



ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТРАНСКРАНИАЛЬНОГО ДУПЛЕКСНОГО СКАНИРОВАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ОТСРОЧЕННОЙ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ИШЕМИЕЙ ПОСЛЕ КЛИПИРОВАНИЯ РАЗОРВАВШИХСЯ АРТЕРИАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ

Н. А. Бобряков, С. И. Петров, Э. В. Середина, А. Г. Москалев,
А. А. Пономарев, И. Ю. Казанков, Е. Ю. Седова

ГБУЗ «Иркутская Ордена «Знак Почёта» областная клиническая больница»,
Юбилейный мкр., 100, Иркутск, 664049

РЕЗЮМЕ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: Изучить динамику показателей периперационной ультразвуковой транскраниальной доплерографии (УЗ-ТКДГ) у пациентов с аневризматическим субарахноидальным кровоизлиянием (аСАК) с различными клиническими исходами, у которых были зарегистрированы преходящие значимые изменения показателей (ПЗИП) по данным интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ИОНМ) во время клипирования церебральных артериальных аневризм (ЦАА).

МЕТОДЫ: В исследование включено 56 пациентов с аСАК, из них 24 мужчины и 32 женщины, которым выполнено клипирование ЦАА с применением ИОНМ. Пациенты разделены на три группы:

С нарастанием неврологического дефицита (НД) вследствие отсроченной церебральной ишемии (ОЦИ), с ПЗИП по данным ИОНМ — 7 человек.

Без нарастания НД, с ПЗИП по данным ИОНМ — 19 человек.

Контрольная группа без нарастания НД, и без ПЗИП по данным ИОНМ — 30 человек.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлено значимое нарастание пиковой систолической скорости кровотока (ПССК) в средней мозговой артерии (СМА) после операции в группе 1 (до операции $111,9 \pm 47,6$ см/с, после — $196,5 \pm 74,5$ см/с, $p = 0,001$), и в группе 2 (до $108,6 \pm 20,3$ см/с, после — $158,0 \pm 66,9$, $p < 0,001$), а также индекса Линдегаарда (ИЛ) в группе 1 (до $2,5 \pm 0,7$, после — $3,5 \pm 1,1$, $p = 0,01$), и в группе 2 (до $2,1 \pm 0,3$, после $2,9 \pm 1,1$, $p < 0,001$). При этом в группе 3 нарастание ПССК в СМА и ИЛ после операции было статистически не значимым (до — $130,5 \pm 45,8$ см/с, после — $141,4 \pm 48,9$ см/с, $p > 0,05$). ПССК в СМА до операции была значимо выше, чем в группах 1 и 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПЗИП по данным ИОНМ могут быть маркером снижения цереброваскулярного резерва и одним из факторов риска развития ОЦИ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интраоперационный нейрофизиологический мониторинг, транскраниальные моторные вызванные потенциалы, соматосенсорные вызванные потенциалы, отсроченная церебральная ишемия, ультразвуковая транскраниальная доплерография

Для цитирования: Бобряков Н. А., Петров С. И., Середина Э. В., Москалев А. Г., Пономарев А. А., Казанков И. Ю., Седова Е. Ю. Особенности показателей интраоперационного нейрофизиологического мониторинга и периперационного ультразвукового транскраниального дуплексного сканирования у пациентов с отсроченной церебральной ишемией после клипирования разорвавшихся артериальных аневризм. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова.* 2023;15(2):13–20. DOI 10.56618/2071-2693_2023_15_2_13

FEATURES OF INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING AND PERIOPERATIVE ULTRASONIC TRANSCRANIAL DUPLEX SCANNING IN PATIENTS WITH DELAYED CEREBRAL ISCHEMIA AFTER CLIPPING OF RUPTURED ARTERIAL ANEURYSMS

N.A. Bobriakov, S.I. Petrov, E.V. Seredina, A.G. Moskalev, A.A. Ponomarev, I. Yu. Kazankov, E. Yu. Sedova

¹ Irkutsk Order «Badge of Honor» regional clinical hospital. Yubileyny microdistrict, 100, Irkutsk, 664049.

SUMMARY.

AIM OF THE STUDY: To study the dynamics of perioperative transcranial Doppler ultrasonography (TCD) in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage (aSAH) with various clinical outcomes, in whom transient significant changes of responses (TSCR) were registered according to intraoperative neurophysiological monitoring (IONM), during aneurysm clipping.

