



¹ Самаркандский
государственный
медицинский
институт

² Башкирский
государственный
медицинский
университет

³ Академия наук
Республики
Башкортостан

Дополнительные методы функциональной и визуализационной диагностики головного мозга для планирования персонифицированной помощи неврологическому пациенту

Н.Ш. Музаффарова¹, С.З. Хакимова, д.м.н., проф.¹, Л.Р. Ахмадеева, д.м.н., проф.^{2,3}, Д.Э. Байков, д.м.н., проф.², Р.Р. Гизатуллин², Г.А. Булякова²

Адрес для переписки: Лейла Ринатовна Ахмадеева, Leila_ufa@mail.ru

Для цитирования: Музаффарова Н.Ш., Хакимова С.З., Ахмадеева Л.Р. и др. Дополнительные методы функциональной и визуализационной диагностики головного мозга для планирования персонифицированной помощи неврологическому пациенту. Эффективная фармакотерапия. 2023; 19 (45): 14–22.

DOI 10.33978/2307-3586-2023-19-45-14-22

Современные ультразвуковые и нейровизуализационные методы исследования широко применяются для ранней и высококачественной диагностики заболеваний нервной системы, в том числе цереброваскулярных нарушений.

Материал и методы. В исследовании участвовали 50 больных с основным синдромом в виде головокружения с подтвержденными рентгенологически дегенеративно-дистрофическими изменениями в шейном отделе позвоночника и аномалией Киммерле, которым проведена ультразвуковая доплерография, и 120 пациентов, перенесших острый ишемический инсульт, которым выполнены клиничко-нейровизуализационные исследования, включая магнитно-резонансно-томографическую нейроморфометрию с трактографией, и 40 лиц без диагностированных заболеваний нервной системы (группа контроля). Возрастной диапазон – от 46 до 89 лет, мужчин – 47%, женщин – 53%.

Результаты. Получены количественные показатели кровотоков и фракционной анизотропии, которые в дальнейшем могут рассматриваться в качестве референтных. Показана гемодинамическая значимость различий между пациентами и лицами контрольной группы. Дана оценка результатов ротационной пробы при дегенеративно-дистрофических изменениях в шейном отделе позвоночника и аномалии Киммерле по динамике V_{max} кровотока. Представлен клинический случай с нейроморфометрическими магнитно-резонансно-томографическими данными.

Заключение. Дополнительные методы ультразвуковой и нейровизуализационной диагностики головного мозга могут применяться в ежедневной врачебной практике при ведении пациентов с различными цереброваскулярными заболеваниями для планирования персонифицированной помощи с учетом показателей, полученных в данном исследовании.

Ключевые слова: ультразвуковая доплерография, головокружение, инсульт, магнитно-резонансная томография, трактография

Введение

Среди пациентов, обращающихся за помощью к неврологу в России и Узбекистане, большинство пациентов с болевым синдромом. Кроме того, частой причиной обращения к неврологу являются двигательные и когнитивные расстройства. Особое место занимают больные с головокружением [1, 2].

Традиционно головокружение подразделяют на системное и несистемное [3]. Системное головокружение зачастую характеризуется острым дебютом и крайне выраженными клиническими проявлениями, что вынуждает пациента обращаться за экстренной и неотложной медицинской помощью [4, 5]. Установление причины системного головокружения нередко становится клинической



дилеммой для врача приемного отделения и сопровождается ошибками [6, 7]. Эти ошибки обусловлены как объективными причинами, например гетерогенностью феномена головокружения, низкой степенью информативности инструментальных и лабораторных методов исследования, возможностью сочетания нескольких форм головокружения, так и субъективными – недостаточной информированностью врачей о причинах головокружения, неполноценным объективным осмотром, неиспользованием специфических вестибулярных диагностических тестов [8–10]. Крайне важно исключить потенциально жизнеугрожающие заболевания с поражением центральной нервной системы, такие как инсульт, аномалии краниовертебрального перехода, объемные образования, инфекционные и токсические поражения [11–14]. Необходимо дифференцировать центральные и периферические варианты головокружений.

Считается, что фактором изменения кровотока головного мозга более чем на 50% является патология внечерепных отделов центральных сосудов головы и оптимальная работа головного мозга обеспечивается адекватным притоком крови по брахиоцефальным сосудам. Постоянное поддержание кровотока головного мозга в пределах 50–55 мл на 100 г паренхимы мозговой ткани в одну минуту в области полушарий и 33 мл на 100 г мозговой ткани в одну минуту в области мозжечка необходимо для физиологического течения обмена мозговой ткани.

Согласно данным литературы, острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) может быть ошибочно не диагностировано у 35% пациентов в приемном отделении [15–17]. Пациенты, перенесшие ОНМК, представляют отдельную категорию неврологических больных, для которых первоочередными являются вопросы персонализированной реабилитационной помощи. Для формирования алгоритма оказания такой помощи нужно определиться с прогнозом двигательных исходов. Сегодня имеется возможность использовать в этих целях диффузионно-тензорную магнитно-резонансную томографию [18].

Цель – определить роль дополнительных функциональных и визуализационных методов в диагностике цереброваскулярных заболеваний и для планирования персонализированной помощи неврологическим пациентам с патологией экстра- и интрачерепных сосудов на примере ультразвуковых и томографических исследований.

Материал и методы

Для участия в исследовании были отобраны 50 пациентов с жалобами на головокружение, у которых рентгенологически подтверждены дегенеративно-дистрофические изменения в шейном отделе позвоночника и которые находились на стационарном лечении в неврологическом отделении Самаркандского городского медицинского объединения, и 120 пациентов, перенесших ОНМК в виде ишемических инсультов, подтвержденных клинически и с помощью компьютерной томографии, наблюдавшихся в клинике Башкирского государственного медицинского университета (Уфа). Возраст паци-

ентов составил 46–89 лет (47% мужчин, 53% женщин). Применялись общеклинические, клинико-неврологические, транскраниальные доплерографические, рентгенографические и магнитно-резонансно-томографические в различных режимах с построением пирамидных трактов (трактография) методы обследования.

