

Об информативности электроэнцефалографии в прогнозировании результатов шунтирующей операции при посттравматической гидроцефалии

Е.В. Шарова¹, Е.М. Трошина², Я.А. Латышев², О.С. Зайцев², Б.А. Царукаев², А.Д. Кравчук²

¹ ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН», Москва, Российская Федерация

² ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Посттравматическая гидроцефалия (ПТГ) – одно из частых последствий тяжелой черепно-мозговой травмы, затрудняющих восстановление и реабилитацию пострадавших. Проведение ликворошунтирующей операции – важный этап лечения этой категории пациентов. Однако, прогнозирование его эффективности, в особенности у больных в вегетативном статусе и в состоянии минимальных проявлений сознания, вызывает значительные сложности. **Цель исследования:** оценить информативность ЭЭГ у пациентов с ПТГ, сопровождающейся угнетением сознания, в качестве дооперационного предиктора эффективности шунтирующей операции. **Материал и методы.** У 27 пациентов с ПТГ и разной степенью угнетения сознания (от комы до его минимальных проявлений) сопоставляли особенности паттерна ЭЭГ и показатели когерентности покоя до и после ликворошунтирующих операций с клиническим исходом. **Результаты.** Выявлено, что определенный паттерн ЭЭГ (в виде уплощения, сочетания в нем медленных дельта-тета-колебаний с синхронизированной частой активностью при отсутствии альфа-ритма, сглаженности межполушарных и зональных различий), либо специфические нарушения когерентности (ослабление межполушарных связей до 30–40% от нормы и усиление более чем в полтора раза двухсторонних внутриполушарных) ассоциированы с наименьшей эффективностью шунтирования. **Заключение.** Показана информативность используемых параметров дооперационной ЭЭГ для оценки перспектив ликворошунтирующей операции у пациентов с ПТГ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЭГ, когерентность (CogЭЭГ), посттравматическая гидроцефалия, ликворошунтирующая операция, вегетативный статус, состояние минимальных проявлений сознания.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Diagnostic value of EEG in predicting the results of shunt surgery in post-traumatic hydrocephalus

E.V. Sharova¹, E.M. Troshina², Ya.A. Latyshev², O.S. Zaytsev², B.A. Tsarukaev², A.D. Kravchuk²

¹ Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russian Federation

² N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

SUMMARY

Post-traumatic hydrocephalus (PTH) is one of the frequent consequences of severe traumatic brain injury, which complicate the recovery and rehabilitation of victims. Performing a bypass surgery is an important stage in the treatment of this category of patients. However, predicting its effectiveness, especially in patients in vegetative status and in a state of minimal manifestations of consciousness, causes significant difficulties. **The purpose** of this study was to evaluate the informative value of EEG in patients with PTH accompanied by depression of consciousness as a preoperative predictor of the effectiveness of bypass surgery. **Material and methods.** In 27 patients with PTH and varying degrees of depression of consciousness (from coma to its minimal manifestations), the features of the EEG pattern and resting coherence indices before and after cerebrospinal fluid shunting operations were compared with the clinical outcome. **Results.** It was revealed that a certain EEG pattern (in the form of flattening, a combination of slow delta-theta oscillations with synchronized frequent activity in the absence of alpha rhythm, smoothness of interhemispheric and zonal differences) or specific coherence disorders (weakening of interhemispheric coherent connections to 30–40% of the norm and strengthening of two-sided intrahemispheric ones by more than one and a half times) are associated with the lowest bypass surgery. **Conclusion.** The informativeness of the preoperative EEG parameters used to assess the prospects of cerebrospinal fluid bypass surgery in patients with PTH is shown.

KEYWORDS: EEG, coherence (CogEEG), post-traumatic hydrocephalus, liquor shunt operation, vegetative status, state of minimal manifestations of consciousness.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Посттравматическая гидроцефалия (ПТГ) – одно из частых (от 1 до 29%) последствий тяжелой черепно-мозговой травмы (ТЧМТ), затрудняющих восстановление и реабилитацию пострадавших [1]. В ее основе лежит прогрессирующий процесс избыточного накопления цереброспинальной жидкости в ликворных пространствах, обусловленный нарушениями ее цирку-

ляции и резорбции, а также атрофическими процессами, запущенными травмой мозга [2]. Морфологической основой и нейровизуализационными признаками ПТГ являются вентрикуломегалия, перивентрикулярный отек и сдавление субарахноидальных пространств. Клинические проявления ПТГ очень вариативны – от триады Хакима в виде нарушений походки, снижения памяти

и тазовых расстройств до симптомокомплекса с доминированием психических расстройств вплоть до угнетения сознания [3].

Формы ПТГ вариативны: сообщающаяся (или обструктивная), нормотензивная и гипертензивная – при наличии очаговых поражений; нормотензивная – после диффузного аксонального повреждения мозга [2]. К числу структурно-функциональных нарушений при длительно протекающей ПТГ относятся: *атрофия мозга* (как результат хронической гидроцефалии), сопровождающаяся первичной гибелью клеток [4] с последующими дегенеративно-деструктивными изменениями (демиелинизация аксонов, ишемия, глиоз и др.); посттравматический хронический арахноидит как следствие внутренней гидроцефалии [4, 5]; вентрикуломегалия с растяжением и сдавлением волокон белого вещества [6]; *гипоксия мозга* [7, 8]; *грубые нарушения сознания* [3].

Ликворошунтирующие операции – основа хирургического лечения ПТГ [3]. При этом наиболее сложной в плане дифференциальной диагностики, определения показаний к хирургическому вмешательству и прогнозирования его результатов является группа пациентов, находившихся в вегетативном статусе (ВС) и в состоянии минимальных проявлений сознания, у которых атрофические изменения сочетаются с активным процессом накопления цереброспинальной жидкости [3, 9, 10].

Метод ЭЭГ привлекается в комплексных исследованиях при ПТГ для оценки степени и характера интегративных функциональных нарушений, состояния срединных образований мозга, выявления локальных патологических знаков, верификации разных форм эпилептиформной активности [11]. В литературе описаны ЭЭГ-корреляты структурно-функциональных нарушений, сопряженных с ПТГ (хотя и *недостаточно исследованные при данной патологии*), но выявляемые также и при других заболеваниях головного мозга [7, 8, 11, 12, 13].

Ряд изменений ЭЭГ, сопутствующих ПТГ, можно расценить в качестве *неспецифических*, обусловленных перечисленными выше структурно-функциональными патологическими факторами. Как правило, это дезорганизация ЭЭГ с выраженным диффузным замедлением биопотенциалов в сочетании с редукцией основного ритма и сглаженностью зональных различий [11, 14, 15]. В случае негрубой выраженности атрофии мозга (энцефалопатии) [12, 16], воспалительного процесса (арахноидит) [17], церебральной гипоксии [7] или же обратного развития этих процессов [13] отмечается регресс медленных дельта-волн наряду с наличием (восстановлением) альфа-ритма (хотя и сниженного по мощности) в сочетании с диффузными тета-составляющими, а также негрубыми признаками раздражения (частая активность и заостренные по форме колебания, наличие билатерально-синхронных всплесков) на фоне относительной сглаженности зональных различий).

К числу более *специфических* для ПТГ изменений ЭЭГ можно отнести выявленные *при нормотензивной гидроцефалии* у взрослых пациентов признаки дисфункции срединных образований мозга (89% наблюдений), чаще дизэнцефального уровня [15, 18]. В качестве характер-

ной для *нормотензивной и окклюзионной гидроцефалии* на ЭЭГ отмечается также эпилептиформная активность, особенно при наличии эпилептических припадков в клинической картине [19]. У 70% взрослых пациентов при этом регистрируются локальные эпилептиформные знаки (острые волны или комплексы острая–медленная волна), и в 20% – разрядная активность [20]. Появление пароксизмальных паттернов и, в тяжелых случаях, угнетение биоэлектрической активности относят также к наблюдениям с *выраженной гипоксией мозга* [7, 14].

