

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕМОДИНАМИКИ ПО ПОЗВОНОЧНЫМ
АРТЕРИЯМ ПРИ ТРАВМЕ И ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ШЕЙНОГО
ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА МЕТОДОМ ЦВЕТОВОГО ДУПЛЕКСНОГО
СКАНИРОВАНИЯ**

¹Захматова Т.В., ²Щедренко В.В., ²Могучая О.В.,

^{1,2}Себелев К.И., ²Красношлык П.И.

¹ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Кирочная, 41, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация, +7-905-283-43-65, e-mail: tvzakh@mail.ru.

²ФБГУ «Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им проф. А.Л. Поленова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Маяковского, 12, 191104, Санкт-Петербург, Российская Федерация, +7-921-656-14-48, e-mail: ovm55@yandex.ru

Резюме

Цель исследования – проведение сравнительного анализа локальной и системной гемодинамики по позвоночным артериям методом цветового дуплексного сканирования при позвоночно-спинномозговой травме и дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника на шейном уровне. Комплексное клиничко-лучевое обследование выполнили 322 пациентам (142 пострадавших с травмой и 180 пациентов с дегенеративными заболеваниями). При цветовом дуплексном сканировании у большинства как с травмой (88%), так и с заболеваниями (73,3%) наблюдали нарушение сосудистой геометрии в виде деформаций хода позвоночной артерии. При определении степени компенсации кровотока по предложенному нами способу субкомпенсированный кровоток при заболеваниях выявили в 5,6% случаев, при травме – у 18,3% пострадавших. Декомпенсированный кровоток обнаружили только при травме в 7,7% случаев. Ультразвуковые признаки

экстравазальной компрессии позвоночной артерии наблюдали при травме в 11,3% случаев у пострадавших с вывихами и переломами-вывихами позвонков, в 8,5% случаев локальное сдавление приводило к системному дефициту кровотока. В отличие от травмы при дегенеративных заболеваниях системная гемодинамическая значимость локальных вертеброгенных влияний выявлена в единичных случаях (3,9%) и являлась следствием не только изменений сосудистой геометрии. Полученные результаты цветového дуплексного сканирования необходимо учитывать при определении тактики лечения пациента.

Ключевые слова: травма шейного отдела позвоночника, дегенеративные заболевания позвоночника, позвоночная артерия, цветовой дуплексный сканирование, экстравазальная компрессия.

**THE COMPARATIVE ANALYSIS OF HEMODYNAMICS ON VERTEBRAL
ARTERIES AT THE TRAUMA AND DEGENERATE DISEASES OF CERVICAL
DEPARTMENT OF THE BACKBONE OF THE METHOD OF COLOR DUPLEX
SCANNING**

¹Zakhmatova T.V., ²Shchedrenok V.V., ²Moguchaya O.V.,

^{1,2}Sebelev K.I., ²Krasnoshlyk P.V.

Northwestern State Medical University named after II Mechnikov

Russian Research Neurosurgical Institute Professor. AL Polenov

Summary

Research objective – carrying out the comparative analysis of local and systematic hemodynamics on vertebral arteries a method of color duplex scanning at a vertebral and spinal trauma and degenerative and dystrophic diseases of a backbone at cervical level. Complex clinical and beam inspection executed to 322 patients (142 victims with a trauma and 180 patients with degenerative diseases). At color duplex scanning at the majority as with a trauma (88%), and with diseases (73.3%) observed violation of vascular geometry in the form of deformations of a course of a vertebral artery. When determining extent of compensation of a blood flow on the way offered by us the subcompensated blood flow at diseases revealed in 5.6%

of cases, at a trauma – at 18.3% of victims. Decompensating of blood flow found only at a trauma in 7.7% of cases. Ultrasonic signs of an extravasal compression of a vertebral artery observed at a trauma in 11.3% of cases at victims with dislocations and fracture-dislocations of vertebrae, in 8.5% of cases the local compression resulted in system deficiency of a blood flow. Unlike a trauma at degenerative diseases the systematic hemodynamic importance local the vertebral of influences is revealed in isolated cases (3.9%) and was a consequence not only changes of vascular geometry. The received results of color duplex scanning need to be considered when determining tactics of treatment of the patient.

Keywords: trauma of cervical department of a backbone, degenerative cervical diseases, vertebral artery, color duplex sonography, extravascular compression.

Введение

Изучению гемодинамики по позвоночным артериям (ПА) при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника (ДДЗП) на шейном уровне посвящено большое число работ [1-8]. Различные аспекты позвоночно-спинномозговой травмы (ПСМТ) шейного отдела позвоночника (ШОП) достаточно хорошо освещены в научной литературе: классификация и эпидемиология [9-12], диагностика [13-17], тактика ведения и хирургическое лечение пострадавших [18-26]. При ПСМТ на шейном уровне повреждение ПА наблюдается в 15% случаев, а нарушение кровотока по ПА приводит в острой фазе к летальному исходу у 10% пострадавших [27]. Исследования, посвященные изучению патологии ПА при ПСМТ, как правило, основываются на данных рентгенконтрастной ангиографии и магнитно-резонансной ангиографии (МРА) [13, 28] и освещают в основном проблему диссекции ПА [27].

