

























Stroke-point-of-care ultrasound: a new holistic approach to bedside evaluation in stroke patients using ultrasound

Claudio Baracchini^{1,*} , Alessio Pieroni¹ , Filippo Maria Farina¹ , Nicola Carraro^{2,3} , Piergiorgio Lochner⁴ , Caterina Kulyk⁵ , Milan R. Vosko⁶ , Jorge Pagola⁷ , Eva Bartels⁸ , Stephan Schreiber⁹ , Felix Schlachetzki¹⁰ , Zsolt Garami¹¹ , Andrei V. Alexandrov¹² , Natan M. Bornstein¹³ , Elsa Azevedo¹⁴ , Radim Licenik¹⁵ , Janja Pretnar Oblak¹⁶ , Laszlo Olah¹⁷ , Joao Sargento Freitas¹⁸ , Uwe Walter¹⁹ , Branko Malojcic²⁰ , Georgios Tsivgoulis²¹ , for the World Organisation of Neurosonology

Ультразвуковое исследование при инсульте: новый целостный подход к прикроватной оценке пациентов с использованием ультразвука

*Перевод А.А. Науменко
Южно-Сахалинск
2026 год*



Аннотация

Введение: Раннее определение этиологии инсульта, гемодинамический мониторинг и выявление осложнений представляют собой ключевые проблемы для сосудистых неврологов. Ультразвуковое исследование у постели больного при инсульте (Stroke-POCUS) стало структурированной основой для интеграции мультимодального прикроватного ультразвука при лечении пациентов с инсультом.

Пациенты и методы: Stroke-POCUS включает комплексное прикроватное использование различных ультразвуковых методик, включая УЗИ сосудов шеи и транскраниальную доплерографию, УЗИ глаза, эхокардиографию, УЗИ сосудов (артерии и вены), УЗИ легких, УЗИ брюшной полости и интервенционные УЗ-исследования. Эти методики применяются в интегрированном порядке для оценки пациентов с инсультом в остром периоде, с целью поддержки диагностики, этиологического исследования, выявления осложнений и мониторинга ответа на лечение, в качестве дополнения (**а не замены!**) КТ, МРТ или стандартного комплексного УЗИ.

Результаты: Интеграция множественных ультразвуковых методик в рамках Stroke-POCUS позволяет клиницистам получать быстрые, неинвазивные ответы на четко сформулированные клинические вопросы у постели пациента и в режиме реального времени. Эта возможность особенно важна для пациентов, требующих ускоренной диагностики перед началом неотложного лечения, для клинически нестабильных пациентов, у которых внутрибольничная транспортировка несет повышенный риск осложнений, а также для оценки потенциальных основных причин, выявления вторичных осложнений и мониторинга эффективности лечения.

Введение

На протяжении десятилетий принцип «Время — это мозг» [1] определял подход к оказанию помощи при остром инсульте. Каждая минута задержки в проведении реперфузионной терапии приводит к потере миллионов нейронов, что подчеркивает неотложность быстрой диагностики и вмешательства. Этот принцип сформировал системы экстренного реагирования, больничные протоколы и даже кампании по повышению осведомленности общественности.

Однако с развитием технологий возникает новая концепция, которая подчеркивает не только скорость, но и точность: «Ультразвук — это мозг». В рамках этой концепции Stroke-POCUS не заменяет традиционные стационарные методы нейровизуализации, такие как КТ или МРТ. Вместо этого он дополняет эти методы, включая расширенную визуализацию сосудов и перфузии, предоставляя быструю прикроватную информацию, которая расширяет и дополняет диагностические возможности.

Появление Stroke-POCUS в целом быстро меняет подход клиницистов к оценке и ведению неврологических неотложных состояний. Благодаря крупным тех-



нологическим достижениям, которые повысили точность и миниатюризацию портативных ультразвуковых устройств, они вышли за пределы традиционных радиологических отделений и теперь играют решающую роль в комплексном ведении острого инсульта на различных его этапах (Таблицы 1-3).

Таблица 1. Поиск причин эмболического/тромботического инсульта

POCUS	Клинический вопрос	Результаты УЗИ
УЗИ сонных и позвоночных артерий	Может ли причиной симптомов инсульта быть окклюзия шейных сосудов?	Острая окклюзия сонной/позвоночной артерии: атеротромботическая; диссекционная; эмболическая; воспалительная или васкулитная; вызванная радиацией. Степень стеноза (умеренный: >50%; тяжелый: >70%).
	Может ли стеноз шейных сосудов быть причиной симптомов инсульта?	Бляшка высокого риска (гипоэхогенность, неровность поверхности, изъязвление, крупное некротическое ядро, внутрибляшечное кровоизлияние, внутрибляшечная неоваскуляризация, флотирующий тромб).
	Обусловлены ли симптомы инсульта динамическим стенозом/окклюзией сосудов шеи?	Каротидная перепонка; фибромышечная дисплазия; сосудистые опухоли.
	Есть ли признаки, указывающие на воспалительную причину симптомов инсульта?	Болезнь/синдром Игла; болезнь лучника (Bow-Hunter синдром – синдром позвоночной артерии). Стеноз/окклюзия поверхностной височной артерии/затылочной артерии. Симптом ореола (halo sign). Несжимаемая височная артерия.
Транскраниальное УЗИ	Является ли внутричерепная окклюзия/стеноз причиной симптомов инсульта?	Острая окклюзия/стеноз крупного сосуда. Градация степени стеноза (>50%).
	Как окклюзия/стеноз сосудов шеи влияет на гемодинамику головного мозга?	Нарушение дистального кровотока: минимальное, сниженное, ослабленное. Активация коллатералей: ПСА, ЗСА, лептоменингеальные анастомозы, глазничная артерия. Обнаружение микромболов. Нарушение вазомоторной реактивности. Феномен «обратного Робин Гуда» (патологическое перераспределение кровотока от ишемизированных участков к здоровым)
	Имеются ли признаки диффузного поражения?	Множественные очаговые и/или поражения нескольких сосудов (стенозы/окклюзии).
	Есть ли признаки в пользу парадоксальной эмболии?	Диагностика и оценка степени шунта справа налево.
	Можно ли выявить признаки обратимой этиологии инсульта?	Синдром обратимой церебральной вазоконстрикции. Обратимые инфекционные или воспалительные артериопатии. Постсубарахноидальный или посттравматический вазоспазм. Вазоспазм, индуцированный лекарственными средствами или токсинами. Вазоспазм, связанный с мигренью. Фибромышечная дисплазия — динамический компонент.
УЗИ глаза	Имеются ли вспомогательные (подтверждающие) признаки атероземболического/васкулитического механизма симптомов инсульта?	Окклюзия центральной артерии сетчатки. Ретробульбарный симптом «пятна» (spot sign). Окклюзия задней цилиарной артерии.
	Есть ли данные в пользу диссекции сонной артерии?	Аномальные паттерны зрачковых реакций.



