

# Гемодинамические изменения в магистральных артериях головы и мозга у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС; взаимосвязь нарушений с характеристиками болевого синдрома при патологии опорно-двигательного аппарата

О. В. Теплякова, к. м. н.

Уральский региональный центр радиационной медицины — Областная больница № 2, г. Екатеринбург

## Changes in estimated cerebral perfusion in chernobyl accident liquidators; relationship with chronic pain syndrome in musculoskeletal system

O.V. Teplyakova

### Резюме

**Цель:** установление особенностей функциональных нарушений сосудистой системы головы и шеи и оценка связи между изменениями гемодинамических процессов и характеристиками болевого синдрома при патологии опорно-двигательного аппарата у ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на ЧАЭС в отдаленном периоде.

**Материалы и методы:** экстракраниальная и транскраниальная доплерография проведены 195 ЛПА и 54 мужчинам, не имевшим контакта с ионизирующим излучением. Оценены особенности гемодинамики в зависимости от наличия радиационного фактора, а также в зависимости от выраженности болевого синдрома при заболеваниях опорно-двигательного аппарата.

**Результаты:** отмечено ухудшение упругоэластических свойств артерий и разнонаправленные изменения в виде прогрессирующего снижения абсолютных показателей линейной скорости кровотока в системе общих сонных артерий и увеличения их в бассейне позвоночных артерий. Изменения показателей ультразвуковой доплерографии наиболее существенно выражены в возрасте до 60 лет. Установлено, что гиперкинетический тип кровообращения, увеличение среднего артериального давления и снижение индекса гидродинамического сопротивления в системе средней мозговой артерии являются неблагоприятными прогностическими факторами в плане выраженности болевого синдрома.

**Ключевые слова:** ультразвуковая доплерография, ликвидаторы аварии на ЧАЭС, фибромиалгия, болевой синдром.

### Summary

The aim of the study was to assess haemodynamic changes in Chernobyl accident liquidators and to evaluate of relationship between the changes in cerebral perfusion and characteristics of pain syndrome in the pathology of the musculoskeletal system.

**Methods.** Noninvasive transcranial and extracranial Doppler ultrasound recording was estimated in 195 liquidators and 54 men who had no exposure to ionizing radiation. Hemodynamic features depending on the availability of the radiation history and on the expression of pain syndrome in diseases of the musculoskeletal system were estimated.

**Results.** There is progressive reduction of blood flow in the common carotid arteries and increase of it in a pool of vertebrate arteries. Changes in Doppler ultrasound are most significantly expressed in the age of 60 years.

It was found that increase of blood flow as well as increase of mean arterial pressure and decrease of the resistance index in the middle cerebral artery are negative prognostic factors in terms of expression of pain syndrome.

**Key words:** doppler ultrasound, liquidators of the Chernobyl accident, pain syndrome.

### Введение

Результаты проводившихся исследований показали, что распространенность гемодинамических сдвигов у ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на ЧАЭС встречается достаточно часто. Это объясняют тем, что при воздействии низкоинтенсивного радиационного излучения происходит повреждение внутренней стенки кровеносных сосудов с развитием дегенерации, очаговой пролиферации эндотелиальных клеток, утолщения стенок сосудов и нарастания их ригидности [1, 2]. Появление структурных изме-

нений в каротидном бассейне начинается у ЛПА на два десятилетия раньше и протекает более интенсивно, что следует рассматривать как проявление ускоренного старения [3].

Система ауторегуляции контролирует приток крови к головному мозгу. Изменение периферического сосудистого сопротивления у ЛПА является ведущим компонентом сосудистой дезадаптации. Установлено, что у ЛПА в течение десяти лет после аварии распространенность дисциркуляторной энцефалопатии возрастает до 92-100% [3, 4].

Поскольку все сенсорные ощущения, включая боль, могут в числе прочих иметь под собой механизм центральной сенситизации, а также быть связанными с ослаблением и дезинтеграцией центральной антиноцицептивной системы [5, 6, 7], то одной из причин хронизации боли, а также формирования ее клинических особенностей могут являться изменения нейрональных сетей на фоне дисциркуляторных изменений.

