ISSN 2077-8333 (print)
ISSN 2311-4088 (online)

ЭПИЛЕПСИЯ и пароксизмальные состояния

2021 Том 13 №4

EPILEPSY AND PAROXYSMAL CONDITIONS

2021 Vol. 13 №4

www.epilepsia.su

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта www.epilepsia.su. Не предназначено для использования в коммерческих целях.
Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: info@irbis-1.ru.

<https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2021.105>

ISSN 2077-8333 (print)

ISSN 2311-4088 (online)

Оценка эффективности эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка с использованием полуригидного игольчатого эндоскопа у детей с гидроцефалией и сопутствующей фармакорезистентной эпилепсией: результаты компьютерной томографической перфузии головного мозга и частотно-временного анализа электроэнцефалограммы

Суфианов А.А.^{1,2}, Суфианова Г.З.^{2,3}, Шапкин А.Г.^{2,3}, Шелягин И.С.²,
Аль Захрани А.А.Х.¹, Рустамов Р.Р.², Стефанов С.Ж.²,
Хайретдинов А.М.², Суфианов Р.А.¹, Симфукве К.¹

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Москва 119048, Россия)

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр нейрохирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. 4 км Червишевского тракта, д. 5, Тюмень 625032, Россия)

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» (ул. Одесская, д. 54, Тюмень 625023, Россия)

Для контактов: Суфианов Альберт Акрамович, e-mail: sufianov@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Вероятность развития судорожных приступов после эндоскопического оперативного лечения гидроцефалии может достигать 9,5%, что определяет необходимость поиска решений для уменьшения хирургической травмы головного мозга. Одним из путей решения данной проблемы является применение технологии «бесшовной» нейрохирургии, в частности эндоскопов с минимальным наружным диаметром оболочки (игольчатых эндоскопов, шунт-эндоскопов).

Цель: оценка основных исходов хирургического лечения эпилепсии, состояния церебральной гемодинамики и электрокардиограммы (ЭКГ) у детей с гидроцефалией и сопутствующей фармакорезистентной эпилепсией до и после

эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка с использованием полуригидного игольчатого эндоскопа.

Материал и методы. Проведено неконтролируемое ретроспективное исследование 21 пациента в возрасте до 18 лет с окклюзионной гидроцефалией и сопутствующей фармакорезистентной эпилепсией. Для оценки эффективности оперативного лечения гидроцефалии и эпилепсии проводили динамическое ЭЭГ-исследование и перфузионную компьютерную томографию головного мозга в пред- и послеоперационном периодах. Эндоскопическую вентрикулоцистерностомию дна третьего желудочка выполняли с использованием полуригидного игольчатого эндоскопа 0° с наружным диаметром оболочки 1 мм.

Результаты. В раннем и отдаленном послеоперационных периодах эпилептические приступы не наблюдались у 57,1% пациентов (класс I по классификации Энгеля). Средняя частота приступов снизилась с $12,9 \pm 6,1$ до $0,82 \pm 0,31$ в месяц ($p < 0,01$). Отмечены статистически значимые уменьшение амплитуды медленноволновой активности и снижение индекса пароксизмальности с $19,1 \pm 2,5\%$ до $6,9 \pm 1,7\%$ ($p < 0,01$), улучшение церебральной гемодинамики в виде увеличения средней скорости мозгового кровотока на $29,1 \pm 4,3\%$ ($p < 0,01$), среднего объема циркулирующей крови на $22,4 \pm 5,27\%$ ($p < 0,05$) и снижения среднего времени транзита крови на $12,8 \pm 2,5\%$ ($p < 0,05$).

Заключение. Эндоскопическая вентрикулоцистерностомия дна третьего желудочка приводит к эффективному снижению внутричерепной гипертензии, что сопровождается улучшением функционального состояния коры головного мозга и мозгового кровообращения, статистически значимым улучшением ранних и отдаленных функциональных исходов хирургического лечения фармакорезистентной эпилепсии. Использование эндоскопов с минимальным наружным диаметром оболочки является эффективным и безопасным методом лечения окклюзионной гидроцефалии и может быть рекомендовано для широкого клинического использования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Гидроцефалия, эпилепсия, эндоскопическая вентрикулоцистерностомия, игольчатый полуригидный эндоскоп, КТ-перфузия, электроэнцефалография, кратковременное преобразование Фурье.

Статья поступила: 31.10.2021 г.; **в доработанном виде:** 22.11.2021 г.; **принята к печати:** 19.12.2021 г.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии необходимости раскрытия конфликта интересов в отношении данной публикации.

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Для цитирования

Суфианов А.А., Суфианова Г.З., Шапкин А.Г., Шелягин И.С., Аль Захрани А.А.Х., Рустамов Р.Р., Стефанов С.Ж., Хайретдинов А.М., Суфианов Р.А., Симфукве К. Оценка эффективности эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка с использованием полуригидного игольчатого эндоскопа у детей с гидроцефалией и сопутствующей фармакорезистентной эпилепсией: результаты компьютерной томографической перфузии головного мозга и частотно-временного анализа электроэнцефалограммы. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2021; 13 (4): 349–358. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2021.105>.

