

- Ингаляционная анестезия севофлураном сопровождается значительно большим увеличением пороговой силы тока прямой стимуляции моторной коры, чем внутривенная анестезия пропофолом.
- В дозах, вызывающих подавление спонтанной биоэлектрической активности коры, внутривенный анестетик пропофол вызывает резкое снижение возбудимости моторной коры при прямой электрической стимуляции. Для ингаляционной анестезии севофлураном характерно равномерное дозозависимое увеличение пороговой силы тока.
- Косвенную оценку возбудимости нейронов коры при моторном картировании следует выполнять по параметрам электрокортикографии, поскольку периодическая активность по типу паттерна «вспышка-подавление» на ЭЭГ регистрируется при значительно больших дозах общего анестетика, чем аналогичные изменения на ЭЖоГ.
- Александров М. В., Чикуров А. А., Топоркова О. А. и др. Нейрофизиологический интраоперационный мониторинг в нейрохирургии // Под ред. М. В. Александрова. — СПб: Спецлит, 2019. — С. 159.
- Зуев А. А., Коротченко Е. Н., Иванова Д. С., Педяш Н. В., Теплых Б. А. Хирургическое лечение опухолей функционально значимых зон головного мозга с применением метода нейрофизиологического картирования речевых, моторных зон и проводящих путей // «Вопросы нейрохирургии» им. Н. Н. Бурденко. — 2017. — № 1. — С. 39–50.
- Куликов А. С., Степаненко А. Ю., Лубнин А. Ю. — Хирургия эпилепсии — что требуется от анестезиолога? // Анестезиология и реаниматология. — 2011. — № 4. — С. 4–10.
- Мошнев Д. А., Лубнин А. Ю. Применение севофлурана в нейроанестезиологии // Анестезиология и реаниматология. — 2006. — № 2. — С. 2–8.
- Мошнев Д. А., Сазонова О. Б., Огурцова А. А., Лубнин А. Ю. Влияние севофлурана на спонтанную биоэлектрическую активность мозга у нейрохирургических больных // Анестезиология и реаниматология. — 2008. — № 2. — С. 11–16.
- Adhikary, S. D., Thiruvengatarajan, V., Babu, K. S., & Tharyan, P. The effects of anaesthetic agents on cortical mapping during neurosurgical procedures involving eloquent areas of the brain // *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011. Режим доступа: doi:10.1002/14651858.cd006679.pub2
- Bithal, P. Anaesthetic considerations for evoked potentials monitoring // *Journal of Neuroanaesthesia and Critical Care*. — 2014. — Vol. 01. — P. 2–12. doi:10.4103/2348-0548.124832
- Simon M. V. Intraoperative neurophysiologic sensorimotor mapping and monitoring in supratentorial surgery / M. V. Simon. // *J Clin Neurophysiol*. — 2013. — Vol. 30. — № 6. — P. 571–590.
- Sloan T. B., Vantti V. Anesthesia and physiology and intraoperative neurophysiological monitoring of evoked potentials // *Intraoperative monitoring of neural function. Handbook of clinical neurophysiology* / Ed. by M. R. Nuwer — New York: Elsevier, 2008. — P. 94–126.
- Tamura M., Muragaki Y., Saito T., et al. Strategy of surgical resection for glioma based on intraoperative functional mapping and monitoring // *Neural Med Chir (Tokyo)*. — 2015. — Vol. 55. — № 5. — P. 383–398.
- Wang, S. G., Eskandar, E. N., Kilbride, R., Chiappa, K. H., Curry, W. T., Williams, Z., & Simon, M. V. (2011). The Variability of Stimulus Thresholds in Electrophysiologic Cortical Language Mapping // *Journal of Clinical Neurophysiology*. — 2011. — N 2, Vol. 28. — P. 210–216. doi:10.1097/wnp.0b013e3182121827

Список литературы:

- Александров М. В., Улитин А. Ю., Хачатрян В. А., Сысоев К. В. Нейрофизиологический мониторинг в спинальной нейрохирургии: пути повышения эффективности // *Матер. научно-практич. конф. «Инновации и мультидисциплинарный подход в спинальной нейрохирургии»*. — СПб, 2014. — С. 7–8.
- Александров М. В., Костенко И. А., Архипова Н. Б. и др. Подавление биоэлектрической активности головного мозга при общей анестезии: зависимость «доза-эффект» // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. — 2018. — № 4 (64). — С. 79–85.

For citation: Aleksandrov M. V., Kostenko I. A., Toporkova O. A., Nazarov R. V., Tastanbekov M. M., Chernyj V. S. Intraoperative neurophysiological mapping: the effect of general anaesthetic impact on brain cortex affectability. *Medical alphabet*. 2020; (32):34–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-34-38>

Для цитирования: Александров М. В., Костенко И. А., Топоркова О. А., Назаров Р. В., Тастанбеков М. М., Черный В. С. Интраоперационное моторное картирование: влияние общих анестетиков на возбудимость коры. *Медицинский алфавит*. 2020; (32):34–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-34-38>

DOI: 10.33667/2078-5631-2020-32-38-43

Трифазные волны на электроэнцефалограмме у пациентов с энцефалопатией и их диагностическое значение. Обзор литературы

Е. А. Баранова, к. м. н., зав. отд. функциональной диагностики №2 ГАУЗ «Межрегиональный клинко-диагностический центр», Казань, Россия¹

М. В. Синкин, к. м. н., с. н. с., рук. группы клинической нейрофизиологии отделения неотложной нейрохирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н. В. Склифосовского ДЗМ г. Москвы», Москва, Россия²

