

## Возможности ультразвукового метода в диагностике краниосиностозов у детей первого года жизни

Н.Н. Джанджгава<sup>1</sup>, А.Б. Сугак<sup>1</sup>, Е.А. Филиппова<sup>1</sup>, Л.А. Сатанин<sup>2</sup>, Д.С. Крючко<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» Минздрава России, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия

## Possibilities of the ultrasonography in the diagnosis of craniosynostosis in children of the first year of life

N.N. Dzhandzhgava<sup>1</sup>, A.B. Sugak<sup>1</sup>, E.A. Filippova<sup>1</sup>, L.A. Satanin<sup>2</sup>, D.S. Kryuchko<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Federal Medical and Biology Agency, Moscow, Russia

Краниосиностоз – преждевременное закрытие швов черепа, проявляющееся деформацией головы и требующее хирургического лечения. Для дифференциальной диагностики краниосиностоза и доброкачественных позиционных деформаций черепа у младенцев необходимо инструментальное обследование состояния швов черепа. Традиционно для этого используют лучевые методы – рентгенографию и компьютерную томографию с трехмерной реконструкцией. За последние два десятилетия накоплено большое количество данных о высокой информативности ультразвукового метода в оценке состояния швов черепа у детей. Ультразвуковое исследование широкодоступно, легко выполнимо, воспроизводимо, не требует седации пациента и не несет лучевой нагрузки, что особенно важно при обследовании детей раннего возраста. Отрицательный результат исследования позволяет исключить диагноз краниосиностоза, в то время как выявление сращения шва служит показанием к направлению ребенка на консультацию к хирургу и к дальнейшему обследованию. Ультразвуковой метод следует шире использовать в качестве скринингового при выявлении деформации головы и подозрении на краниосиностоз у детей первого года жизни.

**Ключевые слова:** дети, краниосиностоз, ультразвуковая диагностика.

**Для цитирования:** Джанджгава Н.Н., Сугак А.Б., Филиппова Е.А., Сатанин Л.А., Крючко Д.С. Возможности ультразвукового метода в диагностике краниосиностозов у детей первого года жизни. *Рос вестн перинатол и педиатр* 2021; 66:(5): 127–134. DOI: 10.21508/1027-4065-2021-66-5-127-134

Craniosynostosis is a premature closure of the skull sutures, manifested by deformation of the head requiring surgical treatment. An instrumental examination of the state of the cranial sutures is necessary for the differential diagnosis of craniosynostosis and benign positional deformities of the skull in infants. Traditionally, radiation methods, such as X-ray and computed tomography with three-dimensional reconstruction, are used for this purpose. Over the past two decades, we have accumulated a large amount of data on the high information content of the ultrasound method in assessing the state of the cranial sutures in children. Ultrasound examination is widely available, easy to perform, reproducible; it does not require sedation of the patient and does not carry radiation exposure, which is especially important when examining young children. A negative result of the study makes it possible to exclude the diagnosis of craniosynostosis, while the detection of suture fusion serves as an indication for referring the child to visit a surgeon and further examination. The ultrasound method should be more widely used as a screening method for detecting head deformity and suspicion of craniosynostosis in children of the first year of life.

**Key words:** children, craniosynostosis, ultrasound.

**For citation:** Dzhandzhgava N.N., Sugak A.B., Filippova E.A., Satanin L.A., Kryuchko D.S. Possibilities of the ultrasonography in the diagnosis of craniosynostosis in children of the first year of life. *Ros Vestn Perinatol i Peditr* 2021; 66:(5): 127–134 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2021-66-5-127-134

© Коллектив авторов, 2021

Адрес для корреспонденции: Джанджгава Нино Николаевна – врач отдела ультразвуковой диагностики в неонатологии и педиатрии Национального медицинского исследовательского центра акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова, ORCID: 0000-0003-4723-7139 e-mail: nnjdoc@gmail.com

Сугак Анна Борисовна – д.м.н., вед. науч. сотр. отдела ультразвуковой диагностики в неонатологии и педиатрии Национального медицинского исследовательского центра акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова, ORCID: 0000-0003-4509-4154

Филиппова Елена Александровна – к.м.н., зав. отделом ультразвуковой диагностики в неонатологии и педиатрии Национального медицинского

исследовательского центра акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова, ORCID: 0000-0002-4964-1736

117997, Москва, ул. Академика Опарина, д. 4

Сатанин Леонид Александрович – к.м.н., врач-нейрохирург 1-го нейрохирургического отделения (детская нейрохирургия) Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко, ORCID: 0000-0003-2051-1855

125047, Москва, 4-я Тверская-Ямская ул., 16

Крючко Дарья Сергеевна – д.м.н., проф. кафедры неонатологии Национального медицинского исследовательского центра акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова, начальник управления трансляционной медицины и инновационных технологий Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0001-9047-6050.