Assessing efficacy of endoscopic ventriculocisternostomy using a semi-rigid needle endoscope in children with hydrocephalus and concomitant drug-resistant epilepsy: results of CT brain perfusion and time-frequency EEG analysis

Sufianov A.A.^{1,2}, Sufianova G.Z.^{2,3}, Shapkin A.G.^{2,3}, Shelyagin I.S.², Al Zakhrani A.A.H.¹, Rustamov R.R.², Stefanov S.Zh.², Khayretdinov A.M.², Sufianov R.A.¹, Simfukwe K.¹

¹ Sechenov University (8/2 Trubetskaya Str., Moscow 119991, Russia)

² Federal Center of Neurosurgery (5 4th km of Chervishevskiy Tract, Tyumen 625032, Russia)

³ Tyumen State Medical University (54 Odesskaya Str., Tyumen 625023, Russia)

Corresponding author: Albert A. Sufianov, e-mail: sufianov@gmail.com

SUMMARY

Background. The probability of seizures after endoscopic surgical treatment of hydrocephalus may comprise up to 9.5%, therefore accounting for a need to find solutions for alleviating the surgical trauma to the brain. One option to this problem might be based on using “seamless” neurosurgery, particularly endoscopes with a minimal outer sheath diameter (needle endoscopes, shunt endoscopes).

Objective: to evaluate major outcomes of surgically treated epilepsy, cerebral haemodynamics and electroencephalogram (EEG) in children with hydrocephalus and concomitant drug-resistant epilepsy before and after endoscopic ventriculocysternostomy of the third ventricular floor by using a semi-rigid needle endoscope.

Material and methods. An uncontrolled retrospective study with 21 patients under 18 years old with occlusive hydrocephalus and concomitant drug-resistant epilepsy was conducted. To assess the effectiveness of the surgical treatment of hydrocephalus and epilepsy, a dynamic EEG study and cerebral perfusion computed tomography in the pre- and postoperative periods were performed. Endoscopic ventriculocysternostomy of the third ventricle floor was performed by using a 0° semi-rigid needle endoscope with the 1 mm-outer sheath diameter.

Results. In the early and remote postoperative periods, no epileptic seizures were observed in 57.1% of subjects (Engel Class I). Mean seizure frequency decreased from 12.9 ± 6.1 to 0.82 ± 0.31 per month ($p < 0.01$). A significant decline in slow-wave amplitude and the paroxysmal index from $19.1 \pm 2.5\%$ to $6.9 \pm 1.7\%$ ($p < 0.01$) were observed, as well as improvement of cerebral hemodynamics in the form of increased mean cerebral blood flow by $29.1 \pm 4.3\%$ ($p < 0.01$), mean circulating blood volume by $22.4 \pm 5.27\%$ ($p < 0.05$) and decreased mean transit time by $12.8 \pm 2.5\%$ ($p < 0.05$).

Conclusion. Endoscopic ventriculocysternostomy of the third ventricle floor leads to an effective reduction of intracranial hypertension, which is accompanied by improved functional state of the cerebral cortex and cerebral circulation, statistically significant improvement of early and long-term functional outcomes after surgical treatment of drug-resistant epilepsy. The use of endoscopes with a minimal outer sheath diameter is an effective and safe method for the treatment of occlusive hydrocephalus and can be recommended for widespread clinical use.

KEYWORDS

Hydrocephalus, epilepsy, endoscopic ventriculocysternostomy, needle semi-rigid endoscope, CT perfusion, electroencephalogram, short-time Fourier transform.

Received: 31.10.2021; **in the revised form:** 22.11.2021; **accepted:** 19.12.2021

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest regarding this publication.

Authors' contribution

All authors contributed equally to this article.

For citation

Sufianov A.A., Sufianova G.Z., Shapkin A.G., Shelyagin I.S., Al Zakhrani A.A.H., Rustamov R.R., Stefanov S.Zh., Khayretdinov A.M., Sufianov R.A., Simfukwe K. Assessing efficacy of endoscopic ventriculocysternostomy using a semi-rigid needle endoscope in children with hydrocephalus and concomitant drug-resistant epilepsy: results of CT brain perfusion and time-frequency EEG analysis. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2021; 13 (4): 349–358 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2021.105>.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Гидроцефалия – одно из ведущих патологических состояний в нейрохирургии, сопровождающееся повышением внутричерепного давления. Частота гидроцефалии в человеческой популяции составляет 1–3 случая на 1 тыс. человек [1–3]. Распространенность детской эпилепсии – 4,3–9,3 случая на 1 тыс. детей, частота развития эпилепсии у детей с гидроцефалией колеблется от 12% до 50% [1, 4].

Значение гидроцефального синдрома в патогенезе эпилепсии хотя и очевидно, но изучено недостаточно [4–7]. Повышение внутричерепного давления при гидроцефалии с сопутствующим диффузным ишемическим повреждением коры головного мозга является основной причиной высокой судорожной готовности и развития эпилептических приступов [8–11]. Кроме того, известно, что некоторые распространенные гене-

тические заболевания, связанные с гидроцефалией, также могут быть ассоциированы с эпилепсией.

Основными методами хирургического лечения гидроцефалии являются различные эндоскопические подходы, в частности эндоскопическая вентрикулостерностомия дна третьего желудочка (ЭВЦС III) и ликворорешунтирующие операции [12]. В то же время влияние хирургических вмешательств на частоту приступов также остается малоизученным фактором [13]. Хотя операция приводит к нормализации внутричерепного давления, хирургическое повреждение коры головного мозга может быть исходной причиной эпилептических приступов или приводить к изменению их структуры [14, 15].

Вероятность развития судорожных приступов после ЭВЦС III, по данным ряда авторов, может достигать 5,1–9,5% [16, 17]. Это определяет необходимость поиска решений для уменьшения хирургической травмы головно-

го мозга при эндоскопическом лечении гидроцефалии [18]. Возможным способом минимизации интраоперационного повреждения мозга является применение технологии «бесшовной» нейрохирургии, в частности эндоскопов с минимальным наружным диаметром оболочки (игольчатых эндоскопов, шунт-эндоскопов) [19].