В настоящее время в клинической практике широко внедряются ультразвуковые методы исследования сосудистой системы в связи с их доступностью, безопасностью и экономической эффективностью [29-30]. При исследовании сосудов шеи ультразвуковая доплерография практически не используется в связи с тем, что позволяет регистрировать только скоростные показатели и направление тока крови без визуализации стенок и просвета артерии, а локация кровотока можно осуществить только в V₃ и V₄-сегментах ПА, в то время как V₁ и V₂-сегменты исследованию недоступны. Применение цветового дуплексного сканирования (ЦДС) позволяет достаточно объективно и достоверно диагностировать изменения стенок и просвета артерий, врожденные аномалии диаметра и хода, стеноокклюзирующие поражения, экстравазальные влияния на ПА и, в отличие от

ангиографических методов, оценить их системную гемодинамическую значимость – скоростные показатели кровотока дистальнее области компрессии в V₃-V₄-сегментах ПА и базилярной артерии (БА) [31-36]. До настоящего времени отсутствует классификация повреждений ПА, посегментарное количественное исследование кровотока по ПА и влияние локальных вертеброгенных воздействий на системный кровоток в вертебрально-базилярном бассейне (ВББ), поэтому выявление характера, частоты повреждений ПА и особенностей гемодинамики по ним при травме и дегенеративных заболеваниях ШОП методом ЦДС становится актуальной задачей неврологии и нейрохирургии, представляя существенный интерес как для исследователей, так и практических врачей.

Цель исследования

Осуществить сравнительный анализ локальной и системной гемодинамики по позвоночным артериям методом цветового дуплексного сканирования при позвоночно-спинномозговой травме и дегенеративно-дистрофических заболеваниях шейного отдела позвоночника.

Материалы и методы исследования

Комплексное клиничко-лучевое обследование 322 пациентов с ДДЗП (180 случаев) и ПСМТ (142 пострадавших) ШОП включало: оценку неврологического и ортопедического статусов, рентгенографию ШОП с помощью рентгенодиагностической системы с двумя рентгеновскими трубками «Easy Diagnost Eleva» фирмы Philips, магнитно-резонансную и/или спиральную компьютерную томографию позвоночника и спинного мозга с помощью МРТ «Signa Exite 1,5T» фирмы GE, мультиспиральных компьютерных томографов «Asteion VP» фирмы Toshiba и «Brilliance 6S» фирмы Philips, ЦДС брахиоцефальных артерий с помощью аппарата «Vivid S6» фирмы GE. При ЦДС определяли диаметр, состояние стенки артерии и ее просвета, анатомический ход и форму деформаций ПА, линейные скорости кровотока в четырех сегментах ПА (V₁-V₄) и БА (пиковую систолическую скорость кровотока (V_{ps}), конечную диастолическую скорость кровотока (V_{ed}), усредненную по времени максимальную скорость кровотока – TAMX), индексы периферического сопротивления (индекс пульсации Гослинга (PI), индекс резистентности Пурсело – RI), объемную скорость кровотока (V_{vol}) на экстракраниальном уровне.

С целью диагностики вертебрально-базилярной недостаточности рассчитывали суммарный объемный кровоток по ПА, который в норме составляет 180-200мл/мин [30]. Оценка влияния локальных экстравазальных воздействий на системную гемодинамику в

бассейне ПА проводили на основании определения коэффициента компенсации (КК) кровотока: $KK_{vol} = V_{vol_3} : V_{vol_1}$, где V_{vol_3} – объемная скорость кровотока в V_3 -сегменте, V_{vol_1} – объемная скорость кровотока в V_1 -сегменте; $KK_{TAMX} = V_{TAMX_3} : V_{TAMX_1}$, где V_{TAMX_3} – усредненная по времени максимальная скорость кровотока в V_3 -сегменте, V_{TAMX_1} – усредненная по времени максимальная скорость кровотока в V_1 -сегменте. При значении КК равном более 1,0 кровотоки расценивали как компенсированный, 0,7-1,0 – как субкомпенсированный, менее 0,7 – как декомпенсированный.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью математического пакета «Statistica 7» компании «StatSoftInc» для операционной системы «Windows XP». В процессе статистической обработки вычисляли экстенсивные коэффициенты (%), характеризующие отношение частей к целому, а также средние арифметические величины (M) и средние ошибки средних арифметических величин (m) по амплитуде вариационного ряда. Вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы протестирована критерием χ^2 , различие считается достоверным при достигнутом уровне значимости (p) менее 0,05.

