

СКОРОСТЬ МОЗГОВОГО КРОВОТОКА – ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ МАРКЕР И ЦЕЛЬ МОНИТОРИНГА ПРИ ОСТРОЙ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ИШЕМИИ

А.Ю.Полушин¹, И.А. Вознюк^{1,2}

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова,

²Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи

им. И.И. Джанелидзе

Полушин Алексей Юрьевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры нервных болезней Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Лесной пр., 2, 194044, +79118167559, alexpulushin@yandex.ru

Вознюк Игорь Алексеевич доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе СПб НИИ Скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, профессор кафедры нервных болезней Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, +79112187085, voznjouk@yandex.ru

Резюме. Выполнено исследование с целью уточнения диагностической значимости отклонения от нормы линейных скоростей кровотока в остром периоде ишемического инсульта. С помощью многократного использования (1 раз в неделю в течение 30 суток) в течение острого периода ультразвуковой доплерографии, было установлено, что скоростные показатели кровотока приобретают большую информативность при динамическом наблюдении, демонстрируя резерв ауторегуляции и эффективность терапевтических мероприятий в течение острого периода инсульта. На фоне улучшения состояния больных, к концу четвертой недели заболевания, у большей части наблюдается снижение скоростных показателей, что связано с преодолением отека, восстановлением соответствия перфузионных возможностей метаболическим и функциональным потребностям сохранившегося мозгового вещества. Удлинение периода нестабильности скоростных параметров или значительные колебания абсолютных значений служат маркером неблагоприятного прогноза. Это, в свою очередь, является основанием для уточнения индивидуальных причин инсульта или поиска ошибок в выборе лечебной тактики.

Стратификация нормативных значений с выделением надпороговых отклонений скоростных параметров позволяет повысить чувствительность доплеровской оценки мозгового кровотока с наибольшей информативностью.

Ключевые слова: ишемический инсульт, линейные скорости кровотока, ультразвуковая диагностика, доплерография.

THE RATE OF CEREBRAL BLOOD FLOW IS A PROGNOSTIC MARKER AND THE AIM OF MONITORING IN ACUTE CEREBRAL ISCHEMIA

A.Yu. Polushin¹, I.A. Vozniuk^{1,2}

¹Military-medical academy,

²Saint-Petersburg I.I. Dzhanlidze Research Institute Of Emergency Medicine

Background. The study was conducted in order to clarify the diagnostic significance of abnormal blood flow velocity in acute ischemic stroke. With repeated use of Doppler ultrasound (1 time per week for 30 days) during the acute period, it was found that the speed of blood flow indicators acquire more informative for dynamic monitoring, demonstrating autoregulation reserve and efficacy of therapeutic interventions during the acute phase of stroke. On the background of the patients' improvement, by the end of the fourth week of the disease, most of the observed patients had reduction in speed performance, that involves overcoming edema, restoration of perfusion matching capabilities metabolic and functional needs preserved brain matter. Lengthening the period of instability speed parameters or significant fluctuations in the absolute values are a marker of poor prognosis. This, in turn, is the basis for clarifying individual causes of stroke or finding errors in the choice of treatment strategy.

Stratification of the normative values emitting beyond the bounds of deviations speed parameters allows to increase sensitivity of Doppler assessment of cerebral blood flow is most informative.

Key words: ischemic stroke, linear blood flow velocity, ultrasonic dopplerography, Doppler ultrasound.

Введение. Наиболее востребованным в ультразвуковой диагностике доплерографическим параметром принято считать скорость кровотока. Она выступает в роли контрольной величины для системы кровоснабжения головного мозга с определенными, близкими к «константным», характеристиками артерий (длина, диаметр, глубина залегания). Мировой опыт доплерографии позволяет считать возможным наличие нормативных значений артериального кровотока для всех сегментов цереброваскулярной системы. Отклонения же измеряемых параметров от средних статистических значений в популяции рассматриваются как количественный признак актуальной патологии. На сегодняшний день доказана тесная взаимосвязь между нарастанием степени стенозирования артерии и риском развития инсульта, при этом достоверное возрастание линейной скорости кровотока является основным диагностическим аргументом. Однако в настоящее время нет однозначного мнения о том, может ли абсолютное отклонение значения линейной скорости кровотока служить маркером остроты ишемического процесса или предиктором неблагоприятного ближайшего прогноза для больного и насколько закономерной является динамика этого параметра в остром периоде инсульта.