Особый интерес представляет ЭЭГ пациентов *в коме и при посткоматозных бессознательных состояниях* (ПБС) в сочетании с ПТГ, когда гидроцефалия является фактором, усугубляющим тяжесть состояния. (ПБС манифестируются первым открыванием глаз пациента после комы и заканчиваются появлением признаков понимания и возобновления речи [9, 10].) Согласно литературе, паттерны ЭЭГ пациентов с угнетенным сознанием характеризуется выраженными отличиями от нормы: дезорганизацией активности, редукцией доминирующего у здоровых людей альфа-ритма при усилении патологических медленных, а иногда и высокочастотных колебаний, появлением эпилептиформных знаков. Поступательный процесс восстановления сознания сопровождается постепенным нивелированием очаговых медленноволновых либо других форм локальных патологических нарушений и формированием регулярно, нормально организованного альфа-ритма [21, 22]. При наличии неспецифических черт в нарушениях биопотенциалов и их динамике, показана также внутри- и межстадийная вариативность ЭЭГ при ПБС, обусловленная многообразием патофизиологических факторов, определяющих формирование этих состояний [23, 24, 25, 26].

Значительно дополняют визуальную оценку ЭЭГ при угнетенном сознании данные математического анализа, в частности, показатели когерентности (КогЭЭГ) [27], отражающие интегративные взаимодействия в мозге как основу формирования функциональных состояний человека и обеспечения разных видов его деятельности [28]. К числу нейрофизиологических механизмов угнетения сознания относится разрушение межцентральных связей со снижением характерных для нормы значений КогЭЭГ или иных ЭЭГ-показателей функциональной коннективности [29, 30, 31]. Резкое (до 80%) и устойчивое во времени (недели, месяцы) ослабление межполушарного взаимодействия (феномен функционального «разобщения полушарий») сопровождает хроническое бессознательное состояние. При обратимом ПБС происходит постепенное повышение межполушарной фоновой КогЭЭГ и восстановление характерного для нормы доминирования ее в передних отделах полушарий, а также расширение частотного состава спектров когерентности от тета- к альфа- и бета-ритмам [22, 29].

Представленные выше данные литературы обосновывают цель настоящего исследования: оценить информативность ЭЭГ у пациентов с посттравматической гидроцефалией, сопровождающейся угнетением сознания, в качестве дооперационного предиктора эффективности шунтирующей операции.

Материал и методы

ЭЭГ-исследования были выполнены у 27 пациентов с ПТГ в рамках предоперационного обследования до ликворшунтирующей операции. В исследования включены пациенты взрослого и детского (2 наблюдения) возраста – от 11 до 72 лет ($33,3 \pm 13,4$ г.). Сроки проведения шунтирующих операций составляли от 1 до 20 месяцев после ЧМТ. Их вариабельность определялась временем развития гидроцефалии и особенностями диагностики, так как не все пациенты в остром периоде ЧМТ проходили лечение в НМИЦ Нейрохирургии.

В преобладающем числе случаев (20 пациентов) травматическое поражение мозга характеризовалось диффузным аксональным повреждением (ДАП); ДАП в сочетании с интракраниальными оболочечными гематомами и вдавленными переломами костей свода черепа выявлено у двоих пострадавших, оболочечные гематомы с дислокационным синдромом – у троих. В двух наблюдениях ЧМТ сочеталась с гипоксическим повреждением на фоне массивной кровопотери.

ПТГ носила сообщающийся характер во всех 27 наблюдениях и всем пациентам проводились операции вентрикулоперитонеального шунтирования. Ликворное давление оценивалось интраоперационно; гипертензивная форма гидроцефалии отмечена у 21 пострадавшего, нормотензивная гидроцефалия у 6.

Текущее состояние сознания пациентов до и после операции оценивали количественно по шкалам CRS-R [10], шкале исходов Глазго (ШИГ) [32], а также в соответствии с представлениями о стадиях восстановления психической деятельности после комы Т.А. Доброхотовой с соавт. [9, 33]. При этом к состоянию MCS- [10] относятся стадии восстановления 2, 3 по [9, 33], а к MCS+ стадии 4, 5 по [9, 33].

У всех пациентов оценивали клинически промежуточный результат лечения через 3 месяца после операции. Глубина катамнеза для каждого была индивидуальной, но не менее 12 месяцев после шунтирующей операции, максимальная составила 5 лет. Критериями значимого улучшения для пациентов в вегетативном статусе был принят уровень мутизма с пониманием речи в послеоперационном периоде, а для пациентов в состоянии мини-

мальных проявлений сознания – уровень дезинтеграции речи. Распределение пациентов по стадиям восстановления сознания до и после лечения представлено в таблице.

В отделенном послеоперационном периоде 14 пострадавших вышли из состояния минимального сознания и вегетативного статуса, 13 остались на уровне минимального сознания. Динамику сознания оценивали в соответствии с представлениями о стадиях восстановления Т.А. Доброхотовой с соавт. [9, 33], так как шкала CRS-R была валидирована на русский язык в 2018 году, а проведенный ретроспективный анализ включал и пациентов более раннего периода.

ЭЭГ регистрировали перед проведением ликворшунтирующей операции, монополярно (относительно референтных мастоидальных электродов), по 18 каналам, согласно схеме 10–20%, с полосой пропускания 0,3–35 Гц и частотой квантования 100 Гц. Проводили визуальную оценку фоновой ЭЭГ (в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами) с последующим формализованным количественным ранжированием наиболее типичных паттернов, а также спектрально-когерентный анализ безартефактных реализаций длительностью 45–90 с на базе программно-вычислительного комплекса Нейрокартограф (МБН, Россия). «Шаг» спектрального анализа составлял 0,4 Гц. Акцентируя внимание на показателях функциональной коннективности, оценивали значения КогЭЭГ в диапазонах основных физиологических ритмов: дельта (0,4–3,9 Гц), тета (4,3–7,0 Гц), альфа (7,4–12,5 Гц), бета 1 (12,9–20,7 Гц), а также в широкой частотной полосе 0,5–20 Гц.

Статистический анализ КогЭЭГ проводили для парных выборок с распределением, отклоняющимся от нормального. Достоверность различий когерентности фоновой ЭЭГ у пациентов по сравнению контрольной группой нормы (N=54) определяли на основе непараметрического критерия Манна – Уитни в оригинальном программном обеспечении [29], верифицированном с помощью программного пакета MatLab 7.

Исследования выполнены в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, после получения информированного согласия и одобрения этическим комитетом ФГАУ «НМИЦ НХ им. ак. Н.Н.Бурденко» МЗ РФ.

Таблица

Стадии восстановления психической деятельности после длительной комы и распределение пациентов по стадиям до и после лечения

Стадия	Этапный синдром	Симптомы восстановления	Количество пациентов		
			До операции	Через 3 месяца	Через 12 месяцев
0	Кома	Отсутствуют	0	0	0
I	Вегетативный статус	Открытие глаз	1	0	0
II	Мутизм (акинетический/гиперкинетический)	Фиксация взора и слежение	17	5	3
III	Мутизм с эмоциональными реакциями	Дифференцированные эмоциональные реакции	3	6	2
IV	Мутизм с пониманием речи	Понимание речи	1	8	7
V	Дезинтеграция речи	Попытки к речи	4	6	8
VI	Амнестическая спутанность	Ответы на вопросы	1	1	3
VII	Интеллектуально-мнестическая недостаточность	Ориентировка в окружающем	0	0	1
VIII	Психопатоподобный синдром	Эффективность познавательных процессов	0	0	1
IX	Неврозоподобный синдром	Адекватность эмоционально-личностных реакций	0	1	1
X	Преморбидный уровень психического здоровья	Преморбидная психическая адаптация	0	0	0
Всего			27	27	27

Результаты и их обсуждение

Визуальный анализ паттернов ЭЭГ пациентов до шунтирующей операции (N=27), при значительном их индивидуальном разнообразии и выраженных отличиях от ЭЭГ здорового человека, позволил выделить четыре, наиболее характерные модификации.

