

Определение костного возраста у детей с использованием ультразвукового метода исследования

Л.Н. Алексеева, А.Ю. Кинзерский

Detection of bone age in children using ultrasound method

L.N. Alekseyeva, A.Yu. Kinzersky

ГБУЗ «Челябинская областная детская клиническая больница», г. Челябинск,
ООО «Сонар», г. Челябинск

С целью изучения возможности ультрасонографии для определения костного возраста нами было осмотрено 109 детей в возрасте от 2 мес. до 14 лет. Исследование основано на сопоставлении рентгенографии левой кисти с данными ультразвукового исследования по предложенной нами методике. Установлена высокая чувствительность, специфичность и точность ультразвукового метода исследования по всем возрастным группам. Предложенный метод позволяет раньше выявлять точки окостенения, состоящие из неминерализованной или слабоминерализованной костной ткани, которые еще не определяются при рентгенографии.

Ключевые слова: костный возраст, ядра окостенения, рентгенография запястья и кисти, ультразвуковая диагностика.

We have examined 109 children at the age from 2 months to 14 years in order to study ultrasonography potentials of bone age determination. The study is based on comparing the left hand X-rays with ultrasound scan data using the technique proposed by us. As it has been established, the ultrasound scan method is characterized by high sensitivity, specificity and accuracy for all age-related groups. The method proposed makes it possible to reveal earlier the ossification foci consisting of non-mineralized or little mineralized bone tissue which have not yet been determined by x-rays.

Keywords: bone age, ossification nuclei, radiography of the wrist and hand, ultrasound diagnosis.

ВВЕДЕНИЕ

Общепринятым и достоверным критерием степени биологического развития как пренатальной жизни (с 4-5 месяца внутриутробного развития), так и во все последующие периоды постнатального онтогенеза служит так называемый костный возраст [1, 9]. Общепринятым методом его определения считаются возрастные сроки появления ядер окостенения дистальных эпифизов костей предплечья, головок коротких трубчатых костей кисти и костей запястья,

определяемые при проведении рентгенографии кисти в прямой ладонной проекции [4, 5, 7, 12]. Одним из существенных недостатков этого метода, особенно при использовании в педиатрической практике, является наличие лучевой нагрузки на организм ребенка. Немаловажно также наличие технических и экономических проблем при использовании и обработке рентгеновской пленки. Данное положение определило цель и задачи настоящего исследования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С целью изучения возможности ультразвукового метода исследования для определения костного возраста нами было осмотрено 109 детей в возрасте от 2 мес. до 14 лет, среди которых были 61 (56 %) мальчик и 49 (44 %) девочек. Перед проведением исследования было получено информированное согласие законных представителей всех обследуемых детей в соответствии с принципами Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации. У детей подросткового возраста, которые были способны выразить собственное отношение к участию в исследовании, было запрошено собственное мнение в дополнение к согласию их законного представителя. Отбор пациентов определялся предварительным проведением рентгенографии кисти по медицинским показаниям и возможным последу-

ющим ультрасонографическим исследованием запястья и кисти. Всего было проведено 109 рентгенологических и 109 ультразвуковых исследований левой кисти. В нашей работе мы решили ограничиться возрастным интервалом от рождения до 12-14 лет, т.е. периодом окостенения эпифизов трубчатых костей предплечья, кисти и костей запястья до наступления синостозов. Именно в этом возрасте наиболее важно избежать действия ионизирующего излучения на интенсивно растущий организм ребенка, и поэтому, критерием исключения были дети с биологическим (паспортным) возрастом 14 лет и менее, но у которых костный возраст был ускорен. Это определялось по наличию на рентгенограмме синостоза в I пястной кости, т.к. установлено, что именно он возникает первым [4, 5, 7].

Общая группа пациентов была распределена на шесть подгрупп в зависимости от закономерных этапов постнатального формирования элементов лучезапястного сустава и кисти [7]:

- 1 – от 0 до 2 лет (20 чел.);
- 2 – 3-4 года (16 чел.);
- 3 – 4,5-7 лет (13 чел.);
- 4 – 8-9 лет (22 чел.);
- 5 – 10-11 лет (22 чел.);
- 6 – 12-14 лет (16 чел.).