Выполнено ультразвуковое исследование (УЗИ) сосудов шейного отдела: методом цветового дуплексного сканирования оценивались показатели скорости кровотока в субоципитальном участке позвоночной артерии (ПА). Визуализация позвоночных артерий проводилась на аппарате ESoate Mylab class C (Италия) секторным датчиком с частотой 2–8 МГц.

Для оценки нормальных параметров сосудов вертебробазилярного бассейна (ВББ) и трактографии анализировались данные добровольцев (по 20 в каждой подгруппе) без патологии и каких-либо жалоб с аналогичным распределением по полу и возрасту.

В когорте, в которой проводилось ультразвуковое сосудистое исследование, считали, что позвоночная артерия подразделяется на четыре отдела: первый отдел – от устья до входа в костный канал поперечных отростков позвонка CVI; второй отдел – в канале поперечных отростков от CVI до CII; третий отдел – от выхода из канала поперечного отростка CII до входа в череп через большое затылочное отверстие; после выхода из поперечного отростка CII вертебральная артерия изгибается кзади и кнаружи, проходит до поперечного отростка CI, через него и делает изгиб дугообразного характера, называемый петлей CI. Ротация головы относительно шейных позвонков выполняется петлей CI. Расстояние от входа ПА через большое затылочное отверстие до слияния с другой ПА в непарную, базилярную артерию образует интракраниальный отдел вертебральной артерии, то есть четвертый отдел. Обследование третьего отдела выполняли с помощью линейного датчика с частотой 5–7,5 МГц, а четвертого отдела – секторным датчиком с частотой 2–5 МГц. В ходе исследования обеспечивался трансоципитальный доступ. При этом больной сидел или лежал на животе с максимально согнутой вперед шеей. Транскраниальную доплерографию проводили с помощью системы EDAN instruments, версия 1.2, с использованием фазированного датчика частотного диапазона 2–8 МГц.

Атлантовый сегмент ПА имеет особенности траектории в различных сечениях, то есть четыре изгиба, создающих определенные сложности при выведении этого отдела специалистом УЗ-диагностики по всей его длине в одной плоскости УЗИ. При исследовании разграничивали два отдела: проксимальный, или вертикальный, расположенный в промежутке поперечных отростков CI и CII, и дистальный, или горизонтальный, расположенный между поперечным отростком CI и большим затылочным отверстием.

Для визуализации V3- и V4-сегментов ПА в процессе исследования больной находился в горизонтальном положении (лежа на животе) с упором на лоб. Датчик аппарата проецировали между контуром грудино-ключично-сосцевидной мышцы сзади и остистыми отростками CI–CII-позвонков так, чтобы сечение сканирова-



ния было выполнено перпендикулярно продольной оси позвоночника. Датчик наклоняли так, чтобы сечение сканирования проецировалось через атлантоокципитальное сочленение и наружную часть большого затылочного отверстия. Таким образом лучше визуализируется конечный отдел V3-сегмента вертебральной артерии от поперечного отростка С1 до входа в полость черепа, огибающей на своем пути наружную массу С1, проходящей в одноименном углублении. Этот сегмент артерии на экране выглядит как подкова. Далее при продольном сканировании шеи датчик поворачивали на 90° и выставляли параллельно заднему контуру грудино-ключично-сосцевидной мышцы непосредственно под затылочной костью головы так, чтобы сечение проецировалось параллельно продольной оси позвоночника. В таком виде визуализируется начальный отдел V3-сегмента вертебральной артерии между поперечными отростками С1–СII-позвонков. На экране монитора этот участок сосуда выглядит S-образно (рис. 1).

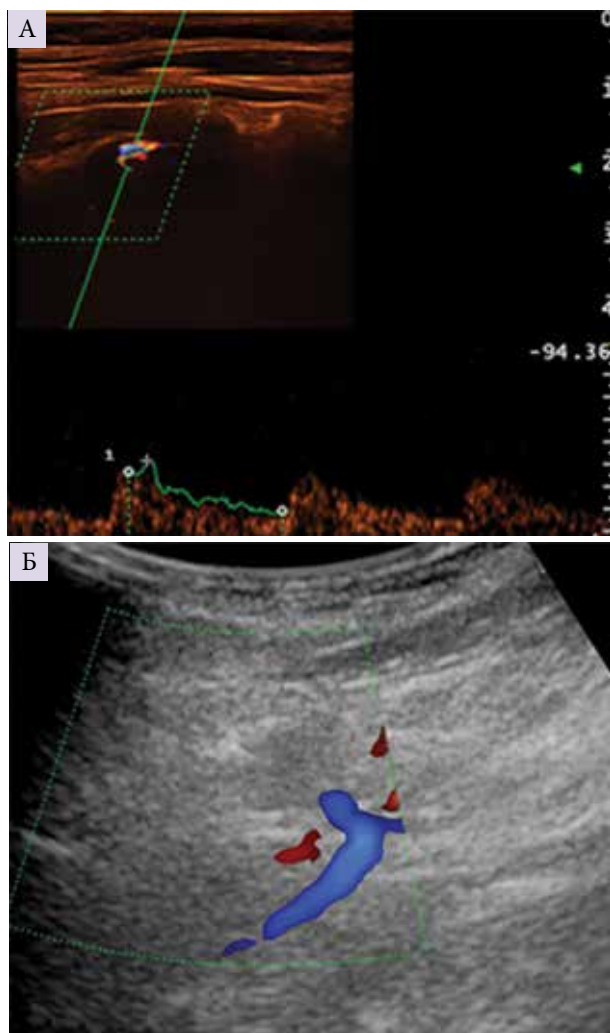


Рис. 1. Допплерография позвоночных артерий. Краниовертебральный отдел. А – визуализация с помощью линейного датчика; Б – визуализация с помощью полостного датчика

