

Ритмичные и периодические паттерны ЭЭГ. Классификация и клиническое значение

М.В. СИНКИН^{1, 2*}, В.В. КРЫЛОВ^{1, 2}

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Россия; ²ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» Департамента здравоохранения Москвы, Москва, Россия

В обзоре представлена методология анализа фоновой биоэлектрической активности, спорадически возникающих эпилептиформных графоэлементов и ритмичных и периодических паттернов у пациентов с первичным и вторичным повреждением головного мозга, описан порядок принятия решения о начале интенсивной терапии при верифицированном бессудорожном эпилептическом статусе и риске его развития, приведены признаки «злокачественных» паттернов, свидетельствующих о необратимости возникших изменений нейронов.

Ключевые слова: эпилепсия, электроэнцефалограмма, бессудорожный эпилептический статус, ритмичные и периодические паттерны.

Rhythmic and periodic EEG patterns. Classification and clinical significance

M.V. SINKIN, V.V. KRYLOV

Evdokimov Moscow State University of Medical Dentistry, Moscow, Russia; Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow, Russia

The review presents the methodology of electroencephalography (EEG) background analysis, sporadic epileptiform discharges classification, and description of the rhythmic and periodic patterns in patients with primary and secondary brain damage. It describes the process of decision making in starting non-convulsive status epilepticus treatment of patients with EEG-verified non-convulsive status epilepticus and the signs of «malignant» patterns indicating the irreversibility of brain injury.

Keywords: epilepsy, encephalogram, non-convulsive status epilepticus, rhythmic and periodic EEG patterns.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — метод регистрации спонтанной биоэлектрической активности, возникающей на дендритах и телах пирамидных нейронов коры головного мозга в результате суммации синхронных колебаний тормозящих и возбуждающих постсинаптических потенциалов. Это старейший метод оценки функционального состояния головного мозга, впервые осуществленный у человека в 1924 г. [1]. До широкого внедрения нейровизуализации ЭЭГ служила для локализации патологии головного мозга, однако низкое, не превышающее 6 см² пространственное разрешение, и изгибы коры головного мозга, в которых вектор электрического поля располагается параллельно поверхности черепа, делают это показание невостребованным. В настоящее время клиническое использование метода ограничено диагностикой функциональных нарушений головного мозга [2–6].

ЭЭГ-мониторирование пациентов с тяжелым повреждением головного мозга — наиболее динамично

развивающееся направление клинической нейрофизиологии [7]. Высокая частота бессудорожного эпилептического статуса (БСЭС) и проведение постоянной дифференциальной диагностики двигательной активности у таких больных делают этот вид постоянного наблюдения широко востребованным в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [8–10].

Порядок анализа ЭЭГ у пациентов с повреждением головного мозга, сопровождающимся угнетением уровня бодрствования

В основе анализа ЭЭГ лежит оценка частоты и амплитуды колебаний кривых, отражающих биоэлектрическую активность головного мозга, а также верификация стереотипных графоэлементов. Аналогично данным ЭЭГ при эпилепсии, у пациентов с первичным и вторичным повреждением головного мозга протокол записи включает описание фоновой

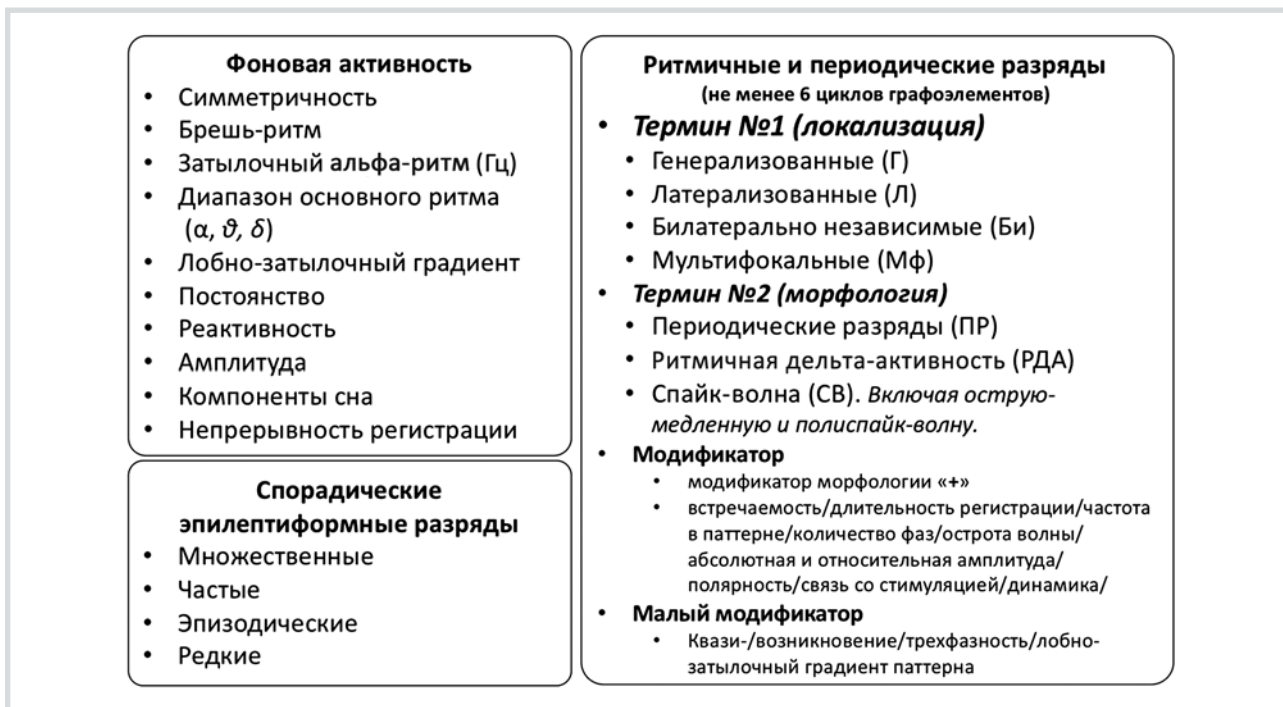


Рис. 1. Схема протокола ЭЭГ у пациента с угнетением уровня бодрствования.

биоэлектрической активности, эпилептиформных графоэлементов и паттернов ритмичных или периодических разрядов. Каждый из них может иметь самостоятельное диагностическое и прогностическое значение (рис. 1).

Патологические изменения фоновой биоэлектрической активности у пациентов с угнетением уровня бодрствования вследствие повреждения мозга характеризуют диффузное, полушарное или ограниченное несколькими отведениями замедление фонового ритма, прогрессирующее снижение амплитуды колебаний, вплоть до их полного исчезновения. Особенностью анализа ЭЭГ у таких больных являются частое обнаружение «брешь-ритма», возникающего в проекции дефекта костей черепа, и необходимость оценки реактивности в ответ на внешние раздражители. Отсутствие реактивности свидетельствует о неблагоприятном прогнозе восстановления сознания [11, 12] (рис. 2).

Последовательность признаков фоновой ЭЭГ и варианты их описания у пациентов с угнетением бодрствования представлены в табл. 1. Описание единичных эпилептиформных разрядов (ЭР), которые возникают у пациентов вследствие первичного или вторичного повреждения головного мозга, не отличаются от классических дефиниций, а все их виды имеют одинаковую диагностическую значимость [13].

Для оценки динамики перехода спорадических ЭР в эпилептический приступ важным фактором является градация частоты их возникновения. При состав-

лении заключения ЭЭГ используют следующие варианты текстового описания ЭР: при спорадических ЭР, возникающих чаще чем в 10 с (один графоэлемент на стандартном экране ЭЭГ) — множественные; реже чем 1 раз в 10 с, и чаще чем 1 раз в 1 мин — частые; реже чем 1 раз в 1 мин, и чаще чем 1 раз в 1 ч — эпизодические; реже чем 1 раз в 1 ч — редкие.