125310, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 1

**Определение, классификация и клинические проявления краниосиностоза.**

**К**раниосиносто́з — врожденный порок развития, при котором происходит преждевременное закрытие одного или нескольких швов черепа, проявляющееся его характерными деформациями [1–3]. Аномальные формы черепа описаны еще Гиппократом и Галеном, а в 1851 г. Рудольф Вирхов первым связал эти изменения с преждевременным закрытием черепных швов [4, 5]. Помимо термина «краниосиносто́з», встречается термин «краниостеноз», которым некоторые авторы называют последствия преждевременного закрытия швов — неспецифическое повреждение головного мозга в результате недостаточного расширения полости черепа в период наиболее активного роста мозга [1]. Кроме того, существует описательный термин «плагиоцефалия», которым обозначают любую асимметрию черепа либо его искривленную косую форму независимо от причин возникновения [6]. Самый частый вариант асимметрии черепа — одностороннее уплощение затылочной области, которое развивается у детей с привычным или вынужденным положением головы на фоне кривошеи или нарушений мышечного тонуса [7, 8]. Такая деформация носит название «позиционная» (несиностотическая) плагиоцефалия [6]. Позиционная плагиоцефалия встречается примерно у одного из 300 живорожденных [9]. Для нее характерно то, что швы черепа остаются открытыми, хирургическое лечение не требуется и при своевременной диагностике и правильном уходе деформация может регрессировать [6, 7].

Швы черепа — это плотная соединительная ткань с большим количеством коллагеновых волокон между костями черепа. Швы позволяют черепу интенсивно увеличиваться в первые два года жизни ребенка, что обусловлено быстрым ростом головного мозга в этот период [3]. Выделяют метопический (лобный), сагиттальный (стреловидный), венечный (коронарный) и лямбдовидный швы (рис. 1). Большинство швов свода черепа по своей форме зубчатые. При рождении края костей ровные, первые зубцы возникают на 7-м месяце жизни, на 2-м году жизни число зубцов увеличивается, к 3–4 годам смыкание краев костей завершается. Окончательное формирование швов происходит к 17–20 годам, а облитерация — после 22–25 лет [10]. Исключение составляет метопический шов, который закрывается раньше всех — к 3–9 мес.

При преждевременном синостозировании ограничивается рост кости вдоль закрытого шва и происходит компенсаторный рост в области интактных швов, что приводит к характерной деформации черепа (рис. 2). В результате возникает краниоцеребральная диспропорция — несоответствие размеров черепа и активно растущего головного мозга [2]. Последствиями краниоцеребральной диспропорции являются повышение внутричерепного давления, отек и дегене-

ративные изменения зрительного нерва, нарушения зрения и слуха, когнитивные и поведенческие расстройства. Немаловажен также косметический дефект, нарушающий социальную адаптацию детей [2, 3].

Краниосиносто́зы встречаются у одного на 2100–2500 живорожденных и могут быть несиндромальными (изолированными) или синдромальными (табл. 1) [3, 11]. При синдромальных формах, наряду с краниосиносто́зом, имеются другие врожденные аномалии развития — поражение костей основания черепа, лицевого скелета, интракраниальных структур, а также деформации костей конечностей и аномалии внутренних органов. Наиболее распространенные поражения головного мозга при синдромальных краниосиносто́зах — мальформация Киари I типа (в 70–100% случаев), аномалии венозных синусов, гипоплазия мозолистого тела, гидроцефалия и внутричерепная гипертензия [12]. Синдромальные формы составляют 10–20% от всех краниосиносто́зов [3, 13]. При синдромальных формах, как правило, преждевременно срастается более одного шва (полисиносто́зы), при несиндромальных формах чаще поражается только один шов (моносиносто́з). В группе несиндромальных краниосиносто́зов наиболее распространен синосто́з сагиттального шва (40–60%), далее по частоте следует метопический синосто́з, одно- или двусторонний синосто́з коронарного и лямбдовидного швов встречаются гораздо реже [3].

Разделение краниосиносто́зов на формы основано на данных морфологического и генетического обследования и по мере накопления информации и распространения доступности генетических исследований, вероятно, больше пациентов с несиндромальными формами будут относиться к группе с синдромальными формами [3, 14]. Среди синдромальных форм наиболее часто встречается синдром Мюнке, затем — синдромы Крузона и Пфайффера, реже — синдром Аперта [3].

В отличие от позиционной плагиоцефалии при краниосиносто́зе в большинстве случаев проводится хирургическое лечение. При этом преследуются две задачи — увеличение объема полости черепа для предотвращения развития синдрома внутричерепной гипертензии и устранение деформации черепа [1–3]. Позднее выполнение хирургической коррекции (после 9–12 мес жизни) приводит к прогрессирующей деформации основания черепа и к аномальному росту ее лицевой части [15, 16]. Поэтому раннее оперативное вмешательство более эффективно как в функциональном, так и в косметическом отношении. Существуют различные методы лечения краниосиносто́за — сатурэктомия (резекция части костей черепа, включающей область синосто́за), реконструктивные операции, при которых краниотомия сочетается с ремоделированием костей черепа с использованием остеосинтеза, а также комбинированные методы, при которых

хирургические методы сочетают с использованием моделирующих устройств [2]. В последние годы все шире применяется малоинвазивная эндоскопическая суртурэктомия с последующей послеоперационной терапией краниальными ортезами (шлемами) [17, 18]. По данным большинства авторов, оптимальное время для лечения краниосиностоза — от первых месяцев до года жизни [1, 19, 20].