Цель — оценка основных исходов хирургического лечения эпилепсии, состояния церебральной гемодинамики и электрокардиограммы (ЭКГ) у детей с гидроцефалией и сопутствующей фармакорезистентной эпилепсией до и после эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка с использованием полуригидного игольчатого эндоскопа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS

Дизайн исследования / Study design

Проведено неконтролируемое ретроспективное когортное исследование 21 пациента в возрасте до 18 лет (10 (47,6%) мальчиков и 11 (52,4%) девочек) с окклюзионной гидроцефалией и сопутствующей фармакорезистентной эпилепсией, госпитализированных и прооперированных по поводу основного заболевания в 1-м нейрохирургическом отделении ФБГУ «Федеральный центр нейрохирургии» (г. Тюмень) за период с 2012 по 2021 гг.

Критерии включения и исключения / Inclusion and exclusion criteria

Основными критериями включения были следующие:

- наличие окклюзионной гидроцефалии с врожденным стенозом водопровода мозга;
- фармакорезистентные эпилептические приступы на момент оперативного лечения.

Критериями исключения являлись:

- декомпенсированные соматические пред- и послеоперационные осложнения;
- хирургическое лечение гидроцефалии в анамнезе.

Этические аспекты / Ethical aspects

Исследование было проведено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики и принципами Хельсинкской декларации (2013 г., Форталеа, Бразилия). У всех представителей пациентов (родителей или опекунов) при поступлении в лечебное учреждение было взято информированное согласие на проведение диагностических и лечебных процедур в соответствии с законодательством Российской Федерации. Поскольку исследование являлось по своей сути наблюдательным и выполнено по данным анализа результатов хирургического лечения основного жизнеугрожающего состояния (внутренней окклюзионной гидроцефалии), дополнительного согласия на проведение клинического исследования у представителей больных не требовалось.

Пациенты / Patients

Средний возраст пациентов на момент оперативного лечения составил $5,5 \pm 1,3$ года (1–17 лет), анамнез — от 1 до 12 лет (в среднем $4,9 \pm 0,9$ года), длительность заболевания с момента постановки диагноза «эпилепсия» — $3,2 \pm 0,7$ года (начало приступов в среднем в возрасте $1,7 \pm 0,4$ года).

До операции у 52,4% больных наблюдались билатеральные тонико-клонические приступы с изменением сознания, у 14,3% — фокальные эпилептические приступы без изменения сознания, в 33,3% случаев приступы носили полиморфный характер. Средняя частота приступов до оперативного лечения составляла $12,9 \pm 6,1$ в месяц (от 20–30 приступов в день до 3–4 в год). У 72,2% детей выявлена грубая задержка психомоторного развития.

Лабораторная и инструментальная диагностика / Laboratory and instrumental diagnostics

Обследование пациентов проводили согласно принятым медико-экономическим стандартам (Приказ Минздрава России № 1702н от 29 декабря 2012 г., Приказ Минздрава России № 1695н от 29 декабря 2012 г.). Основными методами обследования, важными для выполнения целей настоящего исследования, были: клинико-неврологический осмотр, ЭЭГ и динамическое проведение компьютерной томографии (КТ) головного мозга в пред- и послеоперационном периодах.

Мультиспиральную КТ головного мозга и КТ-перфузию выполняли на томографе Canon Aquilion ONE Next Generation (Canon Medical Systems Corporation, Япония) при поступлении и через 3–5 сут после хирургического вмешательства. Перфузию головного мозга оценивали суммарно во всех отделах коры и белого вещества.

Всем больным в предоперационном и раннем послеоперационном (3–5-е сутки) периодах проводили как минимум 3-часовую запись ЭЭГ. Исследование биоэлектрической активности мозга осуществляли по стандартной методике (10–20%) с использованием 32-канального усилителя NicoletOne (Natus Medical Inc., США). Для цифрового анализа и построения ЭЭГ-спектрограмм с применением метода кратковременного (оконного, локального) преобразования Фурье (англ. short-time Fourier transform) выделяли безартефактные участки ЭЭГ-сигнала от 2 до 10 мин. Кратковременное преобразование Фурье позволяет эффективно выявлять электрофизиологические паттерны, недоступные при рутинном визуальном анализе и визуализировать нестационарный ЭЭГ-сигнал [13, 15, 22].

Индекс пароксизмальности рассчитывали как отношение суммарной продолжительности эпилептической активности к общей продолжительности анализируемого фрагмента ЭЭГ [20]. Значения индекса пароксизмальности усредняли по всем отведениям.

Хирургическое лечение гидроцефалии / Surgical treatment for hydrocephalus

Все операции ЭВЦС проводили с использованием обычного, имеющегося в продаже эндоскопического оборудования компании Karl Storz (Karl Storz GmbH & Co. KG, Германия). Для диагностической и интервенционной эндоскопии применяли миниатюрный полуригидный эндоскоп 0° с диаметром 1 мм, операционный тубус с наружным диаметром 1,1 мм. Использовали стандартные операционные инструменты: баллонный катетер, щипцы для вентрикулостомии, щипцы для биопсии и монополярный электрод диаметром 1 мм [19].

