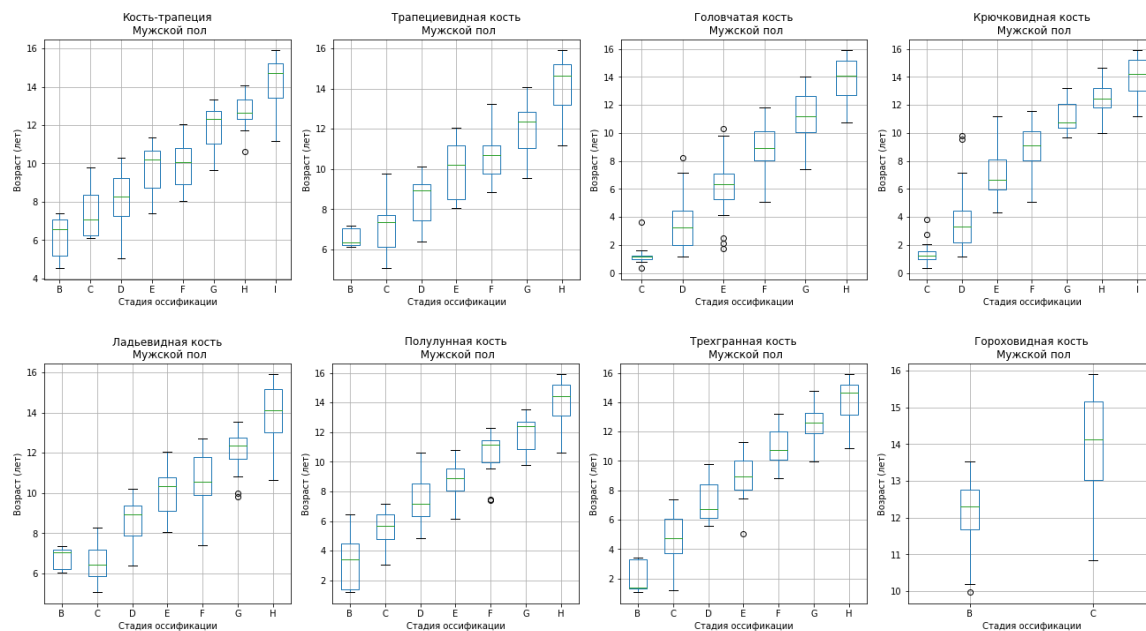


Рис. 1. Динамика оссификации костей запястья у пациентов мужского пола

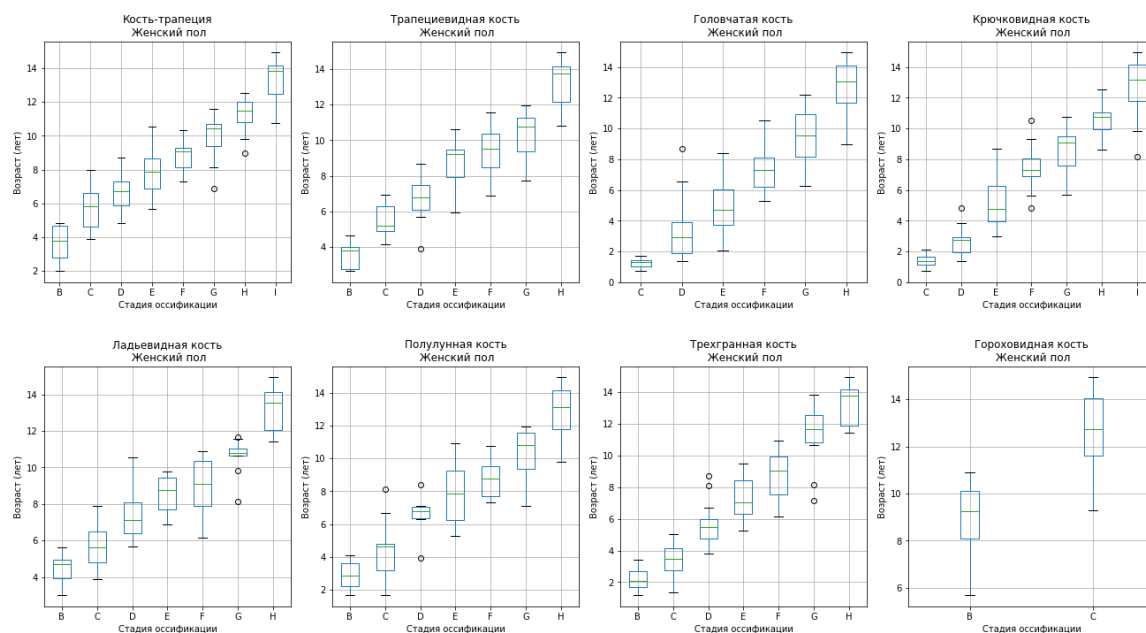


Рис. 2. Динамика оссификации костей запястья у пациенток женского пола

В Таблице 4 приведены данные о возрасте выявления завершающей стадии оссификации костей запястья у пациентов мужского и женского пола.

Таблица 4

Возраст выявления завершающей стадии оссификации костей запястья, лет

Кость	m±σ		min	
	Мужской пол	Женский пол	Мужской пол	Женский пол
Головчатая	13,9±1,3	12,8±1,6	10,8	9
Ладьевидная	13,9±1,4	13,2±1,1	10,6	11,4
Гороховидная	13,9±1,3	12,7±1,4	10,8	9,3
Крючковидная	14±1,3	12,9±1,4	11,2	8,2
Полулунная	14,1±1,3	13±1,3	10,6	9,8
Трехгранная	14,1±1,4	13,3±1,2	10,8	11,4
Трапециевидная	14,2±1,2	13,2±1,2	11,2	10,8
Кость-трапеция	14,3±1,3	13,4±1,2	11,2	10,7

Примечание: **m** — среднее арифметическое значение; **σ** — среднеквадратическое отклонение; **min** — минимальное значение.

Порядок завершения процесса формирования костей запястья отличается от порядка появления центров окостенения. Наиболее часто выявляемый порядок выявления завершающей стадии оссификации у пациентов мужского пола: головчатая, ладьевидная, гороховидная, крючковидная, полулунная, трехгранная,

трапециевидная кости, кость-трапеция; женского пола: гороховидная, головчатая, крючковидная, полулунная, ладьевидная, трапециевидная, трехгранная кости, кость-трапеция.

Процесс окончания формирования всех костей запястья происходит практически одновременно, поэтому порядок выявления завершающей стадии оссификации костей запястья может существенно различаться у разных пациентов.