В случаях, когда частота ЭР превышает 3,5 Гц, общую картину ЭЭГ рассматривают как электрографический эпилептический приступ, и, если она не сопровождается выраженными двигательными проявлениями, его называют бессудорожным.

Мономорфные графоэлементы ЭЭГ и ЭР, создающие стереотипные паттерны в диапазоне частот от 0,5 до 3,5 Гц, обнаруживают более чем у 50% пациентов, находящихся в состоянии комы. Они создают наибольшую сложность для клинической интерпретации [14]. Согласно терминологии, предложенной Американским обществом клинической нейрофизиологии (American Clinical Neurophysiology Society — ACNS), их называют «ритмичные и периодические паттерны» (РПП) [15]. Для того чтобы сочетание одинаковых графоэлементов ЭЭГ признать РПП, они должны быть зарегистрированы 6 раз подряд и более.

Для классификации РПП используют особую схему, включающую описание локализации и морфологии графоэлементов, а также ряда дополнительных признаков, называемых модификаторы (рис. 3) [15]. Ее внедрение позволило стандартизировать опи-

Таблица 1. Схема описания заключения о состоянии фоновой биоэлектрической активности пациента с угнетением бодрствования

Раздел заключения	Варианты			
	симметрична	легкая асимметрия, амплитуда менее или равна 50%, частота 0,5—1 гц	значимая асимметрия, амплитуда более 50%, частота более 1 гц	дополнение
Брешь-эффект	Есть	Отсутствует	Нечеткий	
Затылочный альфа-ритм	Сохранен (частота, Гц)	Отсутствует		
Доминирующая частота	Дельта	Тета	≥ альфа	
Лобно-затылочный градиент	Сохранен	Отсутствует	Инвертирован	
Вариативность ЭЭГ	Сохранена	Отсутствует	Оценить невозможно	
Реактивность ЭЭГ	Сохранена	Только СИ-паттерны	Отсутствует	Не ясно
Амплитуда фона	Нормальная ≥20 мкв/мм	Снижена 10—20 мкв/мм	Подавлена <10 мкв/мм	БЭММ <2 мкв/мм
Компоненты II фазы сна	Сохранены, нормальные	Сохранены, измененные	Отсутствуют	
Непрерывность кривой	Непрерывная	Близко к непрерывной <10% эпохи снижена/подавлена	Прерывающаяся 10—49% снижена/подавлена	Вспышка-подавление ≥50% снижена/подавлена

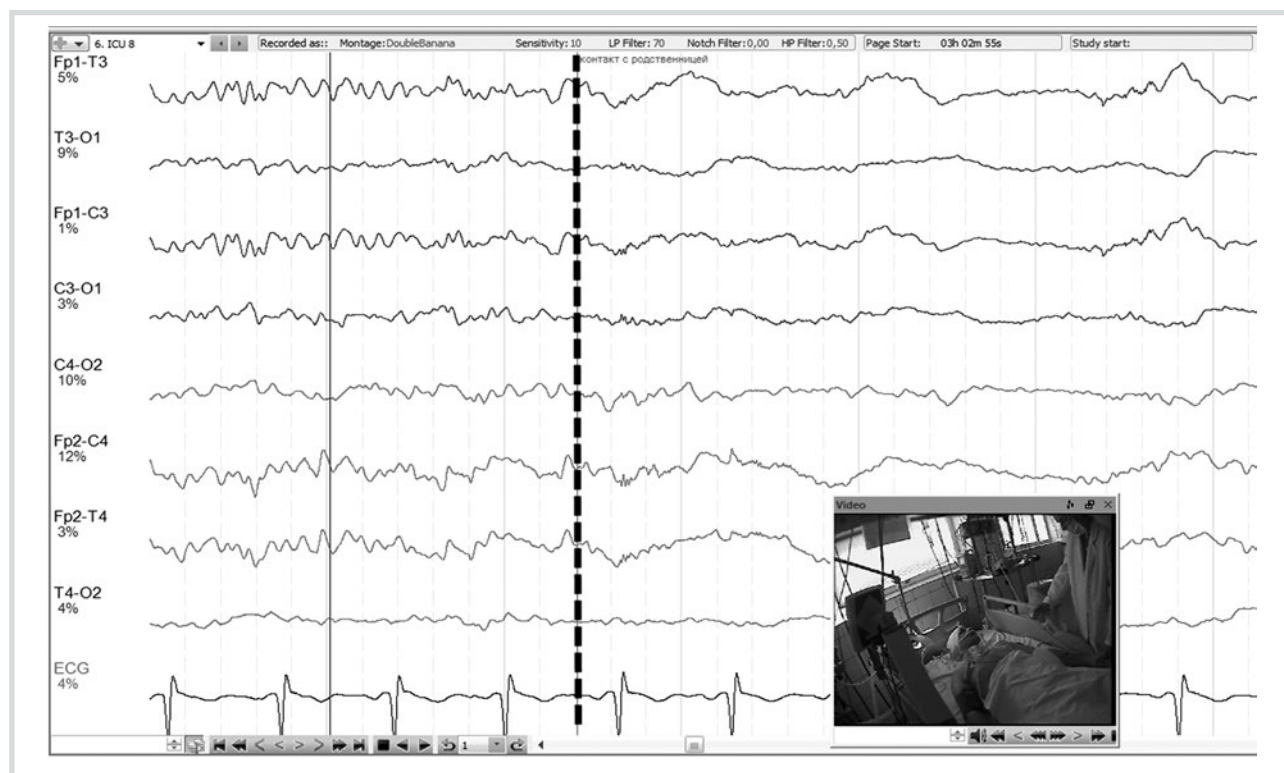


Рис. 2. ЭЭГ, сокращенный биполярный монтаж.

Тяжелая черепно-мозговая травма, угнетение уровня бодрствования до умеренной комы. Изменение частоты и амплитуды фоновой ритмики в ответ на прикосновение родственника пациента (момент прикосновения отмечен вертикальной пунктирной чертой).

сание ЭЭГ, увеличив уровень межэкспертного согласия и провести ряд кооперативных исследований, выявивших клиническую значимость отдельных паттернов [16, 17].

Методология описания ритмичных и периодических паттернов

Терминология РПП была предложена к обсуждению в 2005 г., а в окончательной редакции опубли-

кована в 2012 г. [15, 18]. Она включена в стандартную электронную систему формирования заключения ЭЭГ SCORE и переведена на русский язык [19]. Для создания баз данных, особенно при проведении кооперативных исследований, необходимо уточнение всех потенциально возможных параметров, однако в клинической практике следует указывать лишь оба основных термина, а их модификаторы использовать, исходя из принципа разумной достаточности.



Рис. 3. Схема описания ритмичных и периодических паттернов [14].

Основные термины для описания РПП

Основной термин №1. Локализация. Существует 4 возможных варианта ее описания:

1. *Генерализованные (Г).* Это любой билатеральный, бисинхронный и обязательно симметричный паттерн (рис. 4). При амплитудном доминировании над одной из областей описание дополняют одним из вариантов:

а) с лобным доминированием — превышение амплитуды разрядов по лобным отведениям над затылочными 50% и более;

б) с затылочным доминированием — вариант, обратный лобному;

в) с центральным доминированием — дополняют используют при амплитудном преобладании по парасагиттальным отведениям.

2. *Латерализованные (Л).* Это односторонние или асимметричные, но синхронные билатеральные паттерны, включая фокальные, региональные и полушарные (рис. 5).