Цель исследования. Оценить диагностическую значимость отклонений скоростных характеристик мозгового кровотока от существующих нормативных значений в остром периоде ишемического инсульта.

Методические особенности работы и характеристика больных. На первом этапе исследования нами были изучены доступные первичные литературные источники и работы, обобщающие вторичные результаты, с нормативными базами абсолютных значений или рассчитываемых коэффициентов. Мы сочли необходимым и возможным объединение наиболее авторитетных данных, а также собственных результатов многолетнего изучения мозгового кровотока у пациентов с цереброваскулярной патологией для проведения мета-анализа и получения единой нормативной базы скоростных показателей у лиц различных возрастных групп [1].

На втором этапе было проведено динамическое наблюдение за изменениями мозгового кровотока у 54 пациентов (48 мужчин, 6 женщин в возрасте от 26 до 84 лет) с клинической картиной ишемического инсульта. В соответствии с современными стандартами [2] все больные были госпитализированы в первые 24 часа от дебюта заболевания и получили комплексное клиничко-лабораторное и инструментальное обследование: неврологическая оценка состояния, анализ крови, магнитно-резонансная (компьютерная) томография, ультразвуковая доплерография и дуплексное сканирование.

Топический диагноз, учитывающий бассейн поражения магистрального сосуда, определялся на основании клинической картины и данных дополнительных исследований. Наиболее часто патология наблюдалась в каротидном бассейне (n=43, 79,6%). Острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу в бассейне левой средней мозговой артерии было выявлено в 46,3% (n=25), в правой средней мозговой артерии – в 33,3% (n=18), в вертебрально-базилярном бассейне – у 11 пациентов (20,4%).

При поступлении, а впоследствии с интервалом в 7 суток (на 7-е, 14-е, 21-е и 30-е сутки), всем пациентам выполнялась ультразвуковая доплерография. Проведение ультразвуковой доплерографии соответствовало стандартному протоколу доплеровского обследования сосудов головы и шеи [3, 6], учитывало глубину локации сосудистых сегментов и окно зондирования при повторных исследованиях. Регистрировали основные параметры мозгового кровотока и диапазон цереброваскулярной реактивности.

Полученные результаты и обсуждение. При анализе всей группы обследованных больных по результатам 30-дневного периода наблюдения была выявлена закономерная динамика скоростных характеристик кровотока (табл. 1).

Таблица 1

Тенденциозность значений скоростных параметров в течение 30 суток от дебюта ишемического инсульта при распределении пациентов по возрасту

1: (э)	Название артерии	Возраст, годы	Vs, см/с	Vde, см/с	Vm, см/с	Vms, см/с	Таб.
	лОСА	>60	↓	↓↓	-	-	—
	пОСА	40–60 >60	↓ ↓	↓↓	-	-	
	лВСА (э)	40–60 >60	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓	↓↓ ↓	
	пВСА (э)	40–60 >60	↓ ↓	↓ ↓	↓	↓ ↓	
	лПА (э)	40–60 >60	-	↓	↑↑	↓↓ ↓↓	
	пПА (э)	40–60 >60	-	↓ ¹⁷⁷	↑	↓↓ ↓↓	
	лПМА	40–60 >60	-	↓ ↓	-	↓ ↓	

экстракраниальный отдел; ↓ – тенденция к снижению в течение острого периода инсульта; ↓↓ – снижение за пределы референсных значений к исходу инсульта; лОСА – левая общая сонная артерия; пОСА – правая общая сонная артерия; лВСА – левая внутренняя сонная артерия; пВСА – правая внутренняя сонная артерия; лПА – левая позвоночная артерия; пПА – правая позвоночная артерия; лПМА – левая передняя мозговая артерия; Vs – систолическая скорость максимальная; Vde – диастолическая скорость конечная; Vm – средняя скорость за сердечный цикл; Vms – усредненная за период средневзвешенная скорость

Выявить характерные отклонения по обеим НСА, СМА, ЗМА, правой ПМА и ОА не удалось. Как демонстрирует таблица 2, при подобной приблизительной оценке большую информативность имеют отклонения скоростных параметров в экстракраниальных артериях. Однако в целом, совокупная оценка отклонений не только количественных, но и качественных параметров позволила констатировать, что медианное значение скоростных показателей отражает компенсаторное перераспределение кровотока по магистральным артериям без достижения «критических» величин в дебюте заболевания, сопровождаясь нестойкой динамикой с постепенной нормализацией параметров кровотока в течение 30-ти суток. При изучении этих параметров в группе пациентов с патологией в вертебрально-базиллярном бассейне отмечалось постепенное увеличение средней скорости кровотока без запредельных значений в дебюте инсульта.