METHODS: 56 patients with aSAH, 24 men and 32 women were included, who underwent aneurysm clipping with IONM. Patients were divided into three groups:

1. With an increase in neurological deficit (ND) due to delayed cerebral ischemia (DCI), with TSCR according to IONM — 7 people.

2. Without an increase in ND, with a TSCR according to IONM — 19 people.

3. The control group without an increase in ND, and without TSCR according to IONM — 30 people.

RESULTS. There was a significant increase in peak systolic blood flow velocity (PSBFV) in the middle cerebral artery (MCA) after surgery in group 1 (before surgery 111.9 ± 47.6 cm/s, after — 196.5 ± 74.5 cm/s, $p = 0.001$), and in group 2 (before — 108.6 ± 20.3 cm/s, after — 158.0 ± 66.9 , $p < 0.001$), as well as the Lindegaard index (LI) in group 1 (before — 2.5 ± 0.7 , after — 3.5 ± 1.1 , $p = 0.01$), and in group 2 (before — 2.1 ± 0.3 , after — 2.9 ± 1.1 , $p < 0.001$). At the same time, in group 3, the increase of PSBFV in MCA and IL after surgery was not significant (before — 130.5 ± 45.8 cm/s, after — 141.4 ± 48.9 cm/s, $p > 0.05$). PSBFV in the MCA before surgery was significantly higher than in groups 1 and 2.

CONCLUSION. TSCR according to IONM can be a marker of a decrease in cerebrovascular reserve and one of the risk factors for the development of DCI.

KEY WORDS: intraoperative neurophysiological monitoring, transcranial motor evoked potentials, somatosensory evoked potentials, delayed cerebral ischemia, transcranial Doppler ultrasound.

For citation: Bobriakov N.A., Petrov S.I., Sereda E.V., Moskalev A.G., Ponomarev A.A., Kazankov I. Yu., Sedova E. Yu. Features of intraoperative neurophysiological monitoring and perioperative ultrasonic transcranial duplex scanning in patients with delayed cerebral ischemia after clipping of ruptured arterial aneurysms. Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A.L. Polenova. 2023;15(2):13–20. DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_2_13.

Введение.

Социальная значимость аневризматической болезни головного мозга с геморрагическим типом течения определяется высоким уровнем летальности и инвалидизации больных [1]. Отсроченная церебральная ишемия (ОЦИ), является основной причиной неблагоприятного исхода после субарахноидального кровоизлияния (САК) вследствие разрыва церебральных артериальных аневризм (ЦАА) [2]. Данное осложнение развивается у 20–40 % пациентов между 5 и 14 днями (пик на 5–7 день) после САК, и связано с неблагоприятным клиническим исходом [3].

Хотя основной «движущей силой» в патогенезе ОЦИ является цереброваскулярный спазм (ЦВС), текущее понимание данного осложнения состоит в том, что это динамично развивающийся многофакторный процесс, где ключевую роль играет рассогласование между повышенной потребностью мозговой ткани в кислороде с одной стороны, и обеспечением этой потребности со стороны мозгового кровотока (МК) с другой [4, 5]. Способность компенсировать падение перфузионного давления дистальнее спазмированных сосудов может быть снижена при срыве ауторегуляции МК, что свидетельствует об уменьшении цереброваскулярного резерва у пациентов с ОЦИ. Ультразвуковая транскраниальная доплерография (УЗ-ТКДГ) является признанным инструментом, используемым для оценки ауторегуляции МК [2].

На сегодняшний день интраоперационные факторы риска развития ОЦИ изучены недостаточно. И здесь существенную роль в оценке регионарной церебральной перфузии в вовлеченном в патологический процесс бассейне кровоснабжения, а также оценке состояния функционально значимых зон головного мозга играет интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ). В литературе ранее сообщалось о случаях развития ОЦИ

как без значимых изменений со стороны транскраниальных моторных вызванных потенциалов (ТЭС-МВП) и соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), так и с перманентной потерей коркового ответа ССВП во время операции [6]. По нашему же опыту, из всех пациентов с ОЦИ, которым проводился ИОНМ, в 43,8 % случаев регистрировались переходящие значимые изменения показателей (ПЗИП) со стороны ССВП и/или ТЭС-МВП. В доступной нам литературе мы не встретили статей, посвященных анализу взаимосвязи показателей УЗ-ТКДГ в периоперационном периоде и данных ИОНМ у пациентов с разорвавшимися ЦАА. Наша гипотеза состоит в том, что информация, полученная при проведении ИОНМ, может быть использована для прогнозирования ОЦИ.