Оценка исходов хирургического лечения / Evaluation of surgery outcomes

Исходы хирургического лечения эпилепсии на фоне гидроцефалии оценивали в соответствии с классификацией Энгеля через 6–12 мес и при обращении с последующим периодом наблюдения от 2 до 5 лет. Результаты лечения считали хорошими при достижении классов I и II и неудовлетворительными – при достижении классов III и IV по шкале Энгеля [21].

Методы статистического анализа / Methods of statistical analysis

Статистический анализ результатов выполняли с использованием программы Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Данные представлены как $M \pm SE$ (M – среднее арифметическое, SE – стандартная ошибка среднего). Для сравнения выборок применяли непараметрический Т-критерий Уилкоксона (англ. Wilcoxon signed-rank test) для связанных выборок, различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исходы хирургического лечения эпилепсии при гидроцефалии / Outcomes of surgical treatment of epilepsy in hydrocephalus

В послеоперационном периоде при контрольном осмотре у 57,1% детей в среднем в течение $16,1 \pm 4,5$ мес наблюдалась полная клиническая ремиссия по эпилептическим приступам (класс I по шкале Энгеля). Средняя частота эпилептических приступов в послеоперационном периоде составила $0,82 \pm 0,31$ в месяц ($p < 0,01$). Исходы II класса отмечены у 5 (23,8%) больных, III и IV классов – у 3 (14,3%) и 1 (4,8%) пациента соответственно.

Результаты КТ-перфузии головного мозга / Results of CT brain perfusion

У всех пациентов при выполнении КТ-исследования на дооперационном этапе были выявлены признаки диффузных ишемических изменений вещества голов-

ного мозга (табл. 1). В частности, регистрировались увеличение времени транзита крови (англ. mean transit time, MTT) до $6,21 \pm 0,34$ с (в норме 4 с), снижение скорости локального мозгового кровотока (англ. cerebral blood flow, CBF) до $42,1 \pm 2,5$ мл/100 г/мин (в норме около 60 мл/100 г/мин) и среднего объема циркулирующей крови (англ. circulating blood volume, CBV) до $2,4 \pm 0,14$ мл/100 г (в норме 4 мл/100 г). После эндоскопической коррекции внутричерепной гипертензии (на 3–5-е сутки) наблюдалось снижение MTT на 10–15% (до $5,4 \pm 0,16$ с, $p < 0,05$), увеличение CBF на 25–35% (до $54,3 \pm 1,8$ мл/100 г/мин, $p < 0,01$) и CBV на 17–27% (до $2,97 \pm 0,13$ мл/100 г, $p < 0,05$) (рис. 1).

Исследование биоэлектрической активности мозга / Study of bioelectric brain activity

При визуальном анализе ЭЭГ у всех больных до оперативного вмешательства регистрировались диффузные грубые, дезорганизованные изменения биоэлектрической активности головного мозга в виде замедления корковой ритмики, высокоамплитудных медленных волн тета- и дельта-диапазонов, эпилептиформной активности в виде частых комплексов «острая – медленная волна» (рис. 2, а). Суммарная амплитуда биоэлектрической активности головного мозга по всем отведениям составляла $347,8 \pm 52,3$ мкВ, индекс пароксизмальности – $19,1 \pm 2,5\%$.

В раннем послеоперационном периоде у всех пациентов наблюдалась положительная динамика в виде уменьшения амплитуды медленноволновой активности до $172,2 \pm 33,9$ мкВ ($p < 0,01$) и количества эпилептиформных феноменов. Индекс пароксизмальности сни-

Таблица 1. Изменение показателей перфузионной компьютерной томографии у пациентов до и после эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка

Table 1. Changes in the parameters of perfusion computed tomography in patients before and after endoscopic ventriculocisternostomy of the third ventricle floor

Параметр Parameter	Значение Value	
MIP, HU	$50,87 \pm 1,95$	$72,71 \pm 1,62^*$
CBF, мл/100 г/мин	$42,06 \pm 2,49$	$54,29 \pm 1,83^*$
CBV, мл/100 г	$2,42 \pm 0,14$	$2,97 \pm 0,13^{**}$
MTT, с	$6,21 \pm 0,34$	$5,42 \pm 0,15^{**}$

Примечание. MIP (англ. maximum intensity projection) – проекция максимальной интенсивности; HU (англ. Hounsfield unit) – единица Хаунсфилда; CBF (англ. cerebral blood flow) – скорость мозгового кровотока; CBV (англ. circulating blood volume) – объем циркулирующей крови; MTT (англ. mean transit time) – среднее время транзита крови. * $p < 0,01$, ** $p < 0,05$.

Note. MIP – maximum intensity projection; HU – Hounsfield unit; CBF – cerebral blood flow; CBV – circulating blood volume; MTT – mean transit time. * $p < 0,01$, ** $p < 0,05$.

Рисунок 1. Изменение церебральной гемодинамики (скорости локального мозгового кровотока) до проведения эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка (а) и на 3-е сутки после нее (б) у пациента Т. с внутренней окклюзионной гидроцефалией (возраст 1 год 2 мес). Слева – результаты компьютерной томографии головного мозга, справа – результаты перфузионной компьютерной томографии

Figure 1. Changes in cerebral hemodynamics (local cerebral blood flow velocity) before endoscopic ventriculocisternostomy of the third ventricle floor (a) and on day 3 thereafter (b) in patient T. with internal occlusive hydrocephalus (aged 1 year 2 months). Left – the results of brain computed tomography, right – the results of perfusion computed tomography

зился до $6,9 \pm 1,7\%$ ($p < 0,01$) (рис. 2, с). Доминирование медленноволновой активности, частотно-временные особенности пароксизмальной активности, а также нормализация ЭЭГ в послеоперационном периоде хорошо визуализировались при использовании для анализа ЭЭГ-метода непрерывного частотно-временного анализа (кратковременное преобразование Фурье) (рис. 2, б, с).

ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION

Клинические наблюдения и анализ литературных данных показывают, что у больных с гидроцефалией риск развития эпилептических приступов в целом намного выше, чем у других групп пациентов [4, 5, 7, 11, 14]. Связь между гидроцефалией и последующим развитием эпилепсии в настоящий момент окончательно не уста-

Рисунок 2. Электроэнцефалограммы (ЭЭГ) пациента А. (возраст 8 лет) с гидроцефалией и фармакорезистентной эпилепсией: а – 8-секундный фрагмент ЭЭГ до оперативного лечения; б – результаты кратковременного преобразования Фурье ЭЭГ до оперативного вмешательства (в записи доминирует низкочастотная активность, присутствует значительное количество эпилептических феноменов, индекс пароксизмальности 28,6%); с – результаты кратковременного преобразования Фурье ЭЭГ на 5-е сутки после оперативного вмешательства (наблюдаются нормализация ЭЭГ, существенное снижение амплитуды дельта- и тета-диапазонов, а также количества эпилептических феноменов, появление альфа-ритма с частотой 8,2 Гц, индекс пароксизмальности 6,1%)

Figure 2. Electroencephalograms (EEG) of patient A. (aged 8 years) with hydrocephalus and drug-resistant epilepsy:

- а – 8-second fragment of the EEG before surgical treatment;
 б – the results of the short-time Fourier transform of the EEG before surgery (the recording is dominated by low-frequency activity, with substantial number of epileptic phenomena, the paroxysmal index is 28.6%);
 с – the results of the short-time Fourier transform of the EEG on day 5 after surgery (normalized EEG, markedly decreased amplitude of the delta and theta ranges, as well as the number of epileptic phenomena, emergence of an alpha rhythm with a frequency of 8.2 Hz, a paroxysmal index is 6.1%)

новлена, имеется множество публикаций с противоречивыми данными о корреляции между двумя патологиями. Сообщаемая частота судорожных расстройств у детей с гидроцефалией колеблется от 12% до 50% [1, 4, 7, 14].

Большая часть разногласий может быть связана с разнообразной этиологией, вызывающей гидроцефалию. Постгеморрагическая и постинфекционная гидроцефалия, а также различные хирургические осложне-

ния (например, внутричерепное кровоизлияние в результате шунтирования) чаще связаны с судорогами. Также установлено, что дети с гидроцефалией и сопутствующим когнитивным дефицитом или врожденными физическими дефектами более склонны к развитию судорог [3, 4, 5, 16]. Эпилепсия, характеризующаяся повторяющимися неспровоцированными припадками, может быть прямым следствием приобре-

тенной гидроцефалии в результате вторичного ретракционного или компрессионного ишемического повреждения коры головного мозга [5, 8, 9, 23] или врожденным синдромом, связанным с гидроцефалией [4, 7].

У детей с гидроцефалией эпилепсия также может быть связана с хирургическим лечением – вентрикулоперитонеальным шунтированием (ВПШ) или ЭВЦС III. Частота, с которой хирургические осложнения вызывают повышенный риск эпилепсии у пациентов с гидроцефалией, в настоящее время неизвестна [7, 16]. Предполагается, что ликворшунтирующие операции могут сопровождаться увеличением частоты приступов, в то время как эндоскопические вмешательства вследствие минимизации травмы коры головного мозга реже приводят к усугублению клинических проявлений эпилепсии [13, 14]. Имеется множество исследований, в которых показана связь регистрируемых аномалий фокальной ЭЭГ после шунтирования с местом размещения шунта. Предположительно, в некоторых случаях шунты сами по себе могут вызывать раздражение коры головного мозга и провоцировать эпилептогенную активность из-за раздражения коры [7, 13, 14, 15].

Послеоперационная частота судорог после ЭВЦС при гидроцефалии различной этиологии изучена также недостаточно. По мнению ряда авторов, теоретически, частота приступов после ЭВЦС может быть выше, чем после установки ВПШ, поскольку процедура ЭВЦС связана с большей площадью коркового раздражения при сравнении диаметра вентрикулярного катетера и традиционного ригидного эндоскопа [7, 14, 17, 19]. Таким образом, риск развития и усугубления частоты эпилептических приступов после ЭВЦС определяет необходимость поиска путей минимизации хирургической травмы коры головного мозга при выполнении данных операций.

Изучение патогенеза эпилепсии при гидроцефалии и проведение сравнительной оценки эффективности различных оперативных вмешательств при данной патологии затруднено отсутствием широкого применения современных методов диагностики функционального состояния головного мозга в контексте гемодинамических и структурных нарушений [8, 13]. В большинстве случаев исследователи ограничиваются анализом клинических исходов и измерением вентрикулометрических индексов либо изолированным использованием различных функциональных методов диагностики [3–7, 10–14]. В настоящее время наиболее доступным и информативным методом диагностики ишемических и других гемодинамических нарушений головного мозга и при различ-

ных заболеваниях центральной нервной системы (ЦНС) является КТ-перфузия. Проведенное нами исследование убедительно показало наличие диффузных ишемических изменений головного мозга у всех пациентов с гидроцефалией, сопровождающихся выраженными изменениями функционального состояния ЦНС. ЭВЦС III с использованием полуригидного игольчатого эндоскопа приводит к эффективному снижению внутричерепной гипертензии и улучшению функционального состояния коры головного мозга и мозгового кровообращения уже в самом раннем послеоперационном периоде. Применяемый нами полуригидный игольчатый эндоскоп минимизирует хирургическую травму головного мозга и не приводит к увеличению частоты приступов в послеоперационном периоде, что очень важно у пациентов с сопутствующей эпилепсией.