### Традиционная диагностика краниосиностозов

Пренатальная ультразвуковая диагностика краниосиностоза у плода возможна со II триместра беременности на основании различных косвенных признаков — изменения цефалического индекса, деформации черепа, потери гипоэхогенности нормальных швов [21, 22]. Чаще диагностируют синдромальные формы краниосиностоза, при которых деформации лицевого и мозгового черепа сочетаются с другими аномалиями плода.

В постнатальном периоде диагноз краниосиностоз основан в первую очередь на клиническом осмотре и краниометрических измерениях: оценивают деформацию головы, глазниц, носа, аномалии родничков, измеряют окружность головы, продольный, поперечный, косые диаметры головы, вычисляют краниальный индекс и индекс асимметрии [2, 3]. Однако непосредственная визуализация состояния швов необходима для дифференциальной диагностики позиционных деформаций черепа и краниосиностоза, а также обязательна на этапе предоперационного планирования при краниосиностозе [12, 19]. До недавнего времени инструментальная диагностика причин деформаций черепа была полностью основана на данных, получаемых с помощью лучевых методов исследования, таких как рентгенография черепа и компьютерная томография с трехмерной реконструкцией.

Таблица 1. Формы краниосиностозов [3, с изменениями]

Table 1. Types of craniosynostosis [3, with changes]

Формы	Аномалии/нозологии
Синдромальная	Синдром Аперта (мутация Ser252Trp и Pro253Arg, делеция IIIc экзона, Alu инсерция IIIc экзона в гене <i>FGFR2</i> )
	Синдром Крузона и Пфайффера (мутации в гене <i>FGFR3</i> за исключением мутаций синдрома Аперта)
	Синдром Сетре–Чотзена (мутации или делеции в гене <i>TWIST1</i> )
	Синдром Мюнке (Pro250Arg мутация в гене <i>FGFR-3</i> )
	Краниофронтоназальная дисплазия (мутации в гене <i>EFNB1</i> )
	Комплексный краниосиностоз (синдромальная картина без установленной мутации, обычно 2 синостозированных шва и более)
Несиндромальная	Синостоз сагиттального шва (скафоцефалия)
	Синостоз метопического шва (тригоноцефалия)
	Синостоз коронарного шва, односторонний (лобная плагиоцефалия)
	Синостоз коронарного шва, двусторонний (лобная брахицефалия)
	Синостоз лямбдовидного шва, односторонний (затылочная плагиоцефалия)
Синостоз лямбдовидного шва, двусторонний (пахицефалия)	

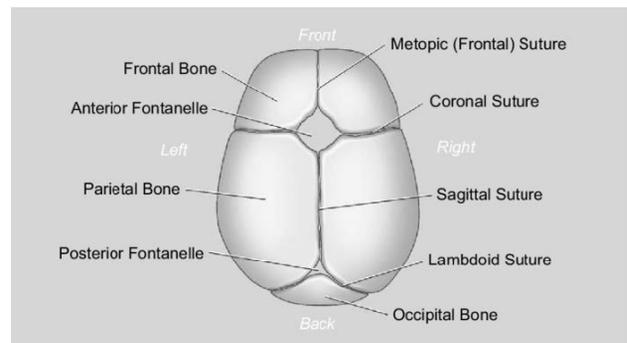


Рис. 1. Схема швов и родничков черепа у новорожденного [https://www.researchgate.net/figure/Types-of-craniosynostosis\_fig1\_318686801].

Fig. 1. Diagram of sutures and fontanelles of the skull in a newborn.

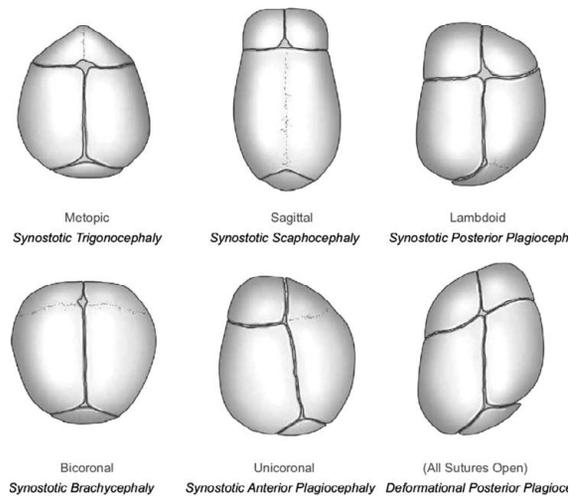


Рис. 2. Схема различных типов краниосиностозов и позиционной плагиоцефалии [https://www.researchgate.net/figure/Types-of-craniosynostosis\_fig1\_318686801].

Fig. 2. Diagram of various types of craniosynostoses and positional plagiocephaly.

Рентгенография черепа ранее была первым методом обследования при подозрении на краниосиностоз [3]. На рентгеновских снимках оценивается наличие швов, а также вторичные изменения — «пальцевые вдавления» на внутренней поверхности черепа вследствие повышения внутричерепного давления. Хотя рентгенография может обнаружить краниосиностоз с довольно высокой специфичностью (до 95%), чувствительность метода недостаточно высока и варьирует от 80 до 60% [23, 24]. Низкая чувствительность рентгенографии, особенно у детей первых 3 мес жизни, связана с низкой минерализацией костной ткани в этом возрасте [25, 26]. Кроме того, результаты исследования могут быть ложноположительными и ложноотрицательными из-за неправильного наклона луча относительно плоскости поверхности черепа и из-за неправильно подобранных режимов краниографии [12]. Поэтому в настоящее время рентгенография черепа для диагностики краниосиностоза потеряла свою актуальность в связи с ограниченностью получаемой информации и трудностями проведения корректного исследования у детей раннего возраста [2].