Результаты и их обсуждение

Среди обследованных с ДДЗП преобладали женщины – 66,7%, при ПСМТ – мужчины (83,4%), средний возраст составил $54 \pm 5,2$ лет ($p=0,048$) и $38 \pm 6,5$ лет ($p=0,046$) соответственно. Достоверных различий в среднем значении диаметров ПА в двух нозологических группах пациентов выявлено не было. Причинами повреждений явились: дорожно-транспортные происшествия (62%), ныряние на мелководье (18,3%), бытовая травма (12,7%) и кататравма (7%).

При лучевом обследовании у пострадавших выявлены перелом зубовидного отростка C_2 -позвонка (7,7%), компрессионные, оскольчатые и компрессионно-оскольчатые переломы тел, дужек и отростков позвонков (62,1%), переломо-вывихи и вывихи позвонков (24,6%), ушиб шейного отдела позвоночника с наличием очагов контузии спинного мозга (7%), травматические грыжи межпозвонковых дисков (МПД) в 5,6% случаев, а также множественные повреждения (7%). По результатам лучевой диагностики у пациентов с ДДЗП обнаружены следующие изменения: задние, заднебоковые и фораминальные грыжи МПД с компрессией спинномозговых корешков, дурального мешка и спинного мозга (56,1%), грыжи МПД без компрессии невральных структур (38,3%), унковертебральный артроз, артроз дугоотростчатых суставов, спондилез без компрессии невральных структур (55,6%), краевые костные разрастания с

компрессией спинномозговых корешков, дурального мешка и спинного мозга (22,2%), множественные протрузии МПД без компрессии невральных структур (5,6%).

При ЦДС у большинства пациентов как с ПСМТ (88%), так и ДДЗП (73,3%) наблюдали нарушение сосудистой геометрии в виде деформаций хода ПА, преимущественно на уровне С₄-С₅-С₆-позвонков (табл. 1).

Таблица 1

Распределение пациентов по форме деформаций позвоночных артерий при ДДЗП (n=180) и ПСМТ (n=142)

Форма деформаций ПА в костном канале	ДДЗП		ПСМТ	
	Абс.	%	Абс.	%
Угловые деформации	93	51,6	80	56,3
С-образные извитости	23	12,8	27	19,0
S-образные извитости	12	6,7	13	9,2
V-образные извитости	4	2,2	5	3,5
Прямолинейный ход	48	26,7	17	12,0
Всего	180	100	142	100

В области извитостей хода ПА регистрировали локальный гемодинамический сдвиг в виде ускорения скоростных показателей (рис. 1), ускорение кровотока до 36-50% свидетельствовало о вертеброгенных влияниях на ПА на данном уровне (рис. 2).

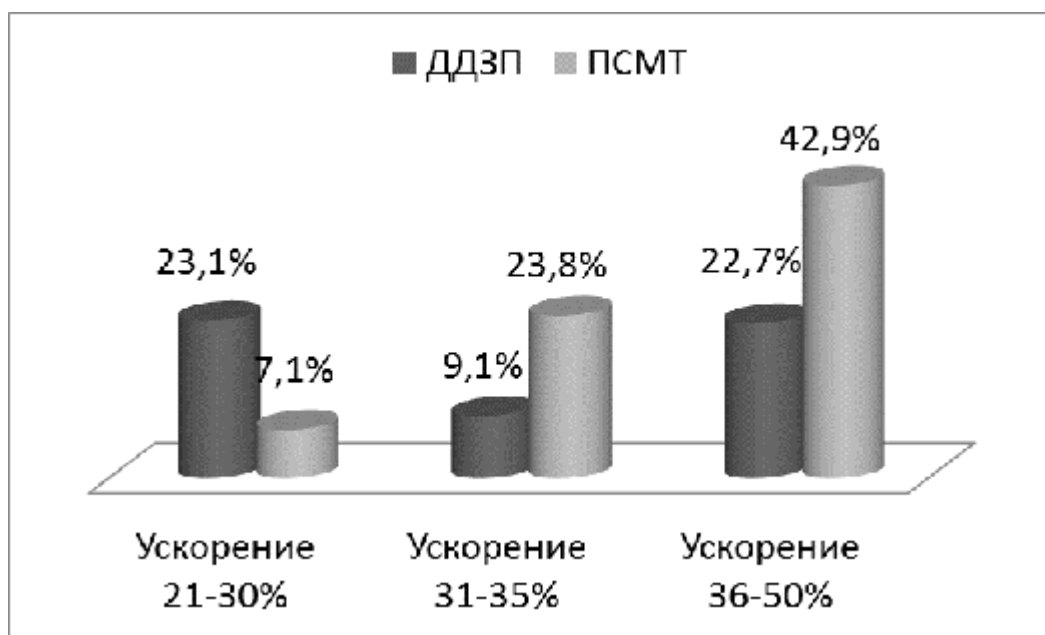


Рис. 1. Распределение пациентов по ускорению скоростных показателей в области деформаций ПА при ДДЗП (n=180) и ПСМТ (n=142)