При полушарном инсульте характерной чертой кровотока в магистральных артериях явилось крайне длительное сохранение низких скоростей кровотока на экстракраниальном уровне. В то же время, в ответ на значимую гипоперфузию, достаточно быстро формировался «ответ» интракраниальных артерий при восстанавливавшейся ауторегуляции. Нередко ауторегуляторный «ответ» регистрировался в сосудах, принадлежащих «сочувствующим» бассейнам – за пределами поврежденного артериального региона. При этом у пациентов с наличием гемодинамически значимых стенозов наблюдалось «критическое» ускорение кровотока в сохраненных артериях «бассейна-донора». В этих случаях выделение «сосуда-донора» (рис. 1), как отдельной цели для мониторинга, позволяет получить маркер гемодинамической стабильности и ближайшего прогноза в пораженном бассейне. Снижение скорости кровотока в нем говорит о снижении остроты процесса, стабилизации региональной гемодинамики и восстановлении ауторегуляции в пораженном бассейне.

В то же время наличие дальнейшего роста скорости или отсутствие динамики сопровождало большой ишемический инфаркт, прогрессирующее течение инсульта и сохранявшийся отек мозговой ткани. При сочетании с выраженной тяжестью неврологического дефицита (>16 баллов по шкале NIHSS) прогноз был крайне неблагоприятным.

