

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2024

NEURO-POCUS И ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ УЛЬТРАСОНОГРАФИЯ (ИСТОРИЯ, ОСНОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ)

Крюкова И.А.¹, Иова А.С.^{1,2}, Гузева В.И.³, Гармашов Ю.А., Гузева О.В.³, Крюкова Т.Е.³

¹ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

² Детский городской многопрофильный клинический специализированный центр высоких медицинских технологий, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. *Neuro-POCUS (Point-of-Care Ultrasound in neurology, ультразвуковая диагностика на месте оказания помощи при заболеваниях нервной системы) — это аббревиатура международного названия нового стратегического направления в нейромедицине. Оно предоставляет врачу-клиницисту уникальную возможность самому проводить нейросонологическое исследование во время осмотра пациента или проведения хирургических манипуляций. В отечественной литературе для такого подхода был предложен термин «клинико-сонографический осмотр». Особое значение это направление имеет в скрининг-диагностике, мониторинге и хирургической навигации при наиболее частых и опасных структурных внутричерепных изменениях (гематомах, опухолях, кистах, гидроцефалии и др.). Для разработки технологий Neuro-POCUS в 2022 году создана международная научная группа, согласно отчету которой оценка паренхимы головного мозга обсуждается в рамках мониторинга смещения срединной линии и ширины третьего желудочка и, в основном, с помощью транскраниальной цветовой дуплексной сонографии. Анализ литературы и собственных 30-летних исследований позволяют считать, что оптимальным вариантом визуализации головного мозга в рамках Neuro-POCUS является транскраниальная ультразвуковая диагностика в В-режиме. Обсуждаются история, основы и перспективы Neuro-POCUS.*

Ключевые слова: транскраниальная ультразвуковая диагностика; транскраниальная ультразвуковая диагностика головного мозга; транскраниальная сонография в В-режиме; транскраниальная цветочная дуплексная сонография; клинико-сонографический осмотр, POCUS; Neuro-POCUS; ультразвуковая диагностика «с головы до пят»

Для цитирования: Крюкова И.А., Иова А.С., Гузева В.И., Гармашов Ю.А., Гузева О.В., Крюкова Т.Е. Neuro-POCUS и транскраниальная ультразвуковая диагностика (история, основы и перспективы). *Российский неврологический журнал*. 2024;29(5):13–22. DOI 10.30629/2658-7947-2024-29-5-13-22

Для корреспонденции: Крюкова И.А., e-mail: i_krukova@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено без финансовой поддержки.

Информация об авторах

Крюкова И.А., <https://orcid.org/0000-0002-0746-5826>, e-mail: i_krukova@mail.ru

Иова А.С., <https://orcid.org/0000-0002-5904-1814>, e-mail: a_iova@mail.ru

Гузева В.И., <https://orcid.org/0009-0002-3493-1041>, e-mail: viktoryka@mail.ru

Гармашов Ю.А., <https://orcid.org/0009-0006-4676-2272>, e-mail: bregma@list.ru

Гузева О.В., <https://orcid.org/0000-0002-3639-4860>, e-mail: oksanadoc@bk.ru

Крюкова Т.Е., <https://orcid.org/0009-0006-8462-6079>, e-mail: tk.krukova@mail.ru

NEURO-POCUS AND TRANSCRANIAL ULTRASOUND (HISTORY, BASICS AND PROSPECTS)

Kriukova I.A.¹, Iova A.S.^{1,2}, Guzeva V.I.³, Garmashov Yu.A., Guzeva O.V.³, Kriukova T.E.³

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

² Children's City Multidisciplinary Clinical Specialized Center of High Medical Technologies, Saint Petersburg, Russia

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

Abstract. *Neuro-POCUS (Point-of-Care Ultrasound in neurology) is the international abbreviation for a new strategic direction in neuromedicine. It provides the clinician with a unique opportunity to perform neuroimaging themselves during patient examination or surgical manipulation to solve specific practical problems. In the domestic literature, the term «clinical-sonographic examination» was proposed for this approach. This direction is of particular importance in screening diagnosis, monitoring and surgical navigation in the most frequent and dangerous structural intracranial changes (hematomas, tumors, cysts, hydrocephalus, etc.). For the development of Neuro-POCUS technologies, an international scientific group was established in 2022, according to the report of which the assessment of brain parenchyma is discussed in the framework of monitoring midline shift and third ventricle width and mainly using transcranial color-coded duplex sonography. A review of the literature and our own 30 years of research suggest that B-mode transcranial ultrasonography is the optimal option for brain imaging within Neuro-POCUS. The history, foundations and prospects of Neuro-POCUS are discussed.*

Key words: transcranial ultrasonography; transcranial ultrasound; transcranial brain ultrasound; transcranial B-mode ultrasound; transcranial color-coded duplex sonography; POCUS; NeuroPOCUS; “head to toes” ultrasound; clinical-sonographic examination

For citation: Kriukova I.A., Iova A.S., Guzeva V.I., Garmashov Yu.A., Guzeva O.V., Kriukova T.E. Neuro-POCUS and transcranial ultrasound (history, basics and prospects). *Russian Neurological Journal (Rossijskij Nevrologicheskij Zhurnal)*. 2024;29(5):13–22. (In Russian). DOI 10.30629/2658-7947-2024-29-5-13-22

For correspondence: Kriukova I.A., e-mail: i_krukova@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare there is no conflict of interest.

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Information about authors

Kriukova I.A., <https://orcid.org/0000-0002-0746-5826>, e-mail: i_krukova@mail.ru

Iova A.S., <https://orcid.org/0000-0002-5904-1814>, e-mail: a_iova@mail.ru

Guzeva V.I., <https://orcid.org/0009-0002-3493-1041>, e-mail: viktoryka@mail.ru

Garmashov Yu.A., <https://orcid.org/0009-0006-4676-2272>, e-mail: bregma@list.ru

Guzeva O.V., <https://orcid.org/0000-0002-3639-4860>, e-mail: oksanadoc@bk.ru

Kriukova T.E., <https://orcid.org/0009-0006-8462-6079>, e-mail: tk.krukova@mail.ru

Received 27.01.2024

Accepted 18.03.2024

Сокращения: ГМ — головной мозг; ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва; КСО — клинико-сонографический осмотр; КТ — компьютерная томография; МРТ — магнитно-резонансная томография; СВИ — структурные внутричерепные изменения; ТУС — транскраниальная ультрасонография; ТЦДС — транскраниальная цветовая дуплексная сонография; ТЧУС — транскраниально-чрезречничковая ультрасонография; УЗИ — ультразвуковое исследование; УС — ультрасонография; Эхо-ЭГ — эхоэнцефалография; Neuro-POCUS (Point-of-Care Ultrasound in neurology) — ультрасонография на месте оказания помощи в неврологии; POCUS (Point-of-Care Ultrasound) — ультрасонография на месте оказания помощи.