**Целью** исследования являлось установление особенностей функциональных нарушений сосудистой системы головы и шеи и оценка связи между изменениями гемодинамических процессов и характеристиками болевого синдрома при патологии опорно-двигательного аппарата у ЛПА на ЧАЭС в отдаленном периоде.

### Материалы и методы

Обследовано 195 мужчин — ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС в 1986-89 гг. Средний возраст пациентов составил  $52,2 \pm 5,1$  года, средняя паспортизированная доза облучения  $10,9 \pm 5,2$  сГр. Критерием включения являлся факт участия в аварийных работах на ЧАЭС. Выборка производилась случайным образом из данных регионального Регистра.

Критериями исключения были: перенесенные в анамнезе ОНМК, сахарный диабет, декомпенсация соматической патологии. Группы сравнения составили 54 мужчины того же среднего возраста ( $53,1 \pm 5,8$  года), не имевших в анамнезе радиационного фактора. При клинико-лабораторном исследовании диагностирована следующая частота патологии сердечно-сосудистой системы у ликвидаторов аварии на ЧАЭС и пациентов группы сравнения. Артериальная гипертония выявлена у 76,4% и 77,8%; ишемическая болезнь сердца у 25,1% и 24,4% обследованных лиц соответственно. Уровень общего холестерина составил  $4,97 \pm 1,06$  и  $5,05 \pm 0,78$  ммоль/л, триглицеридов —  $1,85 \pm 0,80$  и  $1,73 \pm 0,49$  ммоль/л соответственно. Однородность сравниваемых групп позволила с определенной долей вероятности нивелировать влияние на сосудистую стенку таких факторов как гиперлипидемия, артериальная гипертония, дисгормональные нарушения.

Диагноз ревматического заболевания устанавливался в соответствии с общепринятыми критериями. Во всех случаях, когда диагностические критерии ревматических болезней базировались на комплексе клинико-инструментальных данных, респондентам проводилось соответствующее дополнительное лабораторно-инструментальное исследование.

Ведущими по распространенности заболеваниями были: заболевания мягких тканей (рубрики М70-М79 МКБ) — 89 ЛПА, фибромиалгия — 34 ЛПА. У 25 ЛПА заболеваний опорно-

двигательного аппарата не выявлено, оставшиеся 47 пациентов страдали другими ревматологическими заболеваниями, частота которых соответствовала общепопуляционной. В качестве градации интенсивности боли применялись следующие способы.

Визуальная аналоговая шкала — ВАШ (скользящая линейка длиной 10 см) для наиболее пораженного сустава, где пациент должен отметить общую оценку ощущаемой им боли. Словесная количественная шкала, где пациенту предлагалось выбрать число от 0 до 100 («нет боли — невыносимая»), соответствующее его ощущению боли при движении в каждом суставе, в котором он испытывает болевые ощущения. В дальнейшем рассчитывали болевой индекс, для чего проводили деление общей суммы баллов каждого показателя суставного и болевого индексов на число пораженных суставов.

Для исследования физического функционирования применяли соответствующую шкалу российской версии опросника SF-36v2tm.

Всем пациентам проведена эстракраниальная доплерография общих (ССА), внутренних (ICA) сонных и позвоночных (VA) артерий (линейный датчик с частотой 7,5 МГц) и транскраниальная доплерография кровотока в области M1 сегмента средней мозговой артерии (фазированный датчик с частотой 2 МГц; Cypress, Siemens, Германия).

При изучении состояния центральной гемодинамики автоматически с помощью встроенной программы ультразвукового сканера подсчитывались следующие показатели: PSV — пиковая систолическая скорость, EDV — конечная диастолическая скорость, TAPV — усредненная по времени средняя скорость, RI — индекс резистентности, PI — пульсационный индекс, S/D — систоло-диастолическое отношение, SFI — индекс стабильности потока.