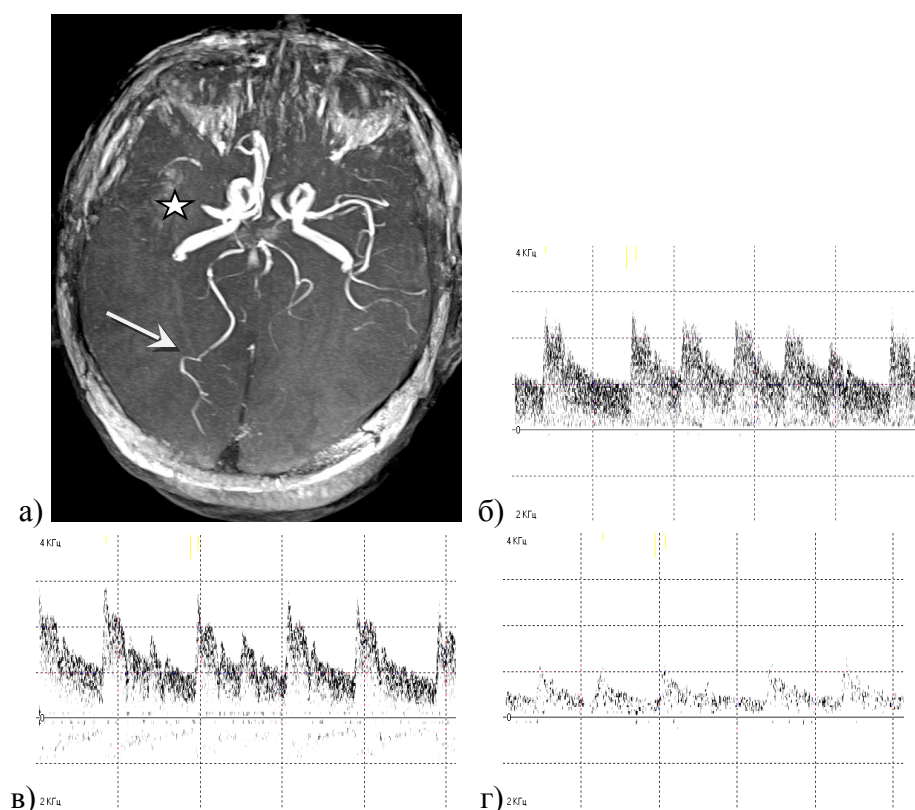


Рис.1. Пациент Б., 63 г., инсульт в бассейне правой СМА. а) МРТ (ТОФ), обнаружено отсутствие кровотока по правой СМА (M1-сегмент, на рисунке отмечен звездочкой), удлиннен сигнал от правой ЗМА (стрелка), являющейся артериальным сегментом «бассейна-донора», участвующего в компенсации острого перфузионного дефицита в бассейне кровоснабжения окклюзированной правой СМА; б) доплеровский спектр от правой ПМА ($V_s = 110 \text{ см/с}$); в) доплеровский спектр от правой ЗМА ($V_s = 104 \text{ см/с}$), кровоток компенсаторно ускорен; г) доплеровский спектр от левой ЗМА ($V_s = 54 \text{ см/с}$).

Наличие значимых различий в клинической (неврологической) динамике и исходах обследованных пациентов заставили нас пересмотреть оценочные критерии для определения «критических» отклонений от скоростных норм, чтобы тем самым повысить чувствительность избранного метода.

В качестве обоснования к выделению дополнительных «порогов» скоростных показателей между «нормой-патологией» мы выбрали известные и клинически обоснованные границы значений. Так, в ультразвуковой практике широко используется понятие коэффициента асимметрии, представляющего собой возможно допустимую разницу между линейными скоростями кровотока (ЛСК) в одноименных каротидных бассейнах с диапазоном в 20% [3-6]. Другим примером введения дополнительных нормативных границ является диапазон физиологических реакций цереброваскулярной системы на возмущающие воздействия. Ауторегуляторный резерв при компенсации в рамках физиологических нагрузок (вентиляционные, компрессионные, позиционные тесты), в целом, укладывается в диапазон от 15% до 35%. Некоторые состояния, вызванные нестенотическим процессом, при острой патологии и в отсутствии органического поражения сосудистой стенки, также позволяют иметь примеры

патологических значений. Устоявшимся критерием патологического ускорения мозгового кровотока принято считать повышенное значение скорости кровотока в мозговых артериях при вазоспазме (функциональный феномен) – от 125 см/с до 250 см/с и более (зависит от инструментальной базы), что вдвое превышает известные значения нормы [6, 8-11]. Однако какой-либо прямой информации о градации уровней отклонения значений скорости кровотока от нормы нами найдено не было, в связи с чем мы использовали рассмотренные выше диапазоны для ориентира при выделении пороговых и надпороговых уровней.

Стратификацию нормативной базы доплеровских параметров мы осуществили в два этапа, установив дополнительные уровни их «критического» повышения или понижения.

Вначале был установлен «субкритический» порог отклонения скоростного параметра на 20% (но <40%) относительно референтных значений выбранных параметров для ПА (экстракраниальный отдел) и интракраниальных артерий (СМА, ПМА, ЗМА, ОА) и на 30% (но <50%) для экстракраниальных артерий (ОСА, НСА, ВСА) (табл. 2).

Таблица 2

**Средние субкритические значения линейных скоростей кровотока
в основных магистральных артериях шеи и головы**

Название артерии	Возраст	Vs, см/с		Vde, см/с		Vm, см/с		Vms, см/с	
		ниже	выше	ниже	выше	ниже	выше	ниже	выше
ОСА	<40	49,8	146,4	11,1	32,6	18,3	43,7	7,6	26,9
	40–60	47,0	136,1	10,4	32,5	14,6	40,7	8,5	38,2
	>60	44,3	135,2	9,2	29,8	12,5	34,8	8,7	26,4
НСА	<40	42,6	121,8	6,8	23,0	15,7	39,3	5,5	20,3
	40–60	41,5	123,5	7,6	24,2	16,0	52,1	4,0	22,1
	>60	40,0	131,3	6,0	22,2	13,0	45,1	7,3	25,3
ВСА (э)	<40	38,0	113,7	12,8	39,0	20,7	57,2	10,3	26,4
	40–60	35,0	102,0	11,9	39,0	19,0	56,9	12,3	44,8
	>60	33,6	100,0	11,4	35,1	18,0	51,7	9,0	24,2
ПА (э)	20-40	27,0	67,3	13,1	35,3	14,2	31,6	11,3	28,9
	40–60	24,3	72,4	11,8	33,2	12,6	28,7	11,5	45,2
	>60	22,1	70,3	11,9	34,9	11,2	26,4	13,8	30,2
СМА	20-40	67,1	131,6	29,5	64,1	38,6	84,2	17,0	50,5
	40–60	62,0	125,5	27,5	56,2	37,8	84,0	21,7	67,9
	>60	56,7	117,6	22,9	48,6	34,6	79,7	21,0	45,4
ПМА	20-40	55,9	112,6	28,0	54,2	32,7	73,8	12,5	54,5
	40–60	55,7	112,9	27,0	52,4	34,0	74,0	30,4	55,7
	>60	47,6	104,8	23,3	45,8	31,8	72,4	21,0	53,6
ЗМА	20-40	40,6	85,4	20,8	40,4	26,1	58,4	11,0	38,3
	40–60	38,6	88,3	20,0	40,6	24,7	59,4	14,2	52,7
	>60	36,8	77,4	15,2	34,2	23,7	56,9	15,4	42,8
ОА	20-40	41,0	85,8	19,5	40,8	24,4	57,7	17,0	41,2
	40–60	37,4	86,5	17,4	39,6	22,4	56,8	19,5	60,0
	>60	33,9	77,4	14,2	36,0	21,1	54,1	7,9	33,6

