План диссертации

Радел1. Обзор аппаратных и программных средств для записи и анализа ЭЭГ сигналов

* 1. Анализ формы сигналов нормальной и патологической активности в ЭЭГ
  2. Принципы работы аппаратно-программных комплексов для проведения ЭЭГ
  3. Обзор существующих программных методов анализа ЭЭГ

Выводы.

Раздел 2. Методика проведения эксперимента

2.1. Разработка программно-аппаратного комплекса для поиска паттернов патологической активности в ЭЭГ сигналах

2.2. Разработка методики поиска паттернов патологической активности в ЭЭГ сигналах

Выводы.

Раздел 3. Исследование эффективности алгоритма поиска паттерна патологической активности а ЭЭГ сигналах.

3.1. Исследование эффективности алгоритма поиска паттерна типа спайк-волна.

Выводы

Раздел 4. Алгоритм программного автоматического детектирования паттернов патологической активности в ЭЭГ сигналах

4.1. Алгоритм формирования сигнала

4.2. Алгоритм поиска параметров паттернов патологической активности в ЭЭГ.

4.3. Алгоритм автоматического поиска паттернов патологической активности в ЭЭГ.

Выводы.

Заключение

Литература.

Радел1. Обзор аппаратных и программных средств для записи и анализа ЭЭГ сигналов

* 1. Анализ формы сигналов нормальной и патологической активности в ЭЭГ
     1. общие сведения об электроэнцефалографии
     2. основные параметры электроэнцефалографического сигнала
     3. общие сведения о патологической активности головного мозга
     4. особенности электроэнцефалограммы при наличии патологий

1.1.1 общие сведения об электроэнцефалографии

Головной мозг состоит из огромного количества нейронов, каждый из которых является генератором собственного электрического импульса. Импульсы должны быть согласованными в пределах небольших участков мозга; могут усиливать или ослаблять друг друга. Сила и амплитуда этих микротоков не стабильны, а должны меняться. Зарегистрировать эту электрическую (ее называют биоэлектрической) активность мозга можно с помощью специальных металлических электродов, наложенных на неповрежденную кожу головы. Они улавливают колебания мозга, усиливают их и записывают в виде различных колебаний. Процесс регистрация этой биоэлектрической активности головного мозга и называется электроэнцефалография (ЭЭГ) - метод исследования деятельности головного мозга, основанный на суммарной регистрации биоэлектрической активности отдельных его зон и областей. ЭЭГ применяется в современной нейрофизиологии, а также в неврологии и психиатрии. Понятие электроэнцефалографии связывают с именем австрийского психиатра Ганса Бергера, который впервые осуществил в 1928 году регистрацию электрических потенциалов головного мозга у человека, используя скальповые игольчатые электроды.

Биоэлектрическая активность возникает между двумя точками мозга, а также между точками мозга и удаленными от него тканями организма возникают переменные разности потенциалов. Возбуждение нервных элементов, согласно современным представлениям, возникает в результате процесса их поляризации и деполяризации. Благодаря избирательной проницаемости оболочки нервной клетки по отношению к возникающим потенциалам в состоянии покоя на наружной стороне оболочки нервной клетки устанавливается положительный заряд, а на внутренней - отрицательный. Возникающие при непрерывно происходящей поляризации и деполяризации различных нервных элементов головного мозга биоэлектрические токи взаимодействуют между собой и дают сложную интерференционную кривую ЭЭГ.