В качестве референтного метода был выбран рентгенологический, и всем детям проводилась рентгенография левой кисти в ладонной проекции. Также всем детям было проведено ультразвуковое исследование тыльной поверхности левого запястья, пясти, дистальных эпифизов лучевой и локтевой костей. Оценивались зона роста 1 пястной кости (*sin 1 met*), эпифиз 1 пястной кости (E1), кость трапеция (TR), ладьевидная (S), трапециевидная (TZ), головчатая кость (C), крючковидная (H), полулунная (L), трехгранная (T), эпифиз лучевой кости (ER), эпифиз локтевой кости (EU), гороховидная кость (P) и сесамовидная кость 1 пястно-фалангового сустава (*ses*). Дополнительно в возрастных группах 0-2 и 3-4 года исследовались эпифизы 3 пястной кости и эпифизы проксимальной, средней и дистальной фаланг, а в группах 8-9, 10-11 и 12-14 лет шиловидный отросток локтевой кости. Для визуализации каждого из перечисленных объектов был разработан оптимальный способ сканирования. Параллельно мы проводили измерение каждого ядра окостенения по длинной оси между диаметрально противоположными поверхностями кортикального слоя. Если оссификация еще не закончилась, измерения проводили между соответствующими краями хрящевой модели кости. При

анализе полученных рентгенограмм были также проведены продольные измерения ядер окостенения в аналогичной сонографическому измерению плоскости с использованием линейки. Во всех случаях прифокусное расстояние составляло 60 см, так как при этих условиях размеры костей на рентгеновском снимке полностью совпадают с истинными размерами костей [5].

Ультразвуковые исследования были выполнены на ультразвуковых сканерах PHILIPS HD 11 XE, GE LOGIQ 7 и Mini Focus 1402 с использованием линейного датчика с диапазоном частот 3-12 МГц. Статистическая обработка полученных данных проводилась по общепринятым в медицине методикам с использованием пакетов прикладных программ для статистического анализа «Excel» и «Statistica 6.0». Качественные данные были представлены в виде абсолютных или относительных (%) частот. Для сравнения дихотомических показателей применялся ϕ – коэффициент ассоциации, с использованием четырехпольных таблиц сопряженности. Значимость коэффициента $\phi_{\text{эмп}}$ проверяли с помощью критерия Стьюдента [3]. Надежность и обоснованность ультразвукового и рентгенологического диагностических методов основывалась на определении тестов чувствительности, специфичности, общей точности. Для сравнения двух способов измерений УЗИ и Rg в интервальной шкале использовали метод Бленда-Альтмана [2]. Для каждого измеряемого объекта вычисляли среднее значение относительных расхождений $\Delta\text{ср}$ и среднеквадратичное отклонение σ ($\Delta\text{ср}$) с последующей проверкой гипотезы отличия относительного расхождения $\Delta\text{ср}$ от 0. Для этого использовался критерий Стьюдента сравнения выборочной средней с гипотетической генеральной средней.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для идентификации всех ядер окостенения проксимального ряда и большей части дистального ряда запястья нами предлагается проводить сканирование тыльной поверхности кисти и запястья в сагиттальной плоскости в двух проекциях – прямой и аксиальной (ладонной поверхности запястья в профиль) [6, 8, 10, 11, 13]. Дополнительно мы оцениваем наличие сесамовидной кости первого пястно-фалангового сустава при сканировании ладонной поверхности первого пальца.

В качестве примера на рисунке 1 представлены сонограммы, полученные при сканировании в аксиальной плоскости локтевого края запястья.

На рисунке 2 представлен пример сканирования в сагиттальной плоскости вдоль оси первого пальца в положении отведения первого пальца на 40-50 град. Последовательно визуализируются проксимальный эпифиз первого пястной кости (E1), его метаэпифизарная зона роста (*sin 1 met*), кость трапеция (*os trapezium* – TR) и ладьевидная кость (*os*

scaphoid – S). Метаэпифизарный хрящ, в т.ч. 1 пястной кости, (рис. 2, А) на эхограмме определяется в виде гипозоженной или анэзоженной неровной полоски толщиной от 0,5 до 1,5 мм в зависимости от возраста ребенка. С помощью эхографии можно проследить замещение метаэпифизарного хряща костной тканью и сращение всех частей кости (появление синостоза).