Неконтролируемый дизайн исследования диктует необходимость дальнейшей научной работы по представленной теме. Актуальным является проведение сравнительного анализа результатов исследования с данными группы пациентов после ликворшунтирующих операций, а также группы больных, которым ЭВЦС III была выполнена с помощью стандартного ригидного эндоскопа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Своевременное выполнение эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка у пациентов с фармакорезистентной эпилепсией на фоне гидроцефалии вследствие нормализации внутричерепного давления сопровождается существенным улучшением перфузии головного мозга и электрофизиологических показателей. При этом использование эндоскопов с минимальным диаметром оболочки предотвращает интраоперационное повреждение коры головного мозга и может быть рекомендовано для широкого медицинского применения.

Электроэнцефалография и КТ-перфузия головного мозга представляют собой достаточно малоинвазивные и доступные в настоящее время диагностические процедуры, позволяющие совокупно оценивать функциональное состояние ЦНС в контексте изменений церебральной гемодинамики. Корреляция этих данных с анализом результатов клинических исходов позволит оценить эффективность различных методов оперативного вмешательства и оптимизировать лечение пациентов с гидроцефалией и эпилепсией.

ЛИТЕРАТУРА:

- Kahle K.T., Kulkarni A.V., Limbrick D.D. Jr., Warf B.C. Hydrocephalus in children. *Lancet*. 2016; 387 (10020): 788–99. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60694-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60694-8).
- Rizvi R., Anjum Q. Hydrocephalus in children. *J Pak Med Assoc*. 2005; 55 (11): 502–7.
- Tully H.M., Dobyns W.B. Infantile hydrocephalus: a review of epidemiology, classification and causes. *Eur J Med Genet*. 2014; 57 (8): 359–68. <https://doi.org/10.1016/j.ejmg.2014.06.002>.
- Keene D.L., Ventureyra E.C. Hydrocephalus and epileptic seizures. *Childs Nerv Syst*. 1999; 15 (4): 158–62. <https://doi.org/10.1007/s003810050359>.
- Sato O., Yamguchi T., Kittaka M., Toyama H. Hydrocephalus and epilepsy. *Childs Nerv Syst*. 2001; 17 (1-2): 76–86. <https://doi.org/10.1007/s003810000381>.
- Szefczyk-Polowczyk L., Mandera M. Functioning of the children with hydrocephalus. *Acta Neurol Belg*. 2020; 120 (2): 345–53. <https://doi.org/10.1007/s13760-020-01280-y>.
- Tully H.M., Kukull W.A., Mueller B.A. Clinical and surgical factors

- associated with increased epilepsy risk in children with hydrocephalus. *Pediatr Neurol.* 2016; 59: 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.02.011>.
8. Yuan W., Holland S.K., Shimony J.S., et al. Abnormal structural connectivity in the brain networks of children with hydrocephalus. *Neuroimage Clin.* 2015; 8: 483–92. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2015.04.015>.
 9. Pollay M. The function and structure of the cerebrospinal fluid outflow system. *Cerebrospinal Fluid Res.* 2010; 7: 9. <https://doi.org/10.1186/1743-8454-7-9>.
 10. Reite M., Reite E., Collins D., et al. Brain size and brain/intracranial volume ratio in major mental illness. *BMC Psychiatry.* 2010; 10: 79. <https://doi.org/10.1186/1471-244X-10-79>.
 11. Мухин К.Ю., Кузьмич Г.В., Балканская С.В. и др. Особенности эпилептиформной активности ЭЭГ у детей с перивентрикулярной лейкомаляцией и детским церебральным параличом при отсутствии эпилепсии. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски.* 2012; 112 (7-2): 71–6.
 12. Sufianov A.A., Sufianova G.Z., Iakimov I.A. Endoscopic third ventriculostomy in patients younger than 2 years: outcome analysis of 41 hydrocephalus cases. *J Neurosurg Pediatr.* 2010; 5 (4): 392–401. <https://doi.org/10.3171/2009.11.PEDS09197>.
 13. Суфианов А.А., Шапкин А.Г., Суфианова Г.З. и др. Использование метода локального преобразования Фурье для оценки электроэнцефалографических изменений у пациентов после ликворорешительных и нейроэндоскопических операций по поводу гидроцефалии. *Нейрохирургия.* 2010; 2: 47–51.
 14. Barkley A.S., Boop S., Barber J.K., et al. Post-operative seizure after first time endoscopic third ventriculostomy in pediatric patients. *Childs Nerv Syst.* 2021; 37 (6): 1871–5. <https://doi.org/10.1007/s00381-021-05078-y>.
 15. Polat H., Aluçlu M.U., Özerdem M.S. Evaluation of potential auras in generalized epilepsy from EEG signals using deep convolutional neural networks and time-frequency representation. *Biomed Tech (Berl).* 2020; 65 (4): 379–91. <https://doi.org/10.1515/bmt-2019-0098>.
 16. Mohamed M., Mediratta S., Chari A., et al. Post-haemorrhagic hydrocephalus is associated with poorer surgical and neurodevelopmental sequelae than other causes of infant hydrocephalus. *Childs Nerv Syst.* 2021; 37 (11): 3385–96. <https://doi.org/10.1007/s00381-021-05226-4>.
 17. Punchak M., Mbabazi Kabachelor E., Ogwal M., et al. The incidence of postoperative seizures following treatment of postinfectious hydrocephalus in ugandan infants: a post hoc comparison of endoscopic treatment vs shunt placement in a randomized controlled trial. *Neurosurgery.* 2019; 85 (4): E714–21. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz122>.
 18. Kato Y., Liew B.S., Sufianov A.A., et al. Review of global neurosurgery education: horizon of neurosurgery in the developing countries. *Chin Neurosurg J.* 2020; 6: 19. <https://doi.org/10.1186/s41016-020-00194-1>.
 19. Sufianov A.A., Kasper E.M., Sufianov R.A. An optimized technique of endoscopic third ventriculocisternostomy (ETV) for children with occlusive hydrocephalus. *Neurosurg Rev.* 2018; 41 (3): 851–9. <https://doi.org/10.1007/s10143-017-0934-9>.
 20. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. М.: МЕДпресс-информ; 2004: 648 с.
 21. Engel J. Jr., Van Ness P.C., Rasmussen T.B., et al. Outcome with respect to epileptic seizures. In: Engel J. Jr. (Ed.) *Surgical treatment of the epilepsies.* New York: Raven; 1993: 609–21.
 22. Сахаров В.Л. Методы и средства анализа медико-биологической информации. Таганрог: Изд-во ТРТУ; 2001: 70 с.
 23. Symms N.P., Oi S. Theories of cerebrospinal fluid dynamics and hydrocephalus: historical trend. *J Neurosurg Pediatr.* 2013; 11 (2): 170–7. <https://doi.org/10.3171/2012.3.PEDS0934>.