	Наблюдается ли влияние со стороны окклюзии/стеноза шейных артерий?	Ретроградный кровоток в глазничной артерии.
УЗИ сердца	Обнаружен ли источник эмболии в сердце, требующий раннего назначения антикоагулянтов или оперативного/эндоваскулярного лечения?	Тромбы в предсердии или желудочке. Опухоли сердца. Предполагаемый кардиоэмболический механизм у пациентов с увеличением левого предсердия. Сложные аортальные бляшки. Расслоение аорты (аортальная диссекция).
	Имеются ли признаки того, что инсульт вызван септической кардиальной эмболией, которая нуждается в антибактериальной терапии и/или хирургическом лечении?	Эндокардит (инфицированные массы или вегетации на сердечных клапанах). Клапанная дисфункция.
	Имеются ли признаки, подтверждающие парадоксальную эмболию?	Выявление и количественная оценка шунта справа налево. Идентификация внутрисердечных или внесердечных источников парадоксальной эмболии. Дополнительная информация включает характеристики межпредсердной перегородки.
УЗИ сосудов	Есть ли признаки в пользу парадоксальной эмболии?	Тромбоз глубоких вен (ТГВ) Тромбоз поверхностных вен (ТПВ)

Таблица 2. Раннее выявление неврологических осложнений острого повреждения ГОЛОВНОГО МОЗГА

УЗИ мозга	Каков статус ранее окклюдированного сосуда у пациентов после реперфузионной терапии?	Реканализация окклюзированной артерии. Частичная реканализация окклюзированной артерии. Реокклюзия.
	Подвержен ли пациент риску развития геморрагической трансформации или неблагоприятного исхода после реперфузионной терапии ишемического инсульта?	Гиперперфузия. Микроэмболизация церебральных артерий. Злокачественный отек мозга.
	Имеются ли признаки внутричерепного кровоизлияния?	Внутричерепное кровоизлияние или субдуральная гематома, обуславливающее симптомы инсульта. Геморрагическая трансформация ишемической зоны. Внутричерепное кровоизлияние, отдаленное от зоны инфаркта. Мониторинг размера гематомы: увеличение / резорбция.
	Имеется ли у пациента с САК или синдромом обратимой церебральной вазоконстрикции риск развития отсроченной ишемии головного мозга?	Диагностика и определение степени выраженности вазоспазма.
	Имеются ли признаки повышенного внутричерепного давления (ВЧД)?	Повышенное сопротивление кровотоку (диффузное увеличение значений индекса пульсативности/пульсационного индекса). Смещение срединных структур. Расширение третьего желудочка. Колебания (ундуляции) прозрачной перегородки.
УЗИ глаза	Есть ли признаки внутричерепной гипертензии?	Увеличение диаметра оболочки зрительного нерва. Возвышение диска зрительного нерва: застойный диск зрительного нерва (папиллоэдема).



	Есть ли признаки поражения зрительного нерва или сетчатки?	Зрачок Маркуса Гунна (Относительный афферентный зрачковый дефект).
--	--	--

Таблица 3. Системные осложнения и процедуры

УЗИ сердца	Есть ли сердечная причина острой дыхательной недостаточности?	Диффузные В-линии при УЗИ легких, плевральный и/или перикардиальный выпот, а также увеличение диаметра нижней полой вены со снижением коллабируемости указывают на застойные явления в легких, обусловленные сердечной недостаточностью. Дисфункция правого желудочка, тромб в правом предсердии и/или желудочке, в сочетании с А-линиями/нормальной эхографической картиной легких или признаками кортикального инфаркта, а также тромбоз глубоких и/или поверхностных вен могут указывать на ТЭЛА.
	Имеются ли признаки повреждения миокарда?	Дисфункция левого желудочка: снижение фракции выброса. Региональные/глобальные нарушения сократимости стенок, обусловленные инфарктом миокарда или кардиомиопатией Такоцубо.
	Помогает ли POCUS клиницистам оптимизировать АД, ЧСС и инфузионную терапию у пациентов с острым ишемическим инсультом?	Быстрое выявление гемодинамически значимого клапанного стеноза или регургитации, увеличения толщины стенок левого желудочка, влияющего на фракцию выброса, а также измененных объемов и функций правого и левого желудочков — все эти факторы могут влиять на прогноз инсульта. Функция правого желудочка, а также диаметр нижней полой вены и ее коллабируемость дают ключевую информацию о волевическом статусе, позволяя избежать гиповолемии и перегрузки объемом.
	Имеется ли перикардиальный выпот?	Перикардиальный выпот, вызванный местными или системными причинами (аутоиммунными, неопластическими или онкотическими), может нарушать диастолическую функцию.
УЗИ сосудов	Какова причина острой боли и отека конечности?	Тромбоз глубоких вен. Тромбоз поверхностных вен.
	Имеется ли местное осложнение эндоваскулярного вмешательства?	Гематома. Стеноз/окклюзия бедренной/лучевой артерии. Псевдоаневризма. Артериовенозная фистула.
	Имеются ли признаки, указывающие на заболевание периферических вен?	Хроническая венозная недостаточность. Венозный стаз.
	Есть ли признаки поражения периферических артерий?	Атеросклеротические бляшки, вызывающие стеноз или окклюзию периферических артерий.
УЗИ легких	Какова причина респираторного дистресс-синдрома?	Сочетание эхокардиографических признаков измененного объема/функции правого желудочка, наличия тромба в правом предсердии и/или желудочке, А-линий/нормальной эхографической картины легких или признаков кортикального инфаркта, а также тромбоза глубоких и/или поверхностных вен может указывать на ТЭЛА. Диффузные В-линии, плевральный и/или перикардиальный выпот, а также увеличение диаметра нижней полой вены со снижением коллабируемости указывают на застойные явления в легких, обусловленные сердечной недостаточностью. Очаговые В-линии и/или консолидация (уплотнение) легочной ткани, с плевральным выпотом или без него, позволяют предположить пневмонию или ателектаз легкого.