«Золотым стандартом» в диагностике краниосиностоза признана компьютерная томография высокого разрешения с трехмерной реконструкцией черепа, при которой возможна оценка не только швов свода, но и костей лица и основания черепа [27–29]. Данные компьютерной томографии используют для компьютерной краниометрии, моделирования и планирования хирургических вмешательств, изготовления индивидуальных шаблонов и имплантатов, выбора и использования дистракционных устройств, а также наблюдения и выявления осложнений в послеоперационном периоде [2, 28].

Множество исследований свидетельствуют о неблагоприятном воздействии ионизирующей радиации на детский организм при использовании лучевых методов диагностики [30–32]. Это обусловлено как большей чувствительностью к облучению активно растущих тканей у детей, так и большим количеством прогнозируемых оставшихся лет жизни, в течение которых могут развиваться злокачественные новообразования [31, 32]. Так, по данным E.J. Hall [30], одна и та же доза облучения у ребенка в возрасте 1 года в 10–15 раз повышает риск возникновения онкологических заболеваний по сравнению с таковым у взрослого в возрасте 50 лет. M.S. Pearce и соавт. установили, что у детей, получивших дозу 50–60 мГр, соответствующую 2–3 процедурам компьютерной томографии головы в стандартных режимах, риск развития лейкоза и злокачественных новообразований головного мозга увеличивается в 3 раза по сравнению с риском у детей, которым исследования с применением лучевых методов диагностики в первые годы жизни не проводились [31]. Авторы рассчитали, что с учетом относительной редкости данных злокачественных

новообразований кумулятивный абсолютный риск мал — один дополнительный случай лейкоза и один дополнительный случай опухоли головного мозга на 10 тыс. компьютерных томограмм головы в течение 10 лет после первого сканирования у детей младше 10 лет [31]. Тем не менее при планировании обследования ребенка всегда следует отдавать предпочтение методам, не обладающим лучевой нагрузкой.

Магнитно-резонансная томография традиционно используется как дополнительный метод визуализации структур головного мозга и мягких тканей головы у детей с краниосиностозом и подозрением на сопутствующие пороки развития и аномалии сосудов мозга [12]. Для оценки костных структур и швов до недавнего времени магнитно-резонансная томография не использовалась, но в последние годы разработан новый протокол сканирования «черная кость» («Black Bone»), позволяющий оценивать в том числе швы черепа у детей [33, 34]. Однако этот метод еще недостаточно изучен и пока не получил широкого распространения.

### **Оценка состояния швов свода черепа у детей первого года жизни с помощью ультразвукового метода**

Впервые возможность исследования швов черепа у детей грудного возраста в норме при помощи ультразвукового метода описана D. Soboleski и соавт. еще в 1997 г. [35]. Исследователи пришли к выводу, что ультразвуковое исследование с использованием высокочастотных датчиков — простой и надежный способ оценить наличие шва и его ширину. Годом позже теми же авторами были описаны эхографические изменения, соответствующие синостозу швов свода черепа [36].

Для ультразвукового исследования швов костей свода черепа применяют высокочастотные линейные датчики с частотой не менее 12 МГц. Сканирование проводится в плоскости, перпендикулярной анатомической проекции швов, на всем их протяжении [37, 38]. В качестве анатомических ориентиров используют передний и задний роднички. Открытый шов визуализируется как гипоэхогенная щель между двумя гиперэхогенными костными пласти-



*Рис. 3. Эхограмма сагиттального шва у ребенка 3 мес в норме (открытый шов выглядит как гипоэхогенный промежуток (стрелка) между гиперэхогенными костными пластинами черепа; собственные данные).*

*Fig. 3. Ultrasound imaging of normal sagittal suture in 3-month-old child (open suture looks like hypoechoic gap (arrow) between hyperechoic bone plates of the skull; own data).*

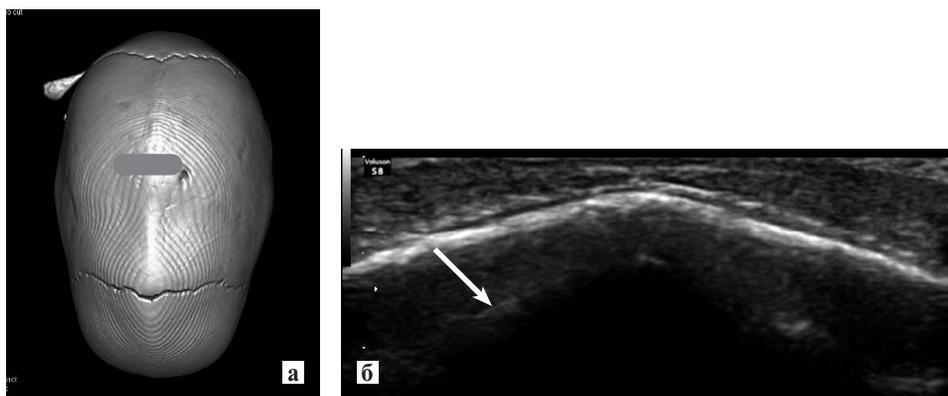


Рис. 4. Синостоз сагиттального шва у ребенка 4 мес.