REFERENCES:

1. Kahle K.T., Kulkarni A.V., Limbrick D.D. Jr., Warf B.C. Hydrocephalus in children. *Lancet.* 2016; 387 (10020): 788–99. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60694-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60694-8).
2. Rizvi R., Anjum Q. Hydrocephalus in children. *J Pak Med Assoc.* 2005; 55 (11): 502–7.
3. Tully H.M., Dobyns W.B. Infantile hydrocephalus: a review of epidemiology, classification and causes. *Eur J Med Genet.* 2014; 57 (8): 359–68. <https://doi.org/10.1016/j.ejmg.2014.06.002>.
4. Keene D.L., Ventureyra E.C. Hydrocephalus and epileptic seizures. *Childs Nerv Syst.* 1999; 15 (4): 158–62. <https://doi.org/10.1007/s003810050359>.
5. Sato O., Yamguchi T., Kittaka M., Toyama H. Hydrocephalus and epilepsy. *Childs Nerv Syst.* 2001; 17 (1-2): 76–86. <https://doi.org/10.1007/s003810000381>.
6. Szeftczyk-Polowczyk L., Mander M. Functioning of the children with hydrocephalus. *Acta Neurol Belg.* 2020; 120 (2): 345–53. <https://doi.org/10.1007/s13760-020-01280-y>.
7. Tully H.M., Kukull W.A., Mueller B.A. Clinical and surgical factors associated with increased epilepsy risk in children with hydrocephalus. *Pediatr Neurol.* 2016; 59: 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.02.011>.
8. Yuan W., Holland S.K., Shimony J.S., et al. Abnormal structural connectivity in the brain networks of children with hydrocephalus. *Neuroimage Clin.* 2015; 8: 483–92. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2015.04.015>.
9. Pollay M. The function and structure of the cerebrospinal fluid outflow system. *Cerebrospinal Fluid Res.* 2010; 7: 9. <https://doi.org/10.1186/1743-8454-7-9>.
10. Reite M., Reite E., Collins D., et al. Brain size and brain/intracranial volume ratio in major mental illness. *BMC Psychiatry.* 2010; 10: 79. <https://doi.org/10.1186/1471-244X-10-79>.
11. Mukhin K.Iu., Kuz'mich G.V., Balkanskaia S.V., et al. Features of epileptiform activity on EEG in children with periventricular leukomalacia and cerebral palsy without epilepsy. *The Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry.* 2012; 112 (7-2): 71–6 (in Russ.).
12. Sufianov A.A., Sufianova G.Z., Iakimov I.A. Endoscopic third ventriculostomy in patients younger than 2 years: outcome analysis of 41 hydrocephalus cases. *J Neurosurg Pediatr.* 2010; 5 (4): 392–401. <https://doi.org/10.3171/2009.11.PEDS09197>.
13. Sufianov A.A., Shapkin A.G., Sufianova G.Z., et al. Application of local transformation fourier for estimation of EEG changes at patients with hydrocephaly after liquor-shunting and neuroendoscopic operations. *The Russian Journal of Neurosurgery.* 2010; 2: 47–51 (in Russ.).
14. Barkley A.S., Boop S., Barber J.K., et al. Post-operative seizure after first time endoscopic third ventriculostomy in pediatric patients. *Childs Nerv Syst.* 2021; 37 (6): 1871–5. <https://doi.org/10.1007/s00381-021-05078-y>.
15. Polat H., Aluçlu M.U., Özerdem M.S. Evaluation of potential auras in generalized epilepsy from EEG signals using deep convolutional neural networks and time-frequency representation. *Biomed Tech (Berl).* 2020; 65 (4): 379–91. <https://doi.org/10.1515/bmt-2019-0098>.
16. Mohamed M., Mediratta S., Chari A., et al. Post-haemorrhagic hydrocephalus is associated with poorer surgical and neurodevelopmental sequelae than other causes of infant hydrocephalus. *Childs Nerv Syst.* 2021; 37 (11): 3385–96. <https://doi.org/10.1007/s00381-021-05226-4>.
17. Punchak M., Mbabazi Kabachelor E., Ogwal M., et al. The incidence of postoperative seizures following treatment of postinfectious hydrocephalus in ugandan infants: a post hoc comparison of endoscopic treatment vs shunt placement in a randomized controlled trial. *Neurosurgery.* 2019; 85 (4): E714–21. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz122>.
18. Kato Y., Liew B.S., Sufianov A.A., et al. Review of global neurosurgery education: horizon of neurosurgery in the developing countries. *Chin Neurosurg J.* 2020; 6: 19. <https://doi.org/10.1186/s41016-020-00194-1>.
19. Sufianov A.A., Kasper E.M., Sufianov R.A. An optimized technique of endoscopic third ventriculocisternostomy (ETV) for children with occlusive hydrocephalus. *Neurosurg Rev.* 2018; 41 (3): 851–9. <https://doi.org/10.1007/s10143-017-0934-9>.
20. Gnezditkiy V.V. Inverse problem of EEG and clinical