Цель работы.

1. Изучить динамику показателей УЗ-ТКДГ в периоперационном периоде у пациентов с САК вследствие разрыва ЦАА, у которых были зарегистрированы переходящие ЗИП по данным ИОНМ.
2. Сравнить полученные результаты у пациентов с ОЦИ, приводящей к нарастанию неврологического дефицита (НД) и у пациентов с хорошим клиническим исходом.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 56 пациентов, из них 24 мужчины и 32 женщины, которым было выполнено клипирование разорвавшихся ЦАА в нейрохирургическом отделении ГБУЗ ИОКБ за период 2019–2022 г. с применением ИОНМ.

Пациенты были разделены на три группы:

1. Пациенты с ОЦИ, у которых во время операции зарегистрированы ПЗИП по данным ИОНМ — 7 человек, из них 3 мужчин (42,9 %) и 4 женщины (57,1 %)

- Пациенты без нарастания НД, у которых во время операции зарегистрированы ПЗИП по данным ИОНМ — 19 человек, из них 9 мужчин (47,4 %) и 10 женщин (52,6 %)
- Пациенты без нарастания НД, у которых во время операции ЗИП по данным ИОНМ не зарегистрировано (контрольная группа) — 30 человек, из них 12 мужчин (40,0 %) и 18 женщин (60,0 %)

Между группами не было статистически значимых различий по возрасту, полу, продолжительности

госпитализации, локализации ЦАА и периода ее разрыва, а также степени выраженности САК по шкале Fischer С. М. (Табл. 1).

Степень НД оценивали до операции, по истечении 1-х суток после операции и на момент выписки с помощью шкалы инсульта Национальных Институтов здоровья (NIHSS). Между группами не было статистически значимых различий по степени НД при поступлении, тогда как при выписке уровень НД в группе 1 был ожидаемо выше в группе 1, при отсутствии статистически значимых различий между группами 2 и 3.

Таблица 1. Сравнительная характеристика исследуемых групп.

Table 1. Comparative characteristics of the studied groups

Параметр <i>Parameter</i>	Группа 1 <i>Group 1</i>	p	Группа 2 <i>Group 2</i>	p	Группа 3 <i>Group 3</i>
N	7		19		30
Возраст, лет Age, y.o.	49,6 ± 8,5	p=0.899	46,2 ± 10,9	p=0.663	47,6 ± 11,8
Пол Sex		p=0.350		p=0.612	
Мужской Male	3 (42,9 %)		9 (47,4 %)		12 (40 %)
Женский Female	4 (57,1 %)		10 (52,6 %)		18 (60 %)
Койко-день Length of stay in hospital, days	16,7 ± 6,3	p=0.796	18,6 ± 8,4	p=0.307	16,43 ± 4,96
Локализация Localization		p=0.615		p=0.054	
Передняя циркуляция Anterior circulation	4 (57,1 %)		13 (68,4 %)		9 (30 %)
Средняя циркуляция Middle circulation	2 (28,6 %)		6 (31,6 %)		18 (60 %)
Задняя циркуляция Posterior circulation	0		0		1 (3,3 %)
Множественные Multiple	1 (14,3 %)		0		2 (6,7 %)
Период разрыва Period of rupture		p=0.831		p=0.447	
Острый Acute	6 (85,7 %)		15 (78,9 %)		25 (83,3 %)
Подострый Subacute	1 (14,3 %)		3 (15,8 %)		5 (16,7 %)
Холодный Remote	0		1 (5,3 %)		0
Hunt-Hess		p=0.026*		p=0.277	
1	3 (42,9 %)		6 (31,6 %)		11 (36,7 %)
2	1 (14,3 %)		12 (63,2 %)		12 (40 %)
3	3 (42,9 %)		1 (5,2 %)		5 (16,7 %)
4	0		0		2 (6,6 %)
Fischer		p=0.179		p=0.897	
1	1 (14,2 %)		3 (15,7 %)		7 (23,3 %)
2	2 (28,6 %)		4 (21,1 %)		7 (23,3 %)
3	2 (28,6 %)		8 (42,1 %)		10 (33,4 %)
4	2 (28,6 %)		4 (21,1 %)		6 (20 %)
NIHSS при поступлении initial	5,9 ± 8,5	p=0.074	1,3 ± 1,5	p=0.066	4,0 ± 7,5
NIHSS при выписке final	15,4 ± 19,1	p=0.037**	0,4 ± 0,9	p=0.269	0,9 ± 2,1
Временное клипирование Temporary clipping		p = 0.939		p=0.012*	
Да Yes	5 (71,4 %)		14 (73,7 %)		11 (36,7 %)
Нет No	2 (28,6 %)		5 (26,3 %)		19 (63,3 %)
Продолжительность ВК, сек Temporary clipping duration, sec	264,4 ± 162,7	p=0.091	190,0 ± 135,1	p=0.089	131,5±65,3

* статистически значимые различия по критерию χ^2 .