Общее состояние кровообращения при доплерографии оценивали по качественным и количественным параметрам. К качественной оценке относятся характер звукового доплеровского сигнала, форма доплерограммы, распределение частот в доплерограмме. Допплерограмма при выполнении транскраниальной доплерографии (ТКДГ) позволяет очень точно изучить динамику кровообращения, поскольку при изменениях кровообращения вид спектрограммы претерпевает выраженные изменения. Из качественных показателей были анализированы изначальный максимальный подъем кривой, который соответствовал пиковой систолической скорости (V_{max} , см/с), точка кривой, которая предшествовала последующему циклу и соответствовала конечной диастолической скорости (V_{min} , см/с). Вырезка, обратный поток на ранней диастоле и отсутствие кровотока в конечной диастоле являются качественными показателями доплеровской спектрограммы. Количественная оценка заключалась в определении максимальной (V_{max} , см/с), средней (V_{mean} , см/с) и минимальной (конечно-диастолической – V_{min} , см/с) скоростей кровотока. Конечная диастолическая скорость (V_{min}) определялась периферическим сосудистым сопротивлением. Оцениваемые критерии зависят от угла наклона датчика относительно траектории кровотока. Во время исследования наклон датчика устанавливали так, чтобы иметь выраженную насыщенность отображения спектрограммы, достигаемую при показателях угла приблизительно 45°. Далее это значение угла использовали при расчете указанных параметров.

Чтобы подсчитать количественные критерии кровотока, которые не зависят от угла наклона датчика, применяли конкретные индексы:

- ✓ индекс циркуляторного сопротивления $RI = (V_{max} - V_{min}) / V_{max}$ (Pourcelot Index, индекс Пурсело);
- ✓ индекс пульсации $PI = (V_{max} - V_{min}) / V_{mean}$ (Goesling Index, индекс Геслинга).

Показатели динамики кровообращения в вертебральных артериях изучали, когда пациент находился в горизонтальном положении (лежа на животе), вначале при положении головы лицом вниз, далее при максимальном повороте вправо и затем при максимальном повороте влево. Изменения параметров кровотока при пробах оценивали путем расчета коэффициента реактивности (КР, %) по формуле:

$$(ПРП/ДП - 1) \times 100,$$

где ПРП и ДП – данные показателя после ротационной пробы и при положении головы лицом вниз (до пробы).

Результаты

Пациентов с головокружением на основании ультразвукового доплерографического исследования (УЗДГ) в зависимости от состояния кровотока по позвоночной артерии разделили на три подгруппы (рис. 2):

- 1) показатели линейной скорости кровотока (ЛСК) в позвоночной артерии в пределах нормы;
- 2) асимметрия ЛСК по одной из позвоночных артерий;
- 3) двустороннее снижение кровотока по позвоночной артерии.



Первый вариант (кровоток в пределах нормы) отмечался у десяти больных, у 7 (70%) из них имелись клинически выраженные болевые проявления, которые врачи трактовали как мышечно-тонические и вероятно обусловленные локальными проявлениями шейного остеохондроза. У 3 (30%) пациентов доминировали симптомы, обусловленные гемодинамическими нарушениями в ВББ.

Второй вариант (асимметрия кровотока по одной из позвоночных артерий от 20 до 80%) выявлен у 25 больных выборки. При этом 20–50%-ная асимметрия зарегистрирована у 18 (72%) пациентов. В 90% зарегистрированы клинические симптомы, обусловленные гемодинамическими нарушениями в ВББ.

Третий вариант (дефицит кровотока по обеим позвоночным артериям от 20 до 40%) диагностирован у 15 пациентов выборки. При этом 20–30% дефицита кровотока зафиксировано у 10 (66,6%) больных. В 14 (93,4%) случаях имели место клинические симптомы, обусловленные гемодинамическими нарушениями в ВББ.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что выраженность клинических проявлений, связанных с гемодинамическими нарушениями в ВББ, в значительной степени обусловлена нарушением кровотока в позвоночных артериях, выявленным при выполнении УЗДГ.

При УЗИ ПА учитывали уровень входа ее в костный канал поперечных отростков позвонков, наличие извитости, гипоплазии, тип отхождения от подключичных артерий, диаметр в области петли атланта. ПА располагаются позади сонных артерий. В большинстве случаев их диаметр у лиц контрольной группы колебался в пределах 2,5–4,0 мм, в отдельных случаях достигал 5–6 мм, что согласуется с результатами ряда исследований. По данным других авторов, диаметр ПА в разных отделах колеблется от 2,3 до 4,5 мм с левой стороны и от 3,83 до 7,4 мм – с правой.

Далее нами было проведено обследование магистральных артерий головного мозга больных с использованием ультразвуковой ТКДГ с лоцированием экстра- и интракраниальных сосудов (рис. 3).

Оценка ТКДГ-сигнала проводилась в два этапа. На первом этапе оценивали огибающие спектральной характеристики сигнала. На втором этапе на основании оценки этих огибающих подсчитывали разные критерии кровотока. Доплеровская спектрограмма кровотока в ПА имела монофазный характер. Четко визуализировали медленное снижение скорости кровотока от максимальной в систоле к минимальной в конце диастолы.

Главной особенностью доплерографического обследования является то, что амплитуда определяемого сигнала не всегда служит надежным критерием, поскольку зависит от множества параметров, не связанных со скоростью кровотока. Но выраженное видоизменение амплитуды получаемого сигнала, особенно при исследовании симметричных артерий, в общем информативно для диагностики. Именно поэтому при оценке доплеровского сигнала мы использовали критерии, взаимосвязанные с формой и амплитудой (рис. 4).