Поскольку линейные характеристики доплеровского спектра не давали полного представления об объеме перфузии головного мозга, дополнительно были рассчитаны показатели, отражающие состояние центральной гемодинамики [8, 9, 10]:

- церебральное перфузионное давление (CPP):  $CPP = TAPV \div (TAPV - EDV) \times (САД - дАД)$ , где САД — среднее артериальное давление, дАД — диастолическое артериальное давление;

- индекс гидродинамического сопротивления (RAP):  $RAP = САД + TAPV$ ;

- индекс мозгового кровотока (BFI):  $BFI = CPP \div RAP$ .

Статистическая обработка выполнена с использованием пакета статистических программ Statistica 6.0. Полученные результаты представлены в формате  $mean \pm Std$  ( $M \pm \sigma$ ). Достовер-

Таблица 1. Показатели линейной скорости кровотока у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (M±Std)

Сосуды	Ликвидаторы (n=195)				Группа сравнения (n=54)			
	PSV(см/с)	EDV (см/с)	TAPV(см/с)	диаметр(мм)	PSV(см/с)	EDV(см/с)	TAPV(см/с)	диаметр(мм)
ССА	37,0±10,8*	14,0±4,1	22,5±5,5	7,53±0,93	41,8±13,0	16,2±10,8	22,6±6,1	7,38±0,94
ІСА	38,2±11,1**	16,7±5,3	24,9±6,7	-	43,4±4,3	17,5±5,7	25,9±7,8	-
VA	27,8±11,6*	12,5±5,9**	18,5±5,9*	3,60±0,55	24,6±7,9	10,6±4,0	16,8±5,3	3,54±0,54
MCA	74,9±18,6	36,1±9,4	52,6±13,2	-	74,7±19,3	34,8±8,8	50,1±12,3	-

Примечание. 1) здесь и ниже \* - соответствует  $p < 0,05$ ; \*\* -  $< 0,01$ ; \*\*\* -  $< 0,001$ ;  $\cdot$  -  $0,05 < p < 0,1$ ; 2) при проведении всех исследований достоверных различий между симметричными правыми и левыми артериями не выявлено.

Таблица 2. Функциональные показатели кровотока у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (M±Std)

Сосуды	Ликвидаторы (n=195)				Группа сравнения (n=54)			
	PI	RI	S/D	SFI	PI	RI	S/D	SFI
ССА	1,01±0,22**	0,62±0,07	2,71±0,55	0,37±0,15***	1,20±0,39	0,64±0,06	2,81±0,71	0,44±0,11
ІСА	0,86±0,18*	0,56±0,06	2,31±0,41*	0,34±0,08**	0,99±0,36	0,58±0,08	2,54±0,80	0,38±0,10
VA	0,83±0,18	0,55±0,08	2,30±0,44	0,32±0,08	0,85±0,10	0,58±0,05	2,39±0,30	0,32±0,04
MCA	0,75±0,13*	0,52±0,06	2,10±0,30*	0,28±0,11***	0,81±0,20	0,54±0,07	2,18±0,22	0,33±0,08

ность различий средних значений устанавливалась методом сравнения средних значений двух выборочных совокупностей с определением t-критерия Стьюдента и уровня значимости (p). Для определения меры зависимости между переменными вычислялся коэффициент корреляции Спирмана (r).

## Результаты

При сканировании общих сонных артерий обнаружено, что толщина комплекса интимомедиа у ЛПА составила  $9,57 \pm 0,22$  мм, а в группе сравнения —  $0,5 \pm 0,16$  мм; различия — достоверны.