а – эхограмма (гипоэхогенный промежуток между костными пластинами отсутствует (стрелка)); б – компьютерная томограмма черепа с трехмерной реконструкцией (сагиттальный шов закрыт на протяжении, указано место, соответствующее расположению ультразвукового датчика; собственные данные).

Fig. 4. Synostosed sagittal suture in 4-month-old child.

а – ultrasound imaging (there is no hypoechoic gap between the bone plates (arrow)); б – 3D CT imaging (the sagittal suture is closed along throughout, the location of the ultrasonic transducer is marked) (own data).

нами [35, 37, 39] (рис. 2). Синостозированный шов эхографически определяется как отсутствие гипоэхогенной щели между костными пластинами [36, 37, 39] (рис. 3). При ультразвуковом исследовании швов костей свода черепа проводят качественную оценку шва – определяют его наличие или отсутствие. Наличие шва достоверно определяется при его ширине 0,5 мм и более [40]. Зависимости ширины шва от возраста ребенка в исследованиях D. Soboleski и соавт. [35] и Т. Okamoto и соавт. [41] не получено.

Эффективность и достоверность результатов ультразвукового исследования швов черепа у детей с подозрением на краниосиностоз убедительно продемонстрирована во многих работах [37–40, 42–48]. В обзоре М. Proisy и соавт. [19] приводятся данные о 10 научных исследованиях, в которых проведен анализ чувствительности и специфичности ультразвукового метода в диагностике краниосиностоза при сравнении с компьютерной томографией, и/или рентгенографией, и/или клиническим наблюдением в динамике (табл. 2). По данным авторов, чувствительность ультразвукового исследования в диагностике краниосиностоза у детей раннего возраста составила от 71,4 до 100%, специфичность – от 86 до 100% [37–39, 42–48]. Сомнительные результаты ультразвукового исследования швов встречались очень редко – как правило, вследствие беспокойного поведения ребенка из-за относительно большого возраста пациента (12–18 мес), а также при интерпретации результатов оценки метопического шва, который в норме закрывается раньше других швов [37, 39, 45].

Большинство авторов отмечают, что ультразвуковой метод в диагностике краниосиностоза целесообразно использовать у детей до 8–12 мес [19, 37, 40, 45]. Надежность визуализации швов уменьшается с возрастом из-за подвижности и плохого контакта ребенка с врачом, увеличения густоты волос. Трудно-

сти интерпретации состояния шва также возникают у детей старше 12–13 мес из-за сужения ширины швов менее 0,5 мм [40, 43].

Считают, что информативность ультразвукового метода исследования зависит от квалификации и опыта специалиста, проводящего исследования, однако, по данным различных исследований, вариабельность оценки состояния швов свода черепа с помощью ультразвукового исследования разными специалистами крайне мала – согласованность во мнениях составляла 97–100% [39, 40]. Безусловно, для самостоятельного проведения ультразвукового исследования швов черепа необходимо теоретическое и практическое обучение, но в целом методика легко выполнима.

Ультразвуковой метод исследования швов черепа при подозрении на краниосиностоз обладает рядом преимуществ перед другими методами: при своей высокой информативности он широкодоступен, экономичен, прост в выполнении, не требует много времени, не требует седации пациента и, что особенно важно, не несет лучевой нагрузки [12, 19, 39]. И для родителей, и для клиницистов также привлекательно, что интерпретация полученных результатов проводится врачом ультразвуковой диагностики непосредственно во время исследования.

К сожалению, информированность врачей о возможностях ультразвукового метода в визуализации швов свода черепа крайне недостаточна, причем не только среди педиатров и неонатологов, но и среди хирургов и специалистов ультразвуковой диагностики.

#### Современный алгоритм обследования при подозрении на краниосиностоз

Результаты многочисленных исследований позволяют рекомендовать ультразвуковое исследование швов свода черепа как первый метод инструментального обследования при обнаружении у ребенка пер-

**Таблица 2. Чувствительность и специфичность ультразвукового метода в диагностике краниосиностоза по данным различных исследований [19]**

**Table 2. Sensitivity and specificity of ultrasound in the diagnosis of craniosynostosis according to various studies [19]**

Исследование	«Золотой стандарт»	Число пациентов	Средний возраст пациентов, мес (мин–макс)	Синостоз по данным УЗИ	Сомнительные данные УЗИ	Чувствительность УЗИ, %	Специфичность УЗИ, %
R.W. Sze и соавт., 2003 [42]	КТ	41	7,7 (1–24)	2	0	100	89
J. Regelsberger и соавт., 2006 [43]	КТ	26	(2–7)	26	0	100	100
N. Simanovsky и соавт., 2009 [38]	КН или РГ или КТ	24	4,3 (1–11)	8	1	100	100
M. Krimmel и соавт., 2012 [46]	КН или РГ или КТ	54	6,0 (0,8–11,7)	8	4	71,4	95,7
H. Alizadeh и соавт., 2013 [47]	КТ	44	5,7 (0,6–12)	31	0	96,9	100
C.Linz и соавт., 2015 [48]	РГ и /или КН	269	6,4 (2–11,5)	8	0	100	100
K. Rozovsky и соавт., 2016 [39]	РГ	126	(0–12)	8	1	100	98
L. Pogliani и соавт., 2017 [37]	КТ и/или КН	196	4	28	2	100	86
K.M. Hall и соавт., 2017 [45]	КТ и/или КН	60	4,6	7	4	100	100
M. Proisy и соавт., 2017 [44]	КТ	40	5,2 (0,4–9,2)	30	0	100	100

*Примечание.* КТ – компьютерная томография черепа; РГ – рентгенография черепа; КН – клиническое наблюдение в динамике.