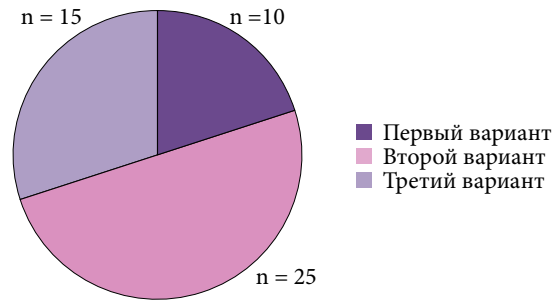


Рис. 2. Распределение пациентов с головокружением в зависимости от линейной скорости кровотока по данным УЗДГ в позвоночных артериях

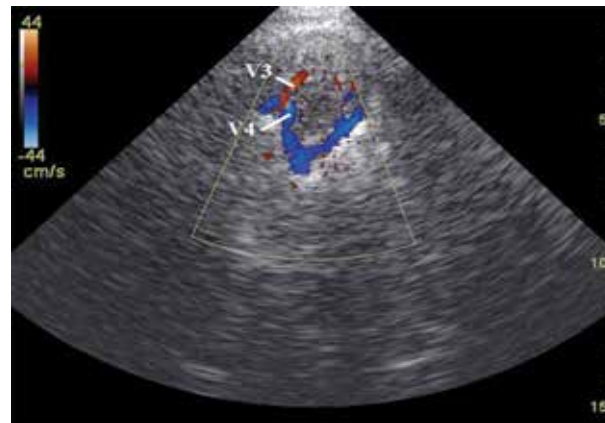


Рис. 3. Сканограмма V3- и V4-сегментов ПА

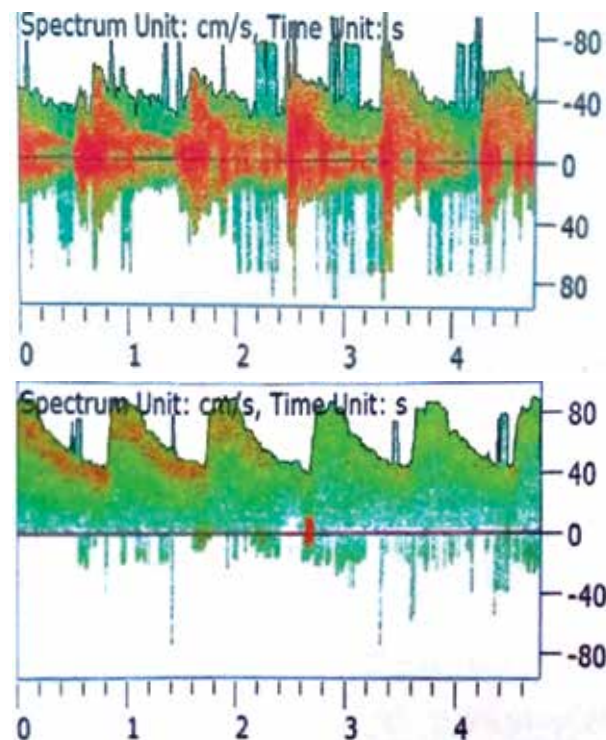


Рис. 4. Транскраниальная доплерография позвоночной артерии. Вертебробазилярный отдел



Таблица 1. Данные ТКДГ V4-сегмента позвоночных артерий в контрольной группе (n = 20)

Показатели кровотока, см/с	V _{max}		V _{mean}		V _{min}		RI		PI	
	Диагностируемая ПА									
	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
В покое	57,73 ± 1,70	59,92 ± 1,73	38,70 ± 1,39	39,19 ± 1,40	22,55 ± 1,06	22,32 ± 1,06	0,61 ± 0,17	0,63 ± 0,18	0,92 ± 0,21	0,96 ± 0,22
При проведении ротационной пробы	53,11 ± 1,63	55,12 ± 1,66	35,60 ± 1,33	32,76 ± 1,28	20,74 ± 1,02	19,19 ± 0,98	0,61 ± 0,17	0,65 ± 0,18	0,92 ± 0,21	1,12 ± 0,24

Таблица 2. Данные ТКДГ V4-сегмента позвоночных артерий у пациентов с головокружением (n = 50)

Показатели кровотока, см/с	V _{max}		V _{mean}		V _{min}		RI		PI	
	Диагностируемая ПА									
	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
В покое	55,14 ± 1,46	44,04 ± 1,3	37,0 ± 1,19	30,39 ± 1,08	30,34 ± 1,08	24,21 ± 0,96	0,46 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,70 ± 0,16	0,69 ± 0,16
При проведении ротационной пробы	51,24 ± 3,93	36,24 ± 3,71	34,50 ± 2,87	25,09 ± 2,66	28,37 ± 2,39	20,08 ± 2,29	0,46 ± 0,01	0,46 ± 0,13	0,70 ± 0,02	0,68 ± 0,03

Данные ТКДГ позвоночных артерий V4-сегмента в покое и при проведении ротационной пробы пациентов контрольной группы представлены в табл. 1. Как видим, скоростные показатели при проведении ротационной пробы относительно снижены как в правой, так и в левой ПА в выборке пациентов. В то же время при неизменных индексах RI и PI в правой ПА в левой отмечалось некоторое повышение этих показателей.

Данные описательной статистики общей выборки пациентов с головокружением при ТКДГ представлены в табл. 2. Для всех исследуемых параметров $p \leq 0,05$, что соответствует критерию достоверности $\geq 95\%$.

Изначально во всех группах показатели динамики скорости кровотока в позвоночных артериях справа и слева сравнивались и из-за отсутствия между ними достоверных различий впоследствии оценивались суммарно. При положении головы лицом вниз данные регистрации кровотока в субокципитальном сегменте позвоночных артерий почти не различались между группами.