3. *Билатерально независимые (Би).* В этом случае разряды возникают над обоими полушариями, но независимо друг от друга.

4. *Мультифокальные (Мф).* Графоэлементы паттерна регистрируют независимо над разными долями головного мозга.

Последние два варианта требуют описания симметричности амплитуды разрядов с указанием наи-

более вовлеченной доли мозга в каждом из полушарий.

Основной термин №2. Морфология. Описывают одним из трех понятий:

— *Периодические разряды (ПР).* Периодическими называют любые гомологичные графоэлементы, возникающие с близким к одинаковому интервалом, т.е. интервалом, длина которого варьирует в пределах 50% в более чем $1/2$ циклов паттерна. Разряд — графоэлемент длительностью короче 0,5 с и состоящий не более чем из 3 фаз (рис. 4). Его следует отличать от вспышки, в которой кривая пересекает изолинию более 3 раз, а длительность составляет от 0,5 до 4 с.

— *Ритмичная дельта-активность (РДА).* Ритмичной называют активность, состоящую из повторяющихся графоэлементов с относительно одинаковой морфологией (моморфной) без интервалов между ними. Частота колебаний дельта-диапазона не превышает 4 Гц. Паттерн удовлетворяет критериям ритмичности, если длительность каждого цикла варьирует в пределах 50% в большинстве (>50%) пар циклов.

— *Спайк-волна (СВ).* Паттерн, состоящий из серии комплексных графоэлементов, сочетающих спайк (полиспайк) или острую волну с последующей медленной волной, возникающей постоянно и с одинаковым интервалом. Паттерн характеризует отсутствие интервала между комплексами, в противном случае его называют «ПР с морфологией спайков».



Рис. 4. ЭЭГ, сокращенный референтный монтаж.
ГПР обведены черным прямоугольником.

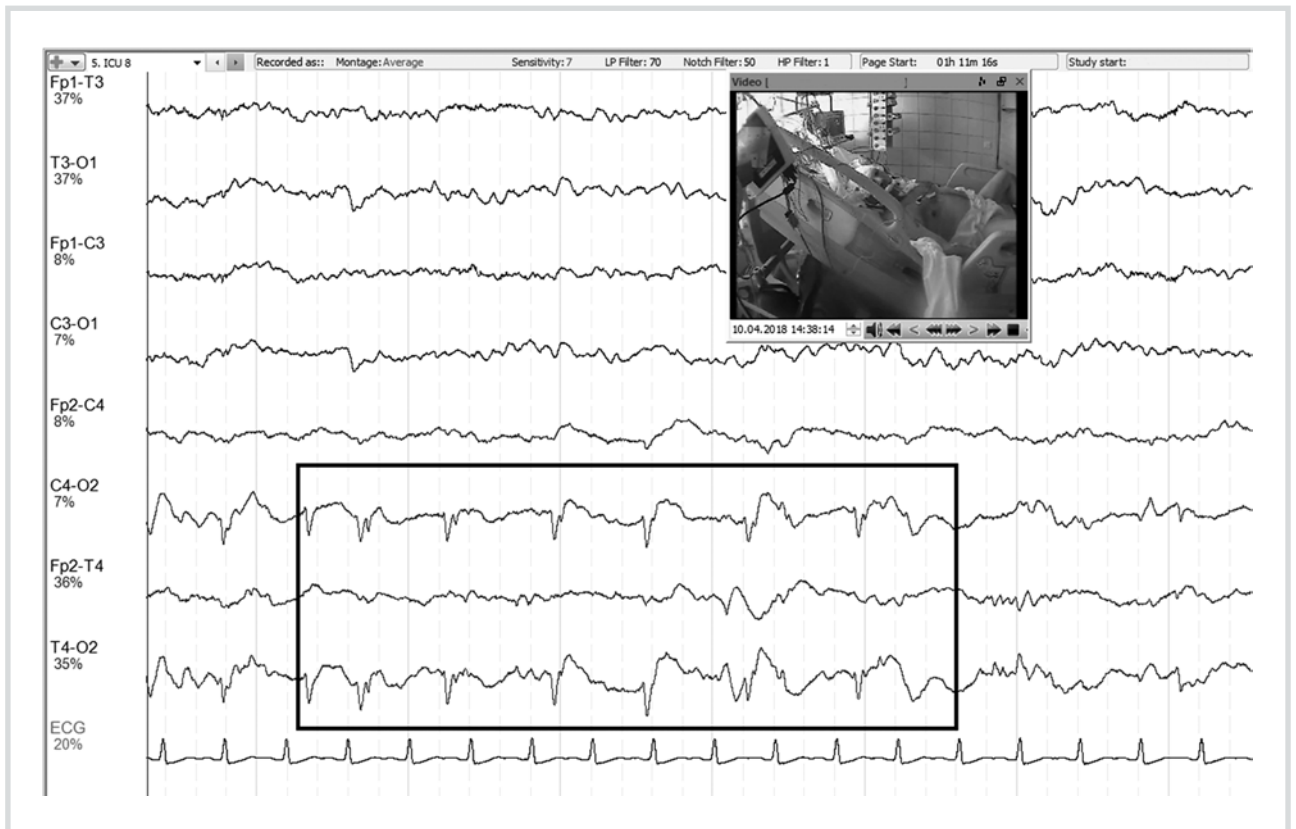


Рис. 5. ЭЭГ, сокращенный биполярный монтаж.
Латерализованные односторонние периодические разряды, спайковидные (ЛПР +С).

Таблица 2. Основные модификаторы РПП и их возможные значения

Модификатор	Значения				
Встречаемость паттерна в записи, %	≥90 постоянно	50—89 множественно	10—49 часто	1—9 эпизодически	<1 редко
Длительность паттерна	≥1 ч крайне долго	5—59 мин продолжительно	1—4,9 мин средней длит.	10—59 с кратковременно	<10 с очень кратко
Частота РПП, Гц	≥4		3,5→3→2,5→2→1,5→1→0,5		<0,5
Фазы ПР и СВ	>3	3	2	1	
Острота формы ПР, мс	<70 спайковидная	70—200 островолновая	>200 заостренная	>200 сглаженная	
Абсолютная амплитуда РПП, мкВ/мм	≥200 высокая	50—199 средняя	20—49 низкая	<20 крайне низкая	
Относительная амплитуда ПР	>2	≤2			
Полярность	Положительная	Отрицательная	Диполь	Оценить невозможно	
Связь со стимуляцией	Вызван стимулом	Спонтанный	Оценить невозможно		
Динамика паттерна	Эволюция	Флюктуация	Статичный		

Модификаторы дополняют основные термины РПП и имеют различное клиническое значение [20].

Модификаторы основных терминов РПП

В описании РПП различают модификаторы, уточняющие морфологию графоэлементов, называемые «модификаторы плюс» (рис. 3) и дополнительные термины, характеризующие свойства паттерна (табл. 2) [15].

1. *Модификаторы морфологии «+»*. Свидетельствуют о высокой вероятности иктальности паттерна. Применяют лишь для описания ПР или РДА [15].

Модификаторы «+» бывают следующих видов:

а. *+Быстрая активность (Б)*. Суперпозиция ПР или РДА с колебаниями, превышающими частоту 4Гц.

б. *+Ритмичная (квази-ритмичная) дельта активность (Р)* — используют только с паттерном ПР.

в. *+Спайк, острая или остро очерченная волна (С)* — применяют при соответствующей форме графоэлементов РДА.

г. *Сочетания модификаторов* — +Быстрая ритмичная (БР) для ПР и +Быстрая спайковидная (БС) для РДА.