¹ГАУЗ «Межрегиональный клинко-диагностический центр», Казань, Россия

²ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н. В. Склифосовского ДЗМ г. Москвы», Москва, Россия

Triphasic waves on electroencephalogram in patients with encephalopathy and their diagnosis significance. A review

E. A. Baranova, M. V. Sinkin

¹State Autonomous Institution of Health "Interregional clinical diagnostic center", Kazan, Russia

²N. V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, Moscow, Russia

Резюме

Классическое определение, данное H. Luders, называет трифазные волны (ТВ) «генерализованным паттерном 1–2 Гц, состоящим из приблизительно одинаковых графоэлементов, представленных высокоамплитудной (>70 мкВ) позитивной волной, окруженной двумя низкоамплитудными колебаниями отрицательной полярности». ТВ традиционно связывали с печеночной энцефалопатией, однако, они были описаны при метаболических, токсических, структурных повреждениях мозга, а также при бессудорожном эпилептическом статусе (БЭСЭ).

Summary

Triphasic waves are high-amplitude (>70 μV) positive sharp transients preceded and followed by relatively low-amplitude negative waves. The distribution is generalized and tends to have a repetition rate of approximately 1 to 2 Hz. This EEG-pattern is traditionally associated with hepatic encephalopathy, although they have been observed in a wide array of neurological disorders including subcortical white-matter disease, infections, metabolic disturbances and nonconvulsive status epilepticus.

В 2012 году Американское общество клинических нейрофизиологов, с целью стандартизации описания электроэнцефалограмм (ЭЭГ) предложило классификацию ритмичных и периодических паттернов (РПП), регистрируемых у пациентов с энцефалопатией. Её особенностью стало исключение терминов, имеющих клиническую коннотацию, а «трифазные волны» было предложено назвать «периодические разряды трифазной морфологии». Клиническое значение ТВ не специфично — они могут быть как маркером структурно-метаболических нарушений, так и признаками иктальности паттерна. Единственным способом дифференциальной диагностики их генеза остается длительное мониторирование ЭЭГ с пробным введением противосудорожных препаратов (ПЭП). Такой подход позволяет своевременно начать терапию БСЭС, избегая при этом необоснованного назначения ПЭП.

Ключевые слова: трифазные волны, электроэнцефалография, бессудорожный эпилептический статус, энцефалопатия, периодические разряды трифазной морфологии.

American Clinical Neurophysiology Society suggested Standardized Critical Care EEG Terminology (2012). One of the goals was to eliminate terms with clinical connotations, such as 'triphase waves', a term that implies a metabolic encephalopathy with no relationship to seizures for many clinicians. The term 'triphase waves' was replaced by 'Generalized periodic discharges (GPDs) with triphasic morphology'. The clinical significance of these waveforms and their relationship with seizures and prognosis has been debated, and differentiation between interictal patterns, patterns associated with seizures, and the patterns representing nonconvulsive status epilepticus have been concluded to be a challenge. In cases of uncertainty, the decision to treat should follow on a thorough evaluation with a continuous EEG monitoring and using a short-acting benzodiazepine or non-sedating antiepileptic drugs in order to discern the effects of the pattern on the patient's clinical exam and EEG.

Key words: triphasic waves, EEG, encephalopathy, nonconvulsive status epilepticus, periodic discharges.

Классическое определение, данное Н. Luders, обозначает трифазные волны (ТВ) как «генерализованный паттерн 1–2 Гц, состоящий из приблизительно одинаковых графоэлементов, представленных высокоамплитудной (>70 мкВ) позитивной волной, окруженной двумя низкоамплитудными колебаниями отрицательной полярности [1]. Ранее ТВ традиционно связывали с печеночной энцефалопатией (ПЭ), в дальнейшем они были описаны и при метаболических, токсических, структурных повреждениях мозга, а также при бессудорожном эпилептическом статусе (БСЭС) [2, 3, 4]. В 2012 году Американское общество клинических нейрофизиологов (American Clinical Neurophysiology Society — ACNS) представило классификацию ритмичных и периодических паттернов (РПП), часто регистрируемых у пациентов с энцефалопатией [5]. Её особенностью стало исключение терминов, имеющих клиническую коннотацию, например, «эпилептиформный». Термин «трифазные волны» так же был заменен на «периодические разряды (ПР) трифазной морфологии». Вопрос о клиническом значении ТВ продолжает обсуждаться, поскольку их описывают у пациентов и с метаболическими нарушениями, и как электрографическое проявление БСЭС [2, 6]. Мы проанализировали публикации, посвященные ТВ и оценке их клинического значения.

Поиск литературы был проведен с использованием баз данных PubMed, eLIBRARY по ключевым словам: трифазные волны, периодические разряды, бессудорожный эпилептический статус, печеночная энцефалопатия на русском и английском языках. Всего было найдено 100 публикаций, из которых были ис-

ключены рефераты из сборников и материалов конференций, и статьи, доступ к полному тексту которых отсутствовал.