Исходя из данных, V_{max} как справа, так и слева у обследованных пациентов с головокружением и дегенеративно-дистрофическими изменениями в шейном отделе позвоночника снижалась в систолической фазе (35,41 ± 1,63 и 30,74 ± 1,26 см/с). В то же время билатерально снижались диастолические показатели кровотока (V_{min}) в V3- и V4-сегментах ПА (18,29 ± 0,97 и 15,97 ± 0,77 см/с соответственно). В результате возникала значительная разность амплитуды скоростей кровотока, чего не наблюдалось

у лиц контрольной группы. При наличии сужения сосуда на доплерограмме контралатеральной стороны отмечались небольшое увеличение максимальной скорости, изменение формы волны потока крови. Это расценивалось как результат общей реакции обеих ПА при выраженном уровне компенсаторных, а также различных адаптирующих возможностей.

Сравнительный анализ результатов кровотока в обследуемых группах больных с головокружением и лиц контрольной группы показал незначительную, но отчетливую тенденцию к снижению скоростных показателей кровотока во всех сопоставляемых группах.

Обобщение результатов исследований V3- и V4-сегментов позвоночных артерий пациентов на ТКДГ (табл. 3) показало изменения кровотока: как в правой, так и в левой ПА преимущественно отмечалось замедление кровотока (64,5 и 90,9% соответственно). Ни в одном из наших наблюдений на патологической стороне ускорения кровотока не зафиксировано.

Основываясь на нормативных показателях кровотока в ПА по Цвибелю и данных контрольной группы, у обследуемых пациентов с головокружением определили снижение скорости кровотока различной степени выраженности (рис. 5). У пациентов с начальными проявлениями дегенеративно-дистрофических изменений в шейном отделе позвоночника гемодинамически значимых изменений скорости кровотока не выявлено: в V4-сегменте ПА средняя скорость кровотока составила 37,65 ± 3,07 см/с справа и 34,55 ± 2,94 см/с слева. У пациентов с диагностированными выраженными дегенеративно-дистрофическими изменениями в шейном отделе позвоночника и деформирующим спондилезом констатировали снижение кровотока в пределах нижней грани нормативных критериев: средняя скорость кровотока в V4-сегменте ПА составила 29,70 ± 3,15 см/с справа и 34,10 ± 3,37 см/с слева.

При невыраженных дегенеративно-дистрофических изменениях в шейном отделе позвоночника V_{mean} составила 37,0 ± 1,19 см/с справа и 30,39 ± 1,08 см/с слева,

Таблица 3. Изменения кровотока в V3- и V4-сегментах на ТКДГ

Кровоток V3, V4 ПА на ТКДГ	Не изменен, абс. (%)		Ускорен, абс. (%)		Замедлен, абс. (%)	
	справа	слева	справа	слева	справа	слева
Справа	39	35,5	–	–	71	64,5
Слева	10	9,1	–	–	100	90,9



что, вероятно, компенсировалось противоположной позвоночной артерией, где скорости кровотока находились в пределах нормы. Выраженные дегенеративно-дистрофические изменения приводили к замедлению кровотока (справа $15,34 \pm 0,62$ см/с и слева $15,56 \pm 0,62$ см/с).

На следующем этапе обследуемым больным с головокружением выполняли ротационную пробу, данные которой фиксировались методом ТКДГ. Данные описательной статистики общей выборки пациентов после ротационной пробы при ТКДГ представлены на рис. 5.

ТКДГ-исследование при поворотных пробах динамики кровотока в V3-, V4-сегментах ПА при спондилогенной вертебробазилярной недостаточности, обусловленной дегенеративно-дистрофическими изменениями в шейном отделе позвоночника, выявило уменьшение линейной скорости кровотока, идентичное при ипсилатеральном боковом вращении головы, особенно у пациентов с выраженными дегенеративно-дистрофическими изменениями. Скоростные параметры кровообращения в вертебральных артериях при контралатеральном повороте значимо не отличались от соответствующих показателей при ипсилатеральной ротации головы, в результате чего во всех группах испытуемых они также были проанализированы суммарно.

Данные показателей гемодинамики в V3- и V4-отделах ПА в состоянии покоя соответствовали данным других авторов. Межгрупповые различия регистрировались по значению средней линейной скорости кровотока, но при этом динамика V_{mean} при ротации головы в сравниваемых группах имела тенденцию к снижению.

Просвет позвоночной артерии обычно не изменялся при атлантоаксиальной ротации, а сужение, как правило, индуцировалось экстравазальным воздействием или перегибом сосуда.

Использование магнитно-резонансно-томографической трактографии для диагностики и оптимизации выбора подходов при составлении персонализированной реабилитационной программы рассмотрим на примере.

Клинический случай

Пациентка Д., 67 лет, с признаками ишемической болезни сердца планово была госпитализирована для проведения аортокоронарного шунтирования. Операция выполнена 9 октября 2023 г. в течение 75 минут, из них 26 минут использовалось искусственное кровообращение. На вторые сутки после проведенного вмешательства у пациентки появились признаки сенсомоторной дисфазии, по поводу чего экстренно выполнена компьютерная томография головного мозга. Ее результаты рентгенолог трактовал как «последствия перенесенных лакунарных инфарктов с обеих сторон, хроническую цереброваскулярную недостаточность, признаки заместительной гидроцефалии, атрофические изменения коры головного мозга». Данные об ОНМК

по ишемическому типу на момент исследования отсутствовали.