УЗИ органов брюшной полости	Какова причина острой боли в животе?	Острая задержка мочи, включая возможное смещение мочевого катетера. Остаточная моча после опорожнения. Утолщение стенки мочевого пузыря / дивертикулы / камни. Гидроуретер. Гидронефроз. Камни почек. Камни желчного пузыря. Расширение желчного пузыря с утолщением стенки (холестит). Кровотечения: желудочное, печеночное, селезеночное, ретроперитонеальное (забрюшинное). Инфаркт селезенки. Разрыв аневризмы аорты. Расслоение аорты.
	Имеются ли признаки вегетативной (автономной) дисфункции?	Застой в желудке. Билиарный стаз (застой желчи) и сладж-синдром (густая желчь, билиарный сладж). Снижение перистальтики кишечника (кишечная непроходимость функционального генеза или псевдообструкция).
	Имеются ли признаки застойной сердечной недостаточности?	Гепатомегалия с дилатацией надпеченочных вен.
	Есть ли признаки серьезной сопутствующей абдоминальной патологии?	Цирроз печени; стеатоз (жировая дистрофия печени). Тромбоз воротной вены.
	Имеются ли признаки вторичной артериальной гипертензии?	Стеноз почечной артерии. Поликистоз почек. Объемное образование надпочечника
Интервенционное УЗИ	Имеются ли трудности с катеризацией вены/сосудистым доступом?	Ультразвуковая навигация для постановки периферического/центрального венозного катетера.
	Корректно ли установлен назогастральный зонд/мочевой катетер?	Ультразвуковой контроль положения назогастрального зонда и мочевого катетера.
	Показано ли удаление жидкости?	УЗ-навигация для выполнения пункции и дренирования плевральной полости, полости перикарда или брюшной полости.
	Имеются ли показания к люмбальной пункции или эпидуральной инъекции, учитывая сложность/риски?	УЗ-навигация для проведения люмбальной пункции или эпидуральной инъекции у пациентов с ожирением, деформациями позвоночника, после операций или при отсутствии пальпируемых ориентиров.

В 2022 году формальная совместная межобщественная рабочая группа опубликовала отчет, вводящий концепцию Neuro-POCUS. [2] Совсем недавно Всемирная организация нейросонологии (WON) создала несколько рабочих групп по POCUS для валидации этой методики у пациентов с инсультом в различных условиях:

Догоспитальное УЗИ (ph-POCUS)

Значение догоспитального УЗИ (ph-POCUS) трудно переоценить. Хотя быстрая транспортировка в специализированные сосудистые центры остается необходимой, ультразвук добавляет уровень диагностической точности, ранее недоступный в догоспитальных условиях и условиях неотложной помощи, [3] позволяя визуализировать в реальном времени церебральную сосудистую систему, паренхиму головного



мозга и гемодинамику у постели пациента. Он превращает «время» из грубого показателя в точное, пригодное для принятия решений понимание физиологии и перфузии мозга. Другими словами, не все минуты одинаковы: знание того, какие области мозга находятся в зоне риска, какие сосуды окклюзированы и какая ткань может быть спасена, более информативно, чем просто секундомер. Кроме того, транскраниальная цветовая дуплексная сонография может позволить диагностировать супратенториальное внутримозговое кровоизлияние в догоспитальных условиях.

Более того, ультразвук способствует демократизации доступа. В условиях ограниченных ресурсов портативное ультразвуковое устройство может предоставить критически важную информацию, которая в противном случае потребовала бы применения сложных методов визуализации. До транспортировки или во время нее ультразвук позволяет клиницистам принимать своевременные обоснованные решения, направляя пациентов по наиболее эффективному пути, тем самым сокращая разрыв между ранним распознаванием и окончательной терапией. [4] Разумеется, ультразвук не заменяет скорость — он дополняет ее. Принцип «Время — это мозг» остается истинным: потерянные минуты — это потерянные нейроны. Но по мере развития помощи при инсульте мы должны признать, что ультразвук — это тоже мозг, инструмент, обеспечивающий точность, направляющий терапию и в конечном итоге спасающий функцию мозга.

УЗИ в отделении неотложной помощи (ed-POCUS)

По прибытии в отделение неотложной помощи пациент проходит быструю оценку состояния при инсульте, включающую клиническое обследование (ABC, и шкала NIHSS) и стационарную нейровизуализацию (КТ, КТ-ангиография, КТ-перфузия) для принятия решения о лечении (внутривенный тромболизис или механическая тромбэктомия в зависимости от результатов визуализации и временного окна). Когда немедленная нейровизуализация недоступна, если пациенту требуется седация для проведения КТ или МРТ, или у пациентов с тяжелой аллергической реакцией на контрастные вещества в анамнезе [5], УЗИ сосудов шеи и ТКД может быстро выявить стеноз или окклюзию крупных сосудов, а также признаки внутричерепной гипертензии [6-8]. В этом контексте ed-POCUS служит важным индикатором своевременной и качественной помощи [9,10].

УЗИ в инсультном блоке/нейрореанимационном отделении

УЗИ головного мозга (b-POCUS)

Первая ультразвуковая оценка в инсультном блоке представлена b-POCUS (дуплексная сонография экстра- и интракраниальных артерий), одним из наиболее важных инструментов в составе Stroke-POCUS. Этот метод позволяет проводить прикроватную оценку церебральной гемодинамики и сосудистых аномалий в режиме реального времени для следующих целей:



- (1) мониторинг реканализации артерий во время системного тромболизиса и/или эндоваскулярного лечения, а также предоставление прогностической информации после завершения процедур острой реперфузии [11,12];
- (2) быстрое исключение атеросклеротической или не атеросклеротической этиологии инсульта, такой как артериальная диссекция, височный артериит, артериит Такаясу или фибромышечная дисплазия [13];
- (3) быстрая и надежная диагностика наличия и степени шунта справа налево (напр. открытое овальное окно) как причины пароксизмальной церебральной эмболии;
- (4) выявление причины раннего неврологического ухудшения, такого как реклюзия артерии [14], микромболические сигналы [15,16] и гиперперфузия [17-19];
- (5) выявление церебрального вазоспазма и прогнозирование отсроченной церебральной ишемии при остром субарахноидальном кровоизлиянии [20];
- (6) мониторинг церебральной ауторегуляции для управления АД [21];
- (7) оценка вазомоторной реактивности и выявление феномена обратного Робин Гуда [22];
- (8) выявление признаков супратенториального кровоизлияния [23] или субдуральной гематомы [24];
- (9) выявление признаков повышенного ВЧД: увеличение пульсационного индекса [25], срединный сдвиг [26-29], расширение третьего желудочка при гидроцефалии [30,31], колебания прозрачной перегородки [32];
- (10) оценка риска постинсультной депрессии [33].