История описания

Впервые особые изменения на электроэнцефалограмме (ЭЭГ) у пациентов с энцефалопатией, вызванной заболеванием печени, были описаны Foley et al. в 1950 году [7]. В 1955 г. Bickford R. G. и Butt H. R., исследуя биоэлектрическую активность головного мозга у больных с ПЭ, обратили внимание на особые графоэлементы, похожие на артефакт моргания, которые авторы назвали «трифазные волны» (рис. 1) [8]. Они описали его основные характеристики — контур, состоящий из трех пересечений изолинии (фаз) с максимальным положительным отклонением, билатерально-синхронным возникновением и амплитудным доминированием в лобно-центральных отведениях. Еще одним характерным признаком был временной сдвиг — задержка появления волн в затылочных отведениях по сравнению с лобными на 25–140 мс. Эта послужило предположению, что в механизме генерации ТВ лежит распространение позитивной волны от передних отделов коры к задним со скоростью 1,5 м/сек. Другая гипотеза заключалась в первичном повреждении на таламо-кортикальном уровне с отражением этого процесса на поверхности коры головного мозга [8]. Karnaze D. S. и Bickford R. G. поддержали это предположение на основании регистрации веретеноподобной активности 12–14 Гц при спонтанной редукции ТВ у двух пациентов, а необычную форму графоэлементов объяснили воздействием на нейроны метаболитов и ложных трансмиттеров [9].

Трифазные волны при печеночной энцефалопатии. Печеночная энцефалопатия (ПЭ) — потенциально обратимый синдром, проявляющийся широким спектром изменений сознания, начиная от легких нарушений поведения до глубокой комы и смерти. Начальные клинические признаки минимальны и ПЭ можно подтвердить только с помощью ЭЭГ, вызванных потенциалов головного мозга и нейропсихологических тестов [10]. Прогрессирование ПЭ характеризуют изменения биоэлектрической активности мозга, которые проходят несколько фаз [11].

В начальной стадии, когда пациент заторможен, но ориентируется в месте и времени, на ЭЭГ отмечается «тета-фаза», представленная замедлением фоновой активности до ритма тета-диапазона. По мере угнетения степени бодрствования ТВ появляются, а затем начинают доминировать над остальной активностью (ТВ-фаза, рис. 1). В дальнейшем, при развитии глубокой комы, ТВ исчезают, а на ЭЭГ регистрируется продолженная диффузная полиморфная медленно-волновая активность (дельта-фаза). При положительной динамике и восстановлении сознания ТВ волны редуцируются, что говорит о функциональном, а не структурном характере нарушений, лежащих в основе их патогенеза [10].

Такие характерные изменения на ЭЭГ связывают с патофизиологическими механизмами ПЭ. В патогенезе ПЭ доказана роль гипераммониемии, ведущей к нарушению обмена глутамата, и повышению тонуса ГАМК-эргических систем. Наибольшие изменения происходят в астроцитах, приводя к морфологическим изменениям ядра клетки, поэтому одним из механизмов

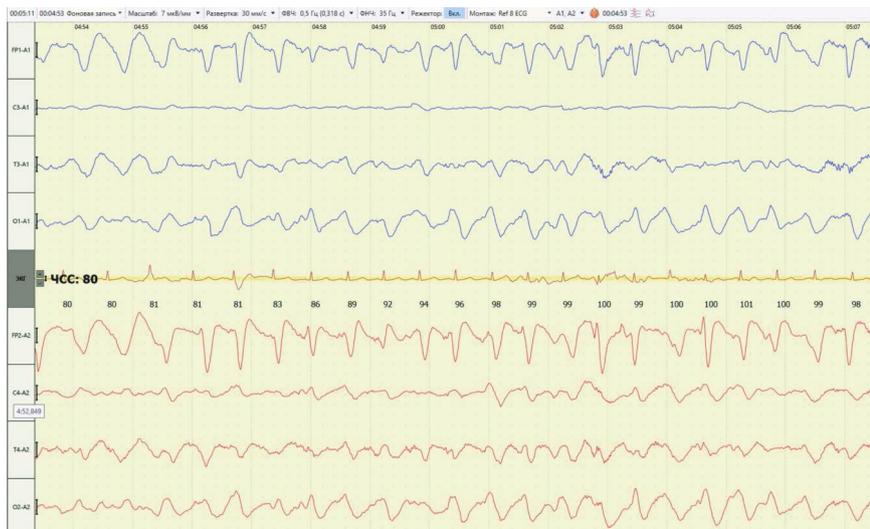


Рисунок 1. ЭЭГ пациента Ф., 23 года. Метаболическая энцефалопатия на фоне выраженной печеночной недостаточности вследствие фульминантного течения гепатита. Степень бодрствования — умеренная кома. Референтный сокращенный монтаж, масштаб 7 мкВ/мм, скорость 30 мм/сек. Паттерн ТВ с частотой 1–2 Гц.

патогенеза ПЭ считают дисфункцию астроцитов, что подтверждает корреляция между выраженностью изменений клеток тяжестью заболевания [12].

Несмотря на большой опыт наблюдения ТВ при ПЭ, механизм их возникновения окончательно не установлен. Проверку теорий продолжают с помощью специальных математических моделей, которые позволяют анализировать механизмы, лежащие в основе изменений ЭЭГ и оценивать, какие условия приводят к увеличению их частоты в паттерне и индекса в записи [13].

Трифазные волны при других заболеваниях. Длительное время паттерн ТВ считали патогномичным для ПЭ, хотя еще R. G. Bickford и H. R. Butt в 1955 г., упоминали, что подобные графоэлементы встречаются при анестезии эфиром, у лиц с церебральным липидозом и у детей с эпилепсией, но с некоторым рядом отличий от классических характеристик ТВ [8]. В настоящее время опубликовано большое количество наблюдений, свидетельствующих о регистрации ТВ у больных с метаболическими нарушениями, интоксикацией лекарственными препаратами, злоупотреблении алкоголем, а также при инфекциях и сосудистых поражениях центральной нервной системы (рис. 2) [2, 3, 4].