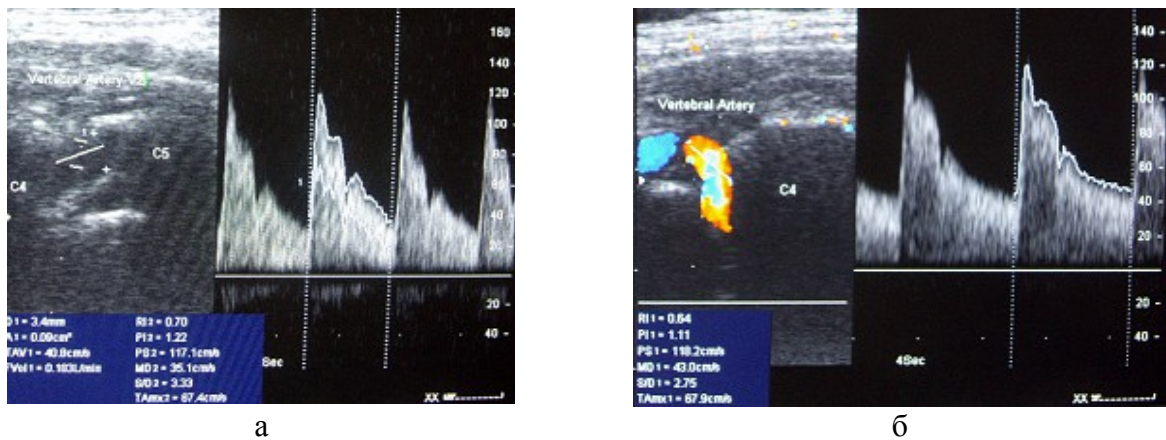


Рис. 2. Ускорение скоростных показателей по ПА в области деформаций их хода между С₄-С₅ (а) и С₃-С₄-позвонками (б)

Субкомпенсированный кровоток при ДДЗП выявили в 5,6% случаев (табл. 2), при ПСМТ – у 18,3% пострадавших (рис. 3, а-г). Декомпенсированный кровоток наблюдали только при ПСМТ в 7,7% случаев при вывихах и переломах-вывихах позвонков, сопровождающихся их смещением, при ДДЗП декомпенсированного кровотока выявлено не было, в большинстве случаев наблюдали деформации хода ПА в костном канале с локальными градиентами скоростных показателей без дефицита кровотока в V₃-сегменте.

Суммарный объемный кровоток по ПА при ДДЗП находился в пределах нормативных значений и в среднем составил 181±43 мл/мин (p=0,045). При ПСМТ у 47,9% пострадавших суммарный объемный кровоток был в пределах нормативных значений (176±48 мл/мин, p=0,046), на нижней границе допустимых значений – в 33,1% случаев (152±27 мл/мин, p=0,047) и у 19% человек – ниже нормативных значений (104±35 мл/мин, p=0,047).

Таблица 2

Степень компенсации экстравазальных влияний на ПА при ДДЗП (n=180) и ПСМТ (n=142)

Группа пациентов	Коэффициент компенсации					
	Менее 0,7		0,7-1,0		Более 1,0	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
ДДЗП	–	–	10	5,6	170	94,4
ПСМТ	11	7,7	26	18,3	105	74,0