УЗИ глаза (i-POCUS)

Интракраниальная оценка дополняется УЗИ глаза — неинвазивным методом, позволяющим визуализировать зрительный нерв и диск зрительного нерва, где такие изменения, как увеличение диаметра оболочки зрительного нерва и возвышение диска зрительного нерва, могут указывать на повышенное ВЧД [32,34,35]. У пациентов с тяжелым стенозом или окклюзией ВСА УЗИ глаза также позволяет оценить глазничную артерию как важный вторичный коллатеральный путь к головному мозгу. Кроме того, центральная артерия и вена сетчатки могут демонстрировать признаки артериальной окклюзии или венозного тромбоза, которые могут быть связаны с ишемическими инсультами [36]. УЗИ глаза также включает оценку зрачков. УЗИ зрачков было признано безопасным и надежным методом прикроватной оценки функции зрачков и хорошей альтернативой инфракрасной видеопупиллометрии у пациентов с травмой глаза и выраженным отеком век [37]. У пациентов с диссекцией сонной артерии реакция зрачков на свет (фото-моторный рефлекс) сохранена, в то время как реакция зрачков на ущемление кожи у основания шеи (цилиоспинальный рефлекс) нарушена [38].



УЗИ сердца (с-POCUS)

После завершения оценки экстра- и интракраниальных сосудов внимание сразу же переключается на сердце, поскольку значительная часть ишемических инсультов возникает вследствие кардиоэмболических событий. Кардиоэмболические инсульты, как правило, протекают тяжело, а частота рецидивов и смертности являются высокими. Фокусированное ультразвуковое исследование сердца (FoCUS), еще один важный компонент Stroke-POCUS, валидированный для использования, играет центральную роль в выявлении потенциальных источников эмболии. FoCUS может выявлять кардиологические патологии, которые в дальнейшем должны быть обнаружены с помощью чреспищеводной эхокардиографии или трансторакальной эхокардиографии, такие как увеличение левого предсердия и/или тромбоз, тромб левого желудочка, дилатация левого желудочка, открытое овальное окно, клапанные пороки сердца, эндокардит, опухоли сердца, сложные аортальные бляшки и расслоение аорты, — все из которых являются известными факторами риска инсульта [39]. Возможность оценить сердце у постели больного с помощью эхокардиографии имеет решающее значение у пациентов с инсультом, поскольку выявление этих основных кардиологических состояний может помочь определить стратегию лечения, такую как антикоагулянтная терапия или хирургические вмешательства [40,41]. Кроме того, с-POCUS может использоваться для оценки функции правого желудочка и размера полой вены для избегания гиповолемии и перегрузки объемом, оценки ФВЛЖ, кардиомиопатии Такоцубо, гипертрофической кардиомиопатии, перикардального выпота и других признаков сердечной недостаточности, которые могут повышать риск инсульта и предсказывать худшие исходы острого инсульта. Эта целостная оценка помогает понять вклад кардиальной патологии в этиологию инсульта и соответствующим образом адаптировать планы ведения пациентов.

УЗИ легких (l-POCUS)

Комплексная оценка при инсульте выходит за рамки головного мозга и сердца и включает оценку дыхательной системы. Острая дыхательная недостаточность является частым и угрожающим жизни осложнением после инсульта. Наиболее частыми легочными состояниями при КТ в порядке распространенности являются бронхит/бронхиолит (66,1%), ателектаз (66,1%), плевральный выпот (60,6%), пневмония (53%), отек легких (37,3%) и ТЭЛА (27,5%). Бронхит и бронхиолит являются независимыми факторами риска смертности. Раннее УЗИ легких может помочь выявить пациентов с высоким риском внутрибольничной летальности и назначить соответствующее лечение [42]. L-POCUS может использоваться для оценки отека легких, плевральных выпотов, локального или диффузного интерстициального синдрома, а также признаков перегрузки правых отделов сердца — состояний, которые часто встречаются у пациентов с инсультом из-за иммобилизации, сердечной дисфункции



или как осложнения самого инсульта. В-линии, видимые при УЗИ легких, могут указывать на легочный застой, что имеет решающее значение в ведении пациентов с инсультом, особенно у тех, у кого нарушена дыхательная функция или имеется риск аспирации. Кроме того, УЗИ легких позволяет отслеживать возможные осложнения, связанные с установкой центрального венозного катетера, такие как пневмоторакс, а также помогает в мониторинге потенциальных осложнений, связанных с инсультом, таких как ТЭЛА, которая может возникнуть как следствие иммобилизации или коагулопатии, повышая риск неблагоприятных исходов [43,44]. Наличие прикроватного инструмента для выявления этих проблем без необходимости транспортировки пациента для проведения визуализации может кардинально изменить оказание помощи при остром инсульте.

УЗИ органов брюшной полости (a-POCUS)

Пациенты с инсультом часто подвержены высокому риску абдоминальных осложнений, включая желудочно-кишечное кровотечение вследствие образования стресс-индуцированных язв (геморрагический гастрит), печеночную дисфункцию вследствие застойной сердечной недостаточности [45], инфаркты селезенки у пациентов с кардиоэмболическим инсультом [46]. Кроме того, инсульт может нарушать вегетативную регуляцию [47], приводя к замедлению опорожнения желудка, запорам, снижению моторики желчного пузыря, что потенциально вызывает билиарный стаз, сладж-синдром или желчнокаменную болезнь. Частой находкой у пациентов с инсультом является нейрогенный мочевой пузырь, при котором дисфункция нервов, контролирующих мочевой пузырь, приводит к задержке мочи с возможным развитием гидронефроза, или недержанию, или тому и другому одновременно. a-POCUS обеспечивает неинвазивный метод оценки всех этих состояний [44,48,49] и выявления основных нарушений, которые могут ухудшать исходы инсульта, таких как цирроз печени или тромбоз воротной вены. В некоторых случаях a-POCUS может использоваться для:

- (1) мониторинга аневризм аорты или атеросклеротических бляшек, которые могут предрасполагать пациентов к эмболическим событиям;
- (2) исследования вторичной артериальной гипертензии: стеноз почечной артерии; поликистоз почек; объемные образования надпочечников;
- (3) ведения осложнений антикоагулянтной терапии: ретроперитонеальные, селезеночные или печеночные кровоизлияния;
- (4) оценки коморбидных состояний (неалкогольная жировая болезнь печени при метаболическом синдроме; почечные аномалии при хронической почечной дисфункции), которые повышают риск инсульта.