Statistically significant differences according to the χ^2 criterion.

** статистически значимые различия по критерию Манна-Уитни.

Statistically significant differences according to the Mann-Whitney test.

Тяжесть состояния пациентов с САК вследствие разрыва ЦАА оценивали по шкале Hunt-Hess. При сравнении групп 1 и 2 выявлены статистически значимые различия между группами 1 и 2: в 1 группе выше доля пациентов с 3 степенью (42,9 % против 5,2 %), во 2 группе — со 2 степенью (63,2 % против 14,3 %). При этом статистически значимых различий между группами 2 и 3 выявлено не было.

Количество пациентов, которым выполнялось временное клипирование (ВК) несущей аневризму артерии, было статистически значимо ниже в группе 3, при этом не выявлено значимых различий между группами 1 и 2. Максимальная средняя продолжительность ВК была в группе 1, минимальная — в группе 3, однако эти различия между группами были статистически не значимы.

Всем пациентам проводилось высокоразрешающее дуплексное сканирование (УЗДС) экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий (БЦА) и транскраниальное дуплексное сканирование (УЗ-ТКДГ) по стандартной методике на портативных ультразвуковых системах Sonosite M-turbo (Fujifilm SonoSite Inc., Япония) и Sonoscape S8 (SonoScape Co. Ltd., Китай) электронными многочастотными широкополосными линейным датчиками с частотой сканирования от 5 до 9 МГц и широкополосными секторными (векторными) датчиками 1–4 МГц соответственно. При УЗДС экстракраниальных отделов БЦА визуализировали и лоцировали: внутренние сонные артерии (ВСА) в экстракраниальных отрезках (шейная часть, сегменты С1 по A. Bouthillier). При ультразвуковом исследовании в двухмерном серошкальном режиме, а также цветовом и спектральном доплеровских режимах оценивали проходимость ВСА. На прямолинейном участке, без зон физиологической и патологической турбуленции, производилась оценка пиковой систолической скорости кровотока (ПССК). При транскраниальном дуплексном сканировании визуализировали и лоцировали цветковые картограммы потоков в средних мозговых артериях (СМА), сегменты М1 по A. Bouthillier. На всем протяжении, доступном для локации, производилась оценка ПССК. Для дальнейшего расчета принималась максимальная зарегистрированная ПССК.

Индекс Линдегаарда-Ааслида (ИЛ) рассчитывался как отношение максимальной ПССК в СМА к ПССК в ипсилатеральной ВСА.

УЗ-ТКДГ проводилось до операции и в раннем послеоперационном периоде ежедневно до перевода пациента из отделения реанимации в профильное отделение. В исследование для послеоперационного периода включали максимальные значения ПССК и ИЛ. Днем ухудшения по данным УЗ-ТКДГ считали сутки, на которые впервые после операции был зарегистрированы признаки ЦВС: увеличение ПССК до 120 см/с и более, повышение ИЛ до 3,0 и более, а также появление межполушарной асимметрии ПССК 30 % и более.

ИОНМ транскраниальных моторных вызванных потенциалов (ТЭС–МВП) и/или соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) проводился с помощью 4-канального нейромонитора Viking Quest 11.0 (Nicolet Biomedical, США).

Во время клипирования аневризм передней циркуляции регистрировали ССВП с нижних конечностей (в ответ на стимуляцию большеберцового нерва) и ТЭС–МВП с верхних и нижних конечностей с 2-х сторон. Во время клипирования аневризм средней циркуляции регистрировали ССВП с контралатеральной верхней конечности (в ответ на стимуляцию срединного нерва) и ТЭС–МВП с контралатеральных верхней и нижней конечности. В случае множественных аневризм регистрировали ССВП и ТЭС–МВП с верхних и нижних конечностей с 2-х сторон.

При регистрации ССВП изменения показателей считались значимыми, если наблюдалась полная потеря или снижение амплитуды коркового компонента N20–P25 на 50 % и более от исходных значений, зарегистрированных в момент выхода на базовый уровень глубины анестезии, соответствующий завершению трепанации черепа перед вскрытием твердой мозговой оболочки.