Первый тип ЭЭГ (N=5) (рис. 1, I) отличался уплощением рисунка ЭЭГ и сочетанием в нем полиморфных медленных колебаний дельта-диапазона или их ритмических групп с низкоамплитудной синхронизированной частой бета-активностью при отсутствии альфа-ритма. Межполушарные и зональные различия при этом нивелированы. Характер указанных изменений свидетельствовал о выраженном угнетении функциональной активности коры наряду с вероятной дисфункцией базальных и раздражением медиобазальных структур мозга. На этом фоне могли выявляться вспышки ритмических дельта-волн: билатеральных (стволового характера) или глубинных односторонних.

Подобные изменения ЭЭГ обнаруживают определенное сходство с неспецифическими нарушениями паттерна биопотенциалов при церебральной гипоксии (критическая стадия) [7, 8], а также при воспалительных заболеваниях в форме перивентрикулярного энцефалита, сопровождающегося окклюзионными явлениями [17].

Второй тип ЭЭГ (N= 10) (рис. 1, II) характеризовался дизритмией с преобладанием ирритативных знаков: частых бета-составляющих (иногда сочетающихся с ЭМГ-потенциалами), наличием диффузных острых волн и групп тета-колебаний, регистрирующихся на фоне снижения амплитуды и сглаженности зональных различий. Эти изменения указывали на диффузное раздражение коры наряду с дисфункцией базальных отделов мозга. Обнаруживая черты сходства с изменениями ЭЭГ I типа, в нем в меньшей степени присутствовала медленная дельта-активность, как очаговая, так и в виде вспышек. В некоторых наблюдениях выявлялась неустойчивая (фрагментарная) альфа-активность, отражая наличие потенциальных возможностей корковой деятельности.

Изменения данного типа были более вариативными по сравнению с первым типом и также неспецифическими, демонстрируя сходство с паттерном ЭЭГ при постгипоксических состояниях на реактивной стадии [7], воспалительных заболеваниях в форме арахноидита [17], острых отравлениях нейротоксикантами [34], при посттравматическом угнетении сознания на стадиях мутизма [35].

Третий тип ЭЭГ (N=7) (рис. 2, III) характеризовался выраженной дезорганизацией рисунка с редукцией альфа-ритма и замедлением биопотенциалов; преобладанием тета-активности, включая билатеральные или односторон-

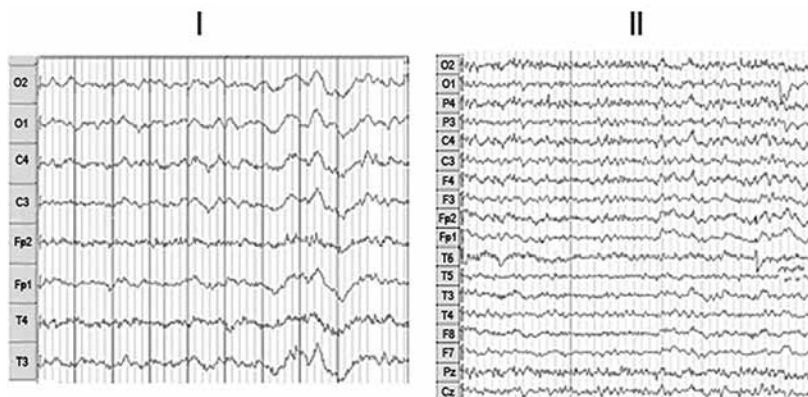


Рисунок 1. Дооперационные изменения паттернов ЭЭГ первого (I) и второго (II) типов. I – Паци. С-нов (44 года), 3 месяца после ТЧМТ, вегетативное состояние. II – Паци. Д-ев (24 года), 3 месяца после ТЧМТ, состояние акинетического мутизма (см. таблицу 1)

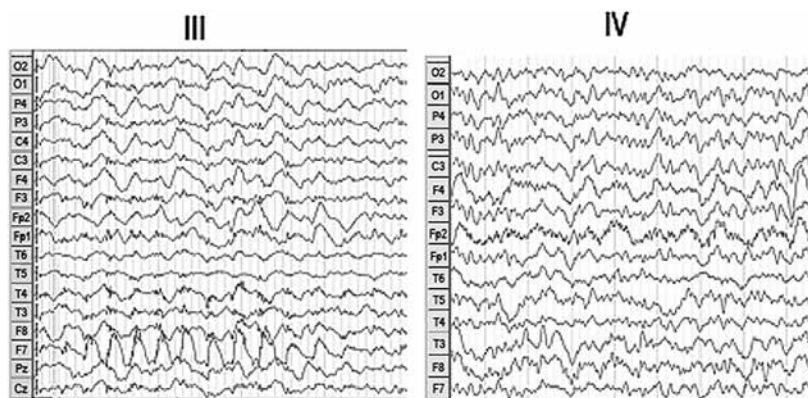


Рисунок 2. Дооперационные изменения ЭЭГ третьего (III) и четвертого (IV) типов. III – Паци. Ш-на (15 лет), 4,5 месяца после ТЧМТ, вегетативное состояние. IV – Паци. А-р. (48 лет), 2 месяца после ТЧМТ, вегетативное состояние. Дезорганизованная альфа активность выявляется в височных и затылочных отведениях чаще левого полушария

ные группы заостренных ритмических колебаний, что указывало на раздражение подкорковых образований. Характерной была также межполушарная асимметрия (МПА) паттерна ЭЭГ. Регистрировались преимущественно латерализованные вспышки медленных дельта-волн глубоного либо стволового характера, распространенные, или акцентированные в передних корковых областях. У некоторых пациентов выявлялась локальная очаговая медленная активность, иногда в сочетании с эпилептиформными комплексами, лобной или лобно-височной локализации. В затылочно-теменных корковых зонах МПА проявлялась уплощением рисунка ЭЭГ и его полиритмией в одном полушарии при наличии медленных волн очагового характера в другом.

Сопоставление с данными литературы выявляет черты сходства паттерна ЭЭГ третьего типа с нарушениями, описанными при окклюзионной гидроцефалии, воспалительном процессе в форме перивентрикулярного энцефалита, сопровождающегося окклюзионными явлениями [17], а также при энцефалопатии с выраженными когнитивными расстройствами [36]. Отмечаемые при этом асимметрия и очаговые изменения ЭЭГ являются, вероятно, специфическими для многокомпонентного поражения мозга при ТЧМТ, отражающими полушарные и локальные особенности реакций мозга на преобладающий патологический фактор.

Четвертый тип (N=5) дооперационных изменений ЭЭГ (рис. 2, IV) характеризовался дизритмией с тенденцией к замедлению биопотенциалов, нарушением их пространственной организации. Доминирует активность тета-диапазона, преимущественно ритмического характера, при наличии групп колебаний более высокой частоты. Диффузно выражены неустойчивые эпитептиформные знаки (острые колебания, замедленные двухфазные потенциалы). Отличительными особенностями данного типа ЭЭГ были наличие воспроизводимой, возможно дезорга-

низованной и замедленной, альфа-активности (односторонне или билатерально представленной), неустойчивой межполушарной асимметрии либо локальных нарушений, а также практическое отсутствие билатеральных вспышек стволового характера. Подобные изменения ЭЭГ описаны при энцефалопатии сложного генеза, включая эпилепсию, у пожилых людей [37].