Результаты исследования скоростных показателей линейного кровотока у ЛПА представлены в табл. 1. Анализируя данные, полученные при ультразвуковой доплерографии, мы обнаружили снижение абсолютных показателей линейной скорости кровотока в каротидном бассейне в систолу. Известно, что пиковая систолическая скорость зависит от сердечного выброса, диаметра сосуда, эластичности его стенки и ряда других факторов. Обращает внимание, что в системе позвоночных артерий напротив наблюдалось увеличение всех линейных показателей доплеровского спектра. Учитывая, что системы сонных и позвоночных артерий объединяются посредством задних соединительных артерий, разнонаправленные изменения этих гемодинамических показателей могут указывать на включение компенсаторно-приспособительных механизмов в условиях дезадаптации, а также на нарушение нервной регуляции церебрального кровотока, что было ранее описано для пациентов

пожилого и старческого возраста, страдающих ишемической болезнью сердца [11].

Показатели линейной скорости кровотока по средней мозговой артерии у ЛПА практически не отличались от таковых у лиц, не подвергшихся радиационному облучению, что вероятно связано с большей устойчивостью интракраниального кровотока. При наличии однотипной сердечно-сосудистой патологии в сравниваемых группах мы также не выявили зависимости диаметра общих сонных и позвоночных артерий от радиационного фактора.

Пульсационный индекс (табл. 2), оказался достоверно более низким в экстракраниально расположенных общей и внутренней сонной артериях (ССА и ІСА), а также в интракраниальной средней мозговой артерии (MCA). Подобные изменения могут быть связаны со снижением пиковой систолической скорости, но также следует учитывать возможное структурное повреждение стенки сосудов в ответ на воздействие ионизирующего излучения, сопровождающееся снижением упруго-эластических свойств сосудов. Не исключено повреждающее воздействие как на мелкие сосуды системы vasa vasorum, так и развитие дегенеративных изменений эндотелиальных клеток сосудов, в конечном итоге приводящие к пролиферацией более ригидной соединительной ткани. Отметим, что состояние стенки каротидной артерии может экстраполироваться (с признанием ограниченности данного приема) на артериальное русло всего организма [12]. Таким образом, снижение резерва кровотока в сосудах резистентности может являться фактором, способствующим развитию и прогрес-

сированию недостаточности регионарного и периферического кровообращения.

При расчете функциональных показателей гемодинамики (табл. 2) у ЛПА мы не выявили изменения индексов резистентности как в системе общей сонной артерии, так и системе позвоночной артерий.

Снижение показателя систоло-диастолического отношения (S/D) наблюдается в бассейне всех артерий, достигая достоверных различий для внутренней сонной и средней мозговой артерии. Известно, что данный индекс также может отражать упруго-эластические свойства сосудов, а его снижение в группе ЛПА может свидетельствовать об увеличении жесткости сосудистой стенки.

Индекс стабильности потока (SFI), который может быть связан как с замедлением линейной скорости кровотока, так и с увеличением мощности низких частот при патологии стенки артерий и возникновении турбулентности потока, оказывается более низким в группе ЛПА по сравнению с лицами, не подвергавшимися действию радиационного фактора.

Таким образом, понижение сосудистого сопротивления в магистральных артериях головы и шеи свидетельствует об аномалии регуляции тонуса сосудов и позволяет предположить нарушение сосудистой реактивности. Однако только на основании полученных данных мы не можем окончательно высказаться о механизмах патологии сосудистого тонуса, которые могут быть связаны и с дефектами вегетативной регуляции, и, непосредственно, с изменениями сосудистой стенки.

Гемодинамической особенностью у ЛПА является то, что отклонение линейной скорости кровотока и гемодинамических индексов от показателей группы сравнения можно наблюдать

независимо от возраста пациентов. Различия в расчетных показателях между ЛПА и группой сравнения нивелируются только к 60 годам.

Ведущими остаются разнонаправленные изменения пиковой систолической скорости в бассейнах общих сонных артерий и позвоночных артерий. Также для ЛПА более раннего возраста характерным являются достоверно более низкие показатели пульсационного индекса, систоло-диастолического отношения и индекса стабильности потока.

С целью уточнения влияния радиационного фактора на состояние гемодинамики мы также проанализировали количественные параметры кровотока в группах ЛПА в зависимости от года начала работ в аварийной зоне. Достоверных различий по показателям кровотока в сравниваемых группах нами не выявлено. Впрочем, средние значения функциональных индексов также не зависели от года начала работ и были сопоставимы для ЛПА 1986-1989 гг.