Намоен А. М. описал связь ТВ с повреждением дофаминергических структур головного мозга. На фоне приема амантадина у мужчины с ОНМК и у женщины с болезнью Крейцфельда-Якоба ав-

торы отметили значительное улучшение клинического состояния и уменьшение индекса ТВ. При отмене препарата клиническое состояние и ТВ вернулись на исходный уровень у обоих больных [14]. Van Zanduycke M. и Ordan L. С. описали 3 случая метаболической энцефалопатии (МЭ) на фоне острого гипертиреозидизма с электрографическим проявлением на ЭЭГ в виде паттерна ТВ [15]. В 1981 г. S. I. Lee представил случай необычного сочетания ТВ с паттерном альфа-комы [16]. Кроме этого, ТВ были зарегистрированы при инфаркте ствола головного мозга у пациента, страдавшего инсулинзависимым сахарным диабетом и артериальной гипертензией [17]. Cobb W. A. и соавт. провели длительное наблюдение за пациентом с подострым склерозирующим панэнцефалитом, у которого на одном из этапов заболевания регистрировали регулярные трифазные комплексы, сопровождавшиеся флексией рук [18].

D. S. Karnaze, R. G. Bickford подтвердили неспецифичность ТВ, проанализировав истории болезни 50 пациентов с различными заболеваниями (ПЭ, азотемия, аноксия и гиперосмолярность), на ЭЭГ которых регистрировали ТВ [9]. Классические характеристики ТВ — наличие лобного амплитудного доминирования и фронтально-окципитального сдвига были выявлены только у 43 % пациентов. Авторы сделали вывод, что предположение о регистрации ТВ только при неглубокой коме, с последующим их

исчезновением, верно лишь для метаболической энцефалопатии.

Sundaram M. B. и Blume W. T. проанализировав ЭЭГ у 10476 пациентов с изменением сознания, выявили ТВ у 63 (0,6%). В этой группе МЭ была диагностирована у 26 (41%) больных. При наличии ТВ на ЭЭГ, прогноз выживания для пациентов с энцефалопатией любого генеза оказался неблагоприятным. Только 4 из 24 пациентов с МЭ и один из 35 пациентов с неметаболической энцефалопатией прожили более 2 лет [19].

Hormes J. T. и соавт. описали случай интоксикации баклофеном после введения небольшой дозы препарата, особенностью которого было появление у пациентки дезориентации, ажитации и сонливости без изменений биохимического состава крови и цереброспинальной жидкости. Состояние сопровождалось появлением на ЭЭГ ТВ. Через 24 часа после отмены препарата психический статус нормализовался, а ТВ в течение 4 суток исчезли из фоновой активности [20]. Похожий случай, пациентки с историей хронического заболевания почек и приема баклофена по поводу крампи, был представлен Nowack W. J., King, J. A. [21].

ТВ описаны у пациентов с карциноматозным менингитом [22] и при синдроме обратимой энцефалопатии, развившейся вследствие прегабалиновой интоксикации на фоне нарушения функции почек [23].

Blatt I. и Brenner R. P. провели ретроспективный анализ 15 326 ЭЭГ пациентов психиатрических клиник, среди которых у 83 зарегистрировали ТВ. У всех пациентов отмечалась спутанность сознания вследствие психиатрических заболеваний, по поводу которых они получали препараты лития [24].

J. W. Shin и соавт. провели анализ данных у пациентов со спорадической болезнью Крейцфельда-Якоба, результаты ЭЭГ классифицировали по схеме ACNS, сравнив их с результатами нейровизуализации и тяжестью течения заболевания. У больных с атрофией коры и очагами в базальных ганглиях чаще регистрировали генерализованные периодические разряды трифазной морфологии с фронтально-окципитальным временным сдвигом, которые соответствовали классическому определению ТВ. Все эти пациенты имели выражен-

ные клинические проявления, соответствующие 3 стадии заболевания [25].

N. Katyal и соавт. установили связь появления ТВ на ЭЭГ с колебаниями внутричерепного давления, предложив рассматривать их как возможный биомаркер исхода заболевания у пациентов с черепно-мозговой травмой [26]. Palanca B. J. A. и соавт. исследовали ЭЭГ у пациентов с делирием, развившемся после кардиохирургического вмешательства. В результате было выявлено, что ТВ ассоциировались со средней степенью тяжести делирия, а при более тяжелых формах регистрировали генерализованное замедление активности [27].

Оценке информативности ТВ для прогнозирования течения заболеваний, сопровождающихся угнетением сознания, посвящена публикация Bahamon-Dussan и соавт. [28]. Среди 30 пациентов с энцефалопатией различного генеза, сопровождавшихся ТВ на ЭЭГ, летальность составила 77%. При этом половина из них скончалась в течение 30 дней от момента возникновения этого паттерна и лишь 3 больных не имели неврологического дефицита при выписке.