Понятие Neuro-POCUS появилось как раздел нового, перспективного и быстро развивающегося направления медицины Point-of-care Ultrasound (POCUS) — «Ультразвуковое исследование (УЗИ) / ультрасонография (УС) на месте оказания помощи» [1, 2]. Существуют разные определения POCUS с общими фундаментальными позициями — это УС, проводимая параллельно с физикальным осмотром пациента [3, 4]. Основа POCUS — краткие (фокусированные) протоколы УЗИ определенной анатомической области, строго стандартизированные, сокращенные по времени, упрощенные по объему и направленные на решение конкретной клинической задачи. Эти протоколы могут применяться врачами-клиницистами, не являющимися специалистами в области общей ультразвуковой диагностики после специальной подготовки [5]. Полные протоколы УЗИ (более сложные и длительные) выполняются специалистами ультразвуковой диагностики [3–5]. POCUS позволяет клиницисту немедленно получить необходимые изображения и сопоставить их с клиническими данными. Появляются новые возможности для персонализации медицинской помощи на всех этапах: от скрининга и мониторинга структурной патологии до навигации во время инвазивных манипуляций или хирургических операций (например, при биопсии, установке центрального

венозного катетера, плевральной пункции) [3–5]. Популярность POCUS быстро растет среди врачей различных специальностей [5–11]. Разработаны и активно применяются протоколы фокусированных УЗИ для визуализации сердца, сосудов, органов брюшной полости и малого таза, мочевыделительной системы. В 2018 г. утвержден профессиональный стандарт «Врач-кардиолог», в компетенцию кардиолога включено проведение УЗИ сердца и сосудов [11]. В связи с появлением суперпортативных УЗИ-систем на базе смартфона, POCUS становится частью физикального обследования пациента [9, 12]. Такие приборы стали называть «стетоскопами XXI века» [1, 5]. Практическое значение УЗИ возрастает из-за риска развития онкологических заболеваний, связанных с КТ. Их частота спорная, но многие авторы признают необходимость тщательного уточнения показаний к КТ и, при возможности, ее замены более безопасными способами, например, УЗИ или МРТ (особенно у детей и беременных женщин) [13, 14]. Поэтому особое значение приобретает поиск технологий неинвазивной и широкодоступной визуализации наиболее частых и опасных структурных внутричерепных изменений (СВИ) (например, гематом, опухолей, кист, гидроцефалии, отека мозга). Теоретически для решения этих задач наиболее перспективными являются способы транскраниальной сонографии.

Транскраниальная сонография (история). Впервые ультразвук для визуализации головного мозга (ГМ) через кости черепа был применен в 1942 г. австрийским психиатром-неврологом Карлом Дусик. Он вместе со своим братом — физиком Фридрихом пытался увидеть желудочки и опухоли ГМ. Это оказалось невозможным из-за несовершенства аппаратуры [15, 16]. Широкое внедрение УЗИ в практику клиницистов (нейрохирургов и неврологов) произошло благодаря шведскому нейрохирургу L. Leksell. Он в 1956 г. предложил способ одномерного УЗИ ГМ через височную кость (А-режим, от англ. amplitude — амплитуда) и назвал его «эхоэнцефалографией» (Эхо-ЭГ) [17]. Развитие Эхо-ЭГ в нашей стране связано с именами Н.К. Боголепова,

В.Е. Гречко, Л.Р. Зенкова, И.А. Скорунского, И.М. Иргера. В 1973 г. вышла в свет монография авторов для нейрохирургов и неврологов «Клиническая эхоэнцефалография» [18]. Термин «клиническая эхоэнцефалография», по сути, является прототипом сегодняшней международной концепции Neuro-POCUS. Эхо-ЭГ долго являлась единственным широкодоступным способом быстрого выявления смещения срединных структур ГМ (например, при гематомах, опухолях, кистах) и гидроцефалии. Этим способом владели многие нейрохирурги и неврологи в СССР. Выпускался переносной отечественный эхоэнцефалоскоп «Эхо-12», которым были оснащены практически все нейрохирургические отделения страны и urgentные нейрохирургические бригады.

Более совершенное двухмерное УЗИ ГМ через височную кость (В-режим, от англ. brightness — яркость) пытались применять с середины XX века. В монографиях В.А. Карлова и В.Б. Карахана [15], Л.Б. Лихтермана [16] подробно описаны начальная история развития этого способа и попытки авторов его усовершенствовать. Он назывался двухмерной транскраниальной эхографией или ультразвуковой эхотомографией ГМ [15, 16]. Л.Б. Лихтерман писал: «Широкое внедрение в практику ультразвуковой томографии — бескровного и безболезненного метода экспресс-диагностики, овладеть которым может каждый врач, — одна из актуальных задач нейрохирургии в масштабах страны» [16]. Однако, недостатки УЗИ-аппаратов и быстрое развитие КТ и МРТ привели к прекращению исследований в этом направлении. Итог этого периода развития метода подвел в 1978 г. американский невролог и нейрорентгенолог W. Oldendorf: «Если бы не было костей черепа, то ГМ стал бы идеальным органом для исследования с помощью ультразвука» [19].

С середины 80-х годов прошлого века в связи с появлением нового поколения УЗИ-аппаратов и осознанием недостатков КТ и МРТ (например, невозможность скрининга), интерес к транскраниальному УЗИ ГМ возобновился. Первые исследования периода ренессанса этой технологии стартовали практически одновременно в СССР и в Германии. В нашей стране А.С. Иова с коллегами начали изучать возможности транскраниальной сонографии, основанной на В-режиме сканирования [20, 21]. В дальнейшем этот способ авторы называли «транскраниальная ультрасонография» (ТУС). Первые результаты этих исследований были представлены на I съезде детских врачей в 1988 г. («Актуальные вопросы педиатрии», г. Кишинев), а в 1997 г. опубликована первая в мире монография, посвященная возможностям и перспективам ТУС в диагностике структурных внутричерепных изменений (СВИ) у детей и подростков [20]. В ней обобщен 10-летний опыт применения ТУС (более 17 тыс. исследований) у детей до 15 лет детскими нейрохирургами и неврологами. Подробно описаны методика проведения ТУС, особенности изображения ГМ в норме и при наиболее частых СВИ (например, кровоизлияниях, гидроцефалии, кистах, опухолях, отеке ГМ), другие

возможности УС (при переломах костей свода черепа, синостозах черепных швов, контрастировании внутричерепных полостей, интраоперационной навигации), отмечены перспективны визуализации церебральных сосудов. Особенностью ТУС является строгая стандартизация. Каждый режим сканирования имеет свой анатомический маркер, а сонометрия (третьего и боковых желудочков, срединной линии) проводится в строго определенных условиях (патент РФ) [20, 21]. Это необходимо для мониторинга СВИ [20].

В Германии М. Schoning, G. Becker, U. Bogdahn с коллегами начали изучать другой способ транскраниальной сонографии на основе цветового дуплексного сканирования (сочетания цветового доплеровского картирования и В-режима) [22–27]. Он позволял оценивать сосудистую систему, а также паренхиму ГМ. Этот способ получил название transcranial color-coded duplex sonography (транскраниальная цветовая дуплексная сонография (ТЦДС)) [22–27]. Так, в 1988 г. М. Schoning и соавт. представили результаты обследования 125 детей от 18 месяцев до 18 лет и 9 взрослых. Авторы отметили, что у детей вплоть до 8 лет была возможность визуализации структур ГМ, особенно базальных отделов. Исследование было эффективным даже у подростков и взрослых [22]. Спустя 2 года U. Bogdahn и соавт. сообщили об успешном применении ТЦДС через височные кости в визуализации основных паренхиматозных и сосудистых структур, а также желудочков ГМ у 49 из 52 взрослых пациентов [24]. В 1998 г. вышла в свет монография U. Bogdahn, G. Becker и соавт., посвященная возможностям ТЦДС, где описана эхоархитектоника ГМ в норме и при различных видах СВИ у взрослых [27]. В серии работ G. Seidel и соавт. показаны возможности ТЦДС в визуализации желудочков, внутримозговых гематом, оценке смещения третьего желудочка у взрослых [28–30]. Лишь немногочисленные работы последующих лет были посвящены транскраниальному УЗИ ГМ (в основном в режиме ТЦДС). В 1995 г. G. Becker и соавт. впервые описали феномен «гиперэхогенной черной субстанции» при болезни Паркинсона [31]. В дальнейшем за рубежом транскраниальная сонография развивалась в основном в режиме ТЦДС для оценки церебральных сосудов, а также черной субстанции при болезни Паркинсона. Возможности транскраниальной сонографии при экстрапирамидных заболеваниях подробно описаны в монографии С.Н. Иллариошкина и соавт. [32].