Далее проводили сравнительный статистический анализ двух способов определения костного возраста в каждой возрастной группе по трем параметрам:

- наличие объекта исследования (есть/нет ядро окостенения);
- по качеству исследуемого объекта (костное/хрящевое строение);
- по размеру объекта (мм).

На основании сопоставления данных рентгенографического исследования и УЗИ рассчитали показатели диагностической ценности теста.

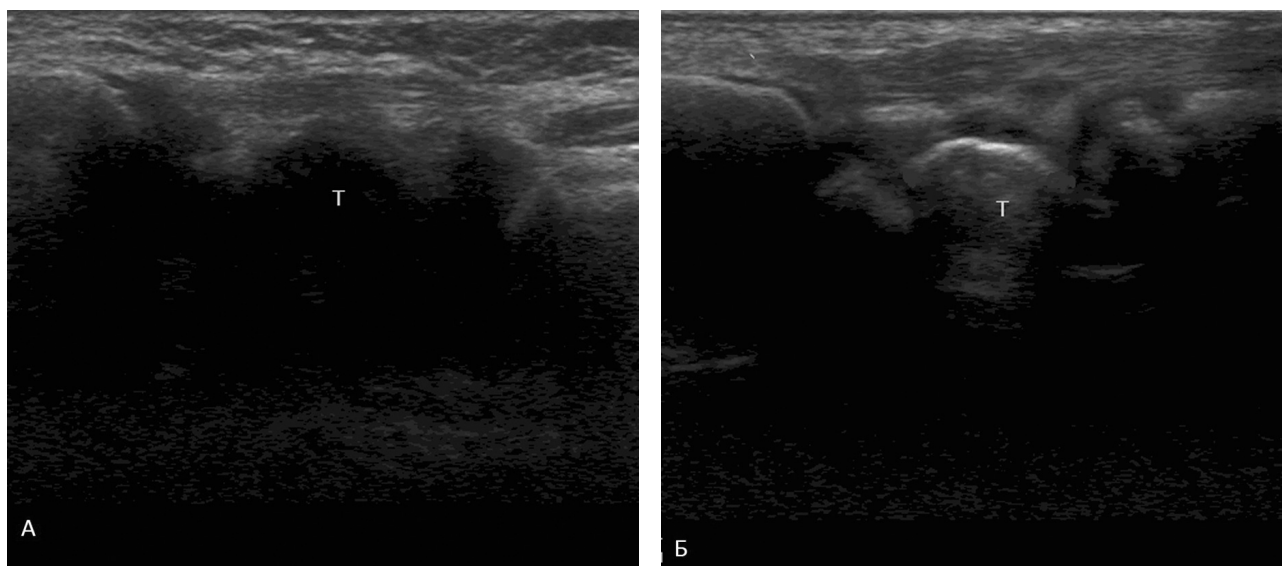


Рис. 1. Сонограмма костей запястья. Пример оксификации трехгранной кости у детей в возрасте 2 (а) и 11 (б) лет: А – хрящевая модель трехгранной кости (Т); Б – ядро окостенения трехгранной кости (Т)