При осмотре пациентка жаловалась на сложности с подбором слов. В неврологическом статусе ведущие синдромы – легкий центральный правосторонний гемипарез, сенсомоторная дисфазия умеренной степени, патологические рефлекс Бабинского с обеих сторон. Оценка по шкалам для мониторинга пациентов с инсультом согласно клиническим рекомендациям Минздрава России: NIHSS – 18; LAMS – 3; Рэнкин – 5; Ривермид – 1. Установлен клинический диагноз: ОНМК по типу ишемического инсульта в бассейне левой средней мозговой артерии. Проведена магнитно-резонансная томография (МРТ), по результатам которой описаны зоны измененного сигнала в режимах DWI в левом полушарии головного мозга (ограничение диффузии) (рис. 6) и T2 (рис. 7).

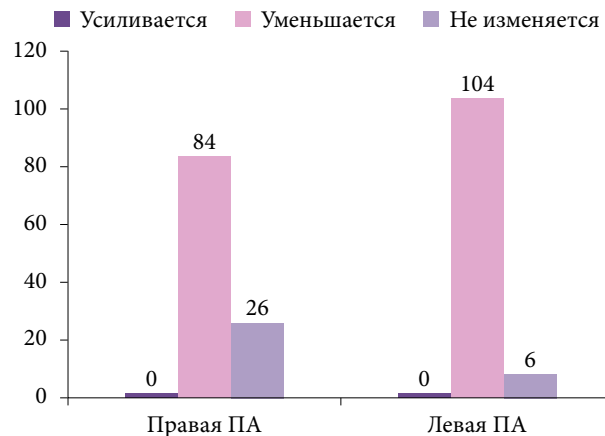


Рис. 5. Изменение кровотока при поворотной пробе в ПА при повороте ипсилатерально

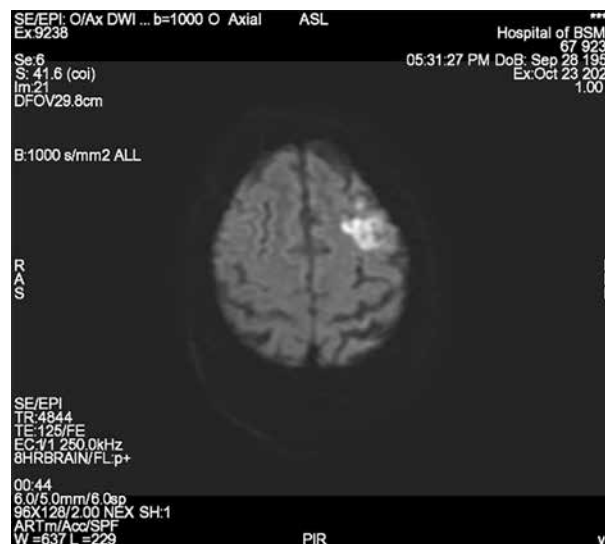


Рис. 6. Зоны измененного сигнала в режиме DWI в левом полушарии головного мозга (ограничение диффузии) у пациентки Д., 67 лет, с острым ишемическим инсультом, острый период

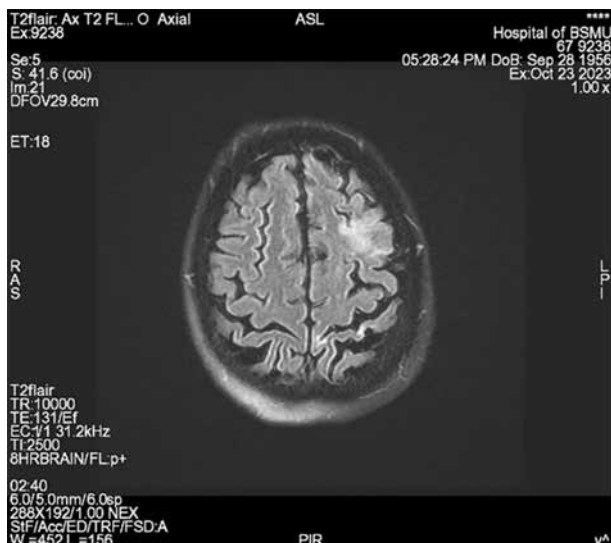


Рис. 7. Зоны измененного сигнала в режиме T2 МРТ головного мозга в левом полушарии головного мозга у пациентки Д., 67 лет, с острым ишемическим инсультом, острый период

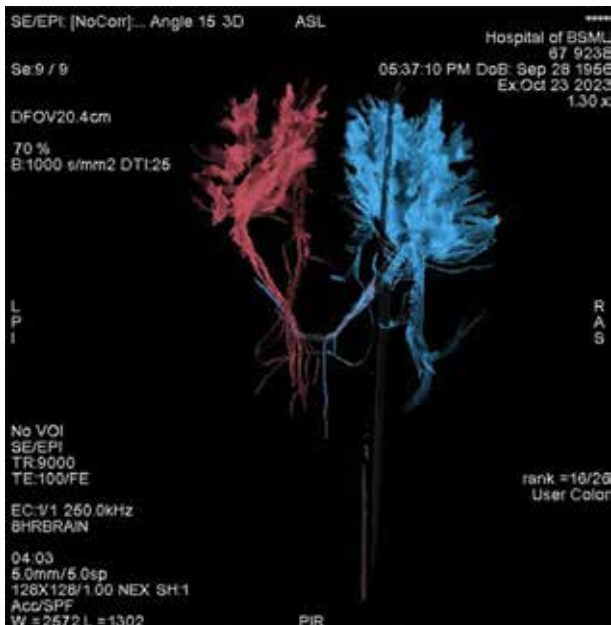


Рис. 8. Трехмерная модель кортикоспинального пути пациентки Д., 67 лет, с острым ишемическим инсультом в бассейне левой средней мозговой артерии

Далее нами была построена трехмерная модель кортикоспинального пути (трактография), результаты которой свидетельствовали о снижении количества проводящих путей кортикоспинального тракта слева, что полностью соответствовало описанной выше клинической картине в виде правостороннего легкого центрального гемипареза (рис. 8). В настоящее время нами продолжается работа по анализу данных магнитно-резонансно-томографических исследований пациентов, перенесших инсульт, с по-

строением трехмерных моделей кортикоспинальных путей и расчетом показателей фракционной анизотропии. Выполняется также анализ данных компьютерно-томографических исследований головного мозга с морфометрией стратегических зон из числа церебральных структур, вовлечение которых может оказаться значимым для прогнозирования различных (прежде всего моторных и когнитивных) исходов после инсульта для разработки персонализированных реабилитационных программ.