Таб. 2: (э) – экстракраниальный отдел; ОСА – общая сонная артерия; НСА – наружная сонная артерия; ВСА – внутренняя сонная артерия; ПА – левая позвоночная артерия; СМА – средняя мозговая артерия; ПМА – левая передняя мозговая артерия; ЗМА – задняя мозговая артерия; ОА – основная артерия

Анализ количественных параметров выявил несоответствие нормальным величинам практически у всех обследованных пациентов с острым инсультом. При этом у лиц до 60 лет превышение «субкритического» порога было отмечено более чем в 60% случаев, а среди пациентов старше 60 лет частота встречаемости превысила 80%.

С целью дальнейшего анализа был выбран «критический» порог повышения/понижения скорости – на уровень $\geq 40\%$ относительно нормальных значений выбранных параметров для ПА (экстракраниальный отдел) и интракраниальных артерий (СМА, ПМА, ЗМА, ОА) и $\geq 50\%$ для экстракраниальных артерий (ОСА, НСА, ВСА). Данные отклонения являются заведомо аномальными так, как более чем в 2 раза превышают уровень известных в литературе допустимых диапазонов (табл. 3).

Таблица 3

**Средние критические значения линейных скоростей кровотока
в основных магистральных артериях шеи и головы**

Название артерии	Возраст	Vs, см/с		Vde, см/с		Vm, см/с		Vms, см/с	
		ниже	выше	ниже	выше	ниже	выше	ниже	выше
ОСА	<40	35,6	168,9	7,9	37,6	13,0	50,4	5,4	31,0
	40–60	33,5	157,0	7,4	37,5	10,4	46,9	6,1	44,1
	>60	31,6	156,0	6,5	34,3	8,9	40,2	6,2	30,4
НСА	<40	30,4	140,5	4,8	26,5	11,2	45,3	3,9	23,4
	40–60	29,6	142,5	5,4	27,9	11,4	60,1	2,8	25,5
	>60	28,5	151,5	4,3	25,6	9,3	52,0	5,2	29,2
ВСА (э)	<40	27,1	130,8	9,1	45,0	14,8	66,0	7,3	30,4
	40–60	25,0	117,6	8,5	45,0	13,6	65,7	8,8	51,7
	>60	24,0	115,3	8,1	40,5	12,9	59,7	6,4	27,9
ПА (э)	20-40	20,2	78,5	9,8	41,2	10,6	36,8	8,5	33,7
	40–60	18,2	84,4	8,9	38,8	9,4	33,5	8,6	52,8
	>60	16,6	82,0	8,9	40,7	8,4	30,8	10,3	35,3
СМА	20-40	50,3	153,6	22,1	74,8	28,9	98,3	12,7	58,9
	40–60	46,5	146,4	20,6	65,5	28,4	98,0	16,3	79,2
	>60	42,5	137,2	17,2	56,7	25,9	93,0	15,7	52,9
ПМА	20-40	41,9	131,3	21,0	63,3	24,5	86,1	9,4	63,6
	40–60	41,8	131,7	20,3	61,2	25,5	86,4	22,8	65,0
	>60	35,7	122,2	17,5	53,5	23,8	84,4	15,7	62,6
ЗМА	20-40	30,5	99,7	15,6	47,2	19,6	68,2	8,2	44,7
	40–60	29,0	103,0	15,0	47,3	18,5	69,3	10,6	61,5
	>60	27,6	90,3	11,4	40,0	17,8	66,4	11,6	50,0
ОА	20-40	30,8	100,1	14,6	47,6	18,3	67,3	12,7	48,0
	40–60	28,0	100,9	13,1	46,2	16,8	66,2	14,6	70,0
	>60	25,4	90,3	10,7	42,0	15,8	63,1	5,9	39,2