В Таблице 5 приведены показатели частоты выявления завершающей стадии оссификации различных костей запястья в разных возрастных группах. Окончание формирования структуры всех восьми костей запястья наблюдается у 100% пациентов мужского пола в возрасте 15-15,9 лет, женского пола в возрасте 14-14,9 лет.

Таблица 5.

Частота выявления завершающей стадии оссификации костей запястья в различных возрастных группах пациентов мужского и женского пола, %.

Возраст, лет	Головчатая		Крючковидная		Трехгранная		Полулунная		Кость-трапеция		Трапециевидная		Ладьевидная		Гороховидная	
	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж
7-7,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-8,9	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-9,9	0	30	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
10-10,9	6	45	0	18	6	0	6	27	0	9	0	18	12	0	6	55
11-11,9	17	71	25	88	25	71	17	82	25	53	17	59	17	76	33	100
12-12,9	60	90	40	90	20	60	30	100	20	60	30	100	40	100	35	100
13-13,9	60	100	67	100	47	75	67	100	33	100	47	100	73	100	73	100
14-14,9	91	100	91	100	82	100	100	100	91	100	91	100	100	100	100	100
15-15,9	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-

Сроки и порядок появления центров окостенения, динамика процесса оссификации костей запястья могут существенно отличаться у разных пациентов одного пола и возраста. Из-за широкого временного диапазона возможных сроков появления ядер окостенения костей запястья оценка костного возраста только на основании наличия или отсутствия центра оссификации определенной кости

является некорректной. Определение костного возраста с использованием рентгенологических атласов, включающих только средние показатели возраста появления ядер окостенения костей запястья, не позволяет производить точную оценку костного возраста.