В последние годы за рубежом возрос интерес к оценке паренхимы ГМ с помощью транскраниального УЗИ [33–43]. В обзоре А. Cardozo и соавт. отмечено, что сейчас возможно прикроватное УЗИ практически всех участков тела у детей и взрослых, а ГМ традиционно исключался из-за сложившегося мнения о непроницаемости костей черепа. Тем не менее, через височную кость в В-режиме можно визуализировать срединную линию (третий желудочек), ядра базальных ганглиев, средний мозг и боковые желудочки [43].

Neuro-POCUS (история и основы). Только в последние годы стали появляться работы, посвященные перспективам POCUS в нейромедицине, преимущественно при критических состояниях [1, 2, 43–49]. Возникло понятие «УС с головы до пят» (head to toes ultrasound), обозначающее УЗИ ключевых анатомических структур (легких, сердца, брюшной полости и сосудов, а также ГМ) [47, 48]. При этом рассматриваются 2 способа краниальной УС: а) ТЦДС для диагностики нарушений церебральной гемодинамики, смещения срединной линии, внутричерепного кровоизлияния и гидроцефалии; б) трансорбитальная УС с измерением диаметра оболочки зрительного нерва (ДОЗН) для выявления внутричерепной гипертензии [47–49]. В 2021 г. опубликованы рекомендации Европейского общества интенсивной терапии для реаниматологов общего и нейрореанимационного профиля по проведению «УС с головы до пят». Для церебральных сосудов рекомендована ТЦДС, а в отношении оценки паренхимы ГМ и смещения срединной линии в В-режиме, а также измерения ДОЗН консенсус достигнут не был [48]. Лишь единичные работы показывают роль УС в профилактической нейромедицине, например, для мониторинга бессимптомных кист эпифиза у молодых пациентов [33].

В 2022 г. для развития концепции POCUS в неврологии создана международная рабочая группа. В ее состав вошли специалисты по нейросонологии Европейской академии неврологии, Европейского общества нейросонологии и церебральной гемодинамики, а также Европейских референс-центров по нейросонологии [1]. Ими предложено понятие Neuro-POCUS для фокусированных УЗИ при болезнях нервной системы, которые могут применяться в любых условиях: в стационаре (отделениях реанимации, интенсивной терапии, неврологии, нейрохирургии, инсультном отделении), вне стационара (поликлиниках, консультативно-диагностических центрах, на дому, в машине скорой помощи, в вертолете), в отдаленном населенном пункте. В идеале Neuro-POCUS должен выполнять врач с опытом работы в неврологии и нейросонологии. Иначе необходимо сотрудничество нескольких специалистов (например, невролога или нейрохирурга со специалистом ультразвуковой диагностики) [1]. Согласно отчету этой рабочей группы для диагностики цереброваскулярной патологии применяется ТЦДС, а для визуализации паренхимы ГМ, ДОЗН и периферических нервов — сонография в В-режиме. При этом, состояние паренхимы ГМ оценивается по смещению срединной линии и ширине третьего желудочка [1].

Важной задачей Neuro-POCUS является совершенствование визуализации ГМ. При открытом родничке она частично решается при чрезродничковом POCUS в В-режиме [45]. Большинство протоколов POCUS не учитывают исследование ГМ через кости черепа [1, 2]. В обзоре J. Caldas и соавт. «POCUS, как включить головной мозг?» проанализированы обновленные зарубежные исследования по эффективности УС в оценке паренхимы ГМ, обсуждаются

вопросы высокой потребности в интеграции этого метода в протоколы POCUS [46].

Применение УЗИ в практической нейромедицине (отечественный вклад). За много лет до начала международного проекта NeuroPOCUS на кафедре детской невропатологии и нейрохирургии Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования (с 2011 г. Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова) проводились исследования по применению УС-клиницистами (нейрохирургами, неврологами, неонатологами) в каждодневной практике с реализацией принципов «ультразвук в руках клинициста», «ультразвук в нужное время и в нужном месте», «ультразвук у постели больного». Почти 30 лет изучаются возможности ТУС у детей и взрослых. Для обозначения одновременного клинического и сонографического обследования пациента врачом-клиницистом при патологии нервной системы было предложено понятие «клинико-сонографический осмотр» (КСО) [20, 50]. Поэтому понятия «КСО» и Neuro-POCUS являются вариантами одной и той же концепции. Первое предложено в отечественной литературе в 1997 г. [20, 50], а второе — в 2022 г. в англоязычной литературе [1, 2]. КСО при патологии нервной системы включает набор способов УЗИ различных отделов нервной системы (ГМ, черепа, зрительного нерва, позвоночника, спинного мозга и др.) для диагностики и мониторинга структурных изменений, а также сопровождения инвазивных манипуляций и нейрохирургических операций. Какой из этих способов применить решает клиницист. КСО позволяет повысить возможности персонализации в нейромедицине (в том числе в отношении целесообразности и объема применения экспертной нейровизуализации). Предложена модифицированная шкала комы Глазго (шкала комы Глазго/Санкт-Петербург), основанная на одновременной оценке клинических и УЗИ данных [51]. В 2002 г. опубликованы методические рекомендации «Транскраниальная ультрасонография», утвержденные Минздравом РФ [52] и начато обучение врачей различных специальностей методикам УС при заболеваниях нервной системы: ТУС, транскраниально-чрезродничковой УС (ТЧУС), УС костей и швов свода черепа, УС зрительного нерва, спинальной УС, интраоперационной УС.

Неврологами и нейрохирургами выполнены диссертационные работы, в которых доказана эффективность ТУС при наиболее частых и опасных СВИ у детей разного возраста и взрослых (18 диссертаций, 5 — докторские), научные руководители, консультанты — А.С. Иова, Ю.А. Гармашов, Т.Н. Трофимова, А.А. Скоромец). Л.М. Щугаревой и соавт. показана практическая реализация принципа «ультразвук в руках детского невролога» [52, 53]. Исследование С.И. Шапарюка посвящено возможностям ТУС в диагностике СВИ у взрослых, проведено сопоставление ТУС и КТ (МРТ) при различных СВИ у 123 пациентов (от 18 до 85 лет, средний возраст $51 \pm 19,3$ года). Показано, что

Таблица 1

Базисный протокол транскраниальной ультрасонографии

№	Режим сканирования	Маркеры	Сонометрия
1	TH ₀ слева	Средний мозг, цистерны основания мозга	Ширина левого височного рога (≤ 2 мм)
2	TH ₁ слева	3 желудочек, шишковидная железа	Ширина 3 желудочка (≤ 5 мм), положение срединной линии
3	TH ₂ слева	Правый боковой желудочек с сосудистым сплетением, подходящим к прозрачной перегородке	Ширина правого бокового желудочка (1 год — 40 лет: 15 ± 1 мм; > 40 лет: 17 ± 1 мм)
5	TH ₀ справа	Аналогично этапу 1	Ширина правого височного рога (≤ 2 мм)
6	TH ₁ справа	Аналогично этапу 2	Положение срединной линии
7	TH ₂ справа	Левый боковой желудочек с сосудистым сплетением, подходящим к прозрачной перегородке	Ширина левого бокового желудочка (1 год — 40 лет: 15 ± 1 мм; > 40 лет: 17 ± 1 мм)
8	BS ₀ (у детей до 7 лет)	Червь мозжечка, 4 желудочек	—
9	ОН справа и слева (у детей до 7 лет)	Полушария мозжечка	—

Примечание: этапы 1–8 выполняются секторным датчиком 2 МГц, этап 9 — линейным датчиком 5 МГц (при наличии).