Модификаторы паттерна служат для уточнения его иктального характера и оценки вероятности перехода РПП в БСЭС. С целью повышения показателя капсы Коэна, отражающей степень межэкспертного согласия (МЭС), для описания каждого из модификаторов приняты однозначные определения. Они детально описаны на русском и английском языках [15, 20].

Для принятия решения о начале интенсивной терапии наиболее важны частота графоэлементов в паттерне и его динамика.

Динамика паттерна. Один из важнейших модификаторов, который необходимо использовать при подозрении на развитие БСЭС.

1. *Паттерн с эволюцией* — не менее двух последовательных изменений частоты, морфологии или локализации его графоэлементов. Динамика этих признаков должна удовлетворять следующим критериям.

а. *Частота* — минимум 2 последовательных одинаково направленных изменения частоты на 0,5 Гц и более. Например, постепенное ускорение 2,5→3,0→3,5 Гц или замедление 2,0←1,5←1,0 Гц графоэлементов паттерна.

б. *Морфология* — последовательное появление двух графоэлементов РПП, каждый из которых имеет морфологию, отличную от предыдущего.

в. *Локализация* — постепенное распространение РПП более чем на 2 соседних электрода, установленных по схеме 10—20%.

2. *Паттерн с флюктуацией* — динамическое состояние, включающее 3 и более изменения частоты, морфологии или локализации, не соответствующих критериям эволюции, при этом длительность статичных участков паттерна не должна превышать 1 мин. Так, паттерн РДА 1,5 Гц в течение 30 с, переходящий в РДА 2 Гц на 50 с с возвратом частоты к 1,5 Гц на 30 с, расценивают как флюктуирующий, а ПР по отведениям С3 и Т3 в течение 40 с, затем расширившие присутствие на F3 на 3 мин с обратным развитием на С3 и Т3 на 50 с — нет.

Изолированное изменение амплитуды РПП следует расценивать как эволюцию или флюктуацию.

3. *Статичный паттерн* — отсутствие каких-либо изменений в течение всего времени его регистрации.

Последовательность описания и варианты значений остальных модификаторов представлены в табл. 2.

Для создания базы данных исследований и детализированного описания ЭЭГ может возникнуть необходимость описать другие, менее значительные признаки. Их называют «малые модификаторы». К ним относят трехфазность морфологии, динамику

Таблица 3. Сравнение наиболее частых РПП, классифицированных по схеме ACNS, и их описание по Lüders

Свободное описание паттернов	Стандартизированная терминология ACNS
ПЛЭР (периодические латерализованные ЭР)	ЛПР (латерализованные периодические разряды)
БиПЛЭР (билатеральные независимые периодические латерализованные ЭР)	БиПР (билатеральные независимые периодические разряды)
ФИРДА (фронтальная интермиттирующая дельта-активность)	Редкая ГРДА (генерализованная ритмичная дельта-активность) 2 Гц с фронтальным доминированием (если наблюдается в 2–10% записи)
Латерализованный электрографический приступ с частотой дельта диапазона	Эволюционирующая ЛРДА (латерализованная ритмичная дельта-активность)
ГПЭР (генерализованные периодические ЭР)	ГПР (генерализованные периодические разряды)

возникновения и наличие лобно-затылочного градиента РПП.

Сравнение новой классификации со считавшимися классическими определениями Н. Lüders [22] представлены в табл. 3 [21].

Стандартизированная терминология для описания РПП позволила повысить МЭС до 0,81 и создать для проведения кооперативных исследований научное сообщество по изучению данных мониторингования ЭЭГ у пациентов ОРИТ (Critical Care EEG Monitoring Research Consortium — CCEMRC). В результате были выявлены отдельные ЭЭГ-паттерны, специфичные для прогноза неблагоприятного исхода заболевания, свидетельствующие о БСЭС или риске его развития.

Клиническая значимость РПП

Патофизиологические процессы, приводящие к появлению РПП у пациентов с повреждением мозга, до конца не ясны. Предполагают, что они обусловлены развитием первичных метаболических нарушений либо разобщением связей нейронов контралатеральной коры, возникающих вследствие прямого травматического воздействия или гипоксии. Регистрация РПП сопровождается нейрональным повреждением и ухудшает прогноз течения при повреждении головного мозга [23, 24]. Существуют два взгляда на их патофизиологию. Согласно первому, РПП являются графоэлементами, лишь свидетельствующими о состоявшемся диффузном повреждении коры головного мозга. Второй рассматривает их как признак активного патологического процесса, аналогичного эпилептическому приступу, который вызывает локальное усиление метаболизма и ведет к вторичному повреждению нейронов [25].

Процессы эпилептогенеза, развивающиеся вследствие повреждений коры мозга и кровоизлияния, также приводят к появлению РПП, которые могут иметь эпилептиформную морфологию графоэлементов и динамику развития [26].

Результатом анализа ряда многоцентровых кооперативных исследований явилось выделение ряда РПП и их особых характеристик, специфичных для БСЭС, высокого риска развития эпилептического приступа и прогнозирования исходов вторичного по-

вреждения головного мозга, возникшего в результате длительной аноксии.

БСЭС

Эпилептический статус — это эпилептический приступ без клинических признаков его прекращения, с длительностью, превышающей большинство приступов такого типа, или приступы, повторяющиеся друг за другом, но без полного восстановления фонового состояния нервной системы между ними. Для каждого типа приступов понятие «аномальное время длительности» различается, его условно называют временем t^1 . Продолжающийся эпилептический статус приводит к необратимому повреждению нейронов и разрушению межнейронных связей. Период, через который они возникают, называют временем t^2 [27]. Показатели t^1 и t^2 определяют экспериментально, они отличаются при разных типах приступов. Например, при тонико-клоническом эпилептическом статусе время t^1 и t^2 составляет 5 и 30 мин соответственно. Эти же временные параметры приняты для БСЭС, развившегося у пациентов с тяжелым повреждением головного мозга [28].

Диагностика конвульсивного эпилептического статуса не представляет сложностей из-за клиники судорожного синдрома. Развитие БСЭС протекает субклинически и сопровождается лишь изменением сознания или угнетением бодрствования. Эпилептический статус регистрируют у 5–48% пациентов, находящихся в состоянии комы любой этиологии [29]. В работе [29], проведенной на базе отделения неотложной нейрохирургии НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, было установлено, что в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы БСЭС развивается у 28% пострадавших.

У пациентов с заболеваниями, приводящими к угнетению бодрствования до комы, или во время проведения терапевтической седации клиническая оценка изменений сознания невозможна. Поэтому диагностика БСЭС основана на выявлении ЭЭГ-признаков эпилептического приступа и классификации РПП с последующим анализом связи этих изменений с клиническим состоянием пациента.