В ретроспективном исследовании 105 пациентов с остро возникшей энцефалопатией и ТВ, Sutter R. и соавт. при магнитно-резонансной терапии (МРТ) выявили поражения белого вещества у 60%. Среди причин, вызвавших угнетение бодрствования, были инфекции (56%), почечная (50%), печеночная (12%) и дыхательная недостаточность (20%). Смертность в исследуемой группе составила 20%, что позволило авторам сделать вывод о том, что ТВ являются маркером структурного повреждения головного мозга, но для их появления необходимо сочетание с токсико-метаболическими нарушениями [29]. Sutter R. и Kaplan P. W. так же провели анализ связи результатов КТ и МРТ, и электрографическим паттерном ТВ. В исследование было включено 190 пациентов с острой энцефалопатией вне зависимости от генеза. Авторы установили, что пациенты с ТВ на ЭЭГ чаще страдали алкоголизмом, печеночной недостаточностью, инфекциями, сочетавшимися с субкортикальной атрофией, что подтвердило гипотезу о связи структурных, метаболических

и токсических факторов в патогенезе ТВ. У пациентов с ТВ отмечалась повышенная летальность, однако, по сравнению с замедлением фоновой активности ЭЭГ и угнетением бодрствования, ТВ были менее значимым фактором [30].

Трифазные волны и бессудорожный эпилептический статус. С первого описания ТВ (Foley et al. в 1950) и во многих последующих публикациях отмечалось их сходство с эпилептиформными комплексами острая-медленная волна. В первых публикациях был использован специальный термин — сглаженные комплексы спайк-волна (blunt spike-waves) [7, 18].

В серии публикаций, посвященных диагностике БСЭС, было отмечено сходство ТВ с другими паттернами ЭЭГ, характерными для этого состояния [31, 32, 33, 34]. При регистрации ТВ на ЭЭГ у пациента с измененным сознанием всегда возникает диагностическая дилемма: являются ли ТВ признаком метаболических нарушений, возникших в мозге вследствие основного заболевания и не требующих специфического противоэпилептического лечения, или это иктальный электрографический паттерн, при котором терапию необходимо начать незамедлительно, поскольку он свидетельствует о продолжающемся повреждающем воздействии на нейроны коры головного мозга [35, 36, 37].

Описано несколько подходов к дифференциации «метаболических» и «иктальных» ТВ. P. W. Kaplan и D. Schlattman полагают, что для эпилептиформных разрядов характерна более острая форма, а для ТВ сглаженность и стимулзави-

симость [38]. По мнению E. Niedermeyer ТВ не являются эпилептиформными, если они имеют более широкий вид, сглаженность, меньшую частоту, возникают на общем замедленном фоне, и именно для них характерен временной сдвиг и появление в ответ на стимуляцию [39]. В отличие от генерализованных ПР трифазной морфологии, ТВ отличает доминирующая по амплитуде и длительности 2 фаза, наличие всех трех фаз, фронто-центральная локализация [4, 40, 41, 42].

Классификация ACNS рекомендуют описывать ТВ не как отдельный графоэлемент, а как «малый модификатор» ПР, называя его «ПР трифазной морфологии» [5]. Это клинический синоним ТВ, однако, их описание составлено так, что волны с двумя фазами тоже могут быть отнесены к этой категории. ТВ должна иметь негативно-позитивно-негативное отклонение кривой от изолинии, а двухфазная — только негативно-позитивное [5]. ПР трифазной морфологии являются одним из паттернов, которые могут свидетельствовать о БСЭС [35].

A. M. Alkhachroum с соавторами оценили риск развития эпилептических приступов у пациентов энцефалопатией и генерализованными ПР с трифазной морфологией на ЭЭГ. Они предложили специальную шкалу оценки 'GPD-score' (Generalized Periodic Discharges Score — Оценка Генерализованных ПР) (Табл. 2). Согласно ей, рост количества баллов связан с увеличением риска возникновения эпилептических приступов, позволяя начать их раннюю профилактику [33].

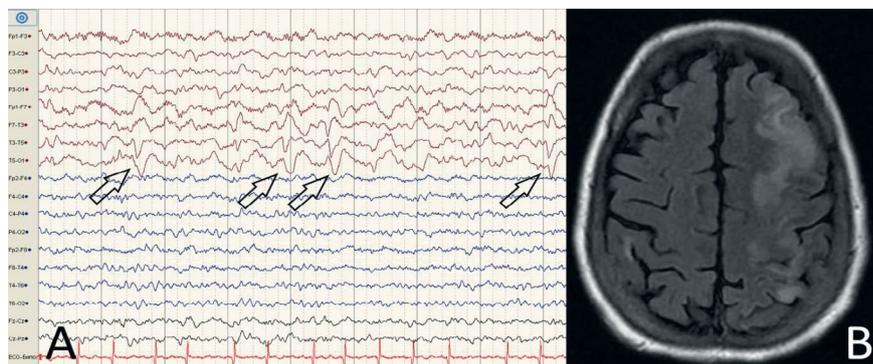


Рисунок 2. Электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга пациентки М., 68 лет, с острым нарушением мозгового кровообращения развившимся после протезирования митрального клапана. А. ЭЭГ в продольном биполярном монтаже. Стрелками указаны латерализованные эпилептиформные разряды трифазной морфологии. В. Очаг ишемии в левом полушарии головного мозга в бассейне кровоснабжения левой ВСА, вызванное окклюзией.

Поскольку длительное применение противоэпилептических препаратов (ПЭП) может приводить к токсическим осложнениям, их профилактическое назначение при регистрации ПР трифазной морфологии и других паттернов с частотой графоэлементов менее 2,5 Гц вызывает обоснованные сомнения [45].