Table 1

Basic TUS protocol

Step	Scan mode	Markers	Sonometry
1	TH ₀ left	Midbrain, basal cisterns	Left temporal horn width (≤ 2 mm)
2	TH ₁ left	3rd ventricle, pineal gland	3rd ventricle width (≤ 5 mm), midline position
3	TH ₂ left	Right lateral ventricle with choroid plexus approaching the septum pellucidum	Right lateral ventricle width (1–40 years: 15 ± 1 mm; > 40 years: 17 ± 1 mm)
5	TH ₀ right	As step 1	Right temporal horn width (≤ 2 mm)
6	TH ₁ right	As step 2	Midline position
7	TH ₂ right	Left lateral ventricle with choroid plexus approaching the septum pellucidum	Left lateral ventricle width (1–40 years: 15 ± 1 mm; > 40 years: 17 ± 1 mm)
8	BS ₀ (in children under 7 years old)	Cerebellar vermis, 4th ventricle	—
9	OH left и right (in children under 7 years old)	Cerebellar hemispheres	—

Note: steps 1–8 are performed by a 2 MHz sector transducer, step 9 by a 5 MHz linear transducer (if equipped).

ТУС визуализирует третий и боковые желудочки (90%), средний мозг (83%), внутреннюю гидроцефалию (100%), супратенториальные опухоли (82%) и кисты (80%). Размеры внутримозговых гематом по ТУС и КТ соответствуют друг другу. Сопоставление ТУС с клинической картиной повышает ее точность (например, при геморрагических инсультах на 20,3%). У 10% взрослых пациентов «акустическое окно» было неэффективным [52, 54].

А.А. Повзун и соавт. привели доказательство того, что диагностическая чувствительность КСО в выявлении травматических СВИ у детей при легкой черепно-мозговой травме составляет 90,0%, диагностическая специфичность — 97,0%, диагностическая эффективность — 94,9% [52, 55]. С 2005 г. начато изучение особенностей проведения ТУС у детей и взрослых портативными УЗИ-аппаратами на базе ноутбука, а с 2019 г. — суперпортативными

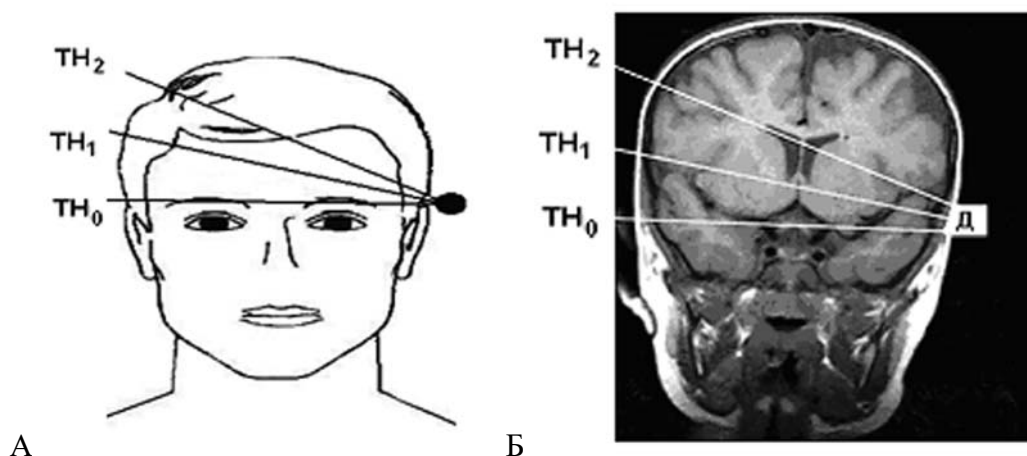


Рис. 1. Базисный протокол транскраниальной ультрасонографии. Схемы ориентации плоскостей сканирования в режимах TH₀, TH₁, TH₂ (д — ультразвуковой датчик). А — по внешним ориентирам. Б — по внутренним ориентирам

Fig. 1. Basic TUS protocol. Schemes of scanning planes orientation in TH₀, TH₁, TH₂ modes (д — ultrasound transducer). А — by external landmarks. Б — by internal landmarks

(карманными) на базе смартфона и планшета [52]. В 2011 г. в Государственном реестре новых медицинских технологий зарегистрирована технология «Пансоноскопия при неотложных состояниях» (ФС 2011/085; А.С. Иова, И.А. Крюкова), основанная на кратких протоколах УС «всего тела», для оценки ГМ рекомендован краткий протокол ТУС [52]. В 2018 г. в «Национальном руководстве по неврологии» впервые ТУС представлена как способ диагностики СВИ у детей и взрослых [56]. В 2024 г. издано «Национальное руководство по детской нейрохирургии», где описаны возможности УС в визуализации паренхимы ГМ у детей различных возрастных

групп, а также варианты решения ряда задач международного проекта NeuroPOCUS [52].

Ниже приводится базисный протокол ТУС [20, 52]. При обозначении режимов сканирования используются первые буквы соответствующих латинских слов. Сканирование осуществляется через височные точки (точка Т — temporalis) в трех основных горизонтальных плоскостях (H_0 , H_1 , H_2) (режимы TH_0 , TH_1 , TH_2) (рис. 1, 2, табл. 1). Учитывая, что у детей младшего и дошкольного возраста СВИ нередко локализуются субтенториально, дополнительно проводится срединно-сагитальное сканирование через точку Bregma (в области закрывшегося