В 2013 г. S. Beniczky и соавт. [26] представили клинико-электрографические признаки БСЭС. Так,

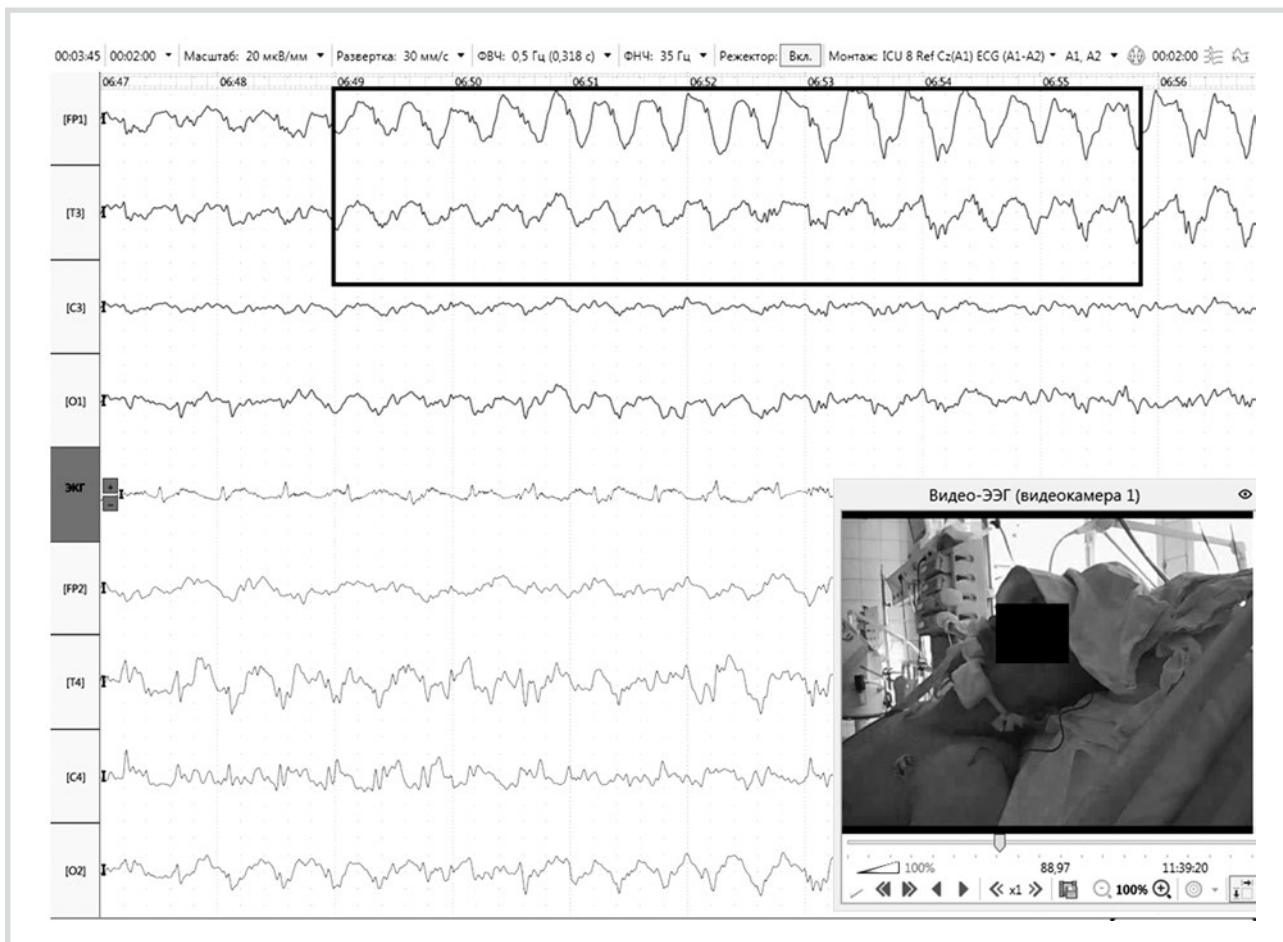


Рис. 6. ЭЭГ, сокращенный референтный монтаж.

Латерализованная билатерально асимметричная ЛРДА +Б, эволюционирующий паттерн (в рамке). Типичная эволюция частоты РДА без клинических проявлений в виде судорог свидетельствует о БСЭС.

диагностическими критериями БСЭС у пациентов, не страдающих эпилепсией, являются: 1) частота ПР более 2,5 Гц; 2) частота ПР менее 2,5 Гц или паттерн РДА и один из следующих признаков: а) электрографическое (восстановление фоновой ритмики и ее реактивности) и клиническое улучшение при введении противосудорожных препаратов (ПЭП); б) незначительные клинические икталы признаки во время регистрации электрографического паттерна или; в) эволюция ПР или РДА. Впоследствии они были валидизированы в кооперативном исследовании с учетом применения стандартизированной терминологии РПП [30].

Диагноз БСЭС считают установленным при клиническом подозрении на это состояние и выявленных изменениях ЭЭГ, точно соответствующих критериям, представленным S. Beniczky [26]. В случае ЭЭГ-улучшения в ответ на введение ПЭП или флюктуирующем паттерне ПР и РДА, говорят о вероятном БСЭС.

Диагностика и контроль лечения БСЭС возможны только с помощью ЭЭГ. ЭЭГ-паттерн эпилептического статуса не отличается от изменений, которые

регистрируют при одиночном эпилептическом приступе (рис. 6).

Прогнозирование судорожного и бессудорожного эпилептического приступа/статуса на основе динамического анализа РПП

Прикроватное ЭЭГ-мониторирование позволяет выявлять не только БСЭС, но и другие РПП, специфичные для высокого риска возникновения эпилептических приступов [31, 32]. Паттерны различаются морфологией, частотой и динамикой распространения в пространстве и во времени, а их возникновение и переход в электрографический или клинический эпилептический приступ рассматривают как единый процесс, называемый «интериктально-иктальный континуум» [33, 34]. Все ритмичные паттерны (СВ и РДА) с частотой графоэлементов, превышающей 3 Гц, и периодические паттерны, сопровождающиеся незначительными ритмичными движениями мускулатуры лица или конечностей, рассматривают как однозначный признак электрографического эпилептического приступа [26]. Необходимость начала терапии РПП с меньшей частотой

графоэлементов и отношением риска к возможному положительному результату остается противоречивой. Отсроченное начало лечения БСЭС ухудшает функциональные исходы, однако неоправданное использование седатирующих медикаментов, используемых для терапии рефрактерных форм БСЭС, сопровождается длительной искусственной вентиляцией легких, которая повышает риск инфекционных осложнений [33].

А. Bauerschmidt и соавт. [31] предложили подход к определению показаний к терапии РПП у пациентов с угнетением уровня бодрствования, основанный на анализе частоты и морфологии графоэлементов паттерна, а также их количественной оценке и реакции на внутривенное введение бензодиазепинов:

— *Частота графоэлементов в РПП.* Нижней границей, с которой следует начинать терапию, считают 2 Гц. Паттерны с частотой от 0,5 до 2 Гц требуют лечения лишь при наличии ритмичных стереотипных движений, совпадающих с картиной на ЭЭГ.

— *Морфология графоэлементов.* Все латерализованные РПП (ЛПР, ЛРДА, ЛСВ) свидетельствуют о риске перехода в эпилептический приступ, однако их анализ с использованием модификатора «+» позволяет более точно прогнозировать его развитие. Наибольшая вероятность эпилептического приступа отмечена при регистрации ЛПР с модификатором +Б, +С и +БС и интервалами между графоэлементами менее 1 с [33].

— *Количественная оценка РПП с подсчетом специального индекса.* Предложено 2 количественных способа оценки риска развития эпилептического приступа у пациентов с тяжелым повреждением головного мозга. Первый, названный авторами шкалой 2HELР2В, заключается в присвоении определенного количества баллов 6 признакам, описывающим РПП. По шкале 2HELР2В, оценивающей риск развития приступа по данным ЭЭГ, кратковременные икctalные ритмичные разряды соответствуют 2 баллам; ЛПР или ЛРДА или БиПР — 2; эпилептический приступ до начала регистрации ЭЭГ — 1; спорадические ЭР — 1; частота графоэлементов в РПП выше 2 Гц — 1; наличие любого модификатора «+» — 1 балл. Риск приступа для 0 баллов составляет 5%, для 1 балла — 12%, 2 баллов — 27%, 3 баллов — 50%, 4 баллов — 73%, 5 баллов — 88%, 6 и 7 баллов — 95% [35]. Второй способ — использование шкалы ГПР, которая включает эпилепсию в анамнезе (1 балл), фокальные изменения на ЭЭГ (2 балла), отсутствие трехфазной морфологии ПР (3 балла) [36]. Риск приступа для пациентов с ГПР, не набравших баллов, по шкале составляет 13%, 5–6 баллов — 94%.