Нами получены данные, свидетельствующие о том, что у ЛПА патология опорно-двигательного аппарата не ассоциируется с нарушениями дифференциации интима-медийного слоя. А именно: толщина комплекса интима-медиа в области общей сонной артерии составила  $0,64 \pm 0,25$  мм у здоровых ЛПА ( $n=25$ );  $0,56 \pm 0,21$  мм у ЛПА с патологией мягких тканей ( $n=89$ ) и  $0,63 \pm 0,25$  мм у пациентов с фибромиалгией ( $n=34$ ).

Количественный анализ доплеровского спектра частот показал, что у ЛПА с патологией опорно-двигательного аппарата (заболевания мягких тканей и фибромиалгия) по сравнению с ЛПА, не страдающими болезнями костно-мышечной системы, не происходит сдвига линейных скоростных показателей (PSV, EDV, TAPV) в экстракраниально-рас-

Таблица 3. Транскраниальная доплерография средней мозговой артерии у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, страдающих заболеваниями опорно-двигательного аппарата (ЗМТ-заболевания мягких тканей, ФМ — фибромиалгия)

Показатель	Здоровые ЛПА	ЛПА с заболеваниями мягких тканей	ЛПА с фибромиалгией
PSV (см/с)	77,2±11,9	75,5±17,2	78,2±16,4
EDV (см/с)	35,5±16,7	36,4±17,4	37,7±14,6
TAPV (см/с)	53,6±17,9	52,4±12,2	54,7±18,4
PI	0,78±0,18	0,74±0,13	0,73±0,13
RI	0,55±0,09	0,51±0,05	0,52±0,09
S/D	2,23±0,30	2,08±0,20	2,06±0,23
SFI	0,30±0,08	0,30±0,06	0,29±0,06
CPP (мм рт. ст.)	40,7±8,2	47,7±7,8	56,9±3,7**
RAP (мм рт. ст. x c/cm)	1,22±0,26	1,23±0,21	0,89±0,22*
BFI (см/с)	34,6±7,0	35,6±9,2	59,0±8,9***

Примечание. Указаны достоверные изменения у пациентов с фибромиалгией по сравнению с двумя другими группами.

Таблица 4. Корреляция мозгового кровотока в системе внутренней сонной артерии и показателями болевого синдрома

Показатель	Максимальная боль в суставе (ВАШ)	Болевой индекс (словесная аналоговая шкала)	Число болезненных суставов	Число суставов с болью при движениях	Физическое функционирование (SF-36v2)
PSV (см/с)	0,38	0,41	нд	нд	нд
EDV (см/с)	0,37	0,39	нд	нд	нд
TAPV (см/с)	0,43	0,45	нд	нд	нд
PI	нд	нд	нд	нд	нд
RI	нд	нд	нд	нд	нд
S/D	-0,28	-0,29	нд	нд	нд
SBI	-0,29	-0,30	нд	нд	нд

Таблица 5. Корреляция мозгового кровотока в системе средней мозговой артерии и показателями болевого синдрома

Показатель	Максимальная боль в суставе (ВАШ)	Болевой индекс (словесная аналоговая шкала)	Число болезненных суставов	Число суставов с болью при движениях	Физическое функционирование (SF-36v2)
PSV (см/с)	0,40	0,42	0,37	0,29	0,35
EDV (см/с)	0,28	0,27	0,37	0,28	0,35
TAPV (см/с)	0,33	0,33	0,36	0,29	0,36
PI	нд	нд	-0,26	-0,25	-0,26
RI	нд	нд	-0,34	-0,25	-0,27
S/D	нд	нд	нд	нд	нд
SBI	нд	нд	нд	нд	нд
CPP (мм рт. ст.)	нд	нд	нд	нд	нд
RAP (мм рт.ст x c/cm)	-0,54	-0,51	-0,29	-0,36	0,41
BFI (см/с)	0,35	0,30	0,39	0,28	-0,27

положенных сосудах (общая и внутренняя сонная артерии, позвоночная артерия).