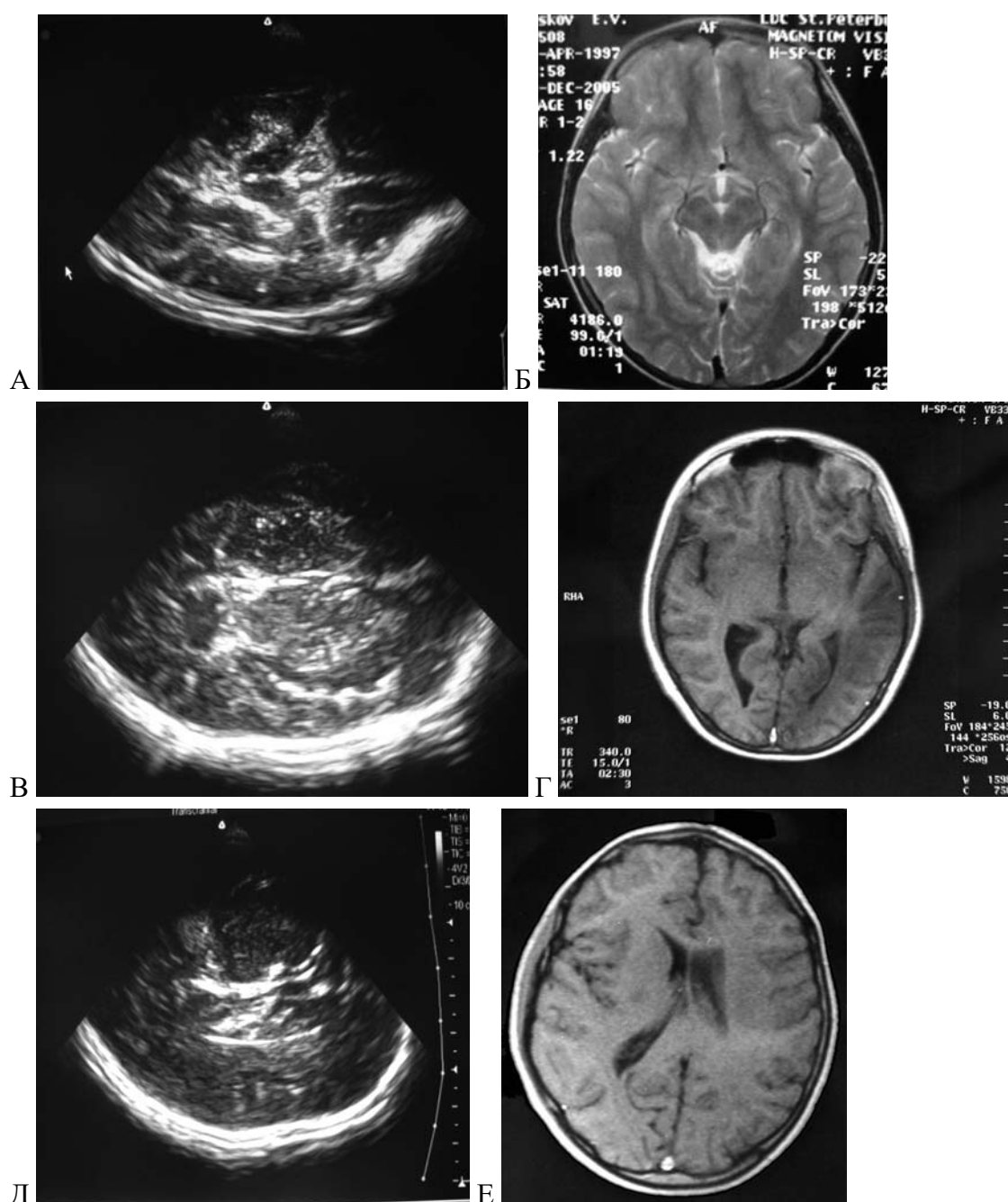


Рис. 2. Сопоставление данных транскраниальной ультрасонографии и магнитно-резонансной томографии. А, В, Д — ТУС в режимах TH_0 , TH_1 , TH_2 . Б, Г, Е — МРТ в идентичных плоскостях

Fig. 2. Comparison of ultrasound and MRI images. А, В, Д — TUS in TH_0 , TH_1 , TH_2 modes. Б, Г, Е — MRI in identical planes

переднего родничка) (режим BS) и горизонтальное сканирование через затылочные точки (режим ОН).

Также были изучены возможности УС-навигации при вентрикулярных и люмбальных пункциях, имплантации вентрикулярного катетера ликворосунтирующих систем, а также при стереотаксических операциях [20, 50, 52]. Международный проект Neuro-POCUS [1] эти возможности пока не рассматривает.

УЗИ костей и швов черепа. Важным способом КСО является УС костей и швов свода черепа [57]. В 2022 г. G. Alexandridis и соавт. представили обзор, посвященный сравнению КТ и УС в диагностике переломов костей свода черепа у детей до 18 лет. Было отобрано 7 исследований, УЗИ выполняли врачи скорой помощи. Общие данные ($n = 925$) продемонстрировали чувствительность 91%, специфичность 96%, положительную и отрицательную прогностическую ценность соответственно 88% и 97% [58]. В обзор I. Whittall и соавт. включено 12 исследований (1062 ребенка в возрасте от 4,2 до 7,8 мес.), при синостозах черепных швов специфичность УС колебалась от 86 до 100%, а чувствительность от 71 до 100% [59]. Многие авторы отмечают, что при деформациях черепа у детей до 6 мес. жизни УС является способом визуализации первой линии, ограничивая применение КТ только хирургическими случаями [57–60].

Заключение. Транскраниальная сонография изначально развивалась в двух разных направлениях — в тканевом и сосудистом режимах. Родоначалником тканевого режима являлась Эхо-ЭГ, а сосудистого — спектральная доплерография. В результате эволюции Эхо-ЭГ разработана методика «транскраниальной ультрасонографии» (ТУС). Совершенствование спектральной доплерографии привело к появлению транскраниальной цветовой дуплексной сонографии (ТЦДС). В 2022 г. начат международный проект Neuro-POCUS с целью интеграции УЗИ интересующих отделов нервной системы в клинический осмотр пациента. Рабочей группой этого проекта для цереброваскулярной патологии рекомендована ТЦДС, а для визуализации паренхимы ГМ, ДОЗН и периферических нервов — сонография в В-режиме. При этом, диагностика СВИ базируется на смещении срединной линии и размерах третьего желудочка. Такое решение предполагает применение УЗИ-аппаратов, обеспечивающих дуплексное цветное картирование и В-режим. Это дорогие аппараты, а технология требует большого опыта врача. ТУС, основанная на В-режиме, значительно проще в исполнении и доступнее, так как может проводиться более простыми УЗИ-аппаратами, даже суперпортативными на базе смартфонов и планшетов. Основные задачи ТУС — раннее выявление и мониторинг наиболее частых и опасных СВИ (опухолей, гематом, кист, гидроцефалии, отека ГМ). Собственные и литературные данные позволяют считать ТУС методом выбора для оценки паренхимы и желудочков ГМ в условиях КСО. При цереброваскулярной патологии преимуществами, безусловно, обладает ТЦДС.