— *Реакция на бензодиазепины.* Электрографическое и клиническое улучшение при внутривенном введении ПЭП является одним из диагностических признаков БСЭС. Эту же пробу можно использовать для принятия решения о начале интенсивной про-

филактики эпилептического статуса при выявлении РПП неясной диагностической значимости [37]. Предпочтение отдают быстродействующим бензодиазепинам, таким как диазепам или мидазолам, а доза препарата не должна превышать терапевтическую. Исчезновение РПП, восстановление фоновой ритмики и появление реактивности на ЭЭГ свидетельствуют о необходимости начала профилактической терапии антиконвульсантами.

Дифференциальная диагностика икctalности РПП может быть дополнена оценкой результатов, полученных с помощью методов функциональной нейровизуализации, таких как диффузионно-взвешенная магнито-резонансная томография (ДВ-МРТ), позитронно-эмиссионная томография с фтордезоксиглюкозой (ФДГ-ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) или по данным тканевого микродиализа [23, 38, 39].

На рис. 7 представлена схема анализа РПП, использования дополнительных методов диагностики и лекарственных проб для выявления ПР икctalной природы, требующих проведения интенсивной терапии, предложенная А. Bauerschmidt и соавт. [31].

Прогнозирование исходов заболеваний, сопровождающихся угнетением бодрствования до комы, по данным анализа фоновой ЭЭГ и РПП

В многочисленных исследованиях установлена высокая прогностическая ценность ЭЭГ у пациентов с вторичным повреждением головного мозга, возникающим вследствие длительной гипоксии после восстановления сердечной деятельности [40].

ЭЭГ-признаками неблагоприятного течения постаноксической энцефалопатии являются нарушение постоянства биоэлектрической активности до уровня паттерна «вспышка—подавление», снижение фоновой амплитуды ниже 10 мкВ/мм, исчезновение реактивности и вариабельности ЭЭГ. Среди РПП «злокачественным» считают ГПР с низкой частотой разрядов в паттерне на фоне полностью подавленной фоновой активности. Чувствительность этих признаков в отношении летального исхода или перехода в постоянное вегетативное состояние составляет 50%, специфичность — 100% [41–43].

Прогнозирование выживания и восстановления сознания у пациентов с первичным поражением головного мозга также основано на анализе фоновой биоэлектрической активности мозга и классификации РПП, однако их информативность изучена недостаточно.

Сохранение реактивности картин ЭЭГ у пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой является положительным прогностическим признаком со специфичностью 89%, однако ее отсутствие не свидетельствует о неблагоприятном прогнозе [12, 44].

Среди РПП лишь ГПР считают признаком неблагоприятного течения первичного повреждения

Таблица 4. Рекомендации по использованию ЭЭГ в комплексе мультимодального мониторинга в условиях нейрореанимации

Рекомендация	Уровень доказательности
ЭЭГ-регистрация не менее 30 мин показана пациентам с любым острым повреждением головного мозга и сохраняющимся угнетением бодрствования или изменениями сознания, необъяснимым нейровизуализационными или лабораторными данными	Обязательно к назначению. Малый объем доказательной базы
ЭЭГ-мониторирование показано пациентам с судорогами, сохраняющимися дольше 60 мин с момента начала терапии эпилептического статуса	Обязательно к назначению. Малый объем доказательной базы
ЭЭГ-мониторирование показано во время проведения терапевтической гипотермии и во время согревания пациента после остановки сердца для исключения БСЭС	Обязательно к назначению. Малый объем доказательной базы
ЭЭГ-мониторирование рекомендовано пациентам без первичного повреждения головного мозга с необъяснимым нарушением сознания или возникновением неврологического дефицита	Исследование рекомендовано, желательно сопровождать синхронной регистрацией видео-изображения. Малый объем доказательной базы
ЭЭГ-мониторирование рекомендовано для регистрации отсроченной ишемии мозга у пациентов с субарахноидальным кровоизлиянием с угнетением бодрствования до комы	Исследование рекомендовано. Малый объем доказательной базы

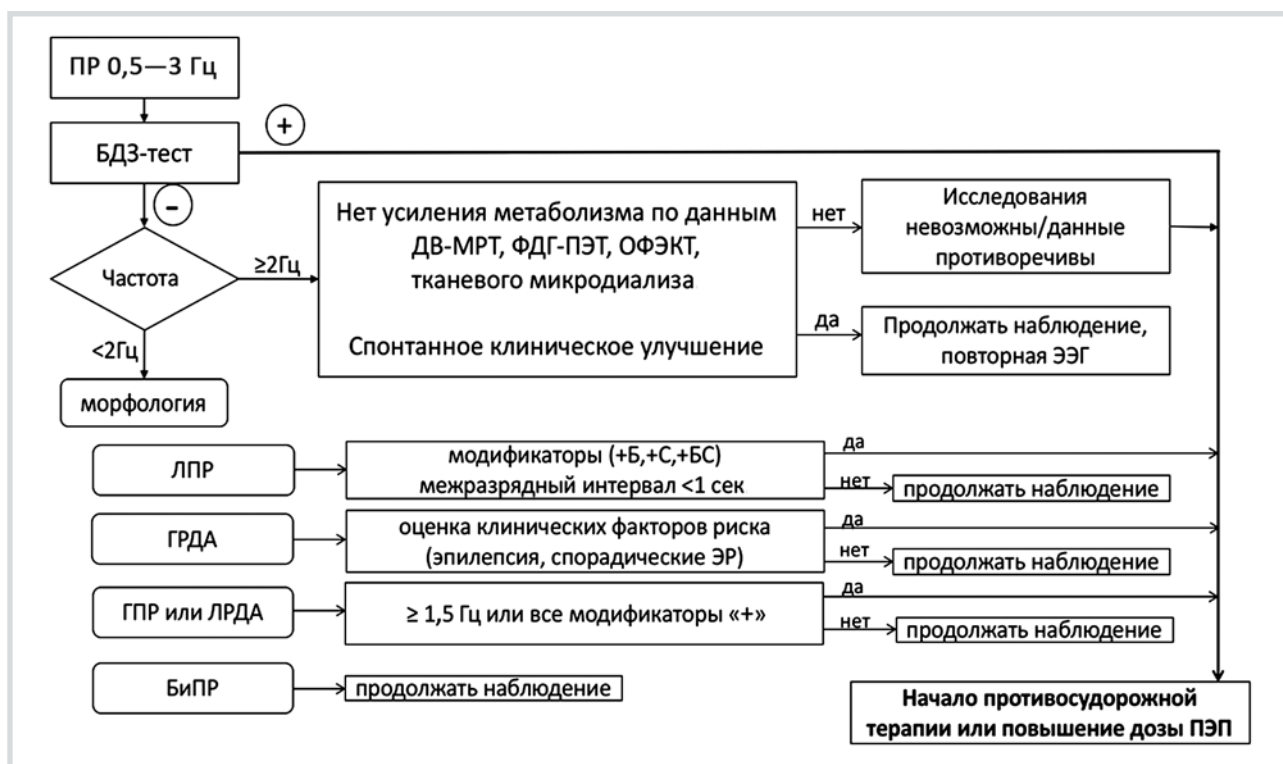


Рис. 7. Схема принятия решения о терапии РПП с частотой реже 3 Гц.

БДЗ — бензодиазепины.

головного мозга, однако показатели его чувствительности и специфичности не установлены [45].

Решение о проведении стандартной, продленной или компьютерной ЭЭГ и изменении тактики лечения на основании ее результатов следует принимать только с учетом клинической картины и данных нейровизуализации. Показания к ЭЭГ у пациентов с тяжелым повреждением головного мозга, принятые международной конференцией-консенсусом по мультимодальному нейромониторингу в ОРИТ, представлены в табл. 4 [46, 47].