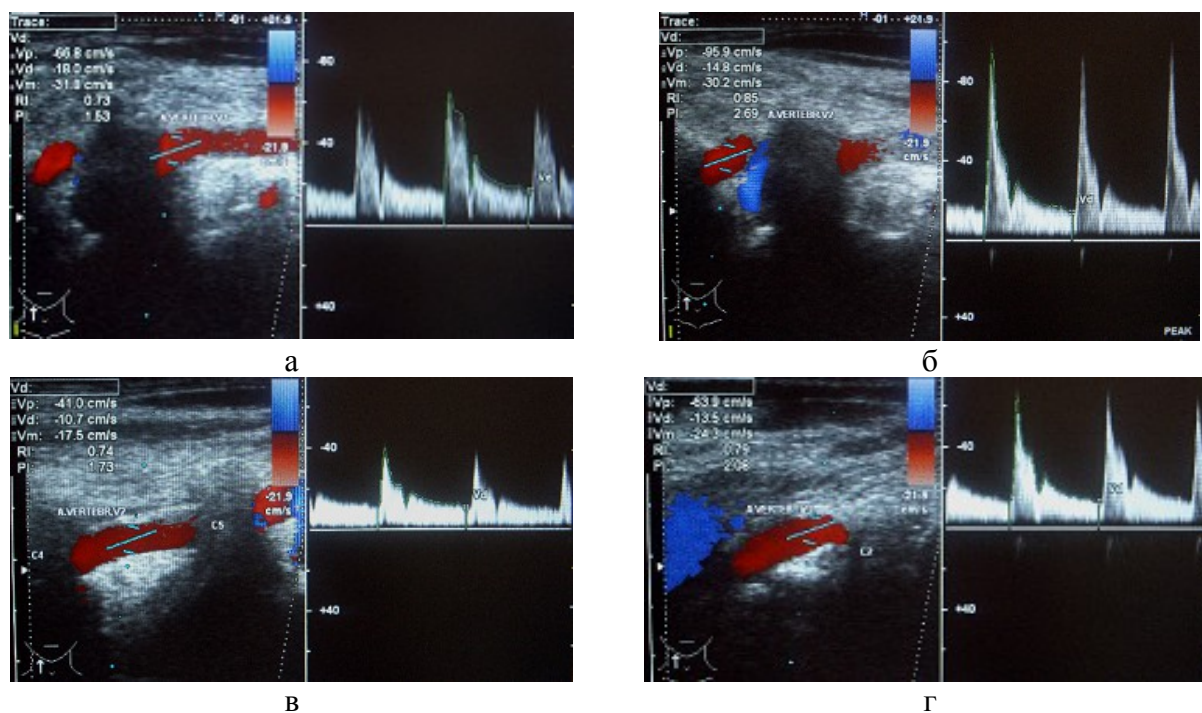


Рис. 3. Субкомпенсированный кровоток по ПА (КК=0,75): скоростные показатели кровотока в V_1 -сегменте перед входом в костный канал (а), в области угловой деформации ПА между C_5 - C_6 -позвонками (б). Снижение скорости кровотока дистальнее области вертеброгенных влияний между C_4 - C_5 -позвонками (в) и в V_3 -сегменте при выходе из костного канала (г)

Ультразвуковые признаки экстравазальной компрессии ПА обнаружены только при ПСМТ в 11,3% (16 пострадавших): выраженное снижение скоростных показателей кровотока и повышении индексов периферического сопротивления проксимальнее зоны сдавления по типу кровотока «затрудненной перфузии» (рис. 4, а), возрастание скорости кровотока в области деформации хода артерии и снижение показателей кровотока и индексов периферического сопротивления дистальнее зоны сдавления (рис. 4, б).

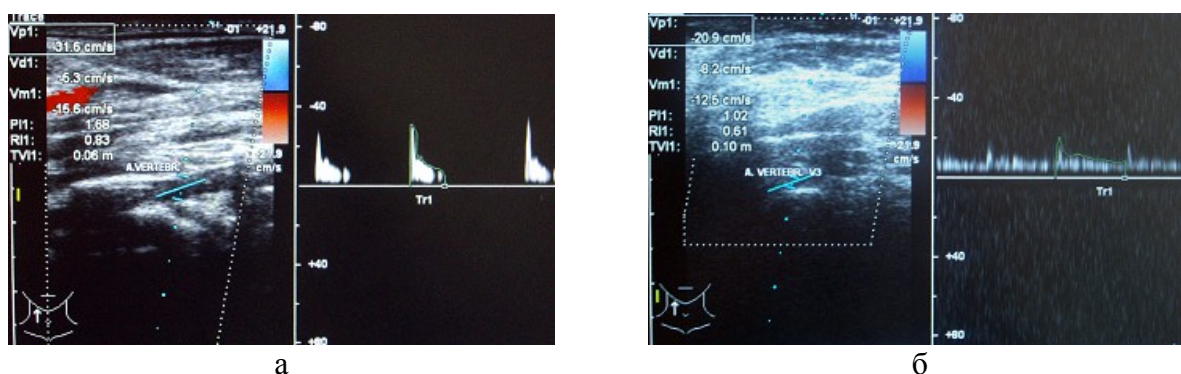


Рис. 4. Ультразвуковые признаки экстравазальной компрессии ПА: низкоскоростной

кровоток «затрудненной перфузии» проксимальнее области сдавления (а), снижение скоростных показателей кровотока дистальнее области компрессии в V₃-сегменте (б)

Системную гемодинамическую значимость локального сдавления при травматических повреждениях ШОП наблюдали в 8,5% случаев, при которых отмечали снижение показателей кровотока в V₄-сегменте ПА и БА. У остальных пациентов (2,8%) с признаками экстравазальной компрессии ПА компенсация кровотока в дистальном русле ПА осуществлялась за счет коллатеральных ветвей (анастомозы с затылочной артерией из системы наружной сонной артерии, с щитошейной и глубокой шейной артериями) и механизмов функциональной компенсации (снижение индексов периферического сопротивления дистальнее зоны компрессии).