Большое значение УЗИ имеет для экспресс-диагностики переломов костей свода черепа, синостозов черепных швов, внутричерепной гипертензии (по ДОЗН), а также для нейронавигации во время инвазивных манипуляций или операций. Совершенствование способов КСО значительно повысит его значение в различных разделах практической нейромедицины (от профилактической и плановой до неотложной, в том числе в удаленных регионах).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Valaikiene J., Schlachetzki F., Azevedo E., Kaps M., Lochner P., Katsanos A.H., Walter U., Baracchini C., Bartels E., Skoloudik D. Point-of-Care ultrasound in neurology — report of the EAN SPN/ESNCH/EReNsono Neuro-POCUS Working Group. *Ultraschall in Med.* 2022;43:354–366. <https://doi.org/10.1055/a-1816-8548>
2. Sigman E.J., Laghari F.J., Sarwal A. Neuro POCUS. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI.* 2024;45(1):29–45. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2023.12.005>
3. Chelikam N., Vyas A., Desai R., Khan N., Raol K., Kavarthapu A., Kamani P., Ibrahim G., Madireddy S., Pothuru S., Shah P., Patel U.K. Past and present of Point-of-Care Ultrasound (PoCUS): a narrative review. *Cureus.* 2023;15(12): e50155. <https://doi.org/10.7759/cureus.50155>
4. Osterwalder J., Polyzogopoulou E., Hoffmann B. Point-of-Care Ultrasound — history, current and evolving clinical concepts in emergency medicine. *Medicina.* 2023;59(12):2179. <https://doi.org/10.3390/medicina59122179>
5. Отдельнов Л.А., Горох О.В. Современные подходы к обучению программам Point-of-care ultrasound. *Медицинское образование и профессиональное развитие.* 2021;12(2):86–94. [Otdelnov L.A., Gorokh O.V. Modern approaches to teaching Point-of-care ultrasound programs. *Medical Education and Professional Development.* 2021;12(2):86–94. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33029/2220-8453-2021-12-2-86-94>
6. Recker F., Weber E., Strizek B., Gembruch U., Westerway S.C., Dietrich C.F. Point-of-care ultrasound in obstetrics and gynecology. *Arch Gynecol Obstet.* 2021;303(4):871–876. <https://doi.org/10.1007/s00404-021-05972-5>
7. Yamada H., Ito H., Fujiwara M. Cardiac and vascular point-of-care ultrasound: current situation, problems, and future prospects. *J Med Ultrasonics.* 2022;49(4):601–608. <https://doi.org/10.1007/s10396-021-01166-3>
8. Camilo G.B., Abu-Zidan F., Koratala A. Experiences and advances in endocrinology Point-of-Care Ultrasound (POCUS). *Front. Endocrinol.* 2023;13:1094024. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1094024>
9. Hollerith K., Vo-Cong M.T., Preuss S., Kemmner S., Stock K.F. Miniaturised ultrasound evaluation at the bedside. *World J Urol.* 2023;41:635–640. <https://doi.org/10.1007/s00345-022-04018-y>
10. Flores S., Su E., Moher J., Adler A.C., Riley A.F. Point-of-Care Ultrasound in pediatrics: A review and update. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI.* 2024;45(1):3–10. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2023.12.002>
11. Балахонова Т.В., Ершова А.И., Ежов М.В., Барбараш О.Л., Берштейн Л.Л., Богачев В.Ю., Воевода М.И., Генкель В.В., Гуревич В.С., Дупляков Д.В., Имаев Т.Э., Коновалов Г.А., Космачева Е.Д., Лобастов К.В., Митькова М.Д., Никифоров В.С., Ротарь О.П., Сучков И.А., Явлов И.С., Митьков В.В., Акчурин Р.С., Драпкина О.М., Бойцов С.А. Фокусированное ультразвуковое исследование сосудов. Консенсус российских экспертов. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2022;21(7):3333. [Balakhonova T.V., Ershova A.I., Ezhov M.V., Barbarash O.L., Bershtein L.L., Bogachev V.Yu., Voevoda M.I.,