Сопоставление данных ЭЭГ-исследований с уровнем психической деятельности пациентов до шунтирующей операции (рис. 3А) свидетельствует о преобладании в вы-

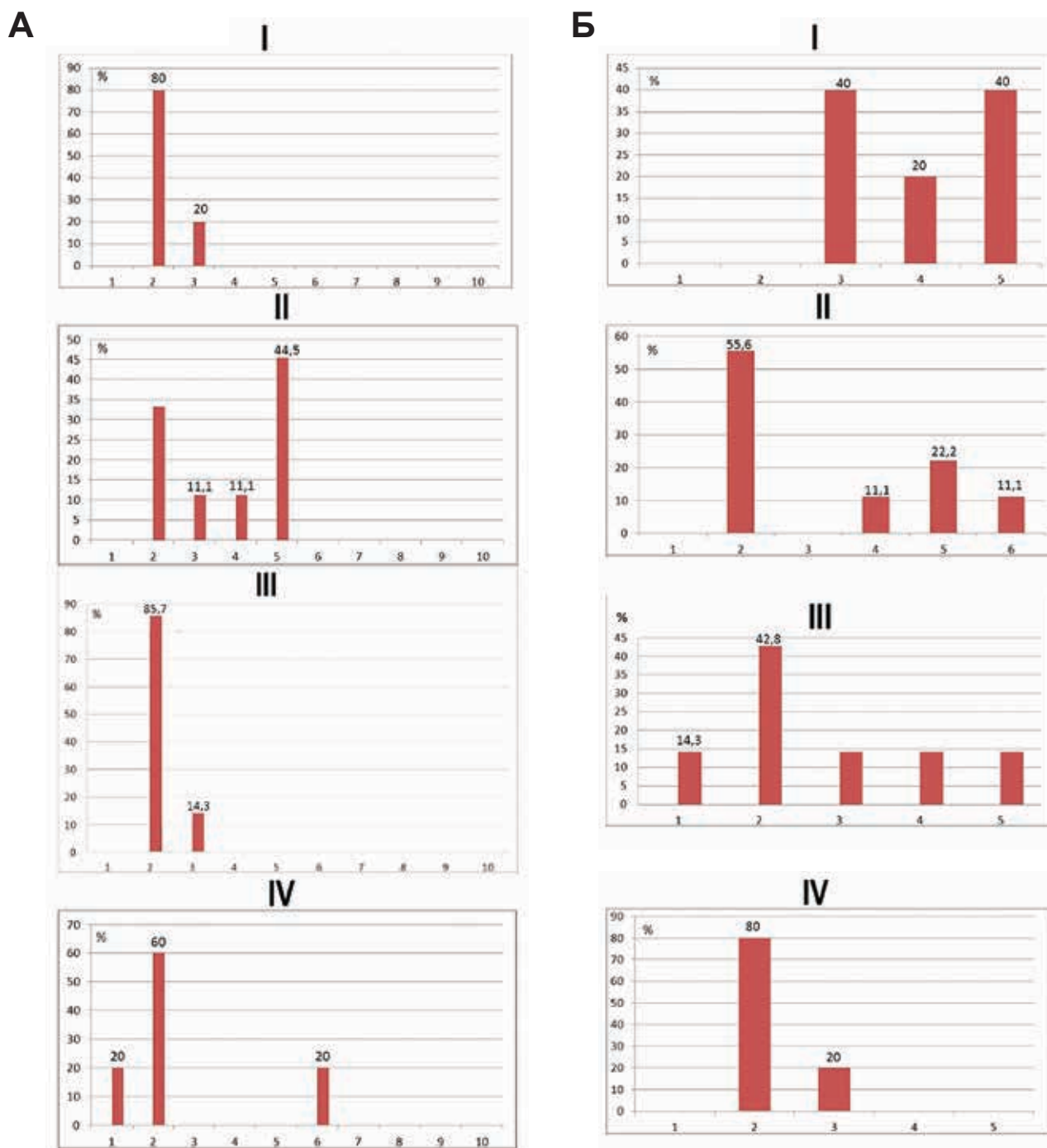


Рисунок 3. Диаграммы процентного распределения пациентов с разным типом ЭЭГ по стадиям психической деятельности (А) и по срокам от ТЧМТ до шунтирования (Б). I-IV – паттерны ЭЭГ. По оси Y на всех диаграммах процент пациентов от общего числа в группе. А. По оси X – стадии восстановления сознания после длительной комы (см. таблицу 1); Б. По оси X – распределение пациентов по срокам от травмы до шунтирования: 1 – 1 месяц, 2 – 1,5–4 месяца, 3 – более 4,5–7,5 месяцев; 4 – 8–9,5 месяцев, 5 – 10–13,5 месяцев; 6 – свыше 14–20 месяцев.

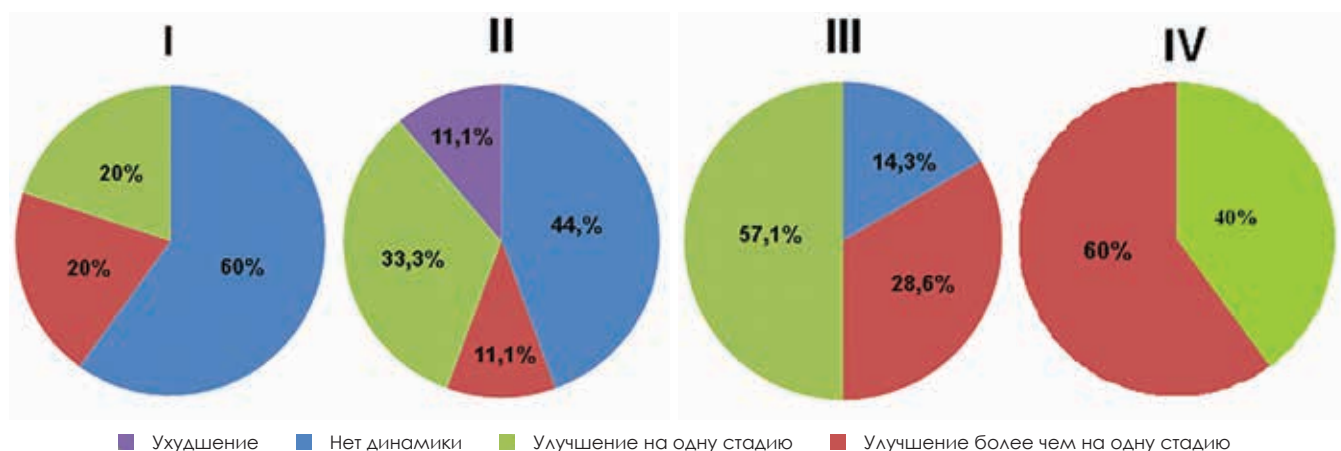


Рисунок 4. Диаграмма распределения дооперационных типов ЭЭГ по эффектам шунтирования через 3 месяца после операции. I–IV – типы дооперационной ЭЭГ. Цветовая шкала – изменения согласно представлениям о стадиях восстановления психической деятельности [9, 33]

борках с 1, 3 и 4 типами ЭЭГ наблюдений с вегетативным состоянием (ВС). Лишь в группе со вторым типом ЭЭГ, наиболее многочисленной, формы угнетенного сознания были более вариативными: наряду с ВС у 1/3 пострадавших, были представлены разные состояния мутизма с превалированием мутизма с пониманием речи. Следует отметить определенное соответствие паттернов ЭЭГ, выделенных в исследовании, с описанными ранее в качестве характерных для посттравматического угнетения сознания [22], в особенности типа 2, сходного с паттернами ЭЭГ при состояниях мутизма. Это относится также к выраженной МПА, наблюдаемой в 3-м типе ЭЭГ, которая, возможно, отражает феномен функционального разобщения полушарий, присущий ранним посткоматозным бессознательным состояниям [21]. Важно также, что в группу с 4-м типом ЭЭГ, который характеризовался наибольшей представленностью альфа-составляющих, входил пациент с самым высоким из всех наблюдений уровнем сознания в форме дезинтеграции речи.

Интересный и важный, на наш взгляд, результат показал сопоставление выделенных дооперационных типов ЭЭГ со сроком проведения шунтирования (рис. 3Б). Если в выборках со 2, 3 и 4 типами интервал до шунтирования составлял преимущественно от 1,5 до 4 месяцев после ТЧМТ, то у пациентов с 1-м типом ЭЭГ, демонстрирующим наиболее выраженное сходство с нарушениями биопотенциалов мозга при выраженной гипоксии мозга [7] – от 4 до 14 месяцев.

На рисунке 4 приводятся результаты сопоставления выявленных дооперационных паттернов ЭЭГ с клиническими эффектами шунтирования через 3 месяца после операции.

Согласно таблице, число пациентов с более низкими стадиями ПБС (вегетативное состояние, акинетический мутизм) несколько уменьшается за счет увеличения их на стадиях мутизма с эмоциональными реакциями и пониманием речи (рис. 4).

Из рисунка 4 следует при этом, что процент наблюдений с повышением уровня психической деятельности (на одну или несколько стадий) в эти ранние сроки после шунтирования почти линейно увеличивается от первого

типа ЭЭГ к четвертому. Первый же тип паттерна выявлен у пациентов с наибольшим процентом случаев неэффективного шунтирования.