вых месяцев жизни деформации черепа и подозрении на краниосиностоз при клиническом осмотре [12, 19, 39]. На этапе скрининга ультразвуковой метод может заменить рентгенографию костей черепа [3]. Если по данным ультразвукового исследования получен отрицательный результат, дальнейшее инструментальное обследование не требуется [12, 19, 39]. Если по данным ультразвукового исследования подтверждается сращение шва либо результаты сомнительные, ребенка следует направить к хирургу, который выбирает дальнейшую тактику обследования. При выявлении синостиозирования шва ультразвуковым методом для более подробной оценки проводят компьютерную томографию черепа с трехмерной реконструкцией, причем данное исследование должно выполняться только для планирования хирургического вмешательства на этапе предоперационной подготовки, а не применяться в качестве метода первичной инструментальной диагностики краниосиностоза. При сомнительных результатах ультразвукового исследования может быть сразу назначена

компьютерная томография черепа с трехмерной реконструкцией либо рекомендовано повторное ультразвуковое или рентгеновское исследование через 1–2 мес в зависимости от клинических данных [3, 12, 19, 39].

**Заключение**

Деформация черепа обычно выявляется в первые месяцы жизни ребенка, и в этот период следует провести дифференциальную диагностику между краниосиностозом и позиционными нарушениями, чтобы вовремя осуществить хирургическое лечение и избежать тяжелых осложнений. С помощью ультразвукового метода можно с высокой точностью оценить состояние швов черепа в этом возрасте, причем отрицательный результат исследования позволяет исключить краниосиностоз, не подвергая ребенка лучевому воздействию. Ультразвуковое исследование следует шире использовать в качестве скринингового метода при деформациях головы и подозрении на краниосиностоз у детей на амбулаторном этапе.

**ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)**

1. Лопатин А.В., Ясонов С.А. Общие вопросы ранней диагностики краниосиностозов. Методические рекомендации для врачей. М: ПроМедиа, 2005; 50. [Lopatin A.V., Yasonov S.A. General issues of early diagnosis craniosynostosis. Guidelines for doctors. M: ProMedia, 2005; 50. (in Russ.)]
2. Сатанин Л.А., Горельшев С.К. Клинические рекомендации «Хирургическое лечение несиндромальных краниосиностозов у детей». Ассоциация нейрохирургов России 2015; 24. [Satanin L.A., Gorelyshev S.K. Clinical recommendations “Surgical treatment of nonsyndromic craniosynostosis in children”. Association of neurosurgeons of Russia 2015; 24. (in Russ.)]
3. Mathijssen I.M. Guideline for care of patients with the diagnoses of craniosynostosis: working group on craniosynostosis.