В результате рандомизации из всей когорты обследованных больных были отобраны пациенты (n=6; 11%), имевшие параметры, превысившие установленный критический порог. Именно этих пациентов мы смогли отнести к группе особого риска, так как для них было характерно длительное и тяжелое течение заболевания, а в двух случаях наблюдался летальный исход.

Анализ этих случаев по отдельности свидетельствовал о наличии объективных причин для такого отклонения у большого числа пациентов. Данные показали, что выявление отклонений от общей закономерности изменений кровотока должно быть принято во внимание с целью изменения диагностических действий либо в целом тактики ведения

пациента. Ниже представлен типичный клинический пример, подтверждающий это положение.

Пациент Е., 59 лет. При поступлении неврологический дефицит по шкале NIHSS 16 баллов. По данным ультразвуковых и нейровизуализационных методов исследования было выявлено атеросклеротическое стеноокклюзирующее поражение брахиоцефальных артерий с формированием окклюзии ВСА, ипсилатеральной очагу, субокклюзии (90%) контралатеральной ОСА с переходом в ВСА (45%). Ишемический очаг располагался в бассейне левой СМА и имел преимущественно корковое представительство, что и предопределило положительный исход заболевания.

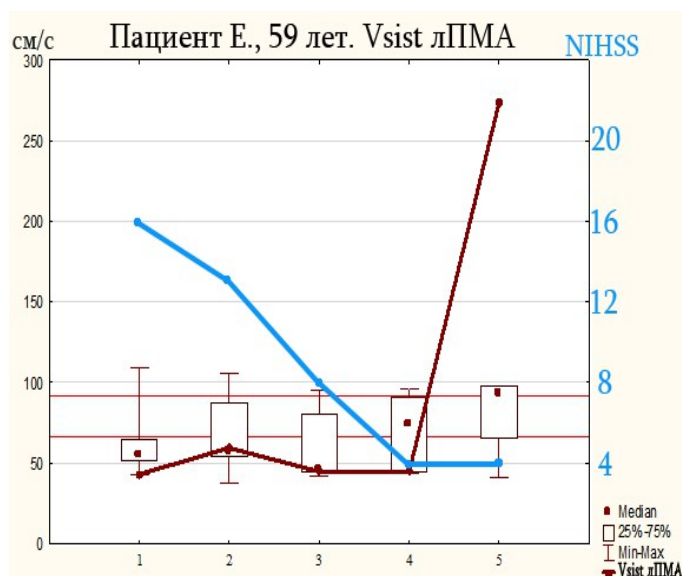


Рис. 2. Динамика систолической скорости по ПМА и неврологического дефицита пациента Е. в остром периоде ишемического инсульта на фоне средних показателей больных из группы атеротромботического подтипа

В 5-й точке исследования (28-е сутки от дебюта инсульта), по данным УЗДГ, выявлено ускорение ЛСК по левой ПМА выше «критических» норм. Данное повышение линейных скоростей отмечалось на фоне улучшения клинической картины, причем, цифры артериального давления при исследовании были в рамках стандартных значений для данного пациента (140/80 мм рт. ст.).

Больному выполнена селективная ангиография, в результате которой выявлено сужение просвета контралатеральной очагу внутренней сонной артерии (интракраниальный отдел), явившейся причиной увеличения ЛСК в левых ПМА и ЗМА до критических показателей. На основании полученных результатов пациент был переведен в нейрохирургическую клинику, где ему было выполнено стентирование.

Данный клинический случай показывает диагностическую неполноценность исключительно клинико-лабораторного динамического наблюдения в остром периоде ишемического инсульта и доказывает необходимость проведения ультразвукового мониторинга в динамике пациентам с выраженным атеросклеротическим стеноокклюзирующим поражением магистральных артерий головы и шеи.