Поскольку даже при одинаковом характере дооперационной ЭЭГ исход шунтирующей операции бывает вариативным, мы проанализировали возможности индивидуального когерентного анализа фоновой ЭЭГ у пациентов с одинаковым дооперационным паттерном (2 типа), но с разным ранним эффектом шунтирования в контексте проблематики исследования.

На рисунке 5 представлены показатели КогЭЭГ, значительно отличающиеся от нормы до операции шунтирования, в наблюдениях без клинического эффекта (I), с повышением уровня сознания на одну стадию восстановления (II) и более (III) по [9]. Этот рисунок отражает качественные индивидуальные особенности нарушений КогЭЭГ, касающиеся как топографии, так и направленности отличий от нормы.

Характерным для наблюдения I является ослабление симметричных и диагональных межполушарных связей, включая лобные, во всех частотных диапазонах, наряду с выраженным двухсторонним патологическим усилением внутриполушарных КогЭЭГ (протяженных и коротких), особенно в правом полушарии. Последнее, согласно литературе, может быть сопряжено с наличием очагов стойкой патологической активности глубинной (подкорковой либо стволовой) локализации [35]. У данного пациента, находящегося в вегетативном состоянии, патологическое усиление внутриполушарной КогЭЭГ как по медленным, так и более частым (альфа, бета) ритмам сочетается с четкой стволовой симптоматикой с элементами поражения глазодвигательного нерва справа (данные нейроофтальмологического исследования) – наряду с наличием костного дефекта и вторичными атрофическими изменениями в левой теменно-височной области.

В наблюдении II общее число нарушенных КогЭЭГ (за исключением альфа-диапазона), особенно межполушарных в передних корковых областях, меньше, чем в первом. Существенно меньше и число патологически усиленных внутриполушарных связей, преимущественно коротких, чаще справа.

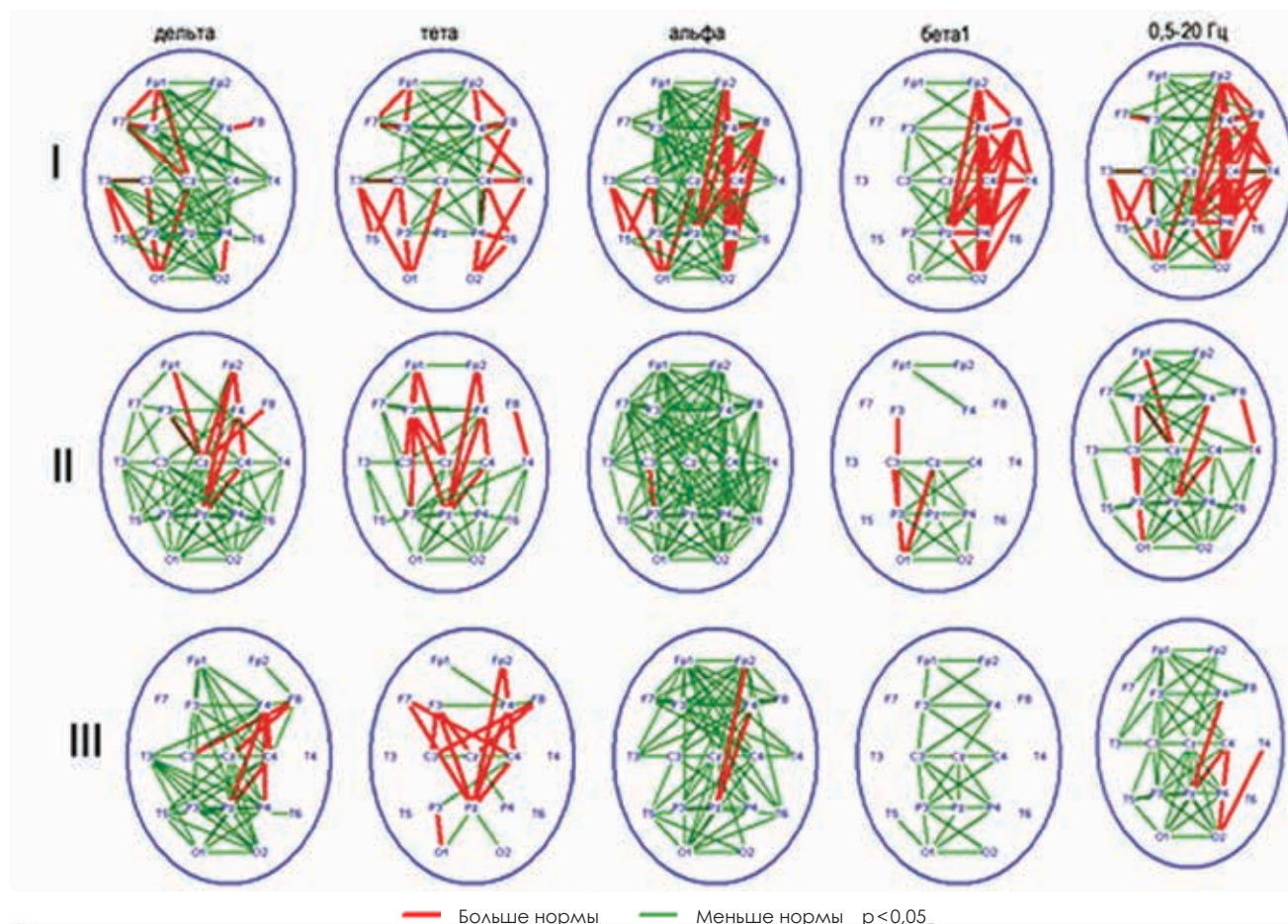


Рисунок 5. Показатели когерентности ЭЭГ, значительно отличающиеся от нормы до операции шунтирования, в индивидуальных наблюдениях. Зеленые линии – снижение КогЭЭГ по сравнению с нормой, красные – повышение с $p < 0,05$ по критерию Манна – Уитни. I – пац. С-о в вегетативном состоянии до и после шунтирования. II – пац. Д-ев в состоянии акинетического мутизма до шунтирования, перешедший в состояние мутизма с эмоциональными реакциями через 3 месяца после операции. III – пац. Н-в в вегетативном состоянии, перешедший в состояние акинетического мутизма с эмоциональными реакциями спустя 3 месяца после шунтирования

В наблюдении III отмечается минимальное число ослабленных межлобных связей по медленным ритмам, а также патологически усиленных внутриполушарных. При этом у всех трех пациентов, находящихся на самых низких стадиях ПБС (вегетативное состояние, акинетический мутизм), максимальное число ослабленных межцентральных связей обнаруживается в альфа-диапазоне, характеристики которого рассматриваются в литературе в качестве маркера глубины посткоматозного угнетения сознания и его восстановления [29, 38].

Дополнительную информацию дает количественная оценка измененных параметров КогЭЭГ. Так, у пациента I (без положительной послеоперационной динамики) значения интегральных показателей межполушарной КогЭЭГ составляют от 43 до 28% относительно нормы, а усиленных протяженных внутриполушарных связей (О–F) достигают 169–215% от нормативных. Эти отклонения являются максимальными из трех приведенных наблюдений. У пациента II (с ранним послеоперационным улучшением на одну стадию по [9]) интегральные межполушарные связи составляют 38–62% от уровня нормы, а протяженные внутриполушарные – от 126 до 60%. У пациента III с ранним послеоперационным улучшением от вегетативного состояния до мутизма с эмоцио-

нальными реакциями (2 стадии) межполушарные связи ЭЭГ исходно ослаблены в пределах 54–61% от нормы (минимально по сравнению с двумя другими пациентами). Изменения внутриполушарных КогЭЭГ варьируют от 127 до 64% относительно контроля. Таким образом, % исходного отклонения от нормы показателей КогЭЭГ (ослабления межполушарных, а также усиления протяженных внутриполушарных согласуется с ранним клиническим эффектом шунтирования.