При регистрации ТЭС–МВП изменения показателей считались значимыми, если наблюдалась быстрая полная потеря или снижение амплитуды М-ответа на 50 % и более, не устраняемые путем увеличения силы стимула на 20 мА или, в случае исходного применения стимула максимальной силы, путем фасилитации.

Перманентными считались вышеописанные изменения параметров, возникшие на любом этапе операции и сохранявшиеся к моменту ее завершения, преходящими — изменения, в случае которых значения параметров к концу операции восстанавливались до исходных или допустимых значений.

У всех пациентов проводился эндотрахеальный наркоз, внутривенная анестезия (на основе инфузии пропофола в дозе 0,5–4 мг/кг/час) без использования или в комбинации с ингаляционными анестетиками в небольшой концентрации (севофлуран 0,2 МАК). Анальгетический компонент обеспечивался непрерывной внутривенной инфузией фентанила в средней дозе 5–12 мкг/кг/час. Миоплегия обеспечивалась рокуронием только во время интубации трахеи в дозе 0,5 мг/кг, на всех последующих этапах анестезии и операции дополнительно миорелаксанты не использовались.

При развитии ЗИП ТКМВП и/или ССВП принимали меры по нейропротекции, включавшие орошение теплым физиологическим раствором, внутривенное болюсное введение р-ра цитиколина в дозе 2000 мг, повышение системного артериального давления, аппликацию папаверина в рану, изменение параметров искусственной вентиляции легких (увеличение содержания кислорода в дыхательной смеси, увеличение положительного давления в конце выдоха).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью онлайн-калькуляторов веб-ресурса <http://www.medstatistic.ru/> и программы Microsoft Excel. Сравнение количественных показателей между группами проводилось с помощью критерия Стьюдента (при нормальном распределении в обеих группах) или с помощью критерия Манна-Уитни. Сравнение групп по качественным показателям проводилось с помощью точного критерия Фишера и критерия χ^2 . Исследование динамики в группах проводилось с использованием критерия Стьюдента и критерия Мак-Немара. Все различия считались значимыми при $p < 0,05$. Количественные данные в случае нормального распределения представлены в виде $M \pm \sigma$, где M — среднее значение, σ — стандартное отклонение. Качественные показатели представлены в виде абсолютных и относительных частот.

Результаты. Со стороны нейрофизиологических показателей между группами 1 и 2 не было выявлено статистически значимых различий по модальности, со стороны которой наблюдались ЗИП, периоду операции, за время которого они наблюдались, а также по длительности снижения амплитуды ответа на 50 % и более (Табл. 2.).

При анализе данных УЗ-ТКДГ в группах 1 и 2 выявлено статистически значимое увеличение количества пациентов с признаками ЦВС в послеоперационном периоде ($p < 0,001$ и $p < 0,01$ соответственно), в отличие от группы 3, где значимого прироста не выявлено ($p > 0,05$). В группе 2 исходно ни у одного пациента не выявлено признаков ЦВС, а после операции признаки ЦВС выявлены у 63,2 % пациентов, что статистически значимо отличает ее от группы 1, где до операции признаки ЦВС выявля-

ны у 42,9 % пациентов, после операции — у 100 % пациентов ($p < 0,05$), и группы 3, где до операции признаки ЦВС выявлены у 30 % пациентов, а после операции — у 33,3 % пациентов ($p < 0,01$), при этом различия между группами 1 и 3 статистически не значимы (Рис. 1).

Сроки выявления признаков ЦВС в послеоперационном периоде статистически значимо отличались в группе 3 — на $1,5 \pm 0,4$ сутки, тогда как в группе 2 признаки ЦВС регистрировали на $3,3 \pm 1,6$ сутки, а группе 1 — на $2,7 \pm 2,4$ сутки, при этом статистически значимых различий между группами 1 и 2 не выявлено.