Ряд авторов предлагает рассматривать исчезновение ПР трифазной морфологии и восстановление нормального фонового ритма ЭЭГ в ответ на введение антиконвульсантов как основной признак иктальности этого паттер-

на. В комментарии редактора A. Vermeo-Ovalle высказал опасение по поводу широкого назначения ПЭП пациентам с ТВ на ЭЭГ. Смена парадигмы от представления о метаболическом генезе ТВ при ПЭ до интерпретации их в качестве БСЭС с обязательным назначением ПЭП, приведет только к «лечению ЭЭГ», а клинический эффект проявится лишь в случае, когда БСЭС является причиной нарушения сознания [6].

К схожим выводам пришли J.A. Hartshorn и B. Foreman, считая генерализованный паттерн ПР трифазной морфо-

лого исхода заболевания. Во избежание клинических ассоциаций с печеночной энцефалопатией для их обозначения рекомендуют использовать термин периодические разряды трифазной морфологии и применять к ним диагностические критерии БСЭС, а при клинико-электроэнцефалографическом соответствии с ним, начинать противосудорожную терапию [50].

Вопрос о происхождении и клиническом значении ПР трифазной морфологии остается предметом обсуждения [43]. В глоссарии терминов для описания ЭЭГ, опубликованном в 2017 термины «трифазные волны» и «ПР трифазной морфологии» названы синонимами [51].

Заключение

Клиническое значение ТВ (ПР трифазной морфологии) не всегда специфично. Они могут быть как маркером структурно-метаболических нарушений, так и признаками иктальности паттерна. Единственным способом дифференциальной диагностики их генеза остается длительный ЭЭГ-мониторинг с проведением медикаментозных проб с противоэпилептическими препаратами. Это позволит своевременно начать терапию БСЭС, при этом избегая необоснованного назначения противоэпилептических препаратов.

Источник финансирования: авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы:

1. Luders H, Noachtar S. (Ed.) Atlas and classification of electroencephalography. Philadelphia. W. B. Saunders Company; 2000.
2. Fisch B. J., Klass D. W. The diagnostic specificity of triphasic wave patterns. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1988; 70(1):1–8. doi: 10.1016/0013-4694(88)90188-5
3. Баранова Е. А., Данилова Т. В., Халитов И. Р., Синкин М. В. Бессудорожный эпилептический статус с электрографическим паттерном трифазных волн. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2020; 14(1):97–103.
4. Hartshorn J. A., Foreman B. Generalized periodic discharges with triphasic morphology. *J Neurocrit Care.* 2019; 12(1):1–8. doi:10.18700/jnc.190079

Таблица 1
Зальцбургские диагностические критерии бессудорожного эпилептического статуса у пациентов, без эпилептической энцефалопатии. ПР — периодические разряды. РДА — ритмичная дельта активность [43, 44]

1	Частота ПР > 2,5 Гц
2	Частота ПР или РДА < 2,5 Гц и один из следующих признаков: (а) Электрографическое (восстановление фоновой ритмики и ее реактивности) и клиническое улучшение при введении противоэпилептических препаратов (б) Незначительные клинические иктальные признаки во время регистрации ПР или РДА (с) Эволюционирующий паттерн ПР или РДА

Таблица 2
Шкала оценки риска эпилептических приступов при выявлении генерализованных периодических разрядов на ЭЭГ [33]

Параметры	Баллы
ГПР без трифазной морфологии	3
Фокальность на ЭЭГ	2
Эпилепсия в анамнезе	1

на [46, 47]. Однако, примеры исчезновения ТВ без клинического улучшения в ответ на введение антиконвульсантов были описаны и у пациентов с МЭ [48]. В наблюдении 10 больных с МЭ различного генеза и ТВ на ЭЭГ, Fountain N. B. и Waldman W. A. обнаружили устойчивый или временный электрографический ответ на введение бензодиазепинов (БДЗ) у 8 больных, что говорит о низкой точности такого способа диагностики БСЭС [49].

В ретроспективном анализе ЭЭГ с ТВ у 64 пациентов, большинство из которых (71,2%) страдали МЭ, O'Rourke и соавт. выявили электрографическое улучшение при введении ПЭП у 45,3% больных вне зависимости от их метаболического профиля, при этом ответ на назначение неседативных ПЭП отмечали в 2 раза чаще, чем при БДЗ [47].

логии дискуссионным в отношении БСЭС, и рекомендовав при его выявлении у пациентов с нарушением сознания продолжение мониторирования ЭЭГ и назначение БДЗ короткого действия [4].

Обсуждение

Этиологическое многообразие и особенность пространственного распространения от лобных к затылочным областям коры позволило предположить, что возникновение трифазных волн вызвано нарушением функционального состояния нейронов на таламокортикальном уровне при сочетании структурных, метаболических и токсических поражений головного мозга [6, 29]. Они могут встречаться и при метаболической энцефалопатии, и при БСЭС, и не являются предикторами пло-