Представленные результаты свидетельствуют об информативности дооперационного исследования ЭЭГ у пациентов с ПТГ для оценки вероятной эффективности шунтирования для раннего (до 3-х месяцев) послеоперационного периода. Что касается особенностей дальнейшей клинической динамики и восстановления сознания, то они зависят не только от исходного функционального состояния пациентов, но от многих других факторов: вторичных соматических осложнений, состояния шунтирующей системы, качества ухода за пациентом и др. Наряду с длительностью течения гидроцефалии до шунтирования, весьма значимым для исхода тяжелой ЧМТ является наличие повреждений глубинных структур мозга, что показано в исследованиях А.А. Потапова и его коллег [26].

Связь между типом гидроцефалии (обструктивная или нормотензивная) и клиническими и нейрофизиологическими исходами не установлена. Вместе с тем, отмечено некоторое соответствие между исходным типом ЭЭГ и данными катamnестической оценки состояния через год после шунтирования. Худшие ранние и отдаленные клинические исходы отмечены у пациентов с 1-м типом ЭЭГ (преобладание вегетативного статуса, наибольший период от травмы, сходство с постгипоксическими нарушениями биопотенциалов). Большинство пациентов с исходной ЭЭГ 3-го типа и довольно динамичными позитивными изменениями в ранние сроки после шунтирования, спустя год находились в состоянии угнетенного сознания: акINETического мутизма с эмоциональными реакциями либо мутизма с пониманием речи. Лишь один пациент восстановился до состояний амнестической спутанности (стадия 7 согласно [9]). Более вариативным и относительно более успешным было отсроченное восстановление пациентов с исходной ЭЭГ 2-го и особенно 4-го типов. Одна треть пациентов со 2-м типом ЭЭГ вышли из бессознательного состояния [согласно 9, 33], и достигли стадии дезинтеграции речи с признаками когнитивной недостаточности (8 стадия восстановления по [9]). В группе пациентов с 4-м типом ЭЭГ (с наиболее выраженным ранним эффектом шунтирования) вышедшие из бессознательного состояния составили 40%: до состояния когнитивной недостаточности (стадия 8) и неврозоподобного синдрома (стадия 10 из 10).

Важно особо отметить также, что одним из осложнений течения травматической болезни, выявляемых у пациентов с разным исходом шунтирования, была посттравматическая эпилепсия. К настоящему моменту связать это осложнение с особенностями исходного паттерна ЭЭГ, эффектом шунтирующей операции либо особенностями первичного травматического повреждения не представляется возможным и требует специального исследования.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют об информативности дооперационного исследования ЭЭГ у пациентов с ПТГ (с оценкой особенностей паттерна, а также изменений показателей когерентности относительно нормы) для диагностики текущего состояния, оценки перспектив шунтирующей операции (как минимум, ее эффективности в период до 3-х месяцев), а также исследования патогенеза функциональных нарушений головного мозга.

Выявлены два показателя изменений ЭЭГ, которые ассоциированы с наименьшей эффективностью шунтирования для восстановления уровня сознания в послеоперационном периоде. Это дооперационный паттерн ЭЭГ в виде уплощения, сочетания в нем медленных дельта-тета-колебаний с синхронизированной частой активностью при отсутствии альфа-ритма и сглаженностью межполушарных и зональных различий, либо нарушения КогЭЭГ, проявляющиеся ослаблением межполушарных когерентных связей до 30–40% от нормы и усилением более чем в полтора раза внутриполушарных связей в обеих гемисферах.

Список литературы / References

- Xu H, Dong Y, Bao D, Wei X, Niu C, Liu X. Shunt-Dependent Post-Traumatic Hydrocephalus: Predictors and Long-Term Functional Outcomes. *Neural Ther.* 2023 Oct; 12(5):1607–1622. <https://doi.org/10.1007/s40120-023-00511-7>.
- Лихтерман Л.Б. Учение о последствиях черепно-мозговой травмы. Нейрохирургия. 2019; 21(1):83–89. <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2019-21-1-83-89>
- Likhterman L.B. Doctrine of head injury sequelae. *Russian Journal of Neurosurgery.* 2019; 21(1): 83–89. (In Russ.) <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2019-21-1-83-89>
- Кравчук А.Д., Латышев Я.А., Зайцев О.С., Данилов Г.В., Лихтерман Л.Б., Гаврилов А.Г., Захарова Н.Е., Кормилицына А.Н., Охлопков В.А., Потапов А.А., Александрова Е.В. Ликворшунтирующие операции у пациентов с посттравматической гидроцефалией в вегетативном статусе и состоянии минимального сознания: анализ эффективности и безопасности. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2019; 83(1):17–28. <https://doi.org/10.17116/neiro2019830117>
- Kravchuk AD, Latyshev IA, Zaitsev OS, et al. CSF shunting surgery in patients with post-traumatic hydrocephalus in the vegetative status and minimally conscious state: analysis of its efficacy and safety. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2019; 83(1):17–28. (In Russ., In Engl.) <https://doi.org/10.17116/neiro2019830117>
- Касумова С.Ю. Патоморфология последствий черепно-мозговой травмы. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме (под ред. Касумова А.Н., Лихтермана Л.Б., Потапова А.А.). Москва «АНТИДОР». – 2002. – С. 42–54.
- Kasumova S.Yu. Pathomorphology of the consequences of traumatic brain injury. *Clinical guidelines on traumatic brain injury* (edited by Konovalov A.N., Likhterman L.B., Potapov A.A.). Moscow «ANTIDOR». – 2002. – P. 42–54.
- Sara de Carvalho, Ana Almeida, Carina Reis. Intracranial Arachnoiditis and Hydrocephalus. *World Neurosurg.* 2023 Nov; 179:26–27. doi: 10.1016/j.wneu.2023.07.106. Epub 2023 Jul 27. PMID: 37516141.
- Латышев Я.А., Кравчук А.Д., Лихтерман Л.Б., Захарова Н.Е., Зайцев О.С., Гаврилов А.Г., Охлопков В.А., Потапов А.А. Современная диагностика и лечение посттравматической гидроцефалии. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2019; 83(1):17–28. 82(3): 81–87.
- Latyshev IA, Kravchuk AD, Likhterman LB, Zakharova N, Zaitsev OS, Gavrilov AG, Okhlopov VA, Potapov AA. Modern diagnosis and treatment of posttraumatic hydrocephalus. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2018; 82(3): 81–87. (In Russ., In Engl.) <https://doi.org/10.17116/neiro201883381>
- Евсеева М.А., Евсеев А.В., Правдивцев В.А., Шабанов П.Д. Механизмы развития острой гипоксии и пути ее фармакологической коррекции // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2008. – Т. 6. – С. 3–25.
- Evseeva M.A., Evseev A.V., Pravdivtsev V.A., Shabanov P.D. Mechanisms of development acute hypoxia and ways of its pharmacological correction // *Clinical reviews pharmacology and drug therapy.* – 2008. – Т. 6. – P. 3–25.
- Гречев В.И., Маринкин И.О., Севрюков И.Т. Влияние гипоксии на центральную нервную систему, органы и ткани с учетом возрастных особенностей // *Norwegian Journal of Development of the International Science.* – 2018. – № 19. – С. 3–20.
- Grachyov V.I., Marinkin I.O., Sevryukov I.T. The influence of hypoxia on the central nervous system, organs and fabrics in accordance with age specialities // *Norwegian Journal of Development of the International Science.* – 2018. – № 19. – P. 3–20.
- Доброхотова Т.А., Потапов А.А., Зайцев О.С., Лихтерман Л.Б. Обратимые посткоматозные бессознательные состояния // *Социальная и клиническая психиатрия.* – 1996. – Т. 2. – С. 26–36.
- Dobrohotova T.A., Potapov A.A., Zajcev O.S., Likhterman L.B. Reversible postcomatous unconsciousness // *Social and clinical psychiatry.* – 1996. – Т. 2. – P. 26–36.
- Мочалова Е.Г., Легостаева Л.А., Зимин А.А., Юсупова Д.Г., Сергеев Д.В., Рябинкина Ю.В., Бодин Е., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Русскоязычная версия пересмотренной шкалы восстановления после комы – стандартизированный метод оценки пациентов с хроническими нарушениями сознания. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуск. 2018; 118(3-2):25–31.
- Mochalova EG, Legostaeva LA, Zimin AA, Yusupova DG, Sergeev DV, Ryabinkina YuV, Bodin Y, Suponeva NA, Piradov MA. The Russian version of Coma Recovery Scale-revised – a standardized method for assessment of patients with disorders of consciousness. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2018; 118(3-2):25–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/jnevro20181183225-31>.
- Нейрофизиологические исследования в клинике (под ред. Трошиной Е.М.). Москва. – 2019. – 306 с.
- Neurophysiological research in the clinic (edited by Troshina E.M.). Moscow. – 2019. – 306 p.
- Николаенко М.В., Кижеватова Е.А., Дроботья Н.В. Раннее выявление когнитивных нарушений у больных артериальной гипертензией и оценка эффективности лечения по данным ЭЭГ. Ж. Медицинский вестник Юга России. 2020; 11(2): 81–93.
- Nikolaenko M.V., Kizhevatoeva E.A., Drobotya N.V. Early detection of cognitive impairment in patients with hypertension and evaluation of treatment effectiveness according to EEG data. *J. Medical Herald of the South of Russia.* 2020; 11(2):81–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2020-11-2-81-93>.
- Клиническая электроэнцефалография (под ред. Русинова В.С.). Москва. Медицина. – 1973. – 340 с.
- Clinical electroencephalography (edited by Rusinov V.S.). Moscow. Medicine. – 1973. – 340 p.
- Борукаева И.Х., Абазова З.Х., Кумыков В.К. Влияние кратковременной гипоксии на биоэлектрическую активность головного мозга детей, подростков и юношей. Ж. Фундаментальные исследования. – 2014. – № 4 (3). – С. 466–471.
- Borukaeva I.H., Abazova Z.H., Kumukov V.K. The effect of short-term hypoxia on the bioelectric activity of the brain of children, adolescents and young men. *J. Fundamental research.* – 2014. – № 4. – P. 466–471. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33942> [дата обращения: 06.12.2024].
- Гаврилов Г.В., Станишевский А.В., Гайдар Б. В., Свистов Д. В. Хирургическое лечение идиопатической нормотензивной гидроцефалии [обзор литературы] // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2019; 178(2): 73–78.
- Gavrilov G.V., Stanishevskiy A.V., Gaydar B.V., Svistov D.V. Surgical treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus [literature review] // *Grekov's Bulletin of Surgery.* 2019; 178(2): 73–78. (In Russ.) <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2019-178-2-73-78>.
- Moretti D.V., Zanetti O., Binetti G., Frisoni G.B. Quantitative EEG Markers in Mild Cognitive Impairment: Degenerative versus Vascular Brain Impairment. *International Journal of Alzheimer's Disease.* Volume 2012, Article ID 917537, 12 pages. doi:10.1155/2012/917537.
- Архипова Н.А., Болдырева Г.Н. ЭЭГ при воспалительных и паразитарных поражениях головного мозга. Нейрофизиологические исследования в клинике (под ред. Трошиной Е.М.). Москва. – 2019. – С. 117–122.
- Arkhipova N.A., Boldyreva G.N. EEG in inflammatory and parasitic diseases: brain lesions. *Neurophysiological research in the clinic* (edited by Troshina E.M.). – Moscow. – 2019. – P. 117–122.
- Болдырева Г.Н., Шарова Е.В., Добронравова И.С. Роль регуляторных структур в формировании ЭЭГ человека. Ж. Физиология человека. 2000; 26(5): 19–34.
- Boldyreva G.N., Sharova E.V., Dobronravova I.S. The role of regulatory structures in human EEG formation. *J. Human physiology.* 2000; 26(5): 19–34.