Обсуждение

Согласно данным УЗДГ, значимые изменения показателя гемодинамики при ротации головы у здоровых лиц контрольной группы не регистрировались. Вместе с тем у пациентов с вертебробазилярной недостаточностью при дегенеративно-дистрофических изменениях в шейном отделе позвоночника полученные данные указывали на значимое экстравазальное воздействие в V3- и V4-сегментах ПА при ротации головы в зависимости от варианта костной перемычки. Значения максимальной пиковой скорости при нейтральном положении головы и при поворотах не отличались у здоровых лиц, но степень снижения V_{max} при поворотах головы у пациентов с дегенеративно-дистрофическими изменениями позвоночника была значительно больше. Кроме того, группы различались по количеству случаев снижения V_{max} более 20% ($p < 0,05$).

Диагностически весомым критерием положительной ротационной пробы при УЗДГ является снижение пиковой скорости кровотока $\geq 20\%$ по сравнению с кровотоком до ротации. Вероятность положительного теста относительно контрольной группы и встречаемость данных изменений в 7,5 раза больше у пациентов с вертебробазилярной недостаточностью и головокружением. По данным ТКДГ, у 72 (65,5%) больных из общего числа пациентов с синдромом позвоночной артерии обнаружены патологические изменения кровотока по ПА в виде асимметрии более 30% (сравнивали ЛСК справа и слева), отмечаемой, по некоторым данным, в 95,5% случаев при компрессионно-ирритативном эффекте вертеброгенного синдрома ПА. При оценке результатов, выявленных при ТКДГ вертебральных артерий у всех больных со спондилогенной краниовертебральной недостаточностью, было подчеркнуто, что средние показатели величины критериев кровотока в V3-, V4-сегментах в целом существенно не отличались от референтных критериев в покое внутри групп. Выявленные достоверные изменения кровотока по ПА проявлялись прежде всего в снижении ЛСК, преимущественно в одной из ПА. У лиц контрольной группы величина пиковой скорости кровотока при поворотной пробе, по данным УЗИ, несколько снижалась (в пределах 2%), преимущественно в левой ПА. У пациентов с аномалией Киммерле пиковая скорость кровотока значительно уменьшалась на стороне с костной перемычкой независимо от стороны поворота. Диагностическим порогом для выявления экстравазального воздействия



на ПА является 20%-ное снижение пиковой скорости кровотока при поворотах головы.

Выраженность выявленных изменений зачастую зависела от продолжительности заболевания, когда отмечалось снижение показателей гемодинамики. По нашему мнению, это свидетельствовало об истощении компенсаторных механизмов регуляции гемодинамики в вертебробазиллярной системе по мере прогрессирования заболевания, что нашло отражение в ряде работ других авторов.

Выводы

Результаты нашего исследования показали, что прохождение ПА через арку или сводчатое отверстие потенциально является причиной периодических нарушений в артериальном кровотоке, а также оказывает давление на периадериальное симпатическое сплетение, особенно во время вращения головы.

Сосудистые формы головокружений, описываемые в современной зарубежной и отечественной [19] литературе, должны быть дифференцированы. В России реализуются высококачественные исследовательские проекты по комбинации нейровизуализационных и ультразвуковых методик при ведении пациентов с различными заболеваниями центральной нервной системы [20, 21].

Таким образом, данные литературы и результаты наших исследований подтверждают ценность УЗИ, в частности ТКДГ, в диагностике нарушений гемодинамики в пределах труднодоступного краниовертебрального сочленения. В данной работе представлены цифровые результаты указанных тестов. Это позволяет говорить о том, что современные ультразвуковые технологии, особенно в сочетании с нейровизуализационными методами, дают возможность качественно дополнить клинические методы дифференцирования причин нарушения функционирования структур головно-

Прохождение позвоночной артерии через арку или сводчатое отверстие потенциально является причиной периодических нарушений в артериальном кровотоке, а также оказывает давление на периадериальное симпатическое сплетение, особенно во время вращения головы. Данные литературы и результаты наших исследований подтверждают ценность ультразвукового исследования, в частности транскраниальной доплерографии, в диагностике нарушений гемодинамики в пределах труднодоступного краниовертебрального сочленения

го мозга, на ранних этапах выявлять патологические изменения в просветах сосудов, оценивать гемодинамические параметры кровотока, проводить нейроморфометрические измерения для оценки состояния системы кровотока головного мозга и подбора персонализированных методов помощи пациентам с различными цереброваскулярными заболеваниями. *

Авторы благодарят Башкирский государственный медицинский университет, на базе которого поддерживается межвузовское международное сотрудничество с Самаркандским государственным медицинским университетом в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030». Конфликт интересов отсутствует.