5. Hirsch L. J., Laroche S. M., Gaspard N. T., et al. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care EEG Terminology: 2012 version. *J Clin Neurophysiol.* 2013;30(1):1–27. doi:10.1097/WNP.0b013e3182784729
6. Bermeo-Ovalle A. Triphasic waves: Swinging the pendulum back in this diagnostic dilemma. *Epilepsy Curr.* 2017;17(1):40–42. doi:10.5698/1535-7511-17.1.40
7. Foley J. M., Watson C. W., Adams R. D. Significance of the electroencephalographic changes in hepatic coma. *Trans Am Neurol Assoc* 1950; 51: 161–165. PMID: 14788100
8. Bickford R. G., Butt H. R. Hepatic coma: the electroencephalographic pattern. *J Clin Invest.* 1955;34(6):790–799. doi:10.1172/JCI103134
9. Karnaze D. S., Bickford R. G. Triphasic waves: A reassessment of their significance. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1984;57(3):193–198. doi:10.1016/0013-4694(84)90120-2
10. Amodio P., Montagnese S. Clinical neurophysiology of hepatic encephalopathy. *J Clin Exp Hepatol.* 2015;5(S1): S60–S68. doi:10.1016/j.jceh.2014.06.007
11. Silverman D. Some observations on the EEG in hepatic coma. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1962;14:53–59. doi:10.1016/0013-4694(62)90006-8
12. Ahboucha S., Butterworth R. F. Pathophysiology of hepatic encephalopathy: A new look at GABA from the molecular standpoint. *Metab Brain Dis.* 2004;19(3–4):331–343. doi:10.1023/B:MEBR.0000043979.58915.41
13. Alonso J., Cordoba J., Rovira A. Brain magnetic resonance in hepatic encephalopathy. *Semin Ultrasound CT MRI* 2014; 35(2):136–52. doi:10.1053/j.sulf.2013.09.008
14. Hamoen A. M. Possible Association between triphasic E.E.G. waves and disorder of dopaminergic systems. *British Medical Journal.* 1973. 3(5874):272–273 doi: 10.1136/bmj.3.5874.272
15. Van Zandycke M., Ordan L. C. Occurrence of triphasic waves in two cases of thyrotoxic crisis. *Acta Neurol Belg.* 1977;77(2):115–120 PMID: 868471
16. Lee S. I. Coexistence of triphasic waves and alpha-coma pattern. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1981;51(1):108–110. doi:10.1016/0013-4694(81)91514-5
17. Townsend J. B., Drury I. Triphasic waves in coma from brainstem infarction. *Eur Neurol.* 1991;31(1):47–49. doi:10.1159/000116645
18. Cobb W. A., Marshall J., Scaravilli F. Long survival in subacute sclerosing panencephalitis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1984;47(2):176–183. doi:10.1136/jnnp.47.2.176
19. Sundaram M. B., Blume W. T. Triphasic Waves: Clinical Correlates and Morphology. *Can J Neurol Sci.* 1987;14(2):136–140. doi:10.1017/S0317167100026251
20. Hormes J. T., Benarroch E. E., Rodriguez M., Klass D. W. Periodic sharp waves in baclofen-induced encephalopathy. *Arch Neurol.* 1988;45(7):814–815. doi:10.1001/archneur.1988.00520310132033
21. Nowack W. J., King J. A. Triphasic Waves and Spike Wave Stupor. *Clin Electroencephalogr.* 1992;23(2):100–104. doi:10.1177/155005949202300210
22. Miller B., Brick J. Triphasic Sharp Waves in a Patient with Carcinomatous Meningitis. *Clin Electroencephalogr.* 1989;20(4):259–261. doi:10.1177/155005948902000414
23. Anand P., Kaplan P. W. Triphasic Waves and Encephalopathy in the Setting of Pregabalin Toxicity. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(6):515–517. doi:10.1097/WNP.0000000000000511
24. Blatt L., Brenner R. P. Triphasic waves in a psychiatric population: a retrospective study. *J Clin Neurophysiol* 1996; 13(4): 324–329 doi: 10.1097/00004691-199607000-00006
25. Shin J. W., Yim B., Oh S. H., Kim N. K., Lee S. K., Kim O. J. Redefining periodic patterns on electroencephalograms of patients with sporadic Creutzfeldt–Jakob disease. *Clin Neurophysiol.* 2017;128(5):756–762. doi:10.1016/j.clinph.2017.01.019
26. Katyal N., Sarwal A., George P., Banik B., Newey CR. The Relationship of Triphasic Waves with Intracranial Pressure as a Possible Prognostic Marker in Traumatic Brain Injury. *Case Rep Neurol Med.* 2017; 2017:4742026. doi:10.1155/2017/4742026
27. Palanca B. J. A., Wildes T. S., Ju Y. S., Ching S., Avidan M. S. Electroencephalography and delirium in the postoperative period. *Br J Anaesth.* 2017;119(2):294–307. doi:10.1093/bja/aew475
28. Bahamon-Dussan J. E., Celesia G. G., Grigg-Damberger M. M. Prognostic significance of EEG triphasic waves in patients with altered state of consciousness. *J Clin Neurophysiol.* 1989; 6(4): 313–319.
29. Sutter R., Stevens R. D., Kaplan P. W. Significance of triphasic waves in patients with acute encephalopathy: A nine-year cohort study. *Clin Neurophysiol.* 2013; 124(10): 1952–1958. doi:10.1016/j.clinph.2013.03.031
30. Sutter R., Kaplan P. W. Uncovering clinical and radiological associations of triphasic waves in acute encephalopathy: A case-control study. *Eur J Neurol.* 2014;21(4):660–666. doi:10.1111/ene.12372
31. Boulanger J. M., Deacon C., Léculuyer D., Gosselin S., Reiher J. Triphasic waves versus nonconvulsive status epilepticus: EEG distinction. *Can J Neurol Sci.* 2006(2); 33: 175–180.