- J Craniofac Surg 2015; 26(6): 1735–1807. DOI: 10.1097/SCS.0000000000002016
4. *Cohen M.* Craniosynostosis: Diagnosis, Evaluation, and Management. New York: Raven Press; 1986: 606
  5. *Virchow R.* Über den Cretinismus, namentlich in Franken, und über pathologische Schädelformen. Verh Phys Med Gesellsch 1851; 2: 230
  6. *Ясонов С.А., Лопатин А.В.* Плагиоцефалия: классификация асимметричных деформаций черепа синотической природы. Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии 2016; 2: 72–84. [Yasonov S.A., Lopatin A.V. Plagiocephaly: the classification for asymmetrical skull deformation of synostotic origin. Annaly plasticheskoi, rekonstruktivnoi i estetcheskoi khirurgii 2016; 2: 72–84. (in Russ.)]
  7. *Laughlin J., Luerssen T.G., Dias M.S.* Prevention and management of positional skull deformities in infants. Pediatrics 2011; 128(6): 1236–1241. DOI: 10.1542/peds.2011-2220
  8. *David D.J., Menard R.M.* Occipital plagiocephaly. Br J Plast Surg 2000; 53(5): 367–377. DOI: 10.1054/bjps.2000.3329
  9. *Kabbani H., Raghuvveer T.S.* Craniosynostosis. Am Fam Physician 2004; 69(12): 2863–2870
  10. *Баландина И.А., Маслова О.А., Гаряев П.А., Рудин В.В.* Особенности регионарной анатомии головы ребенка. СПб: ЭЛБИ, 2009; 160. [Balandina I.A., Maslova O.A., Garyaev P.A., Rudin V.V. Features of regional anatomy of the child's head. Saint Petersburg: ELBI, 2009; 160. (in Russ.)]
  11. *Flores-Sarnat L.* New insights into craniosynostosis. Semin Pediatr Neurol 2002; 9 (4): 274–291. DOI: 10.1053/spen.2002.32504
  12. *Massimi L., Bianchi F., Frassanito P., Calandrelli R., Tamburrini G., Caldarelli M.* Imaging in craniosynostosis: when and what? Child's Nerv Syst 2019; 35(12): 2055–2069. DOI: 10.1007/s00381-019-04278-x
  13. *Castro Coyotl D.M., Rosas Huerta X.O., Sanchez Vazquez J.J., Diaz Sanchez M.I., Rodriguez Peralta J.S., Tetitla Munive J.M. et al.* Guide to clinical practice for diagnosis, treatment and rehabilitation of non-syndromic craniosynostosis on 3 levels of care. Cirugia y Cirujanos 2017; 85(5): 401–410. DOI: 10.1016/j.circir.2016.10.028
  14. *Lattanzi W., Barba M., Di Pietro L., Boyadjiev S.A.* Genetic advances in craniosynostosis. Am J Med Genet A 2017; 173(5): 1406–1429. DOI: 10.1002/ajmg.a.38159
  15. *Panchal J., Uttchin V.* Management of craniosynostosis. Plast Reconstr Surg 2003; 111(6): 2032–2048; quiz 2049. DOI: 10.1097/01.PRS.0000056839.94034.47
  16. *Ursitti F., Fadda T., Papetti L., Pagnoni M., Nicita F., Iannetti G., Spalice A.* Evaluation and management of nonsyndromic craniosynostosis. Acta Paediatr 2011; 100(9): 1185–1194. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2011.02299.x
  17. *Jimenez D.F., Barone C.M.* Endoscopic techniques for craniosynostosis. Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2010; 18(2): 93–107. DOI: 10.1016/j.cxom.2010.08.004
  18. *Rottgers S.A., Lohani S., Proctor M.R.* Outcomes of endoscopic suturectomy with postoperative helmet therapy in bilateral coronal craniosynostosis. J Neurosurg Pediatr 2016; 18(3): 281–286. DOI: 10.3171/2016.2.PEDS15693
  19. *Proisy M., Bruneau B., Riffaud L.* How ultrasonography can contribute to diagnosis of craniosynostosis. Neurochirurgie 2019; 65(5): 228–231. DOI: 10.1016/j.neuchi.2019.09.019
  20. *Han M.H., Kang J.Y., Han H.Y., Cho Y.H., Jang D.-H.* Relationship between starting age of cranial-remolding-orthosis therapy and effectiveness of treatment in children with deformational plagiocephaly. Childs Nerv Syst 2017; 33(8): 1349–1356. DOI: 10.1007/s00381-017-3427-9
  21. *Harada A., Miyashita S., Nagai R., Makino S., Murotsuki J.* Prenatal sonographic findings and prognosis of craniosynostosis diagnosed during the fetal and neonatal periods. Congenit Anom 2019; 59(4): 132–141. DOI: 10.1111/cga.12308
  22. *Vargo J.D., Hasan A., Andrews B.T.* Identification and management of cranial anomalies in perinatology. Clin Perinatol 2018; 45(4): 699–715. DOI: 10.1016/j.clp.2018.07.008
  23. *Vannier M.W., Hildebolt C.F., Marsh J.L., Pilgram T.K., McAlister W.H., Shackelford G.D. et al.* Craniosynostosis: diagnostic value of three-dimensional CT reconstruction. Radiology 1989; 173(3): 669–673. DOI: 10.1148/radiology.173.3.2813770
  24. *Vinocur D.N., Medina L.S.* Imaging in the evaluation of children with suspected craniosynostosis. Evidence-based imaging in pediatrics. New York: Springer-Verlag. 2010; 43–52. DOI: 10.1007/978-1-4419-0922-0\_4
  25. *Kotrikova B., Krempien R., Freier K., Muhling J.* Diagnostic imaging in the management of craniosynostoses. Eur Radiol 2007; 17(8): 1968–1978. DOI: 10.1007/s00330-006-0520-y
  26. *Nagaraja S., Anslow P., Winter B.* Craniosynostosis. Clin Radiol 2013; 68(3): 284–292. DOI: 10.1016/j.crad.2012.07.005
  27. *Binaghi S., Gudinchet F., Rilliet B.* Three-dimensional spiral CT of craniofacial malformations in children. Pediatr Radiol 2000; 30 (12): 856–860. DOI: 10.1007/s002470000343
  28. *Badve C.A., Mallikarjunappa M.K., Iyer R.S., Ishak G.E., Khanna P.C.* Craniosynostosis: imaging review and primer on computed tomography. Pediatr Radiol 2013; 43(6): 728–742 quiz 725–727. DOI: 10.1007/s00247-013-2673-6
  29. *Calandrelli R., D'Apolito G., Gaudino S., Stefanetti M., Massimi L., Di Rocco C. et al.* Radiological assessment of skullbase changes in children with syndromic craniosynostosis: role of “minor” sutures. Neuroradiology 2014; 56(10): 865–875. DOI: 10.1007/s00234-014-1392-5
  30. *Hall E.J.* Lessons we have learned from our children: cancer risks from diagnostic radiology. Pediatr Radiol 2002; 32(10): 700–706. DOI: 10.1007/s00247-002-0774-8
  31. *Pearce M.S., Salotti J.A., Little M.P., McHugh K., Lee C., Kim K.P. et al.* Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. Lancet 2012; 380(9840): 499–505. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0
  32. *Journy N., Ancelet S., Rehel J.-L., Mezzarobba M., Aubert B., Laurier D. et al.* Predicted cancer risks induced by computed tomography examinations during childhood, by a quantitative risk assessment approach. Radiat Environ Biophys 2014; 53(1): 39–54. DOI: 10.1007/s00411-013-0491-8
  33. *Eley K.A., Watt-Smith S.R., Sheerin F., Golding S.J.* “Black Bone” MRI: a potential alternative to CT with three-dimensional reconstruction of the craniofacial skeleton in the diagnosis of craniosynostosis. Eur Radiol 2014; 24(10): 2417–2426. DOI: 10.1007/s00330-014-3286-7
  34. *Kuusela L., Hukki A., Brandstack N., Autti T., Leikola J., Saarikko A.* Use of Black-Bone MRI in the diagnosis of the patients with posterior plagiocephaly. Childs Nerv Syst 2018; 34(7): 1383–1389. DOI: 10.1007/s00381-018-3783-0
  35. *Soboleski D., McCloskey D., Mussari B., Sauerbrei E., Clarke M., Fletcher A.* Sonography of normal cranial sutures. AJR Am J Roentgenol 1997; 168(3): 819–821. DOI: 10.2214/ajr.168.3.9057541
  36. *Soboleski D., Mussari B., McCloskey D., Sauerbrei E., Espinosa F., Fletcher A.* High-resolution sonography of the abnormal cranial suture. Pediatr Radiol 1998; 28 (2): 79–82. DOI: 10.1007/s002470050297
  37. *Pogliani L., Zuccotti G.V., Furlanetto M., Giudici V., Erbetta A., Chiapparini L. et al.* Cranial ultrasound is a reliable first step imaging in children with suspected craniosynostosis. Childs Nerv Syst 2017; 33(9): 1545–1552. DOI: 10.1007/s00381-017-3449-3
  38. *Simanovsky N., Hiller N., Koplewitz B., Rozovsky K.* Effectiveness of ultrasonographic evaluation of the cranial sutures in children with suspected craniosynostosis. Eur Radiol 2009; 19(3): 687–692. DOI: 10.1007/s00330-008-1193-5