- Genkel V.V., Gurevich V.S., Duplyakov D.V., Imaev T.E., Kononov G.A., Kosmacheva E.D., Lobastov K.V., Mitkova M.D., Nikiforov V.S., Rotar O.P., Suchkov I.A., Yavelov I.S., Mitkov V.V., Akchurin R.S., Drapkina O.M., Boytsov S.A. Focused vascular ultrasound. Consensus of Russian experts. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(7):3333. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3333>
12. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Шадеркина А.И. Цифровая трансформация ультразвуковой диагностики. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2022;8(4). 21–45. [Lebedev G.S., Shaderkin I.A., Shaderkina A.I. Digital transformation of ultrasound diagnostics. *Russian Journal of Telemedicine and E-Health*. 2022;8(3):21–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-4-21-45>
13. Hauptmann M., Byrnes G., Cardis E., Bernier M.-O., Blettner M., Dabin J., Engels H., Istad T.S., Johansen C., Kaijser M., Kjaerheim K., Joury N., Meulepas J. M., Moissonnier M., Ronckers C., Ronckers C., Thierry-Chef I., Le Cornet L., Jahn A., Pokora R., de Basea M.B., Figuerola J., Maccia C., Nordenskjold A., Harbron R. W., Lee C., Simon S.L., de Gonzalez A. B., Schüz J., Kesminiene A. Brain cancer after radiation exposure from CT examinations of children and young adults: results from the EPI-CT cohort study. *Lancet Oncology*. 2023;24(1):45–53. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(22\)00655-6](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(22)00655-6)
14. Водоватов А.В., Гольченко О.А., Машченко И.А., Алексеева Д.В., Чипига Л.А., Хуторной И.В., Козлова П.В., Труфанов Г.Е., Дружинина П.С., Рыжов С.А., Солдатов И.В. Оценка поглощённых доз в плоде у беременных при компьютерной томографии: систематический обзор. *Digital Diagnostics*. 2023;4(2):170–184. [Vodovатов A.V., Golchenko O.A., Mashchenko I.A., Alekseeva D.V., Chipiga L.A., Khutornoy I.V., Kozlova P.V., Trufanov G.E., Druzhinina P.S., Ryzhov S.A., Soldatov I.V. Evaluation of fetal absorbed doses from computed tomography examinations of pregnant patients: A systematic review. *Digital Diagnostics*. 2023;4(2):170–184. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/DD472150>
15. Карлов В.А., Карахан В.Б. Ультразвуковая томография головного мозга и позвоночника. Киев: Здоров'я; 1980:178 с. [Karlov V.A., Karakhan V.B. Ultrasound tomography of the brain and spine. Kyiv: Health; 1980:178 p. (In Russ.).]
16. Лихтерман Л.Б. Ультразвуковая томография и тепловидение в нейрохирургии. М.: Медицина; 1983: 144 с. [Likhterman L.B. Ultrasound tomography and thermal imaging in neurosurgery. M.: Medicine; 1983: 144 p. (In Russ.).]
17. Leksell I. Echo-encephalography. I. Detection of intracranial complications following head injury. *Acta Chir Scand*. 1956;110(4):301–315.
18. Боголепов Н.К., Иргер Н.М., Гречко В.Е., Скорунский И.А., Зенков Л.Р., Аверочкин А.Н. Клиническая эхоэнцефалография. М.: Медицина; 1973: 287 с. [Bogolepov N.K., Irger N.M., Grechko V.E., Skorunskij I.A., Zenkov L.R., Averochkin A.N. Klinicheskaya ekhoencefalografiya. M: Medicina; 1973: 287 s. (In Russ.).]
19. Oldendorf W.H. The quest for an image of brain: a brief historical and technical review of brain imaging techniques. *Neurology*. 1978;28(6):517–33. <https://doi.org/10.1212/WNL.28.6.517>
20. Иова А.С., Гармашов Ю.А., Андрущенко Н.В., Паутницкая Т.С. Ультрасонография в нейрорепедиатрии (новые возможности и перспективы): Ультрасонографический атлас. СПб.: Петровский и Ко; 1997: 160 с. [Iova A.S., Garmashov Yu.A., Andrushchenko N.V., Pautnitskaya T.S. Ultrasonography in neuropsychiatry (new opportunities and prospects): Ultrasonographic atlas. St. Petersburg: Petrovsky and Co.; 1997: 160 p. (In Russ.).]
21. Патент РФ на изобретение № 2125401 от 27.01.1999 г. Иова А.С., Гармашов Ю.А. Способ оценки состояния головного мозга. [RF patent for invention № 2125401/27.01.1999 Iova A.S., Garmashov Yu.A. Method for assessing the state of the brain. (In Russ.). <https://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/en?ty=29&docid=2125401>
22. Schöning M., Grunert D., Stier B. Transkranielle real-time-sonographie bei kindern und jugendlichen, ultraschall anatomie des gehirns. *Ultraschall Med*. 1988;9(6):286–92. [Schöning M., Grunert D., Stier B. Transcranial real-time sonography in children and adolescents, ultrasound anatomy of the brain. *Ultraschall Med*. 1988;9(6):286–92. (In Germ.). <https://doi.org/10.1055/s-2007-1011645>
23. Schöning M., Grunert D., Stier B. Transkranielle duplex-sonographie durch den intakten knochen: ein neues diagnostisches verfahren. *Ultraschall Med*. 1989;10(2):66–71. [Schöning M., Grunert D., Stier B. Transcranial duplex sonography through intact bone: a new diagnostic procedure. *Ultraschall Med*. 1989;10(2):66–71. (In Germ.). <https://doi.org/10.1055/s-2007-1005964>
24. Bogdahn U., Becker G., Winkler J., Greiner K., Perez J., Meurers B. Transcranial color-coded real-time sonography in adults. *Stroke*. 1990;21:1680–1688. <https://doi.org/10.1161/01.str.21.12.1680>
25. Becker G., Perez J., Krone A., Demuth K., Lindner A., Hofmann E., Winkler J., Bogdahn U. Transcranial color-coded real-time sonography in the evaluation of intracranial neoplasms and arteriovenous malformations. *Neurosurgery*. 1992;31:420–428. <https://doi.org/10.1227/00006123-199209000-00006>
26. Becker G., Krone A., Koulis D., Lindner A., Hofmann E., Roggendorf W., Bogdahn U. Reliability of transcranial colour coded real-time sonography in assessment of brain tumours: correlation of ultrasound, computed tomography and biopsy findings. *Neuroradiology*. 1994;36(8):585–90. <https://doi.org/10.1007/BF00600414>
27. Bogdahn U., Becker G., Schlachetzki F. Echsignalverstärker und transkranielle Farbduplex-Sonographie. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschafts. 1998: 424 p.
28. Seidel G., Kaps M., Dorndorf W. Transcranial color-coded duplex sonography of intracerebral hematomas in adults. *Stroke*. 1993;24:1519–27. <https://doi.org/10.1161/01.str.24.10.1519>
29. Seidel G., Kaps M., Gerriets T., Hutzelmann A. Evaluation of the ventricular system in adults by transcranial duplex sonography. *J Neuroimaging*. 1995;5(2):105–108. <https://doi.org/10.1111/jon199552105>
30. Seidel G., Gerriets T., Kaps M., Missler U. Dislocation of the third ventricle due to space-occupying stroke evaluated by transcranial duplex sonography. *J Neuroimaging*. 1996;6:227–230. <https://doi.org/10.1111/jon199664227>
31. Becker G., Seufert J., Bogdahn U., Roggendorf W., Reiners K. Degeneration of substantia nigra in chronic Parkinson's disease visualized by transcranial color-coded real-time sonography. *Neurology*. 1995;45(1):182–184. <https://doi.org/10.1212/WNL.45.1.182>
32. Иллариошкин С.Н., Четчин А.О., Федотова Е.Ю. Транскраниальная сонография при экстрапирамидных заболеваниях. Москва: АТМО; 2014: 176 с. [Illarioshkin S.N., Chechetkin A.O., Fedotova E.Yu. Transcranial sonography for extrapyramidal diseases. Moscow: ATMO; 2014: 176 p. (In Russ.).]
33. Harrer J.U., Klötzsch C., Oertel M.F., Möller-Hartmann W. Sonographic detection and follow up of an atypical pineal cyst: a comparison with magnetic resonance imaging. Case report. *J Neurosurg*. 2005;103(3):564–6. <https://doi.org/10.3171/jns.2005.103.3.0564>
34. Oliveira R. A., de Oliveira L.M., Paiva W. S., de Sá Malbouisson L. M., Teixeira M. J., Bor-Seng-Shu E. Comparison between brain computed tomography scan and transcranial sonography to evaluate third ventricle width, peri-mesencephalic cistern, and sylvian fissure in traumatic brain-injured patients. *Frontiers in Neurology*. 2017;8:44. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00044>
35. Robba C., Gof A., Geeraerts T., Cardim D., Gabriele V.M., Park C.S., Sarwal A., Padayachy L., Rasulo F., Citerio G. Brain ultrasonography: methodology, basic and advanced principles