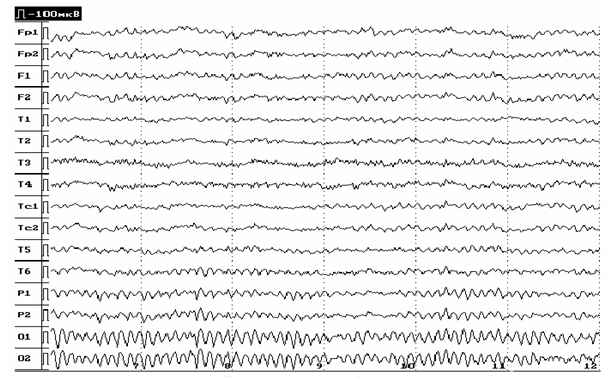


Рисунок пример

Анализ электроэнцефалографических данных требует опытного и квалифицированного специалиста, основной задачей которого является выделение на ЭЭГ значимых признаков, идентификация их параметров и, далее, составление на их основании заключения. К основным методам анализа ЭЭГ относятся статистические и визуальный методы. Визуальный анализ ЭЭГ производиться электрофизиологом непосредственно по данным электроэнцефалограмме, выявляя особенности активности головного мозга, которые отличают их от других. При этом электрофизиолог опирается на общепринятые нормы, и рассматривает отклонения отдельных элементов от этих норм. Применяя такой метод анализа, результат будет в большей мере зависеть от квалификации и опыта врача, так как каждый врач может интерпретировать показатели по своему, несмотря на существующие нормы. Большое распространение стали получать статистические методы, так как наиболее точный анализ ЭЭГ возможен только при условии того, что будут учитываться частота и амплитуда сигналов. Однако статистические методы применяются только, когда измеряемые параметры не меняются, т.е. стационарные параметры. Но для анализа ЭЭГ они также применяются благодаря тому, что доказана стационарность ЭЭГ на протяжении нескольких секунд. Для наиболее грамотного анализа используют принцип преобразования Фурье, который заключается в том, что сумма синусоидальных волн с разной амплитудой и частотой математически равна волне любой сложной формы. Для того чтобы выявить, какие составляющие преобладают (периодические или случайные) используют в дополнении автокорреляционную функцию.

1.1.2 основные параметры электроэнцефалографического сигнала

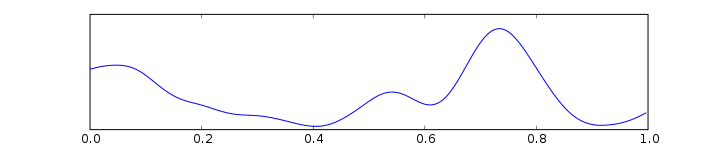
Характер ЭЭГ определяется функциональным состоянием нервной ткани, а также протекающими в ней обменными процессами. Нарушение кровоснабжения приводит к подавлению биоэлектрической активности коры больших полушарий. Электрическая активность мозга может быть зафиксирована не только в период бодрствования, но и во время сна. Даже при глубокой коме и наркозе наблюдается особая характерная картина ритмических процессов (волн ЭЭГ).

Сигнал ЭЭГ представляет собой сложный случайный колебательный электрический процесс, который характеризуется частотой, амплитудой и фазой. Поэтому на каждом участке записи встречаются волны различных частот, и смыслом анализа является выделение частотных ритмов из энцефалографического сигнала.

Под понятием частотный ритм ЭЭГ подразумевается определенный тип электрической активности, соответствующий некоторому состоянию мозга, для которого определены границы диапазона частот.

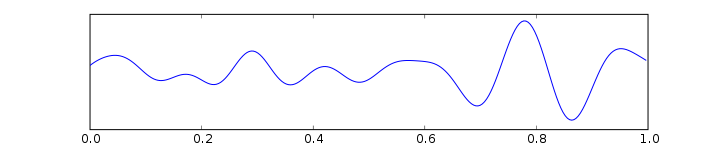
Наиболее часто для анализа используются четыре основных ритма.

• Дельта-ритм. Частота 0.5-3 Гц, амплитуда, как правило, превосходит 40 мкВ, иногда при сильных патологиях может достигать 300мкВ. ). Возникает как при глубоком естественном [сне](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD), так и при наркотическом, а также при [коме](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%B0_(%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%B0)).



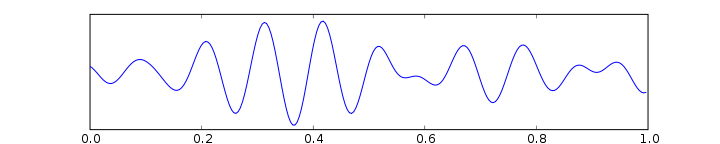
Рисунок

• Тета-ритм. Частота 4-6 Гц, амплитуда такая же, как и у дельта-ритма. Тета ритм низкой амплитуды (25 — 35 мкВ) входит как компонента в нормальную энцефалограмму. Наиболее ярко тета-ритм выражен у детей (2—8 лет).



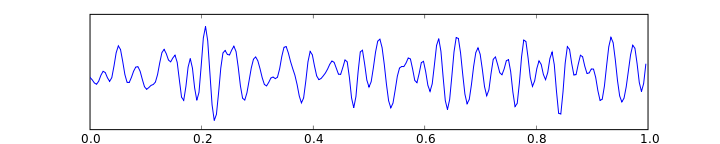
Рисунок

• Альфа-ритм. Частота 8-13 Гц, амплитуда до 100мкВ. Является наиболее информативным и, в большинстве случаев, доминирующим при анализе ЭЭГ. Лучше всего выражен в затылочных отделах. По направлению к лобным отделам его амплитуда уменьшается. Наибольшую амплитуду альфа-ритм имеет в состоянии спокойного расслабленного бодрствования, особенно при закрытых глазах. В большинстве случаев достаточно регулярно наблюдаются спонтанные изменения амплитуды, так называемые модуляции альфа-ритма, выражающиеся в чередующемся нарастании и снижении амплитуды волн с образованием характерных “веретен” - амплитудно-модулированных колебаний ЭЭГ, длительность которых может быть от 2 до 8 секунд.