- electroencephalography. Moscow: MEDpress-inform; 2004: 648 pp. (in Russ.).
21. Engel J. Jr., Van Ness P.C., Rasmussen T.B., et al. Outcome with respect to epileptic seizures. In: Engel J. Jr. (Ed.) Surgical treatment of the epilepsies. New York: Raven; 1993: 609–21.
 22. Sakharov V.L. Methods and means of analysis of medical and biological information. Taganrog: Izdatel'stvo TRTU; 2001: 70 pp. (in Russ.).
 23. Symss N.P., Oi S. Theories of cerebrospinal fluid dynamics and hydrocephalus: historical trend. *J Neurosurg Pediatr.* 2013; 11 (2): 170–7. <https://doi.org/10.3171/2012.3.PEDS0934>.

Сведения об авторах

Суфианов Альберт Акрамович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Москва, Россия); главный врач ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Тюмень, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>; Scopus Author ID: 6603558501; РИНЦ SPIN-код: 1722-0448. E-mail: sufianov@gmail.com.

Суфианова Галина Зиновьевна – д.м.н., профессор, врач-клинический фармаколог ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России, заведующая кафедрой фармакологии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (Тюмень, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1291-0661>; WoS ResearcherID: C-4741-2017; РИНЦ SPIN-код: 3099-2780.

Шапкин Андрей Григорьевич – к.м.н., врач-нейрохирург ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России, доцент кафедры фармакологии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (Тюмень, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6216-0825>; РИНЦ SPIN-код: 8656-9879.

Шелягин Иван Сергеевич – врач-нейрохирург ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Тюмень, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0877-7442>; РИНЦ SPIN-код: 4188-2029.

Аль Захрани Абдурахман Али Х. – аспирант кафедры нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Москва, Россия).

Рустамов Рахмонжон Равшанович – врач-нейрохирург ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Тюмень, Россия) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3619-820X>; РИНЦ SPIN-код: 7311-9781.

Стефанов Стефан Живков – заместитель главного врача, врач-нейрохирург ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Тюмень, Россия).

Хайретдинов Айдар Маратович – врач функциональной диагностики ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Тюмень, Россия).

Суфианов Ринат Альбертович – ассистент кафедры нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Москва, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0004-4031-0540>; Scopus Author ID: 56001416700; РИНЦ SPIN-код: 1204-2994.

Симфукве Кейт – аспирант кафедры нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Москва, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3611-3720>.

About the authors

Albert A. Sufianov – Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Neurosurgery, Sechenov University (Moscow, Russia); Chief Physician, Federal Center of Neurosurgery (Tyumen, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>; Scopus Author ID: 6603558501; RSCI SPIN-code: 1722-0448. E-mail: sufianov@gmail.com.

Galina Z. Sufianova – Dr. Med. Sc., Professor, Clinical Pharmacologist, Federal Center of Neurosurgery; Chief of Chair of Pharmacology, Tyumen State Medical University (Tyumen, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1291-0661>; WoS ResearcherID: C-4741-2017; RSCI SPIN-code: 3099-2780.

Andrey G. Shapkin – MD, PhD, Neurosurgeon, Federal Center of Neurosurgery, Associate Professor, Chair of Pharmacology, Tyumen State Medical University (Tyumen, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6216-0825>; RSCI SPIN-code: 8656-9879.

Ivan S. Shelyagin – Neurosurgeon, Federal Center of Neurosurgery (Tyumen, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0877-7442>; RSCI SPIN-code: 4188-2029.

Abdurakhman A. Al Zakhmani – Postgraduate, Chair of Neurosurgery, Sechenov University (Moscow, Russia).

Rakhmonzhon R. Rustamov – Neurosurgeon, Federal Center of Neurosurgery (Tyumen, Russia) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3619-820X>; RSCI SPIN-code: 7311-9781.

Stefan Zh. Stefanov – Deputy Chief Physician, Neurosurgeon, Federal Center of Neurosurgery (Tyumen, Russia).

Aydar M. Khayretdinov – Functional Diagnostician, Federal Center of Neurosurgery (Tyumen, Russia).

Rinat A. Sufianov – Assistant Professor, Chair of Neurosurgery, Sechenov University (Moscow, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0004-4031-0540>; Scopus Author ID: 56001416700; RSCI SPIN-code: 1204-2994.

Keith Simfukwe – Postgraduate, Chair of Neurosurgery, Sechenov University (Moscow, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3611-3720>.