19. Кузнецова Л.М., Семенова Н.Ю. Нейрофизиологическая диагностика симптоматической эпилепсии у детей с гидроцефалией. *Российский педиатрический журнал*. – 2007. – №3. – С.14–17.
20. Kuznetsova L.M., Semenova N.Yu. Neurophysiological diagnostics symptomatic epilepsy in children with hydrocephalus. *Russian Pediatric Journal*. – 2007. – №3. – P. 14–17.
21. Мирсадыков Д.А. Диагностика и лечение нормотензивной гидроцефалии. Автореф. Дисс... д.м.н., Санкт-Петербург, ГУ РНИИ им. проф. А.А. Поленова. – 2004. – 41 с.
22. Mirsadykov D.A. Diagnosis and treatment of normotensive hydrocephalus. The author's abstract. Dissertation... Doctor of Medical Sciences, St. Petersburg, State Scientific Research Institute named after Prof. A.A. Polenov – 2004. – 41 p.
23. Гриндель О.М. Электроэнцефалография человека при черепно-мозговой травме. – М.: Наука. – 1988. – 200 с.
24. Grindel' O.M. Human electroencephalography in traumatic brain injury. – М.: Nauka. – 1988. – 200 с.
25. Шарова Е.В., Челяпина М.В., Коробкова Е.В., Куликов М.А., Зайцев О.С. ЭЭГ-корреляты восстановления сознания после тяжелой черепно-мозговой травмы. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н.Бурденко*. 2014;78(1):14–25.
26. Sharova E.V., Chelapina M.V., Korobkova E.V., Kulikov M.A., Zaitsev O.S. EEG-correlates of consciousness recovery after traumatic brain injury. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2014; 78(1): 14–25. [In Russ., In Engl.] PMID: 24761592.
27. Александров М.В., Александрова Т.В., Повалякина Е.С. Электроэнцефалографический мониторинг в отделении реанимации и интенсивной терапии // *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*. – 2018. – Т. 10. – № 3. – С. 81–90. <https://doi.org/10.17816/mechnikov201810381-90>.
28. Alexandrov M.V., Alexandrova T.V., Povalyukhina E.S. Electroencephalographic monitoring in the intensive care unit therapy // *Bulletin of the Northwestern State Medical University named after I.I. Mechnikov*. – 2018. – V. 10. – N 3. – P. 81–90. <https://doi.org/10.17816/mechnikov201810381-90>.
29. Witsch J, Frey HP, Schmidt JM, Velazquez A, Falo CM, Reznik M, Roh D, Agarwal S, Park S, Connolly ES, Claassen J. Electroencephalographic Periodic Discharges and Frequency-Dependent Brain Tissue Hypoxia in Acute Brain Injury. *JAMA Neurol*. 2017 Mar 1;74(3):301–309. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2016.5325>.
30. Moe HK, Moen KG, Skandsen T, Kvistad KA, Laureys S, Häberg A, Vik A. The Influence of Traumatic Axonal Injury in Thalamus and Brainstem on Level of Consciousness at Scene or Admission: A Clinical Magnetic Resonance Imaging Study. *J Neurotrauma*. 2018 Apr 1; 35(7): 975–984. <https://doi.org/10.1089/neu.2017.5252>.
31. Потапов А.А., Данилов Г.В., Сычев А.А., Захарова Н.Е., Пронин И.Н., Савин И.А., Ошоров А.В., Полузан А.А., Александрова Е.В., Струнина Ю.В., Лихтерман Л.Б., Охлопков В.А., Латышев Я.А., Челушкин Д.М., Баранич А.И., Кравчук А.Д. Клинические и магнитно-резонансные томографические предикторы длительности комы, объема интенсивной терапии и исходов при черепно-мозговой травме. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н.Бурденко*. 2020;84(4):5–16.
32. Potapov AA, Danilov GV, Sychev AA, Zakharova NE, Pronin IN, Savin IA, Oshorov AV, Polupan AA, Aleksandrova EV, Strunina YuV, Likhterman LB, Oхлопков VA, Latyshev YaA, Chelushkin DM, Baranich AI, Kravchuk AD. Clinical and MRI predictors of coma duration, critical care intensity and outcomes in traumatic brain injury. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2020; 84(4): 5–16. [In Russ., In Engl.] <https://doi.org/10.17116/neiro2020840415>.
33. Иванов Л.Б., Машеров Е.Л. Когерентный анализ в электроэнцефалографии. Методические проблемы вычисления когерентностей в ЭЭГ, вариантов их наглядного отображения и клинической интерпретации (лекция вторая). *Медицинский алфавит*. 2023; 1(15): 9–16. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-9-16>.
34. Ivanov L.B., Mashеров E.L. Coherence analysis in electroencephalography. Methodological problems of calculating coherences in the EEG, options for their visualization and clinical interpretation (lecture two). *Medical Alphabet*. 2023; 1(15): 9–16. [In Russ.] <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-9-16>.
35. Русинов В.С., Гриндель О.М., Болдырева Г.Н., Вакар Е.М. Биопотенциалы мозга человека. Математический анализ. – Москва. – Медицина. – 1987. – 254 с.
36. Rusinov V.S., Grindel' O.M., Boldyreva G.N., Vakar E.M. Biopotentials of the human brain. *Mathematical analysis*. – Moscow. – Medicine. – 1987. – 254 p.
37. Гриндель О.М., Романова Н.В., Зайцев О.С., Воронов В.Г., Скорятина И.Г. Математический анализ электроэнцефалограмм в процессе восстановления сознания после тяжелой черепно-мозговой травмы. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова*. – 2009. – 106(12): 7–51.
38. Grindel' OM, Romanova NV, Zajcev OS, Voronov VG, Skoriatina IG. Mathematical analysis of electroencephalograms in the process of restoring consciousness after a severe traumatic brain injury. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. – 2006. – 106(12): 7–51.
39. J. Leon-Carion, U. Leon-Domingue, L. Pallonin, M.-H. Wu, R. E. Fry, M. R. Dominguez-Morales, G. Zouridakis. Synchronization between the anterior and posterior cortex determines consciousness level in patients with traumatic brain injury (TBI). *Brain Res*. (2012). <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.03.055>.
40. Thibaut A, Panda R, Annen J, Sanz LRD, Naccache L, Martial C, Chatelle C, Aubinet C, Bonin EAC, Barra A, Briand MM, Cecconi B, Wannez S, Stender J, Laureys S, Gosseries O. Preservation of Brain Activity in Unresponsive Patients Identifies MCS Star. *Ann Neurol*. 2021 Jul; 90(1): 89–100. doi: 10.1002/ana.26095.
41. Jennett B., Bond M. Assessment of outcome after severe brain damage: a practical scale. *The Lancet*. 1975; 305(7905). 480–484. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(75\)92830-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(75)92830-5).
42. Зайцев О.С. Психопатология тяжелой черепно-мозговой травмы: второе, дополненное издание. МЕДпресс – информ. – 2014. – 336 с.
43. Zaitsev O.S. Psychopathology of severe traumatic brain injury: second, expanded edition. MEDpress – inform. – 2014. – 336 p.
44. Березина И.Ю., Бадалян А.В., Сумский Л.И., Гольдфарб Ю.С. Динамика электроэнцефалографических и психофизиологических показателей при острых отравлениях нейротоксикантами на этапе реабилитации на фоне различных методов лечения. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2017;117(2):53–63.
45. Berezhina IYu, Badalyan AV, Sumskiy LI, Goldfarb YuS. Dynamics of eeg and psychophysiological indicators of acute poisoning neurotoxins on the stage of rehabilitation on the background of different methods of treatment. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2017;117(2):53–63. [In Russ.] <https://doi.org/10.17116/nevro2017117253-63>.
46. Шарова Е.В., Зайцев О.С., Куликов М.А., Щепетков А.Н., Коробкова Е.В., Челяпина М.В. Функциональные и структурные предпосылки угнетения сознания при тяжелой черепно-мозговой травме // *Нейронауки: теоретические и клинические аспекты (Украина, Донецк)*. – 2011. – № 1–26. – С. 68–75.
47. Sharova E.V., Zaitsev O.S., Kulikov M.A., Shchepetkov A.N., Korobkova E.V., Chelapina M.V. Functional and structural prerequisites for depression of consciousness in severe traumatic brain injury. // *Neuroscience: theoretical and clinical aspects (Ukraine, Donetsk)*. – 2011. – № 1–26. С. 68–75.
48. Кижеватова Е.А., Омельченко В.П. Анализ биоэлектрической активности головного мозга при когнитивных нарушениях у больных с энцефалопатией // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2014. Раздел II. Медицинская диагностика и терапия. С. 69–77.
49. Kizhevatoeva E.A., Omel'chenko V.P. Analysis of bioelectric activity of the brain in cognitive impairment in patients with encephalopathy // *News of the Southern Federal University. Technical Sciences*. 2014. Section II. Medical diagnostics and therapy. С. 69–77.
50. Кирилловских О.Н., Мякотных В.С., Боровкова Т.А., Мякотных К.В. Постинсультная эпилепсия у пожилых: факторы риска, клиника, нейрофизиология, возможности фармакотерапии // *Вестн. Уральской мед. акад. науки*. – 2011. – № 4(37). – С. 44–48.
51. Kirillovskikh O.N., Myakotnyh V.S., Borovkova T.A., Myakotnyh K.V. Post-stroke epilepsy in the elderly: risk factors, clinic, neurophysiology, possibilities of pharmacotherapy // *Bulletin of the Ural Medical Academy of Science*. – 2011. – № 4(37). – С. 44–48] http://vestnikural.ru/uploads/article_file/5/2011_4_37.pdf.
52. Bagnato S, Boccagni C, Sant' Angelo A, Prestandrea C, Mazzilli R, Galardi G. EEG predictors of outcome in patients with disorders of consciousness admitted for intensive rehabilitation. *Clin Neurophysiol*. 2015 May; 126(5): 959–66. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.08.005>