Благодаря раннему выявлению этих проблем клиницисты могут принимать более обоснованные решения об уходе за пациентом, включая коррекцию антикоагулянтной терапии и принятие мер для устранения потенциальных осложнений.



УЗИ сосудов (v-POCUS)

Ультразвуковое исследование периферических артерий и вен [50,51] играет важную роль в оценке сосудистого статуса пациентов с инсультом. Заболевание периферических артерий является известным фактором риска инсульта, и оценка нижних конечностей на предмет признаков атеросклероза, тромбоза или эмболической болезни может дать важную информацию об общем сосудистом здоровье пациента. Кроме того, тромбоз глубоких вен (ТГВ), а иногда и тромбоз поверхностных вен (ТПВ), являются возможными причинами инсульта у пациентов с внутрисердечным шунтом справа налево, таким как открытое овальное окно. ТГВ также является частым осложнением у иммобилизованных пациентов с инсультом и может привести к ТЭЛА, что дополнительно осложняет клиническую картину [52]. Используя ультразвук для мониторинга ТГВ/ТПВ и оценки периферического кровообращения, клиницисты могут предотвратить вторичные осложнения, которые могли бы ухудшить исходы у пациентов [53,54]. v-POCUS также полезно для выявления местных осложнений эндоваскулярных вмешательств, таких как паховые или бедренные гематомы, псевдоаневризмы и артериовенозные фистулы.

Интервенционное УЗИ (in-POCUS)

Использование прикроватного ультразвука у пациентов с инсультом обеспечивает высокоэффективный, малоинвазивный подход для:

- (1) установки периферических/центральных венозных катетеров;
- (2) контроля правильного положения назогастрального зонда и мочевого катетера;
- (3) выполнения таких процедур, как люмбальная пункция или эпидуральные инъекции;
- (4) торакоцентез, перикардиоцентез или парацентез.

Благодаря выполнению этих процедур врачи и медицинские сестры получают возможность обеспечить более эффективный и безопасный уход за пациентами [55,56].

Обсуждение

За последнее десятилетие УЗИ у постели больного (POCUS) стало мощным инструментом для повышения своевременности диагностики и качества медицинской помощи в различных клинических условиях [56-61]. Его прогрессирующая интеграция в программы резидентуры [62-65] и предложения рассматривать POCUS как «пятую опору» физикального обследования у постели больного [66] подчеркивают его растущую клиническую значимость.

В этом контексте мы представляем Stroke-POCUS — новую парадигму, определяемую как интегрированное прикроватное использование мультимодального ультразвука на догоспитальном этапе, в отделении неотложной помощи, инсультом



блоке и нейрореанимационном отделении. Stroke-POCUS специально разработан для ответа на зависящие от времени, клинически значимые вопросы в режиме реального времени на всем протяжении континуума помощи при инсульте (**Рисунки 1, 2**). Хотя этот подход все еще развивается, он оказался особенно ценным во время пандемии COVID-19, обеспечивая быструю прикроватную оценку, снижая зависимость от сложных методов нейровизуализации, сокращая время до этиологической диагностики и расширяя доступ к диагностической оценке среди пациентов с инсультом и инфекцией SARS-CoV-2 [5].