Зарегистрировано статистически значимое нарастание в послеоперационном периоде ПССК в СМА в группе 1 (до операции $111,9 \pm 47,6$ см/с, после операции — $196,5 \pm 74,5$ см/с, $p = 0,001$), в группе 2 (до операции $108,6 \pm 20,3$ см/с, после операции $158,0 \pm 66,9$, $p < 0,001$), а также ИЛ в группе 1 (до операции $2,5 \pm 0,7$, после операции — $3,5 \pm 1,1$, $p = 0,01$), и в группе 2 (до операции $2,1 \pm 0,3$, после операции $2,9 \pm 1,1$, $p < 0,001$). При этом в группе 3 нарастание ПССК в СМА и ИЛ после операции было статистически не значимым. До операции ПССК в СМА в группе 3 была статистически значимо выше ($130,5 \pm 45,8$ см/с, $p < 0,01$), чем в группах 1 и 2 ($111,9 \pm 47,6$ см/с и $108,6 \pm 20,3$ см/с соответственно), между которыми не было статистически значимых различий ($p = 0,81$), а среднее значение ИЛ в группе 2 был статистически значимо ниже, чем в группе 3. При этом статистически значимых различий между тремя группами по вышеописанным параметрам в послеоперационном периоде выявлено не было (Табл. 3).

Таблица 2. Характеристика проходящих значимых изменений нейрофизиологических показателей во время операции в группе 1 и группе 2.

Table 2. Characteristics of transient significant neurophysiological response changes during operation in the group 1 vs group 2.

Параметр <i>Parameter</i>	Группа 1 <i>Group 1</i>	Группа 2 <i>Group 2</i>	p
ТЭС–МВП (TES-MEP)	2 (28,6 %)	9 (47,4 %)	p=0.511
ССВП (SSEP)	2 (28,6 %)	6 (31,6 %)	
ТЭС–МВП + ССВП (TES-MEP + SSEP)	3 (42,8 %)	4 (21,6 %)	
Время ухудшения, мин Time of worsening, min	$9,3 \pm 6,8$	$9,8 \pm 4,7$	p=0.762
Период ухудшения Period of worsening			p=0.773
Выделение Aneurism mobilization	2 (28,6 %)	3 (15,8 %)	
Временное клипирование Temporary clipping	2 (28,6 %)	5 (26,3 %)	
После постоянного клипирования After final clipping	3 (42,8 %)	9 (47,4 %)	
Неск. этапов Several periods	0	2 (10,5 %)	

ТЭС–МВП — транскраниальные моторные вызванные потенциалы. TES-MEP — transcranial motor evoked potentials
ССВП — соматосенсорные вызванные потенциалы. SSEP — somatosensory evoked potentials.

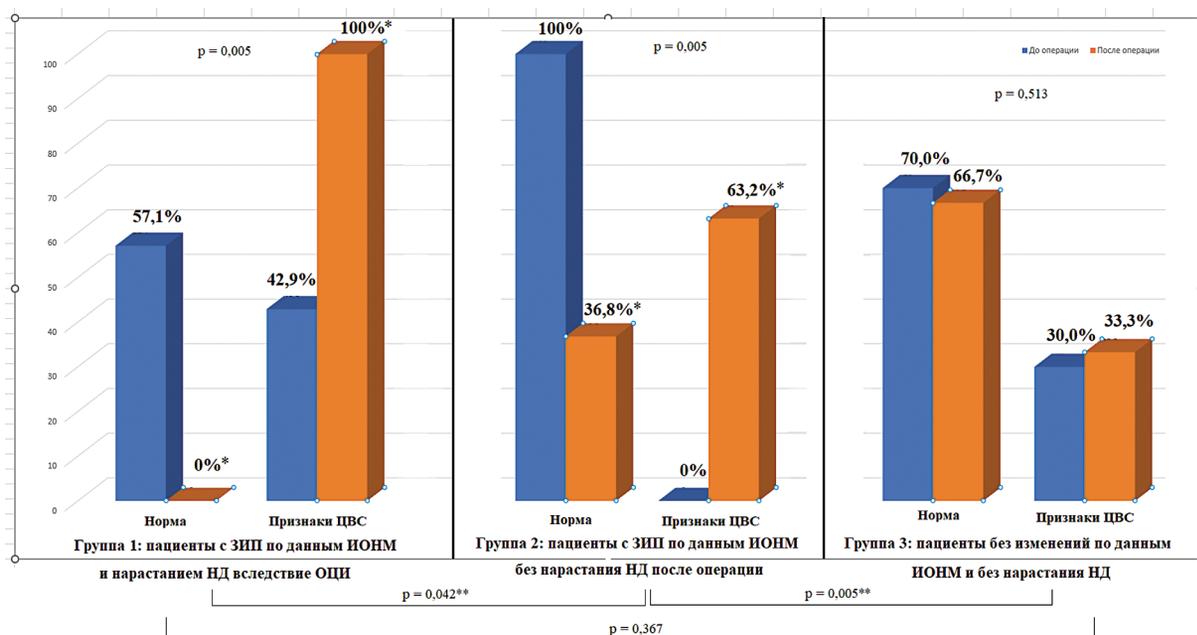


Рисунок 1. Динамика количества пациентов с признаками ЦВС по данным УЗ-ТКДГ до и после операции.