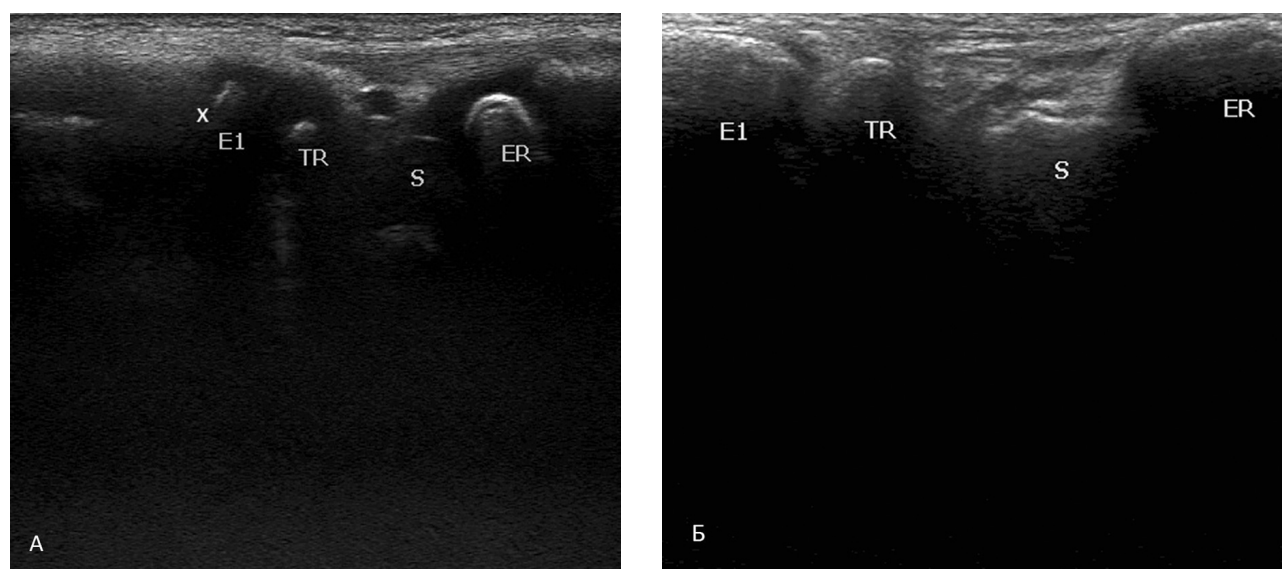


Рис. 2. Сонограмма костей запястья. Пример оксификации у детей в возрасте 4 и 14 лет: А E1 – ядро окостенения проксимального эпифиза 1 пястной кости; x – гипозоногенная пластинка метаэпифизарного хряща; TR - ядро окостенения кости трапеции; S – хрящевая модель ладьевидной кости; ER – ядро окостенения эпифиза лучевой кости; Б E1 – полное окостенение проксимального эпифиза первой пястной кости; TR – кортикальная пластинка кости трапеции; S – кортикальная пластинка ладьевидной кости; ER – кортикальная пластинка эпифиза лучевой кости

Установлено, что ультразвук способен улавливать не различимые при рентгенографии начальные проявления энхондрального окостенения в виде гиперэхогенных включений в центре хрящевой модели. При полном окостенении на эхограмме различима лишь кортикальная пластинка в виде гиперэхогенного сигнала, повторяющего контур кости, дающая позади себя выраженную акустическую тень.

При проведении сравнительного анализа по наличию объекта исследования в группе 0-2 лет выявлена средняя корреляционная зависимость ($p < 0,01$), в группах от трех до девяти лет – сильная корреляционная зависимость ($p < 0,001$), а в группах 10-14 лет полное соответствие в выявлении

ядер окостенения (табл. 1). Отсутствие полной идентичности в выявлении ядер окостенения в младших возрастных группах объясняется большей чувствительностью УЗИ относительно Rg за счет распознавания более раннего появления ядра окостенения на начальных стадиях минерализации хрящевой модели кости.

При анализе диагностической ценности теста были получены высокие показатели чувствительности, специфичности и точности во всех группах исследования (табл. 2).

Полученные данные по качеству выявляемого объекта отражают общую закономерность эхографии относительно рентгена в более ранней регистрации начальных признаков оксификации (табл. 3).

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа по наличию объекта исследования по УЗИ и Rg

Возраст, годы	Коэффициент ассоциации Ф	Значимость коэффициента ф эмп.
0-2	0,97	P< 0,01
3-4	0,95	P< 0,001
4,5-7	0,92	P< 0,001
8-9	0,82	P< 0,001
10-11	1	Полное соответствие
12-14	1	Полное соответствие

Таблица 2

Оценка прогноза УЗИ по выявлению объекта исследования

Возраст, годы	Чувствительность	Специфичность	Прогностическая ценность результата		Точность
			положительного	отрицательного	
0-2	100 %	97,9 %	95,5 %	100 %	98,5 %
3-4	100 %	91,8 %	97 %	100 %	97,8 %
4,5-7	100 %	90 %	99,2 %	100 %	99,3 %
8-9	100 %	70 %	97,4 %	100 %	97,6 %
10-11	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
12-14	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Таблица 3

Результаты сравнительного анализа по качеству исследуемого объекта (кость/хрящ) по УЗИ и Rg

Возраст, годы	На УЗИ есть начальные признаки оссификации, на Rg отсутствуют		На УЗИ и Rg есть признаки оссификации		На УЗИ и Rg нет признаков оссификации	
	абс. число измерений	%	абс. число измерений	%	абс. число измерений	%
0-2	4	1,4	85	30,4	191	68,2
3-4	5	2,2	163	72,8	56	25
4,5-7	3	2,1	120	83,9	20	14
8-9	7	2,4	263	92	16	5,6
10-11	-	-	307	93	22	7
12-14	-	-	224	100	-	-

При проведении сравнительного анализа двух способов измерения использовали метод Бленда – Альтмана для выявления систематической ошибки измерений.