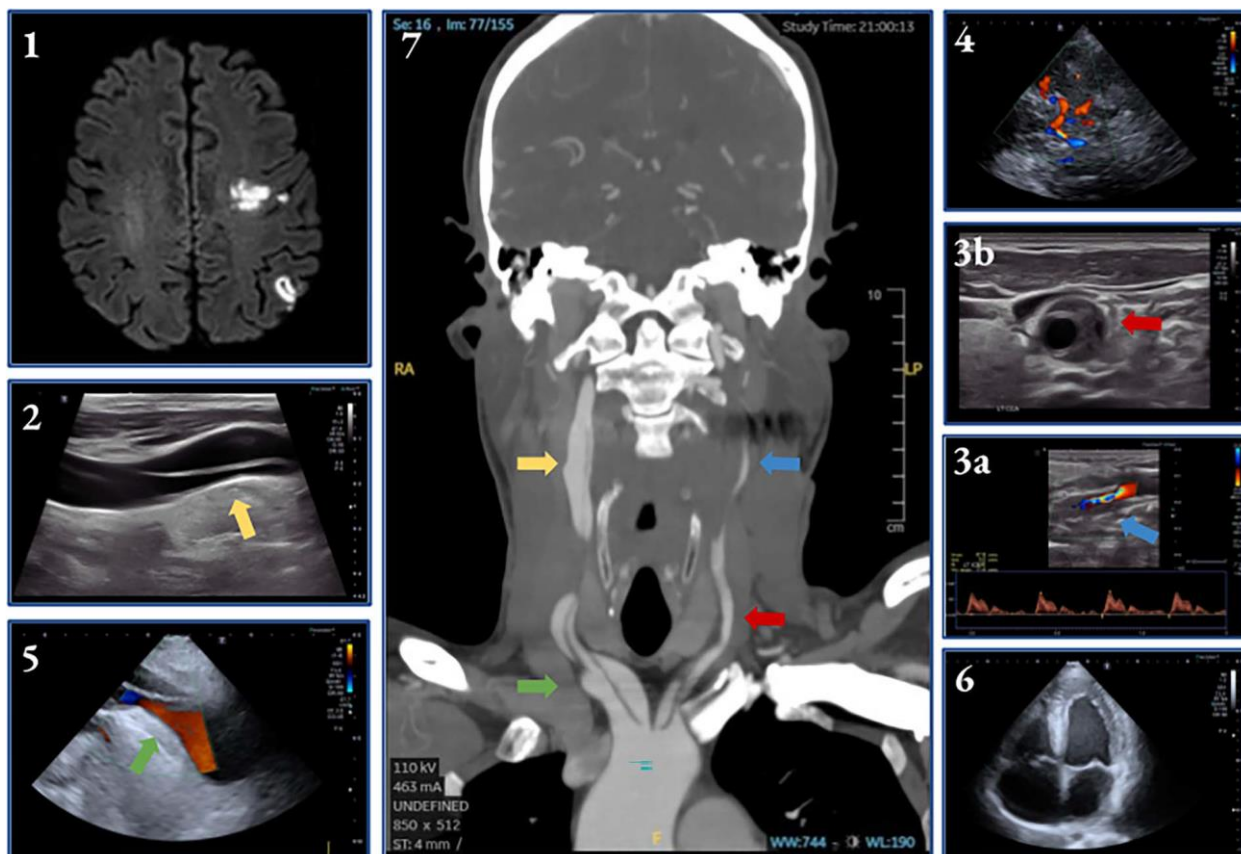


Рисунок 1. Мужчина 54 лет с наследственным сфероцитозом в анамнезе поступил с легкой афазией и головной болью, начавшейся за 24 часа до этого. МРТ головного мозга показала подострые ишемические очаги в левой теменной области на диффузионно-взвешенных изображениях (1). УЗИ головного мозга, выполненное в инсультном блоке, выявило диссекции обеих общих и внутренних сонных артерий, включая подвижную мембрану и двойной просвет справа (2), а также пристеночную гематому (3a) и дистальную окклюзию (3b). Транскраниальная доплерография показала ретроградный кровоток в левом сегменте А1 ПМА, что указывает на коллатеральное кровообращение через ПСА (4). УЗИ сердца выявило распространение диссекции от плечеголового ствола (5) и признаки, соответствующие рестриктивной кардиомиопатии (6). КТ-ангиография подтвердила находки в надортальных и шейных сосудах (7).

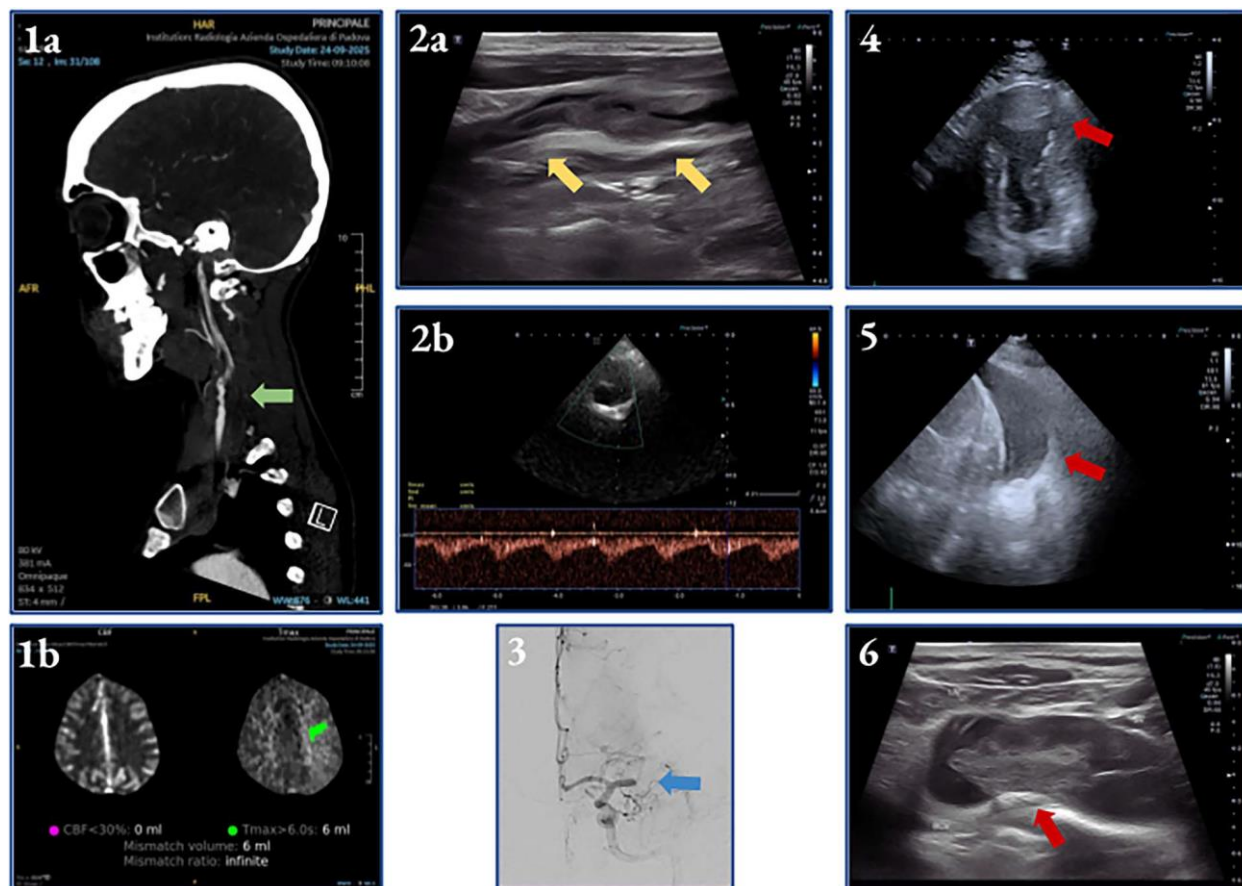


Рисунок 2. Женщина 55 лет с артериальной гипертензией и недавним инфарктом миокарда в анамнезе проснулась с острой правосторонней слабостью и опущением угла рта (NIHSS 4). Первоначальная КТ через 1 час после начала инсульта была нормальной, в то время как КТ-ангиография показала стеноз дистальной части общей/внутренней сонной артерии и небольшую зону гипоперфузии (1a–b). Во время внутривенного тромболитика ее неврологическое состояние ухудшилось (NIHSS 10). УЗИ мозга выявило подвижный тромб в левой общей/внутренней сонной артерии с внутричерепными микромобильными сигналами (2a–b), что позже было подтверждено ангиографией, показавшей субокклюзию сонной артерии и окклюзию сегмента M1 (3). После эндоваскулярной тромбэктомии достигнута почти полная реперфузия (TICI 2c), после чего были выполнены тромбоаспирация из сонной артерии и стентирование. УЗИ сердца выявило аневризму верхушки левого желудочка с тромбом (4). УЗИ легких, выполненное по поводу острого респираторного дистресса, показало плевральный выпот (5), в то время как УЗИ сосудов обнаружило тромбоз подключичной вены (6). КТ высокого разрешения выявила рак легкого с ТЭЛА, что позволяет предположить паранеопластическую гиперкоагуляцию.