Результаты исследований, полученных при транскраниальной доплерографии средней мозговой артерии, представлены в табл. 3. Мы не обнаружили изменения величин, отражающих скоростные показатели (рис. а, б, в), а также функциональных индексов (рис. г, д, е, ж) по сравнению с ЛПА, не страдающими патологией костно-мышечного аппарата. Но в группе пациентов с фибромиалгией выявлено достоверно значимое изменение уровня церебрального перфузионного давления, гидродинамического и индекса мозгового кровотока (рис. з, и, к).

Подобные изменения церебральной гемодинамики, наблюдающиеся в группе пациентов с фибромиалгией, с нашей точки зрения, могут быть объяснены следующим образом. В формулы для расчета перфузионных показателей входят характеристики линейной скорости кровотока, а также показатели артериального давления. С учетом того, что скоростные параметры существенно не отличаются от здоровых лиц и пациентов с заболеваниями мягких тканей, то, по нашему мнению, нарушение

перфузии может быть связано с уровнем среднего артериального давления. Действительно, данный показатель у больных фибромиалгией составил  $116,4 \pm 10,8$  мм рт. ст., а в группах здоровых ЛПА и пациентов с заболеваниями мягких тканей  $106,8 \pm 6,4$  и  $109,2 \pm 8,2$  соответственно ( $p < 0,05$ ). При повышении артериального давления должна наблюдаться вазоконстрикция сосудов головного мозга. Полученные нами результаты, вероятно, указывают на относительное расширение средней мозговой артерии, что отмечается в случае сбоя в системе ауторегуляции. Таким образом, наблюдается патологическая перфузия головного мозга на фоне расширения артерий.

Известно, что боль является субъективным понятием. Интерпретация человеком болевого ощущения, его эмоциональная реакция могут не коррелировать с тяжестью повреждения. Исходя из гипотезы о возможных изменениях центральной нервной системы на фоне нарушения ауторегуляторных процессов с последующим развитием вклада в формирование механизма хронической боли, нами уточнена связь выраженности боли с гемодинамическими изме-

нениями. С этой целью проведен корреляционный анализ между параметрами мозгового кровотока и тяжестью болевого синдрома. Прослеживалась прямая взаимосвязь между выраженностью боли и скоростью кровотока в системе внутренней сонной артерии (табл. 4): так значимые коэффициенты корреляции наблюдались у показателя максимальной боли в суставе и болевого индекса. Наблюдаемые явления могут быть объяснены общностью механизмов, связанных с дисфункцией вегетативной регуляции. Преобладание активности симпатической нервной системы может вносить вклад как в развитие гиперкинетического типа кровообращения, так и являться одним из механизмов, поддерживающих хронический болевой синдром.

Однако мы не исключаем возможности того, что при цереброваскулярной патологии изменяется электрогенез нейронов головного мозга, что вносит дополнительный вклад в формирование хронического болевого синдрома.

При проведении корреляционного анализа более существенная взаимосвязь параметров боли была установлена с особенностями гемодинамики в системе средней мозговой артерии (табл. 5). Показатели линейной скорости кровотока коррелировали не только с оценкой выраженности боли, но также с числом болезненных суставов и с числом суставов, в которых пациенты испытывали боль при движениях, и, кроме того, с уровнем физического функционирования. Выявлена отрицательная линейная взаимосвязь между пульсационным индексом и индексом резистивности, которые отражают уровень цереброваскулярного сопротивления, и числом пораженных суставов, а также степенью физического функционирования. Кроме того, ухудшение всех болевых показателей проходило параллельно со снижением индекса гидродинамического сопротивления и увеличения индекса мозгового кровотока; иными словами дилатация артериол являлась в данном случае неблагоприятным признаком для восприятия боли и физического функционирования.