Литература

1. Верулашвили И., Берая М., Кортушвили М. Особенности церебральной венозной гемодинамики при хронических нарушениях мозгового кровообращения. Эффективная фармакотерапия. 2018; 24: 88–92.
2. Иваничев Г.А., Старосельцева Н.Г., Иваничев В.Г. Цервикальная атаксия (шейное головокружение). Казань, 2010.
3. Абрамов А.С., Терновой С.К., Серова Н.С. Возможности рентгеновских методов диагностики в оценке нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейных позвонков. Современные проблемы науки и образования. 2019; 3: 184–184.
4. Баевский Р.М. Прогноз критических состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 2019.
5. Джалкхи А.М. Спондилогенные нарушения кровообращения в вертебрально-базиллярном бассейне (клинические варианты, комплексное лечение): автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2015.
6. Алиев К.Т., Бондаренко Е.В., Волкова С.А. и др. К вопросу о клинике спондилогенных нарушений кровообращения в вертебрально-базиллярном бассейне. Ученые записки СПбГМУ им. И.П. Павлова. 2012; 19 (1): 60–63.
7. Гаманович А.И. Анализ экономической эффективности метода диагностики висцеро-вертебрального болевого синдрома при поясничном остеохондрозе. БГМУ в авангарде медицинской науки и практики. Сборник рецензируемых научных работ. Минздрав Республики Беларусь. Минск, 2017.
8. Андреев В.В. Оценка величины костного канала на задней дуге при аномалии Киммерле в патогенезе дисциркуляторных нарушений в вертебрально-базиллярном бассейне. Актуальные вопросы нейрососудистой реабилитации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. СПб., 2007; 30–31.



9. Гильвег А.С., Парфенов В.А., Евзиков Г.Ю. Вопросы диагностики и лечения синдрома запястного канала. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2019; 11 (S1): 46–51.
10. Коновалов А.Н., Корниенко В.Н., Пронин И.Н. Магнитно-резонансная томография в нейрохирургии. М.: Видар, 2007.
11. Белецкий А.В., Пустовойтенко В.Т., Смянович А.Ф. Рентгенометрия позвоночника. Минск, 2018.
12. Дементьев Е.З., Жарнов А.М., Жарнова В.В. Причины возникновения и диагностика патологических функциональных блоков в шейном отделе позвоночника. Кремлевская медицина. 2013; 3: 36–41.
13. Дружинин Д.С. Состояние мозгового кровообращения у больных с гипоплазией позвоночной артерии (клинико-доплерографическое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. НЦ неврологии РАМН, 2010.
14. Зозуля И.С., Бредихин А.В., Бредихин К.А. и др. К вопросу о краниовертебральной дисфункции и особенностях ее диагностики: научный обзор и личные наблюдения. Международный неврологический журнал. 2012; 2 (48): 29–42.
15. Еленская С.В., Сергеева И.И. Возможности лучевой диагностики в экспертной оценке вертебро-неврологической патологии. Актуальные вопросы лучевой диагностики (первый уровень визуализации). Сборник научных работ, посвященных 65-летию кафедры лучевой диагностики БелМАПО и 80-летию академика А.Н. Михайлова. Минск, 2016; 56–59.
16. Кошкарева З.В., Сороковиков В.А., Животенко А.П. и др. Лучевые и функциональные методы исследования в диагностике сегментарной нестабильности при остеохондрозе шейных позвонков и шейно-плечевого синдрома. Acta biomedica scientifica. 2019; 4 (6): 40–46.
17. Куташов В.А., Ульянова О.В., Хабарова Т.Ю. Остеохондроз. Современные методы диагностики и лечения. Медикаментозные блокады. Учебно-методические рекомендации для врачей неврологов, нейрохирургов, травматологов, терапевтов, врачей общей практики, клинических ординаторов и интернов. Воронеж, 2016.
18. Гизатуллин Р.Р., Ахмадеева Л.Р., Байков Д.Э. и др. Диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография для прогнозирования исходов после церебрального инсульта. Современные проблемы науки и образования. 2022; 6–1: 144.
19. Жизневский Д.В., Замерград М.В., Грачев С.П. Современные представления о сосудистом головокружении. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2023; 15 (4): 4–11.
20. Москаленко А.Н., Четкин А.О., Филатов А.С. и др. Комбинированное клинико-нейровизуализационное исследование пациентов с болезнью Паркинсона с помощью транскраниальной сонографии и нейромеланин-чувствительной магнитно-резонансной томографии. Российский неврологический журнал. 2022; 27 (6): 32–40.
21. Добрынина Л.А., Гаджиева З.Ш., Шамтиева К.В. и др. Предикторы и интегративный показатель тяжести когнитивных расстройств при церебральной микроангиопатии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2022; 122 (4): 52–60.

Functional and Imaging Diagnostic Methods for Planning Personalized Management for a Neurological Patient

N.Sh. Muzaffarova¹, S.Z. Khakimova, PhD, Prof.¹, L.R. Akhmadeeva, PhD, Prof.^{2,3}, D.E. Baikov, PhD, Prof.², R.R. Gizatullin², G.A. Bulyakova²

¹ Samarkand State Medical Institute

² Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

³ Academy of Sciences of Bashkortostan Republic

Contact person: Leila R. Akhmadeeva, Leila_ufa@mail.ru

Modern ultrasound and neurovisualization techniques are widely used for early and high-quality diagnosis of disorders of nervous system, including cerebrovascular diseases.

Material and methods. The study included 50 patients with dizziness and vertigo with degenerative disorders of the cervical vertebrae confirmed by X-ray and/or Kimmerle anomaly, all of them underwent ultrasonic dopplerography; 120 ischemic stroke survivor after tomographic brain imaging, including MRI-tractography; and 40 healthy volunteers as controls. Age range was from 46 to 89 years (47% men).

Results. The results of blood flow parameters and fractional anisotropy that we present here could be used as reference numbers; hemodynamic difference between patients and controls was significant. The results of rotation test in patients with degenerative vertebral disorders in the cervical spine and Kimmerle anomaly were evaluated following V_{max} blood flow dynamics. A clinical observation with neuromorphometric MRI data is presented.

Conclusion. The discussed additional methods of cerebral ultrasound and neuroimaging diagnosis could be applied in every-day clinical practice by physicians working with patients suffering from cerebrovascular conditions for planning personalized management using the data from our study.

Keywords: Doppler ultrasound, dizziness, stroke, MRI, tractography