В возрастных группах от 0 до 11 лет систематическая ошибка не выявлена и расхождения значимо не отличаются от 0. В шестой возрастной группе (12-14 лет) выявлены значимые различия в замерах ($p<0,01$) по трапециевидной кости (TZ), эпифизу лучевой кости (EU) и эпифизу 1 пястной кости (E1).

Это можно объяснить практически полным окостенением структур лучезапястного сустава в этом возрасте и, как следствие, взаимным наложением контуров кортикальных пластинок костей. Иногда это приводит к неточностям измерений. В отношении зоны роста также были выявлены значимые различия. На наш взгляд, это обусловлено меньшим шагом измерения на УЗИ и, вследствие этого, более высокой точностью в сравнении с использованием обычной линейки при анализе рентгенограмм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ультразвуковое исследование скелета запястья и кисти может использоваться для определения костного возраста у детей. Относитель-

ная простота предложенного метода и абсолютная безопасность для детского организма позволяют широко использовать его в клинической практике.

ВЫВОДЫ

1. УЗИ является высокоинформативным и доступным для широкого применения методом оценки костного возраста у детей.

2. Предложенная нами методика обладает высокой чувствительностью, специфичностью и точностью у детей от 0 до 14 лет.

3. Проведенные рентгеносонографические со-

поставления позволили установить, что при УЗИ выявляются все объекты, необходимые для определения костного возраста, что и на рентгенограмме. Точки окостенения, соответствующие неминерализованной или слабоминерализованной костной ткани, на УЗИ проявляются раньше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А. А., Щеплягина Л. А. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы): в 2 т. М., 2006. 874 с.
2. Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.
3. Ермолаев О. Е. Математическая статистика для психологов. М.: Моск. психолого- социал. ин-т Флинта, 2003. 336 с.
4. Лагунова И. Г. Рентгеноанатомия скелета: рук. для врачей. М.: Медицина, 1981. 368 с.
5. Майкова-Строганова В. С., Рохлин Д. Г. Кости и суставы в рентгеновском изображении. Конечности. Л.: Медгиз, 1957. 528 с.
6. Мак Нелли Ю. Ультразвуковые исследования костно-мышечной системы: практ. рук. /под ред. Г. И. Назаренко, И. Б. Героевой. М.: Видар-М, 2007. 400 с.
7. Садофьева В. И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы детей. Л.: Медицина, 1990. 195 с.
8. Ультразвуковая анатомия здорового ребенка / под ред. И. В. Дворяковского. М.: СТРОМ, 2009. Гл.12. С. 305-346.
9. Юрьев В. В., Воронович Н. Н., Хомич М. М. Рост и развитие ребенка СПб.: СПбГПМА, 2000.197 с.
10. Bianchi S., Martinoli C. Ultrasound of the musculoskeletal system. Berlin ; New York : Springer, 2007. P. 425-549.
11. Bradle M., O'Donnel P. Atlas of musculoskeletal ultrasound anatomy. London ; San Francisco : Greenwich Medical Media, 2002. P. 82-114.
12. Gilsanz V., Ratib O. Hand bone age : a digital atlas of skeletal maturity. Berlin ; New York : Springer, 2005. 95 p.
13. Moeller T.B., Reif E. Атлас секционной анатомии. Компьютерные томограммы и магнитно-резонансные изображения. Том 3. Позвоночник, конечности, суставы. Stuttgart ; New York : Thieme, 2010. P. 2-106.

Рукопись поступила 30.12.2011.

Сведения об авторах:

1. Алексеева Лариса Николаевна – ГБУЗ «Челябинская областная детская клиническая больница», г. Челябинск, врач отделения ультразвуковой диагностики, e-mail: alexlanik@mail.ru.
2. Кинзерский Александр Юрьевич – ООО «Сонар», г. Челябинск, д.м.н., профессор, e-mail: kinzersky@yandex.ru.