Ультразвук хорошо зарекомендовал себя как экономически эффективный, безопасный и широко доступный метод визуализации в неврологических, сердечно-сосудистых, пульмонологических, абдоминальных и сосудистых приложениях [67-71]. Stroke-POCUS опирается на эти преимущества, используя существующее оборудование и опыт клиницистов для предоставления быстрой прикроватной информации во время оценки острого инсульта. По сравнению с такими методами расширенной визуализации, как КТ-ангиография или ЧПЭхоКГ, Stroke-POCUS обладает относительно низкой стоимостью, является неинвазивным, повторяемым и не требует воздействия радиации или контрастных веществ. Его целенаправленное использование может сократить диагностические задержки, ускорить сортировку и принятие решений о лечении — таких как выявление окклюзии крупных сосудов, кардиоэмболических источников или гемодинамической нестабильности — и потенциально ограничить ненужные последующие исследования. С системной точки зрения, более раннее и более целенаправленное принятие решений может привести к сокращению времени пребывания в отделении неотложной помощи, улучшению использования ресурсов визуализации и снижению общих затрат. Эти преимущества особенно актуальны в догоспитальных условиях и условиях с ограниченными ресурсами, где доступ к расширенным методам визуализации затруднен.

Хотя Stroke-POCUS обладает значительным потенциалом как трансформационный подход, его внедрение на первых порах может вызывать опасения у неврологов, занимающихся лечением инсульта, что во многом отражает воспринимаемое бремя дополнительной ответственности. Такие опасения понятны и зеркально отражают более ранний опыт в медицине неотложных состояний и критической помощи, где ультразвук с тех пор стал неотъемлемой частью рутинной практики. Stroke-POCUS не предназначен для добавления задач, а скорее для облегчения более раннего и более уверенного принятия решений у постели больного. Важно отметить, что эта концепция не предполагает, что каждый невролог, специализирующийся на инсульте, должен самостоятельно в совершенстве владеть всем спектром ультразвуковых методик на экспертном уровне. Вместо этого Stroke-POCUS представляет собой концептуальную, модульную и коллаборативную модель, интегрирующую ультразвуковые приложения, актуальные для лечения инсульта, при этом уважая профессиональные границы. Он явно подчеркивает сотрудничество с кардиологией, радиологией, ангиологией, неотложной медициной и службами СМП, гарантируя, что сложные или неопределенные находки будут соответствующим образом переданы на более высокий уровень. Таким образом, Stroke-POCUS разработан для того, чтобы дополнять — а не заменять — сложившиеся ультразвуковые специальности.

Для операционализации этого подхода мы предлагаем «базовый минимальный» набор Stroke-POCUS (**Таблица 4**), направленный на стандартизацию практики, когда ультразвуковое исследование выполняется в первую очередь врачами-неврологами.

Таблица 4. Минимальный набор параметров УЗИ для диагностики инсульта.

Модальность УЗИ	Конкретный клинический вопрос («Что» исследуется)
ph-POCUS (Догоспитальное УЗИ)	ТКД (транскраниальная цветовая дуплексная сонография): <ul style="list-style-type: none"> • Есть ли окклюзия крупного сосуда?
ed-POCUS (УЗИ в отделении неотложной помощи)	Дуплексное УЗИ сосудов шеи: <ul style="list-style-type: none"> • Окклюзия сонной/позвоночной артерии? • Стеноз сонной/позвоночной артерии высокой градации? ТКД: <ul style="list-style-type: none"> • Окклюзия крупного сосуда? • Стеноз крупного сосуда высокой градации?
POCUS в инсультном блоке	
b-POCUS (Церебральное УЗИ у постели больного)	Дуплексное УЗИ сосудов шеи: <ul style="list-style-type: none"> • Стеноз высокой градации или окклюзия? • Нестабильная бляшка? • Диссекция (расслоение)? • Васкулит? ТКД: <ul style="list-style-type: none"> • Полная/частичная реканализация? • Реокклюзия? • Гиперперфузия? • Активация коллатералей? • Микроэмболические сигналы (ипсилатеральные, билатеральные)? • Шунт справа налево? • Внутримозговое кровоизлияние? • Вазоспазм? • Срединный сдвиг/диффузное повышение индекса пульсативности (признак ↑ ВЧД)? • Увеличение ширины желудочков (гидроцефалия)?
i-POCUS (УЗИ глаза у постели больного)	<ul style="list-style-type: none"> • Активация коллатералей (ретроградный/инвертированный кровоток в глазной артерии)? • Расширение диаметра оболочки зрительного нерва — признак ↑ ВЧД? • Возвышение (выбухание) диска зрительного нерва — признак ↑ ВЧД? • Отсутствие цилиоспинального рефлекса (при диссекции сонной артерии)?
c-POCUS (УЗИ сердца у постели больного)	Выявление кардиоэмболических источников: <ul style="list-style-type: none"> • Внутрисердечный тромб? • Увеличение левого предсердия (суррогатный маркер фибрилляции предсердий)? • Внутрисердечная опухоль (например, миксома)? Выявление гемодинамической нестабильности: <ul style="list-style-type: none"> • Тяжелая дисфункция левого желудочка или острая сердечная недостаточность? • Новая регионарная нарушение сократимости стенки (признак острого инфаркта миокарда)? • Большой перикардальный выпот/тампонада сердца?
l-POCUS (УЗИ легких у постели больного)	Выявление причин респираторного дистресса (дыхательной недостаточности): <ul style="list-style-type: none"> • Отек легких (кардиогенный)? • Пневмония? • Плевральный выпот?



	<ul style="list-style-type: none"> • Тромбоэмболия легочной артерии?
a-POCUS (УЗИ живота у постели больного)	<p>Острая задержка мочи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Остаточный объем мочи после опорожнения? • Расширение мочевыводящих путей (гидронефроз/гидроуретер)? • Утолщение/дивертикулы стенки мочевого пузыря? <p>Другие абдоминальные вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Желчнокаменная болезнь/холецистит? • Аневризма брюшной аорты? • Свободная жидкость/асцит?
v-POCUS (УЗИ сосудов у постели больного)	<ul style="list-style-type: none"> • Тромбоз глубоких/поверхностных вен? • Диаметр нижней полой вены — гиповолемиа? застой?
IN-POCUS (Интервенционное УЗИ у постели больного)	<ul style="list-style-type: none"> • УЗ-навигация при установке периферического венозного катетера • УЗ-навигация при установке центрального венозного катетера • Контроль положения назогастрального зонда • Контроль положения мочевого катетера

Этот фокусированный набор включает высокоинформативные исследования, которые осуществимы при соответствующем обучении, напрямую влияют на принятие решений в острый период и включают четкие пути направления при аномальных или неубедительных находках. Определение этой сферы ответственности проясняет обязанности, способствует междисциплинарному согласованию показаний и отчетности, поддерживает структурированное обучение и сертификацию, а также повышает безопасность пациентов, отличая скрининговые оценки от комплексных диагностических исследований. Более продвинутое исследование остается в компетенции смежных специальностей, что обеспечивает дополняющие, а не пересекающиеся роли.