При ДДЗП системная гемодинамическая значимость экстравазальных влияний встречалась в единичных случаях (3,9%) и являлась следствием не только изменений сосудистой геометрии. У пациентов с синдромом гипоперфузии в ВББ экстравазальные влияния сочетались с аномалиями диаметра и хода ПА, с макро- и микроангиопатией на фоне атеросклероза, артериальной гипертензии и сахарного диабета.

У 16,9% пострадавших отмечали выраженное повышение индексов периферического сопротивления на всем протяжении экстракраниального отдела ПА, что свидетельствовало об ангиоспазме на фоне ирритативных влияний на артерию. При ДДЗП ангиодистонические нарушения по типу вазоконстрикции и повышения уровня периферического сопротивления встречали у 9,4% пациентов, клинические проявления у которых были характерны для синдрома ПА.

Травматическую диссекцию ПА наблюдали при ПСМТ в двух случаях (рис. 5).

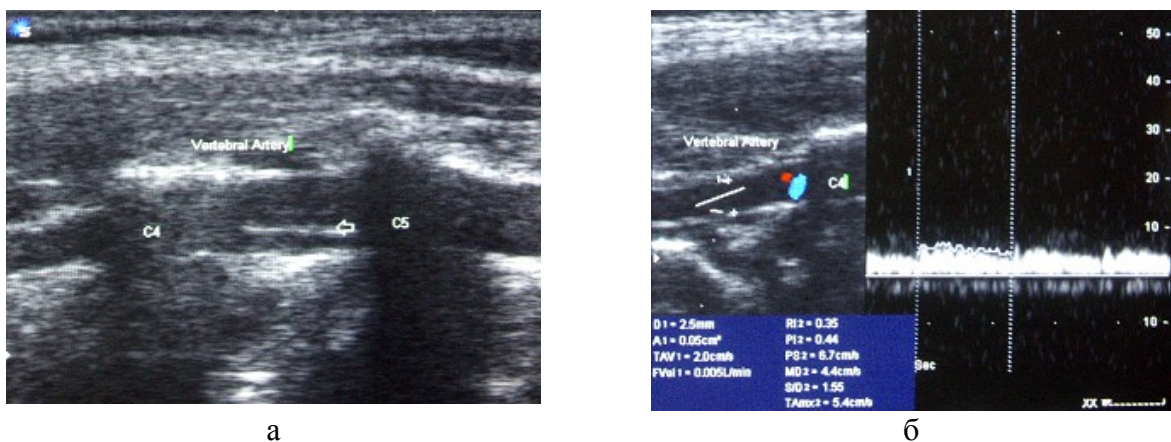


Рис. 5. Диссекция ПА между С₄-С₅-позвонками с формированием интрамуральной гематомы по передней стенке ПА (а) и остаточный кровоток по ПА дистальнее зоны

диссекции между С₃-С₄-позвонками (б)

В одном из которых она осложнилась тромбозом ПА на интракраниальном уровне и развитием ишемического инсульта в ВББ. Тромбоз ПА на экстракраниальном уровне выявлен у одного пострадавшего, при этом у пациента кровоток по БА оставался в пределах нормативных значений (компенсация за счет контрлатеральной ПА) и ишемических изменений головного мозга в ВББ не наблюдали.

Заключение

Применение цветового дуплексного сканирования у пациентов с дегенеративно-дистрофическими изменениями и травмой шейного отдела позвоночника позволяет выявить деформации хода позвоночных артерий, определить градиенты скоростных показателей в области извитостей и степень компенсации кровотока по ним (системную гемодинамическую значимость экстравазальных влияний), а также рассчитать суммарный объемный кровоток на экстракраниальном уровне с диагностикой вертебрально-базилярной недостаточности.

При определении степени компенсации кровотока по предложенной формуле субкомпенсированный кровоток при дегенеративных заболеваниях выявили в 5,6% случаев, а при повреждениях шейного отдела позвоночника – у 18,3% пострадавших. Декомпенсированный кровоток наблюдали только при позвоночно-спинномозговой травме (7,7%).

Ультразвуковые признаки экстравазальной компрессии позвоночных артерий обнаружены у 11,3% пострадавших с вывихами и переломами-вывихами позвонков и в 8,5% случаев была выявлена системная гемодинамическая значимость локального сдавления (снижение скорости кровотока в V₄-сегменте позвоночной артерии и в базилярной артерии). Сравнительный анализ результатов цветового дуплексного сканирования показал, что при заболеваниях шейного отдела позвоночника возникают локальные гемодинамические сдвиги без системного дефицита кровотока, который имел место лишь в единичных случаях (3,9%) и являлся следствием не только изменений сосудистой геометрии.

Суммарный объемный кровоток по позвоночным артериям при дегенеративно-дистрофических заболеваниях находился в среднем в пределах нормативных значений. При позвоночно-спинномозговой травме суммарный объемный кровоток был у трети пострадавших (33,1%) на нижней границе допустимых значений, а в 19% случаев – меньше нормы.