Для правильной клинической интерпретации результатов ЭЭГ и своевременного начала интенсивной противосудорожной терапии следует использовать стандартизованную терминологию описания РПП. Минимально необходимым является описание локализации и морфологии графоэлементов РПП — частоту разряда в паттерне, и его динамику.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Berger H. Über das Elektroenzephalogramm des Menschen. *Arch Psychiatr Nervenkrankheiten*. 1929;87:527-570. <https://doi.org/10.1007/BF01797193>
- Tatum WO, Rubboli G, Kaplan PW, Mirsatari SM, Radhakrishnan K, Gloss D, Caboclo LO, Drislane FW, Koutroumanidis M, Schomer DL, Kasteleijn-Nolst Trenite D, Cook M, Beniczky S. Clinical utility of EEG in diagnosing and monitoring epilepsy in adults. *Clin Neurophysiol*. 2018;129(5):1056-1082. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2018.01.019>
- Стулин И.Д., Синкин М.В., Солонский Д.С., Мусин П.С., Мнушкин А.О., Кашеев А.В., Шибалев А.Л., Знайко Г.Г. *Диагностика смерти мозга*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008. [Stulin ID, Sinkin MV, Solon-skiy DS, Musin RS, Mnushkin AO, Kashcheev AV, Shibalev AL, Znajko GG. *Diagnostika smerti mozga*. М.: GEOTAR-Media; 2008. (In Russ.)].
- Berisavac I. Clinical utility of electroencephalography in encephalopathy. *Clin Neurophysiol*. 2015;126(9):e179. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.04.028>
- Shellhaas RA, Chang T, Tsuchida T, Scher MS, Riviello JJ, Abend NS, Nguyen S, Wusthoff CJ, Clancy RR. The American clinical neurophysiology society's guideline on continuous electroencephalography monitoring in neonates. *J Clin Neurophysiol*. 2011;28(6):611-617. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e31823e96d7>
- Guekht A. Epilepsy, Comorbidities and Treatments. *Curr Pharm Des*. 2017;23(37):5702-5726. <https://doi.org/10.2174/1381612823666171009144400>
- Newey CR, Kinzy TG, Punia V, Hantus S. Continuous Electroencephalography in the Critically Ill: Clinical and Continuous Electroencephalography Markers for Targeted Monitoring. *J Clin Neurophysiol*. 2018;35(4):325-331. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000475>
- Kinney MO, Craig JJ, Kaplan PW. Non-convulsive status epilepticus: Mimics and chameleons. *Pract Neurol*. 2018;18(4):291-305. <https://doi.org/10.1136/practneurol-2017-001796>
- Benbadis SR, Chen S, Melo M. Whats shaking in the ICU? The differential diagnosis of seizures in the intensive care setting. *Epilepsia*. 2010;51(11):2338-2340. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2010.02683.x>
- Alvarez V, Rodriguez Ruiz AA, LaRoche S, Hirsch LJ, Parres C, Voinescu PE, Fernandez A, Petroff OA, Rampal N, Haider HA, Lee JW. The use and yield of continuous EEG in critically ill patients: A comparative study of three centers. *Clin Neurophysiol*. 2017;128(4):570-578. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.01.001>
- Brigo F, Cicero R, Fiaschi A, Bongiovanni LG. The breach rhythm. *Clin Neurophysiol*. 2011;122(11):2116-2120. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.07.024>
- Gütling E, Gonser A, Imhof HG, Landis T. EEG reactivity in the prognosis of severe head injury. *Neurology*. 1995;45(5):915-918. <https://doi.org/10.1212/WNL.45.5.915>
- Kane N, Acharya J, Beniczky S, Caboclo L, Finnigan S, Kaplan PW, Shibasaki H, Pressler R, van Putten M. 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. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2017.07.002>
- Foreman B, Claassen J, Abou Khaled K, Jirsch J, Alschuler DM, Wittman J, Emerson RG, Hirsch LJ. Generalized periodic discharges in the critically ill: A case-control study of 200 patients. *Neurology*. 2012;79(19):1951-1960. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182735cd7>
- Hirsch LJ, LaRoche SM, Gaspard N, Gerard E, Svoronos A, Herman ST, Mani R, Arif H, Jette N, Minazad Y, Kerrigan JF, Vespa P, Hantus S, Claassen J, Young GB, So E, Kaplan PW, Nuwer MR, Fountain NB, Drislane FW. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care EEG Terminology. *J Clin Neurophysiol*. 2013;30(1):1-27. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e3182784729>
- Mani R, Arif H, Hirsch LJ, Gerard EE, LaRoche SM. Interrater reliability of ICU EEG research terminology. *J Clin Neurophysiol*. 2012;29(3):203-212. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e3182570f83>
- Struck AF, Ustun B, Ruiz AR, Lee JW, LaRoche SM, Hirsch LJ, Gilmore EJ, Vlachy J, Haider HA, Rudin C, Westover MB. Association of an Electroencephalography-Based Risk Score With Seizure Probability in Hospitalized Patients. *JAMA Neurol*. 2017;74(12):1419-1424. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2017.2459>
- Hirsch LJ, Brenner RP, Drislane FW, So E, Kaplan PW, Jordan KG, Herman ST, LaRoche SM, Young B, Bleck TP, Scheuer ML, Emerson RG. The ACNS subcommittee on research terminology for continuous EEG monitoring: proposed standardized terminology for rhythmic and periodic EEG patterns encountered in critically ill patients. *J Clin Neurophysiol*. 2005;22(2):128-135.
- Beniczky S, Aurlien H, Brögger JC, Hirsch LJ, Schomer DL, Trinka E, Pressler RM, Wennberg R, Visser GH, Eisermann M, Diehl B. Standardized computer-based organized reporting of EEG: SCORE — Second version. *Clin Neurophysiol*. 2017;128(11):2334-2346. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.07.418>
- Синкин М.В. Особенности описания электроэнцефалограммы у пациентов с тяжелым повреждением головного мозга. В кн.: Гусев Е.И., Гехт А.Б. *Болезни мозга: от изучения механизмов к диагностике и лечению*. М.: Бук-Веди; 2018. [Sinkin MV. Osobennosti opisaniya ehlektroencefalogrammy u pacientov s tyazhelym povrezhdeniem golovnogo mozga. V kn.: Gusev E.I., Guekht A.B. (red.) *Bolezni mozga: ot izucheniya mekhanizmov k diagnostike i lecheniyu*. М.: Buki-Vedi; 2018. (In Russ.)].
- Гнездицкий В.В., Пирадов М.А. *Нейрофизиология комы и нарушения сознания (анализ и интерпретация клинических наблюдений)*. Иваново: ПресСто; 2015. [Gnezdickij VV, Piradov MA. *Nejrofiziologiya komy i narusheniya soznaniya (analiz i interpretaciya klinicheskikh nablyudenij)*. Ivanovo: PresSto; 2015. (In Russ.)].
- Lüders H, Noachtar S. *Atlas and classification of electroencephalography*. Philadelphia: WB Saunders; 2000.
- Vespa P, Tubi M, Claassen J, Buitrago-Blanco M, McArthur D, Velazquez AG, Tu B, Prins M, Nuwer M. Metabolic crisis occurs with seizures and periodic discharges after brain trauma. *Ann Neurol*. 2016;79(4):579-590. <https://doi.org/10.1002/ana.24606>
- Vespa PM, McArthur DL, Xu Y, Eliseo M, Etchepare M, Dinov I, Alger J, Glenn TP, Hovda D. Nonconvulsive seizures after traumatic brain injury are associated with hippocampal atrophy. *Neurology*. 2010;75(9):792-798. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181f07334>
- Sainju RK, Manganas LN, Gilmore EJ, Petroff OA, Rampal N, Hirsch LJ, Gaspard N. Clinical correlates and prognostic significance of lateralized periodic discharges in patients without acute or progressive brain injury. *J Clin Neurophysiol*. 2015;32(6):495-500. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000206>
- Beniczky S, Hirsch LJ, Kaplan PW, Pressler R, Bauer G, Aurlien H, Brögger JC, Trinka E. Unified EEG terminology and criteria for nonconvulsive status epilepticus. *Epilepsia*. 2013;54(suppl 6):28-29. <https://doi.org/10.1111/epi.12270>
- Trinka E, Cock H, Hesdorffer D, Rossetti AO, Scheffer IE, Shinnar S, Shorvon S, Lowenstein DH. A definition and classification of status epilepticus. Report of the ILAE Task Force on Classification of Status Epilepticus. *Epilepsia*. 2015;56(10):1515-1523. <https://doi.org/10.1111/epi.13121>
- Trinka E, Leitinger M. Which EEG patterns in coma are nonconvulsive status epilepticus? *Epilepsy Behav*. 2015;49:203-222. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2015.05.005>
- Пурас Ю.В., Тальпов А.Э., Трифонов И.С., Крылов В.В. Судорожный синдром в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы. *Нейрохирургия*. 2011;2:35-40. [Puras YuV, Talypov AE, Trifonov IS, Krylov VV. Sudorozhnyy sindrom v ostrom periode tyazhelej cherepno-mozgovoј travmy. *Nejrohirurgiya*. 2011;2:35-40. (In Russ.)].
- Leitinger M, Beniczky S, Rohrer A, Gardella E, Kalss G, Qerama E, Höfler J, Hess Lindberg-Larsen A, Kuchukhidze G, Dobesberger J, Langthaler PB, Trinka E. Salzburg Consensus Criteria for Non-Convulsive Status Epilepticus — approach to clinical application. *Epilepsy Behav*. 2015;49:158-163. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2015.05.007>
- Bauerschmidt A, Rubinos C, Claassen J. Approach to managing periodic discharges. *J Clin Neurophysiol*. 2018;35(4):309-313. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000464>
- Kapinos G, Trinka E, Kaplan PW. Multimodal approach to decision to treat critically ill patients with periodic or rhythmic patterns using an ictal-interictal continuum spectral severity score. *J Clin Neurophysiol*. 2018;35(4):314-324. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000468>
- Claassen J. How I treat patients with EEG patterns on the ictal-interictal continuum in the neuro ICU. *Neurocrit Care*. 2009;11(3):437-444. <https://doi.org/10.1007/s12028-009-9295-8>
- Newey CR, Sahota P, Hantus S. Electrographic features of lateralized periodic discharges stratify risk in the interictal-ictal continuum. *J Clin Neurophysiol*. 2017;34(4):365-369. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000370>
- Struck AF, Ustun B, Ruiz AR, Lee JW, LaRoche SM, Hirsch LJ, Gilmore EJ, Vlachy J, Haider HA, Rudin C, Westover MB. Association of an electroencephalography-based risk score with seizure probability in hospitalized patients. *JAMA Neurol*. 2017;74(12):1419-1424. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2017.2459>