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ на 2022–2024 годы.

Статья поступила / Received 23.03.2025
Получена после рецензирования / Revised 26.03.2025
Принята в печать / Accepted 28.03.2025

Информация об авторах

Шарова Елена Васильевна¹, д.б.н., главный научный сотрудник лаборатории общей и клинической нейрофизиологии
ORCID ID: 0000-0003-4994-4187

Трошина Елена Михайловна², к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории клинической нейрофизиологии
E-mail: emt@inbox.ru. ORCID: 0000-0002-6863-5868

Латышев Ярослав Александрович², к.м.н., врач-нейрохирург нейрохирургического отделения (черепно-мозговая травма)
ORCID: 0000-0002-7125-5962

Зайцев Олег Семенович², д.м.н., главный научный сотрудник, заведующий отделом нейропсихиатрии и медицинской психологии, врач-психиатр
ORCID: 0000-0003-0767-879X

Царукаев Батраз Ахмадович², врач-нейрохирург нейрохирургического отделения
ORCID: 0000-0003-2684-8344

Кравчук Александр Дмитриевич², д.м.н., профессор, заведующий нейрохирургическим отделением (черепно-мозговая травма), врач-нейрохирург
ORCID: 0000-0002-3112-8256

¹ ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН», Москва, Российская Федерация

² ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

Контактная информация:

Трошина Елена Михайловна. E-mail: emt@inbox.ru

Author information

Sharova E.V.¹, MD, PhD, Chief Researcher at the Laboratory of General and Clinical Neurophysiology
ORCID ID: 0000-0003-4994-4187

Troshina E.M.², PhD, Senior Researcher at the Laboratory of Clinical Neurophysiology
E-mail: emt@inbox.ru. ORCID: 0000-0002-6863-5868

Latyshev Ya.A.², PhD, neurosurgeon of the neurosurgical department (traumatic brain injury)
ORCID: 0000-0002-7125-5962

Zaitsev O.S.², MD, Chief Researcher, Head of the Department of Neuropsychiatry and Medical Psychology, psychiatrist
ORCID: 0000-0003-0767-879X

Tsarukaev B.A.², neurosurgeon of the neurosurgical department (traumatic brain injury)
ORCID: 0000-0003-2684-8344

Kravchuk A.D.², MD, Professor, Head of the Neurosurgical Department (traumatic brain injury), neurosurgeon
ORCID: 0000-0002-3112-8256

¹ Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russian Federation

² N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Contact information

Troshina Elena M. E-mail: emt@inbox.ru

For citation: Sharova E.V., Troshina E.M., Latyshev Ya.A., Zaitsev O.S., Tsarukaev B.A., Kravchuk A.D. Diagnostic value of EEG in predicting the results of shunt surgery in post-traumatic hydrocephalus. *Medical alphabet*. 2025;(12):28–36. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-12-28-36>