## Обсуждение

Обобщая полученные результаты, мы можем отметить, что в отдаленном периоде после низкодозного радиоактивного облучения продолжают выливаться изменения, свидетельствующие об изменениях реактивности сосудистой стенки. Отмечено ухудшение упругоэластических свойств артерий и разнонаправленные изменения в виде прогрессирующего снижения абсолютных показателей линейной скорости кровотока в системе общих сонных артерий и увеличения их в бассейне позвоночных артерий, что может играть роль в развитии цереброваскулярной патологии. Полностью связать

данные особенности ультразвуковой картины с влиянием радиационного облучения на сосудистую стенку с развитием первичных органических изменений не представляется возможным, поскольку различий в гемодинамической картине среди ЛПА разных лет нами не выявлено. Не исключено, что следует рассматривать функциональное влияние вегетативной нервной системы на сосудодвигательную активность.

Изменения показателей ультразвуковой доплерографии наиболее существенно выражены в возрасте до 60 лет, что можно рассматривать в качестве симптома раннего старения.

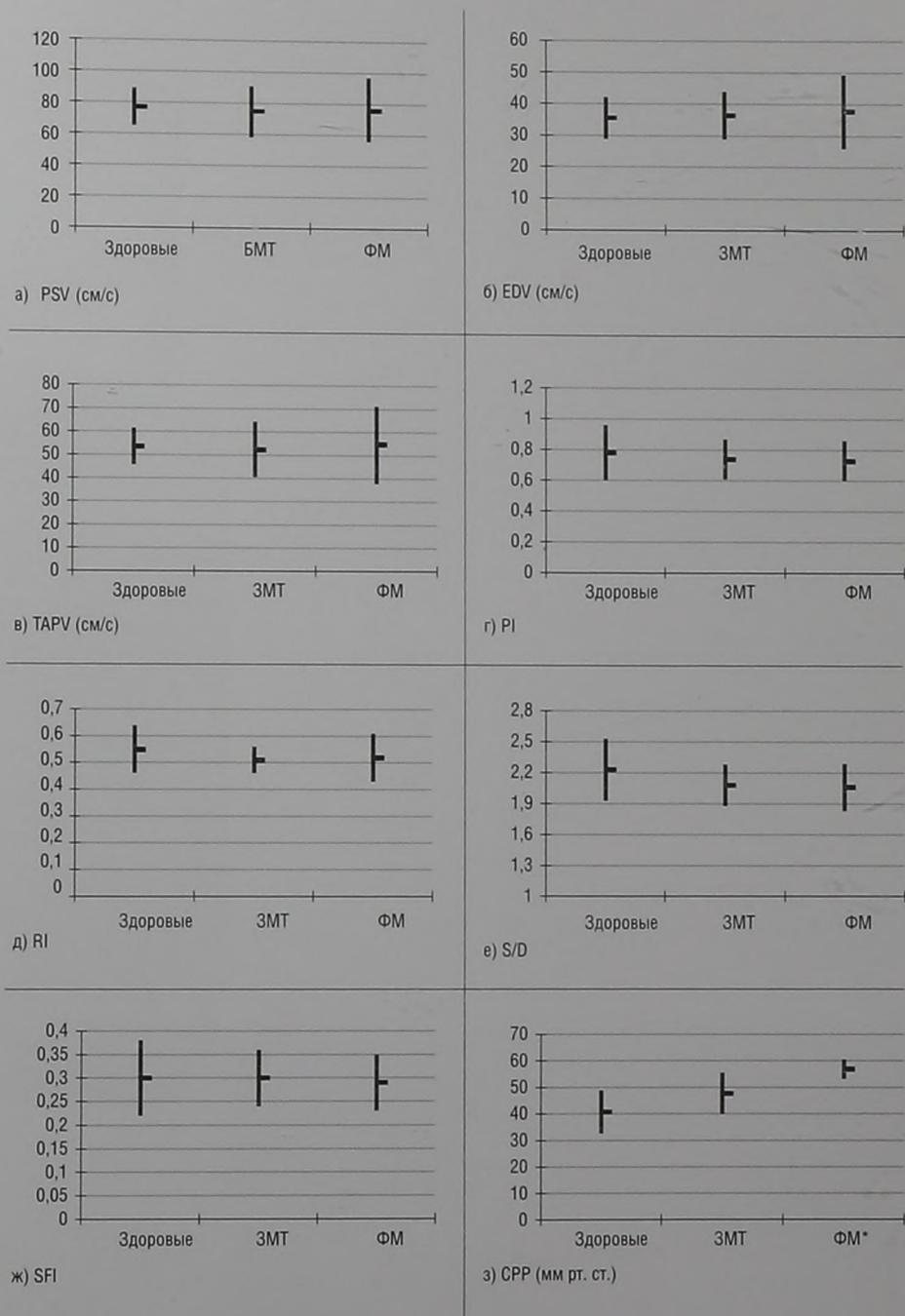
Установленная нами достоверная взаимосвязь между развитием фибромиалгии, а также параметрами хронического болевого синдрома опорно-двигательного аппарата и особенностями церебральной гемодинамики, позволила выявить неблагоприятные прогностические факторы, к которым следует отнести гиперкинетический тип кровообращения, увеличение среднего артериального давления и снижение индекса гидродинамического сопротивления в системе средней мозговой артерии, вероятно за счет нарушения вазоконстрикторной активности в ответ на повышение артериального давления.