Figure 1. Dynamics of the patients number with signs of CVS according to the TCD data before and after surgery

ЦВС — цереброваскулярный спазм CVS — cerebrovascular spasm

ЗИП — значимые изменения показателей SCR — significant changes of responses

ОЦИ — отсроченная церебральная ишемия DCI — delayed cerebral ischemia

ИОНМ — интраоперационный нейрофизиологический мониторинг IONM — intraoperative neurophysiological monitoring

НД — неврологический дефицит ND — Neurological deficit

УЗ-ТКДГ — Ультразвуковая транскраниальная доплерография TCD — Ultrasound transcranial dopplerography.

* Статистически значимое изменение частоты признака в группах по критерию Мак-Немара. Statistically significant change in the frequency of a trait in groups according to McNemar's test.

** статистически значимые различия по критерию χ^2 . Statistically significant differences according to the χ^2 criterion.

Таблица 3. Показатели УЗ-ТКДГ у пациентов исследуемых групп.

Table 3. Parameters of TCD in patients of the studied groups.

Параметр Parameter	Группа 1 Group 1	p	Группа 2 Group 2	p	Группа 3 Group 3
День выявления признаков ЦВС после операции Day of CVS signs detection after surgery	2,7 ± 2,4	p=0,496	3,3 ± 1,6	p=0,007	1,5 ± 0,4
Индекс Линдегаарда Lindegaard index Перед операцией Before surgery	2,5 ± 0,7	p=0,010	2,1 ± 0,3	p=0,0002	2,5 ± 0,8
После операции After surgery	3,5 ± 1,1		p=0,071		2,9 ± 1,1
Пиковая систолическая скорость кровотока в СМА Peak systolic blood flow velocity in MCA Перед операцией Before surgery	111,9 ± 47,6	p=0,81	108,6 ± 20,3	p=0,0001	130,5 ± 45,8
После операции After surgery	196,5 ± 74,5		p=0,092		158,0 ± 66,9

ЦВС — цереброваскулярный спазм CVS — cerebrovascular spasm

СМА — средняя мозговая артерия MCA — middle cerebral artery

Дискуссия.

В обеих группах пациентов, у которых за время операции выявлялись ПЗИП со стороны ТЭС–МВП и/или ССВП — с нарастанием НД вследствие развития ОЦИ и без нарастания НД, — отмечается исходно более низкий уровень ПССК в СМА, а также наблюдается сходная динамика показателей УЗ-ТКДГ: статистически значимо нарастает ПССК в СМА и ИЛ на 2–4 сутки после операции. В группе 1 в послеоперационном периоде отмечались более высокие абсолютные значения ПССК ($196,5 \pm 74,5$ см/с), а также ИЛ ($3,5 \pm 1,1$), чем ПССК ($158,0 \pm 66,9$ см/с) и ИЛ ($2,9 \pm 1,1$) в группе 2, однако эти различия не являются статистически значимыми. Вполне вероятно, что они еще не достигли своей значимости ввиду малого объема выборки. При этом в контрольной группе до операции наблюдались статистически значимо более высокие цифры ПССК в СМА ($130,5 \pm 45,8$ см/с), соответствующие уровню умеренного ЦВС по классификации А. Р. Шахновича (ПССК = 120–200 см/с). Эти показатели незначительно нарастали на 1–2 сутки после операции, а затем приходили в норму. Данный факт позволяет предположить, что у всей когорты пациентов с ПЗИП по данным ИОНМ, действуют сходные патогенетические механизмы. Изначальное отсутствие должного прироста уровня МК в остром периоде САК может приводить к преходящим эпизодам олигемии и ишемии мозговой ткани, в кровоснабжении которой участвует несущая аневризму артерия, в ответ на манипуляции хирурга, что находит отражение в преходящем значимом снижении амплитуды ТЭС–МВП и/или ССВП во время операции. Это еще раз доказывает, что наличие ПЗИП по данным ИОНМ отражает снижение в той или иной степени цереброваскулярного резерва, и может являться одним из факторов риска развития ОЦИ.