32. Foreman B., Mahulika A., Tadi P., Claassen J., Szaflarski J., Halford J., Dean B., Kaplan P., Hirsch L. J., LaRoche S. Generalized periodic discharges and 'triphasic waves': A blinded evaluation of inter-rater agreement and clinical significance. *Clin Neurophysiol.* 2016; 127(2): 1073–1080. doi:10.1016/j.clinph.2015.07.018
33. Alkhachroum A. M., Al-Abri H., Sachdeva A., Maturu S., Jennifer J., Wang H., Rizvi M., Vaca G., Lüders J. Generalized periodic discharges with and without triphasic morphology. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(2):144–150. doi:10.1097/WNP.0000000000000441
34. Granner M. A., Lee S. I. Nonconvulsive status epilepticus: EEG analysis in a large series. *Epilepsia* 1994;35:42–47. doi:10.1111/j.1528-1157.1994.tb02910.x
35. М. В. Синкин, В. В. Крылов. Ритмические и периодические паттерны ЭЭГ. Классификация и клиническое значение. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова.* 2018;10:2–9–20.
36. Trinka E., Leitinger M. Which EEG patterns in coma are nonconvulsive status epilepticus? *Epilepsy Behav.* 2015; 49:203–222. doi:10.1016/j.yebeh.2015.05.005
37. Kaplan P. W. Nonconvulsive status epilepticus in the emergency room. *Epilepsia* 1996;37(7):643–650. doi:10.1111/j.1528-1157.1996.tb00628.x
38. Kaplan P. W., Schlattman D. Comparison of triphasic waves and epileptic discharges in one patient with genetic epilepsy. *J Clin Neurophysiol* 2012;29(5):458–461. doi:10.1097/WNP.0b013e31826bde70
39. Schomer D. L., Da Silva F. L. [Ed.] *Niedermeyer's electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields.* Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
40. Sully K. E., Husain A. M. Generalized Periodic Discharges: A Topical Review. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(3):199–207. doi:10.1097/WNP.0000000000000460
41. Ruiz A. R., Vlachy J., Lee J., Gilmore E., Turgay T., Haider H., Gaspard N., Ehrenberg J., Benjamin B., Fantaneanu T., Fernandez A., Hirsch L., LaRoche S. Association of periodic and rhythmic electroencephalographic patterns with seizures in critically ill patients. *JAMA Neurol* 2017;74(2):181–8. doi:10.1001/jamaneurol.2016.4990
42. Husain A. M., Mebust K. A., Radtke R. A. Generalized periodic epileptiform discharges: etiologies, relationship to status epilepticus, and prognosis. *J Clin Neurophysiol* 1999; 16(1):51–8. doi:10.1097/00004691-199901000-00005
43. Beniczky S., Hirsch L. J., Kaplan P. W., Pressler R., Bauer G., Aurlen H., Brögger J. C., Trinka E. Unified EEG terminology and criteria for nonconvulsive status epilepticus. *Epilepsia.* 2013;54 (SUPPL. 6):28–29. doi:10.1111/epi.12270
44. Beniczky S., Aurlen H., Brogger J. C., Hirsch L. J., Schomer D. L., Trinka E., Pressler R. M., Wennberg R., Visser G. H., Eisermann M., Diehl B. Standardized computer-based organized reporting of EEG: SCORE — Second version. *Clin Neurophysiol.* 2017;128(11):2334–2346. doi:10.1016/j.clinph.2017.07.418
45. Kaplan P. W., Sutter R. Affair with Triphasic Waves — Their Striking Presence, Mysterious Significance, and Cryptic Origins: What are They? *J Clin Neurophysiol.* 2015;32(5):401–405. doi:10.1097/WNP.0000000000000151
46. Bauerschmidt A., Rubinos C., Claassen J. Approach to managing periodic discharges. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(4):309–313. doi:10.1097/WNP.0000000000000464
47. O'Rourke D., Chen P. M., Gaspard N., Foreman B., McClain L., Karakis I., Mahulika A., Westover B. M. Response Rates to Anticonvulsant Trials in Patients with Triphasic-Wave EEG Patterns of Uncertain Significance. *Neurocrit Care.* 2016;24(2):233–239. doi:10.1007/s12028-015-0151-8
48. Kaplan P. W., Birbeck G. Lithium-induced confusional states: nonconvulsive status epilepticus or triphasic encephalopathy? *Epilepsia.* 2006;47(12):2071–2074. doi:10.1111/j.1528-1167.2006.00849.x
49. Fountain N. B., Waldman W. A. Effects of benzodiazepines on triphasic waves: implications for nonconvulsive status epilepticus. *J Clin Neurophysiol.* 2001;18:345–352. doi:10.1097/00004691-200107000-00006
50. Синкин М. В., Баранова Е. А., Комольцев И. Г. Методология регистрации и описания электроэнцефалограмм у пациентов с угнетением уровня бодрствования. *Медицинский алфавит. Серия «Современная функциональная диагностика».* 2019;29(404):17–24.
51. Kane N., Acharya J., Beniczky S., Caboclo L., Finnigan S., Kaplan P. W., Hiroshi Shibusaki H., Pressler R., J. A. M van Putten M. 7 A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format of the EEG findings. Revision 2017. *Clin Neurophysiol Pract.* 2017;2:170–185. doi:10.1016/j.cnp.2017.07.002

Для цитирования: Баранова Е. А., Синкин М. В. Трифазные волны на электроэнцефалограмме у пациентов с энцефалопатией и их диагностическое значение. Обзор литературы. *Медицинский алфавит.* 2020; (32):38–43. doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-38-43

For citation: Baranova E. A., Sinkin M. V. Triphase waves on the electroencephalogram in patients with encephalopathy and their diagnostic value. Literature review. *Medical alphabet.* 2020; (32):38–43. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-38-43