36. Alkhachroum AM, Al-Abri H, Sachdeva A, Maturu S, Waldron J, Wang H, Rizvi M, Vaca GF, Lüders HO. Generalized periodic discharges with and without triphasic morphology. *J Clin Neurophysiol*. 2018;35(2):144-150. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000441>
37. Jirsch J, Hirsch LJ. Nonconvulsive seizures: developing a rational approach to the diagnosis and management in the critically ill population. *J Clin Neurophysiol*. 2007;118(8):1660-1670. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.11.312>
38. Assal F, Papazyan JP, Slosman DO, Jallon P, Goerres GW. SPECT in periodic lateralized epileptiform discharges (PLEDs): a form of partial status epilepticus? *Seizure*. 2001;10(4):260-264. <https://doi.org/10.1053/seiz.2000.0506>
39. Struck AF, Westover MB, Hall LT, Deck GM, Cole AJ, Rosenthal ES. Metabolic correlates of the ictal-interictal continuum: FDG-PET during continuous EEG. *Neurocrit Care*. 2016;24(3):324-331. <https://doi.org/10.1007/s12028-016-0245-y>
40. Westhall E, Rossetti AO, Van Rootselaar AF, Wesenberg Kjaer T, Horn J, Ullén S, Friberg H, Nielsen N, Rosén I, Åneman A, Erlinge D, Gasche Y, Hassager C, Hovdenes J, Kjaergaard J, Kuiper M, Pellis T, Stammet P, Wanscher M, Wetterslev J, Wise MP, Cronberg T. Standardized EEG interpretation accurately predicts prognosis after cardiac arrest. *Neurology*. 2016; 86(16):1482-1490. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002462>
41. Efthymiou E, Renzel R, Baumann CR, Poryazova R, Imbach LL. Predictive value of EEG in postanoxic encephalopathy: A quantitative model-based approach. *Resuscitation*. 2017;119:27-32. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.07.020>
42. Grippo A, Carrai R, Scarpino M, Spalletti M, Lanzo G, Cossu C, Peris A, Valente S, Amantini A. Neurophysiological prediction of neurological good and poor outcome in post-anoxic coma. *Acta Neurol Scand*. 2017;135(6):641-648. <https://doi.org/10.1111/ane.12659>
43. Westhall E, Rossetti AO, van Rootselaar AF, Kjaer TW, Horn J, Ullén S, Friberg H, Nielsen N, Rosén I, Åneman A, Erlinge D. Standardized EEG interpretation accurately predicts prognosis after cardiac arrest. *Neurology*. 2016;86(16):1482-1490. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002462>
44. Logi F, Pasqualetti P, Tomaiuolo F. Predict recovery of consciousness in post-acute severe brain injury: the role of EEG reactivity. *Brain Injury*. 2011;25(10):972-979. <https://doi.org/10.3109/02699052.2011.589795>
45. Synek V. Prognostically important EEG coma patterns in diffuse anoxic and traumatic encephalopathies in adults. *J Clin Neurophysiol*. 1988;5(2):161-174.
46. Крылов В.В., Синкин М.В., Алейникова И.Б. Нейрофизиологические методы в нейрохирургии. В кн.: Крылов В.В. (ред.) *Нейрохирургия и нейрореаниматология*. М.: АБВ-пресс; 2018. [Krylov VV, Sinkin MV, Alejnikova IB. Neirofiziologicheskie metody v nejrohirurgii. V kn.: Krylov V.V. (red.) *Nejrohirurgiya i nejroreanimatologiya*. M.: ABV-press; 2018. (In Russ.)].
47. Le Roux P, Menon DK, Citerio G, Vespa P, Bader MK, Brophy GM, Diringer MN, Stocchetti N, Videtta W, Armonda R, Badjatia N, Böesel J, Chesnut R, Chou S, Claassen J, Czosnyka M, De Georgia M, Figaji A, Fugate J, Helbok R, Horowitz D, Hutchinson P, Kumar M, McNett M, Miller C, Naidech A, Oddo M, Olson D, O'Phelan K, Provencio JJ, Puppo C, Riker R, Robertson C, Schmidt M, Taccone F. Consensus summary statement of the International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring in Neurocritical Care: a statement for healthcare professionals from the Neurocritical Care Society and the European Society of Intensive Care Medicine. *Neurocrit Care*. 2014;21(suppl 2):1-26. <https://doi.org/10.1007/s12028-014-0041-5>