Полученные результаты применения цветового дуплексного сканирования у пациентов с заболеваниями и повреждениями шейного отдела позвоночника целесообразно учитывать при определении тактики лечения.

Выводы

1. Применение цветового дуплексного сканирования позволяет достаточно объективно и достоверно оценить изменения локальной и системной гемодинамики по позвоночным артериям при травме и дегенеративных заболеваниях шейного отдела позвоночника.

2. Ультразвуковые признаки экстравазальной компрессии позвоночных артерий обнаружили только при позвоночно-спинномозговой травме (11,3% случаев). Системную гемодинамическую значимость локальных вертеброгенных воздействий при травме наблюдали у 8,5% пострадавших, при дегенеративных заболеваниях – в единичных случаях (3,9%) и в результате изменений не только сосудистой геометрии.

3. Количественный анализ кровотока по позвоночным артериям, включающий расчет суммарного объемного кровотока и коэффициента компенсации по предложенному способу, необходимо учитывать при определении тактики лечения пациентов и показаний к хирургическому вмешательству.

Литература

1. Абельская, И.С. Рентгенологическая семиотика и гемодинамические показатели у больных остеохондрозом шейного отдела позвоночника / И.С. Абельская, И.В. Бегун // Медицинская визуализация. – 2007. – № 4. – С. 91–99.
2. Волков, С.К. Вертебрально-базилярная недостаточность: клинические и диагностические аспекты / С.К. Волков // Неврология, нейропсихиатрия и психосоматика. – 2010. – № 2. – С. 33–39.
3. Гуца, А.О. Диагностика и хирургическое лечение дегенеративных компрессионных синдромов на уровне шейного отдела позвоночника: дис. ... д-ра мед. наук / А.О. Гуца. – М., 2007. – 372 с.
4. Захматова, Т.В. Вертеброгенный синдром позвоночной артерии: современные подходы диагностики и лечения / Т.В. Захматова, В.В. Щедренко, К.И. Себелев, О.В. Могучая // Тюменский медицинский журнал. – 2012. – № 2. – С. 26–27.
5. Микиашвили, С.Ж. Нейровизуализация вертебрально-базилярной недостаточности: автореф. дис. ... канд. мед. наук / С.Ж. Микиашвили. – М., 2008. – 26 с.
6. Нефедов, А.Ю. Патогенез и диагностика недостаточности кровообращения в вертебрально-базилярной системе. Новые подходы к лечению: дис. ... д-ра мед. наук / А.Ю. Нефедов. – М., 2005. – 172 с.
7. Шебатин, А.И. К вопросу о диагностике синдрома позвоночной артерии / А.И. Шебатин // Международный неврологический журнал. – 2008. – № 3. – С. 35–38.
8. Yamaki, K. Anatomical study of the vertebral artery in Japanese adults / K. Yamaki, T. Saga, T. Hirata et al. // Anat. Sci. Int. – 2006. – Vol. 81. – № 2. – P. 100–106.
9. Кондаков, Е.Н. Эпидемиология травм позвоночника и спинного мозга в Санкт-Петербурге / Е.Н. Кондаков, И.А. Симонова, И.В. Поляков // Вопросы нейрохирургии. – 2002. – №2. – С.50–53.
10. Рамих, Э.А. Повреждения верхнего шейного отдела позвоночника: диагностика, классификации, особенности лечения / Э.А. Рамих // Хирургия позвоночника. – 2004. – № 3. – С. 8–19.
11. Hasler, R.M. Epidemiology and Predictors of Spinal Injury in Adult and Major Trauma Patients: European Cohort Study / R.M. Hasler [et al.] // European Spine J. – 2011. – Vol. 20. – № 12. – P. 2174–2180.
12. Yankovski, A.M. Classification of spinal trauma / A.M. Yankovski // The 12-th SICOT Trainees' Meeting. – Seoul, 2001. – P. 312–316.