Заключение.

Однократная оценка скоростных показателей церебрального кровотока имеет высокую информативность только в случае грубого стено-окклюзирующего поражения мозговых или магистральных артерий. При их отсутствии диагностическая ценность скоростных параметров довольно низкая. Линейная скорость кровотока приобретает большую информативность при динамическом наблюдении, демонстрируя ауторегуляторный резерв и эффективность терапевтических усилий в течение острого периода.

На фоне положительной неврологической динамики, к концу четвертой недели заболевания, у большей части пациентов наблюдается как общее, так и региональное снижение скоростных показателей, что связано с преодолением отека, уменьшением объема мозговой ткани в пораженном бассейне, восстановлением соответствия перфузионных возможностей метаболическим и функциональным потребностям сохранившегося мозгового вещества. Удлинение периода нестабильности скоростных параметров или значительные колебания абсолютных значений могут служить маркером неблагоприятного прогноза углубления процесса ишемии (прогредиентное течение) или развитие повторного инсульта, что, несомненно, служит основанием для уточнения этиологического и/или патогенетического фактора, поиска ошибок в выборе лечебной тактики.

У пациентов с инсультом средней и тяжелой степени, имеющих грубые региональные расстройства мозгового кровообращения на фоне стено-окклюзирующего поражения магистральных артерий головы, дополнительной целью для мониторинга может служить скорость потока в компенсирующем артериальном сегменте «бассейна-донора». По наличию динамики скоростных показателей кровотока в таком сегменте можно судить о стабилизации ишемических расстройств или об угрозе ухудшения в симптомном сосудистом регионе.

Стратификация нормативных значений с выделением надпороговых отклонений скоростных параметров позволяет повысить чувствительность доплеровской оценки мозгового кровотока с наибольшей информативностью на третьей неделе мониторинга. При сопоставлении пороговых значений с получаемыми показателями возможно выделение лиц с повышенным риском ухудшения или летального исхода, требующих коррекции терапии или расширения диагностической программы.

Литература

1. Вознюк, И.А. Количественная оценка ультразвуковых параметров мозгового кровотока (значение и норма) / И.А. Вознюк, А.Ю. Полушин, Е.А. Степанов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. - 2013, №4 (47). - С. 30–40.
2. Приказ МЗ РФ №928н от 15.11.2012 «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи больным с острыми нарушениями мозгового кровообращения» / Собрание законодательства Российской Федерации, 2011, № 48, ст. 6724; 2012, № 26, ст. 3442, 3446.
3. Кузнецов, А.Н. Справочник по церебральной доплерографии / А.Н. Кузнецов, И.А. Вознюк // М.: ЗАО Спектрмед, 2004. – 82 с.
4. Лелюк, В.Г. Ультразвуковая ангиология / В.Г.Лелюк, С.Э.Лелюк // М.: Реальное время. – 2003. – 324 с.
5. Никитин, Ю.М. Ультразвуковая доплеровская диагностика сосудистых заболеваний / Ю.М. Никитин, А.И. Труханов // Иваново: Издательство МИК, 2004. – 491 с.

6. Сёмин, Г.Ф. Практикум по ультразвуковой доплерографии артерий головы и мозга / Г.Ф. Сёмин [и др.] // Ереван: Изд-во ЕМИ, 2000. – 111 с.
7. Brott, T. Measurements of acute cerebral infarction: a clinical examination scale / T. Brott [et al.] // Stroke. – 1989. – Vol. 20. – P. 864-870.
8. Ecker, A. Arteriographic demonstration of spasm of the intracranial arteries / A. Ecker, P.A. Riemenschneider // J. Neurosurg. 1951; 8. – P. 660–667.
9. Lennihan, L. Transcranial Doppler detection of anterior cerebral artery vasospasm / L. Lennihan [et al.] // J. of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry – 1993; 56. – P. 906–909.
10. Lindegaard, K.F. Cerebral vasospasm after subarachnoid haemorrhage investigated by means of transcranial Doppler ultrasound / K.F. Lindegaard [et al.] // Acta Neurochir Suppl (Wien) 1988; 42. – P. 81–84.
11. Saqqur, M. Role of transcranial Doppler in neurocritical care / M. Saqqur, D. Zygun, A. Demchuk // Crit. Care Med. 2007; 35 [Suppl.]. – P. 216–223.