Для повышения точности оценки костного возраста необходимо применение методов, учитывающих не только время появления центров окостенения костей запястья, но и определяющих временные стадии оссификации всех костей кисти и дистального отдела предплечья целевой популяции на основе точных рентгеноанатомических критериев в различные возрастные периоды.

Выводы

1. Установлены возрастные рентгеноанатомические характеристики развития костей запястья у современного поколения детей Республики Беларусь.
2. Выявлена высокая вариабельность возраста и порядка появления центров окостенения костей запястья. Динамика процесса оссификации костей запястья может значительно отличаться у пациентов одного пола и возраста.
3. Руководства по рентгеноанатомии и рентгенодиагностике, учитывающие только средние сроки появления центров окостенения костей запястья, не должны применяться в клинической практике для определения костного возраста.
4. Костный возраст в клинической практике следует определять с помощью методов, основанных на комплексной оценке стадии оссификации костей кисти и дистального отдела предплечья целевой популяции.

Литература

1. Martin D. D. et al. The use of bone age in clinical practice—part 1 //Hormone research in paediatrics. – 2011. – Т. 76. – №. 1. – С. 1-9.
2. Martin D. D. et al. The use of bone age in clinical practice—part 2 //Hormone research in paediatrics. – 2011. – Т. 76. – №. 1. – С. 10-16.
3. Greulich W. W., Pyle S. I. (1959) Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford University Press.
4. Tanner J. M., Healy J. R., Cameron N., Goldstein H. (2001) Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method). London: W. B. Saunders.

5. De Sanctis V. et al. Hand X-ray in pediatric endocrinology: Skeletal age assessment and beyond //Indian journal of endocrinology and metabolism. – 2014. – Т. 18. – №. Suppl 1. – С. S63.
6. Mora S., Boechat M. I., Pietka E., Huang H. K., Gilsanz V. (2001) Skeletal age determinations in children of European and African descent: applicability of the Greulich and Pyle standards. *Pediatric research*, vol. 50, no 5, pp. 624-628.
7. Mansourvar M., Ismail M. A., Raj R. G., Kareem S. A., Aik S., Gunalan R., Antony C. D. (2014) The applicability of Greulich and Pyle atlas to assess skeletal age for four ethnic groups. *Journal of forensic and legal medicine*, no 22, pp. 26-29.
8. Ontell F. K., Ivanovic M., Ablin D. S., Barlow T. W. (1996) Bone age in children of diverse ethnicity. *American journal of roentgenology*, vol. 167, no 6, pp. 1395-1398.
9. Mora S., Boechat M. I., Pietka E., Huang H. K., Gilsanz V. (2001) Skeletal age determinations in children of European and African descent: applicability of the Greulich and Pyle standards. *Pediatric research*, vol. 50, no 5, pp. 624.
10. Tristán J. F., Ruiz F. S., de la Cruz Pérez A., Lobo G. T., Aguilar M. C., Collado, F. T. (2007) The influence of nutrition and social environment on the bone maturation of children. *Nutricion hospitalaria*, vol. 22, no 4, pp. 417-424.
11. Duren D. L., Nahhas R. W., Sherwood R. J. Do secular trends in skeletal maturity occur equally in both sexes? //Clinical Orthopaedics and Related Research®. – 2015. – Т. 473. – №. 8. – С. 2559-2567.
12. Boeyer M. E. et al. Early maturity as the new normal: a century-long study of bone age //Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2018. – Т. 476. – №. 11. – С. 2112.
13. Serinelli S. et al. Accuracy of three age determination X-ray methods on the left hand-wrist: a systematic review and meta-analysis //Legal medicine. – 2011. – Т. 13. – №. 3. – С. 120-133.
14. Chaumoitre K. et al. Forensic use of the Greulich and Pyle atlas: prediction intervals and relevance //European radiology. – 2017. – Т. 27. – С. 1032-1043.
15. Cunningham C., Scheuer L., Black S. *Developmental juvenile osteology*. – Academic press, 2016.