13. Горохова, Е.Н. Клиника, диагностика и хирургическое лечение множественных повреждений шейного отдела позвоночника дегенеративно-дистрофического и травматического генеза: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Е.Н. Горохова. – М., 2008. – 32 с.
14. Лебедев, В.В. Компьютерная томография в неотложной нейрохирургии / В.В. Лебедев [и др.]. – М.: Медицина, 2005. – 360 с.
15. Левочкина, Г.Н. Тактика МР-томографии при травме шейного отдела позвоночника / Г.Н. Левочкина, В.Ю. Колесов // Повреждения и заболевания шейного отдела позвоночника. – М., 2004. – С. 21–22.
16. Bozzo, A. The Role of Magnetic Resonance Imaging in the Management of Acute Spinal Cord Injury / A. Bozzo [et al.] // J. Neurotrauma. – 2011. – Vol. 28 (August). – P. 1401–1411.
17. Holmes, J.F. Computed tomography versus plain radiography to screen for cervical spine injury: a meta-analysis / J.F. Holmes, R. Akkinpalli // J. Trauma. – 2005. – Vol. 58. – № 5. – P. 902–905.
18. Ветрилэ, С.Т. Хирургическое лечение повреждений нижнешейного отдела позвоночника / С.Т. Ветрилэ, С.В. Юндин, А.И. Крупаткин // Повреждения и заболевания шейного отдела позвоночника. – М., 2004. – С. 87–89.
19. Кузнецов, А.В. Результаты лечения осложненной травмы шейного отдела позвоночника / А.В. Кузнецов, Д.Н. Дзукаев, О.Н. Древаль // IV съезд нейрохирургов России. – М., 2006. – С. 62.
20. Стихина, Н.Г. Клинико-нейрофизиологические аспекты последствий тяжелой позвоночно-спинномозговой травмы при разных уровнях повреждения спинного мозга и возможности восстановительного лечения: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Н.Г. Стихина. – Екатеринбург, 2006. – 23 с.
21. Учуров, О.Н. Некоторые аспекты хирургического лечения травматических повреждений шейного отдела позвоночника и спинного мозга / О.Н. Учуров, Д.Е. Яриков, А.В. Басков // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2004. – № 2. – С. 35–39.
22. Aebi, M. Surgical Treatment of Upper, Middle and Lower Cervical Injuries and Non-unions by Anterior Procedures / M. Aebi // European Spine J. – 2010. – Vol. 19 (Suppl. 1). – P. 33–39.
23. Benli, I.T. Complications of the cervical spine surgery / I.T. Benli, A. Kaya // J. Turkish Spinal Surg. – 2006. – Vol. 17. – № 2. – P. 15–32.
24. Boos, N. Spinal Disorders: Fundamentals of Diagnosis and Treatment / N. Boos, M. Aebi. – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. – P. 825–883.

25. Parizel, P.M. Trauma of The Spine and Spinal Cord: Imaging Strategies / P.M. Parizel [et al.] // *European Spine J.* – 2010. – Vol. 19 (Suppl. 1). – P. 8–17.
26. Peloso, P. Medicinal and Injection Therapies for Mechanical Neck Disorders (Review) / P. Peloso [et al.] // *The Cochrane Library.* – 2012. – Issue 10. – P. 1–22.
27. Гринь, А.А. Повреждение позвоночной артерии при травме шейного отдела позвоночника / А.А. Гринь, Е.Н. Горохова // *Нейрохирургия.* – 2002. – № 3. – С. 65–71.
28. David, F. Vertebral artery injury after acute cervical spine trauma: rate of occurrence as detected by MR angiography and assessment of clinical consequences / F. David, F. Adam, T. Carole // *Am. J. Radiology.* – 1995. – Vol. 164. – P. 443–447.
29. Холин, А.В. Допплерография и дуплексное сканирование сосудов головного мозга: пособие для врачей / А.В. Холин А.В., Е.В. Бондарева. – СПб: Гиппократ, 2009. – 96 с.
30. Ультразвуковая доплеровская диагностика в клинике / Под ред. Ю.М. Никитина, А.И. Труханова. – М.: Изд-во МИК, 2004. – 496 с.
31. Сафронова, О.А. Возможности ультразвуковой диагностики при синдроме позвоночной артерии / О.А. Сафронова, С.В. Ненарочнов, В.В. Морозов // *Фундаментальные исследования.* – 2011. – № 10. – Часть 3. – С. 553–557.
32. Холин, А.В. Дуплексное сканирование позвоночных артерий при дегенеративных заболеваниях позвоночника: учебное пособие / А.В. Холин, Т.В. Захматова, В.В. Щедренюк, О.В. Могучая. – СПб.: СПбМАПО, 2011. – 18 с.
33. Buckenham, T.M. Ultrasound of the extracranial vertebral artery / T.M. Buckenham, I.A. Wright // *Br. J. Radiolog.* – 2004. – Vol. 77. – С. 15–20.
34. Harrer, J.U. Three-dimensional color-coded duplex sonography for assessment of the vertebral artery origin and vertebral artery stenosis / J.U. Harrer [et al.] // *J. Ultrasound Med.* – 2004. – Vol. 23. – С. 1049–1056.
35. Захматова, Т.В. Количественная характеристика кровотока по позвоночным артериям у больных с вертебрально-базилярной недостаточностью методом цветового дуплексного сканирования / Т.В. Захматова, В.В. Щедренюк, О.В. Могучая // *Акад. журн. Западной Сибири.* – 2012. – № 1. – С. 34–35.
36. Лелюк, В.Г. Методологические аспекты ультразвукового исследования сосудов вертебрально-базилярной системы взрослого человека / В.Г. Лелюк, С.Э. Лелюк, Г.А. Зиновьева // *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* – 2006. – № 1. – С. 118–125.