39. Rozovsky K., Udjus K., Wilson N., Barrowman N.J., Simanovsky N., Miller E. Cranial ultrasound as a first-line imaging examination for craniosynostosis. *Pediatrics* 2016; 137(2): e20152230. DOI: 10.1542/peds.2015-2230
40. Regelsberger J., Delling G., Tsokos M., Helmke K., Kammler G., Kranzlein H. et al. High-frequency ultrasound confirmation of positional plagiocephaly. *J Neurosurg* 2006; 105(5 suppl): 413–417. DOI: 10.3171/ped.2006.105.5.413
41. Okamoto T., Nuri T., Harada A., Kyutoku S., Ueda K. Cranial suture measurement by 2-point method in ultrasound screening of craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2019; 7(5): e2225. DOI: 10.1097/GOX.0000000000002225
42. Sze R.W., Parisi M.T., Sidhu M., Paladin A.M., Ngo A.V., Seidel K.D. et al. Ultrasound screening of the lambdoid suture in the child with posterior plagiocephaly. *Pediatr Radiol* 2003; 33(9): 630–636. DOI: 10.1007/s00247-003-1009-3
43. Regelsberger J., Delling G., Helmke K., Tsokos M., Kammler G., Kranzlein H. et al. Ultrasound in the diagnosis of craniosynostosis. *J Craniofac Surg* 2006; 17(4): 623–625; discussion 626–8. DOI: 10.1097/00001665-200607000-00002
44. Proisy M., Riffaud L., Chouklati K., Treguier C., Bruneau B. Ultrasonography for the diagnosis of craniosynostosis. *Eur J Radiol* 2017; 90: 250–255. DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.03.006
45. Hall K.M., Besachio D.A., Moore M.D., Mora A.J., Carter W.R. Effectiveness of screening for craniosynostosis with ultrasound: a retrospective review. *Pediatr Radiol* 2017; 47(5): 606–612. DOI: 10.1007/s00247-017-3793-1
46. Krimmel M., Will B., Wolff M., Kluba S., Haas-Lude K., Schaefer J. et al. Value of high-resolution ultrasound in the differential diagnosis of scaphocephaly and occipital plagiocephaly. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41(7): 797–800. DOI: 10.1016/j.ijom.2012.02.022
47. Alizadeh H., Najmi N., Mehdizade M., Najmi N. Diagnosis accuracy of ultrasonic examination in suspected craniosynostosis among infants. *Indian Pediatr* 2013; 50(1): 148–150
48. Linz C., Collmann H., Meyer-Marcotty P., Bohm H., Kraub J., Muller-Richter U.D. et al. Occipital plagiocephaly: unilateral lambdoid synostosis versus positional plagiocephaly. *Arch Dis Child* 2015; 100(2): 152–157. DOI: 10.1136/archdischild-2014-305944

Поступила: 20.09.20

Received on: 2020.09.20

*Конфликт интересов:*

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

*Conflict of interest:*

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.