Всемирная организация нейросонологии (WON) создала специализированные рабочие группы для валидации приложений Stroke-POCUS в различных клинических условиях, используя структурированную ориентированную программу обучения. Обучение проходит от фундаментальных знаний (физика ультразвука, управление датчиком, артефакты и принципы безопасности) до практического сканирования под наблюдением в области церебральных, кардиальных, пульмональных, абдоминальных и сосудистых приложений, и завершается клинической интеграцией, ориентированной на принятие решений в реальном времени. Компетентность оценивается с помощью документированных исследований, прямого наблюдения, анализа изображений, а также практических и письменных тестов. Учитывая зависимость POCUS от оператора, необходимы постоянный контроль качества, непрерывное образование и анализ изображений [72-74]. Ожидается, что новые инструменты искусственного интеллекта (ИИ) еще больше улучшат обучение, стандартизацию и распространение метода [75,76], особенно в догоспитальных условиях, мобильных инсультных блоках и условиях с ограниченными ресурсами. Stroke-POCUS намеренно



структурирован вокруг минимальных наборов сканирования, уровневых компетенций и параллельных рабочих процессов, которые бесшовно интегрируются в существующие маршруты лечения инсульта без задержки окончательной визуализации или лечения, отдавая приоритет скорости, воспроизводимости, и безопасности перед комплексной визуализацией.

Помимо обучения, экономическая эффективность Stroke-POCUS критически зависит от продуманной интеграции в существующие рабочие процессы. Хотя ранние данные обнадеживают, надежный контекстно-зависимый экономический анализ остается необходимым. Таким образом, объем Stroke-POCUS должен быть адаптирован к местным ресурсам и клиническим приоритетам. В условиях ограниченных ресурсов или в общественных больницах скрининг окклюзии крупных сосудов на основе ТКД может представлять наибольшую ценность для ранней сортировки и принятия решений о транспортировке. В первичных инсультных центрах скрининг с помощью ТКД и мониторинг реканализации могут оптимизировать тромболизис и межбольничную транспортировку. В комплексных инсультных центрах продвинутое приложения — включая наблюдение за вазоспазмом, обнаружение эмболов, постреперфузионную гемодинамическую оценку и неинвазивный мониторинг ВЧД — могут дополнительно индивидуализировать помощь. Во всех условиях Stroke-POCUS наиболее эффективен, когда он целенаправлен, зависит от контекста, протоколирован и основан на компетенциях, функционируя как быстрое физиологическое расширение прикроватного обследования, а не как замена окончательной визуализации.

Наконец, хотя POCUS является неинвазивным, он не лишен риска. Диагностическая точность сильно зависит от оператора, и неправильное использование может привести к диагностической ошибке или задержкам в оказании помощи [77,78]. Пользователи должны понимать технические ограничения — такие как неадекватные акустические окна — и знать, когда требуется комплексная визуализация. Как комплексная стратегия, Stroke-POCUS разделяет эти ограничения, наряду с проблемами, связанными с интеграцией в рабочие процессы, и неопределенностью относительно его дополнительной пользы по сравнению с установленными маршрутами визуализации. Решение этих проблем потребует целенаправленного образования, контролируемого обучения, надежного контроля качества, доступа к соответствующим устройствам и выделенного времени для клинического внедрения [44,79-81]. Ультразвук с поддержкой ИИ для получения и интерпретации изображений — в настоящее время все чаще интегрируемый в коммерческие ультразвуковые платформы [82] — имеет потенциал для значительного снижения технических барьеров для внедрения Stroke-POCUS. Формирующиеся данные демонстрируют надежную диагностическую эффективность в нескольких нейроваскулярных и кардиоцеребральных приложениях. Текущие проспективные исследования оценивают ТКД с поддержкой ИИ для раннего обнаружения внутримозгового кровоизлияния [83], в



то время как алгоритмы на основе ИИ достигли диагностической точности примерно 90% для стеноза внутренней сонной артерии при остром инсульте [84] и 85-92% для вазоспазма средней мозговой артерии при различных этиологиях [85]. Другие разработки включают измерение диаметра оболочки зрительного нерва на основе глубокого обучения или неинвазивное обнаружение повышенного ВЧД [86-88]. Помимо нейросонологии, ИИ-сопровождение последовательно улучшало эхокардиографию у постели больного, повышая распознавание систолической и диастолической дисфункции врачами неотложной помощи, обученными ультразвуку [89], и позволяя неопытным пользователям получать диагностически интерпретируемые кардиальные изображения в большинстве случаев [77,90-92]. Эти данные подчеркивают трансформационный потенциал ультразвука с поддержкой ИИ для расширения надежности, масштабируемости и клинического воздействия Stroke-POCUS при выполнении операторами с базовой подготовкой по ультразвуку. В совокупности эти меры необходимы для обеспечения безопасного, эффективного и устойчивого внедрения Stroke-POCUS в современную помощь при инсульте.

Заключение

Будущее помощи при инсульте лежит на пересечении срочности и понимания. Внедрение Stroke-POCUS в ведение пациентов с инсультом представляет собой значительный прогресс в оказании помощи при остром инсульте. Используя комбинацию различных ультразвуковых методик, клиницисты получают комплексное представление о состоянии пациента в реальном времени. При целенаправленном обучении этот мультимодальный подход позволяет лучше выявлять причины инсульта, рано обнаруживать осложнения и проводить более точные вмешательства — и всё это у постели больного. По мере того как доказательства продолжают накапливаться, даже с помощью искусственного интеллекта, Stroke-POCUS готов стать неотъемлемой частью ведения острого инсульта, улучшая исходы и снижая бремя этого разрушительного заболевания.

Библиография доступна в оригинальной англоязычной версии данной статьи по адресу:

European Stroke Journal, 2026, 11(4), 1–12

<https://doi.org/10.1093/esj/aakag027>