## Литература

1. Москалев Ю. И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. М.: Медицина, 1991.
2. Федорцева Р. Ф., Никифоров А. М., Степанов Р. П., Бычковская И. Б. Медико-биологические аспекты обеспечения физического здоровья у лиц экстремальных профессий и населения, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях. - Всероссийский форум: «Здоровье нации — основа процветания России». М., 2005.
3. Красиленко Е. П. Возрастная динамика церебрального кровотока у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС. Ликарська справка. Врач. дело. 2002; 3-4:27-32.
4. Кузнецова С. М., Красиленко Е. П., Кузнецов В. В. Сосудистые заболевания головного мозга и церебральное кровообращение у участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС: возрастные особенности. Клиническая геонтология, 2004; 8:18-28.
5. Мелзак Р. Загадка боли. Пер. с англ. М.: Мед., 1991.
6. Данилов А. Б., Давыдов О. С. Нейропатическая боль. М.: Боргес, 2007.
7. Кукушкин М. Л. Неврогенные болевые синдромы: патофизиология, особенности клинической картины, принципы терапии. Consilium-medicum, 2005; 2:133-137.
8. Aaslid R, Markwalder T.M., Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. J. Neurosurg, 1982; 57(6):769-774.
9. Belfort M. A., Varner M. W., Dizon-Townson D. S., Grunewald C., Nisell H. Cerebral perfusion pressure, and not cerebral blood flow, may be the critical determinant of intracranial injury in preeclampsia: a new hypothesis. Am J Obstet Gynecol, 2002; 187:626-634.
10. Ившин А. А. Мозговое кровообращение — зеркало гестоза? Лечащий врач. 2006; 10:18-22.
11. Казаков Я. Е. Состояние мозгового кровообращения у больных ишемической болезнью сердца в пожилом и старческом возрасте. Автореф. дис... к. м. н., Екб., 2000.
12. O'Leary D.H., Polak J.F., Kronmal R.A. et al. Distribution and correlates of sonographically detected carotid artery disease in the cardiovascular health study. Stroke. 1992; 23 (12):1752-1766.

Рисунок к статье  
О. В. Тепляковой

«Гемодинамические изменения в магистральных артериях головы и мозга у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской аэс; взаимосвязь нарушений с характеристиками болевого синдрома при патологии опорно-двигательного аппарата», стр. 143.



**Рисунок** Транскраниальная доплерография средней мозговой артерии у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, страдающих заболеваниями опорно-двигательного аппарата (ЗМТ-заболевания мягких тканей, ФМ – фибромиалгия)

**Примечание.** \* – указаны достоверные различия по сравнению с двумя другими группами.