Нарушение ауторегуляции МК достигает клинической значимости с течением времени у пациентов с более высокими значениями ПССК в СМА и ИЛ, приближающимися к уровню тяжелого ангиоспазма, при наличии других факторов риска, повышающих потребность мозговой ткани в кислороде, однако для подтверждения данной гипотезы необходимы дальнейшие исследования.

При сравнении двух групп пациентов с ПЗИП по данным ИОНМ — с нарастанием НД и ОЦИ и без нарастания НД, — было выявлено статистически значимое преобладание в группе 1 пациентов с 3 степенью тяжести по шкале Hunt-Hess, тогда как во второй группе преобладали пациенты 1 и 2 степени тяжести. При этом не было статистически значимых различий по шкале Fischer. Соответственно, пациенты, степень тяжести состояния которых до операции оценивается в 3 балла по шкале Hunt-Hess, требуют более длительного наблюдения в условиях отделения реанимации даже при стабильном состоянии в послеоперационном периоде.

Заключение.

По данным ИОНМ, ПЗИП со стороны ТКМВП и/или ССВП на любом этапе операции могут быть маркером снижения цереброваскулярного резерва и одним из факторов риска развития ОЦИ после клипирования разорвавшихся аневризм сосудов головного мозга. Для подтверждения этой гипотезы необходимо дальнейшее изучение интраоперационных факторов риска развития ОЦИ. Пациенты с преходящими и перманентными ЗИП по данным ИОНМ, степень тяжести которых при поступлении оценивается в 3 и более баллов по шкале Hunt-Hess, у которых в послеоперационном периоде регистрируются высокие цифры ПССК в СМА (порядка 190 см/с и выше), требуют более длительного наблюдения в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии ввиду высокого риска развития ОЦИ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study

ORCID авторов / ORCID of authors

Бобряков Николай Алексеевич /
Bobriakov Nikolai Alekseevich
<http://orcid.org/0000-0003-3818-2957>

Петров Сергей Иннокентьевич /
Petrov Sergej Innokent'evich
<http://orcid.org/0000-0002-5132-5417>

Серёда Эдуард Валерьевич /
Sereda Eduard Valer'evich
<https://orcid.org/0000-0003-4288-4126>

Москалёв Александр Геннадьевич /
Moskalev Aleksandr Gennad'evich
<https://orcid.org/0000-0002-7360-8856>

Пономарев Александр Анатольевич /
Ponomarev Aleksandr Anatol'evich
<https://orcid.org/0000-0003-0969-9244>

Казанков Иван Юрьевич /
Kazankov Ivan Yur'evich
<https://orcid.org/0000-0002-2502-7184>

Седова Екатерина Юрьевна /
Sedova Ekaterina Yur'evna
<https://orcid.org/0000-0003-0017-4791>

Литература/References

1. Ткачев В.В., Шагал Л.В., Музлаев Г.Г. Тактика лечения пациентов с разрывами церебральных аневризм, что нового? Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова. 2017;9(2):60–71. [Tkachev V. V., Shagal L. V., Muzlaev G. G. Tactics for the treatment of patients with ruptured cerebral aneurysms, what's new? The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A. L. Polenov = Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal im. prof. A. L. Polenova. 2017;9(2):60–71 (In Russ.)] EDN: 41261153
2. Budohoski K.P., Czosnyka M., Smielewski P., et al. Impairment of cerebral autoregulation predicts delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: a prospective observational study. *Stroke*. 2012 Dec;43(12):3230–7. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.669788>.
3. Zhang Y.B., Zheng F., Stavrinou L., et al. Admission Serum Iron as an Independent Risk Factor for Postoperative Delayed Cerebral Ischemia Following Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A Propensity-Matched Analysis. *Brain Sci*. 2022 Sep 2;12(9):1183. <https://doi.org/10.3390/brainsci12091183>.
4. Scherschinski L., Catapano J. S., Karahalios K. et al. Electroencephalography for detection of vasospasm and delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a retrospective analysis and systematic review. *Neurosurg. Focus*. 2022.Mar;52(3): E3. <https://doi.org/10.3171/2021.12.FOCUS21656>
5. Suzuki H., Kawakita F., Asada R. Neuroelectric Mechanisms of Delayed Cerebral Ischemia after Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Int J Mol Sci*. 2022 Mar 13;23(6):3102. <https://doi.org/10.3390/ijms23063102>.
6. Ghavami F., Choudhri O., Marks M., López JR. Intraoperative neurophysiologic monitoring (IONM) changes associated with a case of delayed thalamic infarct: Implications for postoperative management. *J Clin Neurosci*. 2018 Jan;47:139–142. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.10.035>.