- and clinical applications. A narrative review. *Intensive Care Med.* 2019;45:913–927. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05610-4>
36. Caricato A., Ioannoni E., Gelormini C. Is it really third ventricle? A pitfall in the diagnosis of hydrocephalus by brain ultrasound. *Neurocrit Care.* 2020;33:844–846. <https://doi.org/10.1007/s12028-020-01060-9>
 37. Hakim S.M., Abdellatif A.A., Ali M.I., Ammar M.A. Reliability of transcranial sonography for assessment of brain midline shift in adult neurocritical patients: a systematic review and meta-analysis. *Minerva Anestesiologica.* 2021;87(4):467–475. <https://doi.org/10.23736/s0375-9393.20.14624-8>
 38. Kapoor S., Offnick A., Allen B., Brown P.A., Sachs J.R., Gurcan M.N., Pinton G., D'Agostino R., Bushnell C., Wolfe S., Duncan P., Asimos A., Sarwal A. Brain topography on adult ultrasound images: Techniques, interpretation, and image library. *J Neuroimaging.* 2022;32:1013–1026. <https://doi.org/10.1111/jon.13031>
 39. Allen B.C., Kapoor S., Anzalone A., Mayer K.P., Wolfe S.Q., Duncan P., Asimos A.W., D'Agostino R., Winslow J.T., Sarwal A. Transcranial ultrasonography to detect intracranial pathology: A systematic review and meta-analysis. *J Neuroimaging.* 2023;33:333–358. <https://doi.org/10.1111/jon.13087>
 40. El Adoui G., Ettouhami B., Haimeur Y. Transcranial sonographic measurement of the third ventricle to detect hydrocephalus in children population: Correlation to computed tomography. *J Clin Ultrasound.* 2023;51(6):995–1000. <https://doi.org/10.1002/jcu.23477>
 41. Gupta H., Patel S.K., Bhoraniya A.I., Malaviya N.B., Parikh R., Pancholi K. Application of transcranial sonography for the assessment of brain midline shift in patients presenting with suspected intracranial pathology to the emergency department of a tertiary care hospital in central gujarat, India. *Cureus.* 2024;16(1):e52561. <https://doi.org/10.7759/cureus.52561>
 42. Robba C., Poole D., Citerio G., Taccone F.S., Rasulo F.A. Brain ultrasonography consensus on skill recommendations and competence levels within the critical care setting. *Neurocrit Care.* 2020;32(2):502–511. <https://doi.org/10.1007/s12028-019-00766-9>
 43. Cardozo A. Point of care B mode ultrasound in Neurological Emergencies. *Medical Research Archives.* 2021;9(6):1–12. <https://doi.org/10.18103/mra.v9i6.2443>
 44. Sarwal A., Patel Y., D'Agostino R., Brown P., Wolfe S.Q., Bushnell C., Glass C., Duncan P. Exploratory study to assess feasibility of intracranial hemorrhage detection by point of care cranial ultrasound. *The Ultrasound Journal.* 2022;14:40 <https://doi.org/10.1186/s13089-022-00289-z>
 45. Camilo G.B., Toledo G.C., Olímpio H.J., Dias E.N., Oliveira B.D.L., Ferreira J.P., Mendes P.D.F.B., Bastos M.G. Teaching point-of-care transfontanellar ultrasound for pediatricians and medical students. *J Pediatr (Rio J).* 2021;97(6):651–657. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2021.01.006>
 46. Caldas J., Rynkowski C.B., Robba C. POCUS, how can we include the brain? An overview. *J Anesth Analg Crit Care.* 2022;2:55. <https://doi.org/10.1186/s44158-022-00082-3>
 47. Messina A., Robba C., Bertuetti R., Biasucci D., Corradi F., Mojoli F., Mongodi S., Rocca E., Romagnoli S., Sanfilippo F., Vetrugno L., Cammarota G. Head to toe ultrasound: a narrative review of experts' recommendations of methodological approaches. *J Anesth Analg Crit Care.* 2022;2:44. <https://doi.org/10.1186/s44158-022-00072-5>
 48. Robba C., Wong A., Poole D., Ashraf A.T., Arntfield R.T., Chew M.S., Corradi F., Doufle G., Goffi A., Lamperti M., Mayo P., Messina A., Mongodi S., Narasimhan M., Puppo C., Sarwal A., Slama M., Taccone F.S., Vignon P., Vieillard-Baron A. Basic ultrasound head — to — toe skills for intensivists in the general and neuro intensive care unit population: consensus and expert recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 2021;47:1347–67. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06486-z>
 49. Pansell J., Bell M., Rudberg P., Friman O., Cooray C. Optic nerve sheath diameter measurement by ultrasound: Evaluation of a standardized protocol. *J Neuroimaging.* 2022;32(1):104–110. <https://doi.org/10.1111/jon.12936>
 50. Перинатальная нейрохирургия. Основы оптимальной медицинской помощи. Под ред. А.С. Иова. СПб.: ООО «Человек»; 2015:198 с. [Perinatal neurosurgery. Fundamentals of optimal medical care. Ed. A.S. Iova. St. Petersburg: LLC “Chelovek”; 2015:198 p. (In Russ.).]
 51. Иова А. С., Гармашов Ю. А., Щугарева Л. М., Паутницкая Т.С. Особенности нейромониторинга при диагностике коматозных состояний у детей (шкала комы Глазго — Санкт-Петербург и ее возрастные модификации). *Нейрохирургия и неврология детского возраста.* 2003;1:41–48. [Iova A. S., Garmashov YU. A., Shchugareva L. M., Pautnickaya T.S. Features of neuromonitoring in the diagnosis of comatose states in children (Glasgow Coma Scale — St. Petersburg and its age modifications). *Pediatric Neurosurgery and Neurology.* 2003;1:41–48. (In Russ.).]
 52. Детская нейрохирургия: Национальное руководство. Под ред. К.А. Самочерных. СПб: ПЗР;2024: 576 с. [Pediatric neurosurgery: National guidelines. Ed. K.A. Samochernykh. SPb: PZR; 2024: 576 p. (In Russ.).]
 53. Щугарева Л.М., Иова А.С., Неустроева И.О., Зайцева М.В. Клинико-интраскопическая оценка при urgentных состояниях у детей. *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии.* 2013;4:45–52. [Schugareva L.M., Iova A.S., Neustroeva I.O., Zaitseva M.V. Clinical and intrascopic estimate for urgent neurological condition in children. *Bulletin of neurology, psychiatry and neurosurgery.* 2013;4:45–52 (In Russ.).]
 54. Иова А.С., Шапарюк С.И., Крюков Е.Ю., Епифанов И.Н., Павлов О.А. Оценка возможностей транскраниальной ультразвукографии в диагностике острых нарушений мозгового кровообращения у взрослых. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2007;107(21):30–36. [Iova A.S., Shaparyuk S.I., Kryukov E.Yu., Epifanov I.N., Pavlov O.A. Assessment of implication of transcranial ultrasonography in the diagnostics of acute disturbances of cerebral blood circulation in adults. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2007;107(21):30–36. (In Russ.).]
 55. Повзун А.А., Щугарева Л.М., Иова А.С. Повышение эффективности клинико-неврологической оценки в выявлении травматических внутричерепных осложнений у детей при легкой черепно-мозговой травме. *Педиатр.* 2018;9(3):28–33. [Povzun A.A., Shchugareva L.M., Iova A.S. Increasing of assessment effectiveness of neurological evaluation in detection traumatic intracranial injuries in children with clinical criteria of mild traumatic brain injury. *Pediatrician.* 2018;9(3):28–33. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17816/PED9328-33>
 56. Стулин И.Д., Солонский Д.С., Труханов С.А. Ультразвуковые методы исследования. В кн: Неврология: национальное руководство. Том 1. Под ред. Гусева Е.И., Коновалова А.Н., Скворцовой В.И., Гехт А.Б. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018: С. 60–82. [Stulin I.D., Solonskij D.S., Truhanov S.A. Ul'trazvukovye metody issledovaniya. V kn:Neurology: national guidelines. Volume 1. Ed. Guseva E.I., Konovalova A.N., Skvortsova V.I., Gekht A.B. M.: GEOTAR-Media; 2018: P. 60–82 (In Russ.).]
 57. Крюкова И.А., Иова А.С., Крюков Е.Ю., Кулиева Р.С. Ультрасонография черепа и скальпа у детей: обзор. *Лучевая диагностика и терапия.* 2023;14(3):7–17. [Kriukova I.A., Iova A.S., Kryukov E.Yu., Kulieva R.S. Skull and scalp ultrasound in children: a review. *Diagnostic radiology and radiotherapy.* 2023;14(3):7–17. (In Russ.).] <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-3-7-17>
 58. Alexandridis G., Verschuren E.W., Rosendaal A.V., Kanhai D.A. Evidence base for point-of-care ultrasound (POCUS) for diagnosis of skull fractures in children: a systematic review and meta-analysis. *Emerg Med J.* 2022;39:30–36. <https://doi.org/10.1136/emered-2020-209887>

ОБЗОРЫ

59. Whittall I., Lambert W.A., Moote D.J., Bookland M.J., Martin J.E., Hughes C.D., Hersh D.S. Postnatal diagnosis of single-suture craniosynostosis with cranial ultrasound: a systematic review. *Childs Nerv Syst.* 2021;37:3705–3714. <https://doi.org/10.1007/s00381-021-05301-w>
60. Щербakov A.B., Данилин В.Е., Летягин Г.В., Ким С.А., Лебединский В.Г., Андрушкевич О.М. Ультразвуковое исследование швов черепа как мера снижения лучевой нагрузки в диагностике краниосиностозов у детей раннего возраста. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.* 2022;86(2):64-70. [Shcherbakov A.V., Danilin V.E., Letyagin G.V., Kim S.A., Lebedinsky V.G., Andrushkevich O.M. Cranial suture ultrasound for reducing radiation exposure in diagnosis of craniosynostosis in young children. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2022;86(2):64-70. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/neiro20228602164>

Поступила 27.01.2024
Принята к печати 08.06.2024