Рисунок

• Бета-ритм. Частота 14-35 Гц, амплитуда в норме не более 15 мкВ. Выявляется преимущественно в передних отделах головного мозга во время активного бодрствования. Выраженность бета ритма возрастает при предъявлении нового неожиданного стимула, в ситуации внимания, при умственном напряжении, эмоциональном возбуждении.



Рисунок

Существуют еще так называемые Мю-ритм и Гамма-ритм. Мю-pитм частота 8-13 Гц, амплитуда до 50 мкВ. Он называется также wicket (англ.), - аркообразный ритм, имеет параметры, совпадающие с параметрами нормального α -ритма, и отличается от него некоторыми физиологическими свойствами и топографией. Визуально регистрируемый мю-ритм наблюдается у относительно небольшого числа индивидуумов (5-15%) и регистрируется в роландической области, т.е. соответственно распределению β-ритма. Активизируется мю-ритм во время умственной нагрузки и психического напряжения. Аналогично β -ритму, мю-ритм снижается (или в небольшом числе случаев нарастает) по амплитуде при двигательной активации или соматосенсорной стимуляции, в связи с чем его ещё называют «сензоримоторным ритмом». Но эти два ритма, на данный момент, не относят к основным ритмам электроэнцефалографии, т.к. они не имеют диагностической ценности в анализе.

У здорового человека могут различаться ЭЭГ в зависимости от физиологического состояния (сон и бодрствование, восприятие зрительных или слуховых сигналов, разнообразные эмоции и т. п.). ЭЭГ здорового взрослого человека, находящегося в состоянии относительного покоя, обнаруживает два основных типа ритмов: α-ритм, характеризующийся частотой колебаний в 8-13 Гц, и β-ритм, проявляющийся частотой в 14-30 Гц.

Помимо понятия ритм в электроэнцефалографии используется термин феномен. Под ним подразумевается участок записи, отличающийся по своим параметрам от фоновой записи и имеющий диагностическую ценность при анализе. Наиболее известными и важными среди них являются эпилептическая активность, пики, или спайки, медленные волны, комплексы пик – волна и острая волна - медленная волна.

Эпилептическая активность (иначе судорожная активность). Эти колебания подразумевают связь их с мышечными судорогами и судорожными приступами, возникающими при эпилепсии. Одной из основных особенностей мозга при эпилепсии является свойство нейронов давать более активные реакции возбуждения и вступать в синхронизированную активность. Процесс синхронизации активности нейронов приводит к нарастанию амплитуды волн на ЭЭГ в результате суммации во времени амплитуд синфазных колебаний. В случае, если разряды отдельных нейронов очень плотно группируются во времени, помимо нарастания амплитуды наблюдается уменьшение длительности суммарного потенциала, что приведет к образованию высокоамплитудного, но короткого феномена - пика. Именно такого рода потенциалы и соответствуют эпилептической активности на ЭЭГ.

Пик, или спайк. Соответствуя названию, этот потенциал имеет пикоподобную форму. Длительность его 5-50 мс. Амплитуда, как правило, превосходит амплитуду фоновой активности и может достигать сотен и даже тысяч микровольт. Иногда пики группируются в короткие или более длинные пачки, образуя феномен, носящий название “множественные пики”.

Близким по происхождению феноменом, свойственным эпилептическому синдрому, является острая волна. Внешне она напоминает пик и отличается от него только растянутостью во времени. Длительность острой волны более 50 мс. Амплитуда может достигать тех же значений, что и амплитуда пиков.

Учитывая вышеперечисленные особенности ЭЭГ можно отметить, что при ее исследовании выполняются следующие процедуры:

- съем ЭЭГ;

- фильтрация и подавление помех и артефактов;

- определение интегральных характеристик ЭЭГ с помощью визуальной оценки и с применением методов математической обработки;

- формирование заключения с отнесением ЭЭГ к некоторому варианту нормы или к патологическому классу.

1.1.3 общие сведения о патологической активности головного мозга

Биоэлектрическую активность головного мозга можно зарегистрировать при расположении электродов на мозге или на поверхности скальпа, и является результатом электрической суммации и фильтрации элементарных процессов, протекающих в нейронах головного мозга.

Многочисленные исследования показывают, что электрические потенциалы отдельных нейронов головного мозга связаны тесной и достаточно точной количественной зависимостью с информационными процессами.

Для того чтобы нейрон генерировал потенциал действия, передающий сообщение другим нейронам или эффекторным органам (железы или мышцы), необходимо, чтобы собственное его возбуждение достигло определенной пороговой величины. Уровень возбуждения нейрона определяется суммой возбуждающих и тормозных воздействий, оказываемых на него в данный момент через синапсы. Если сумма возбуждающих воздействий больше суммы тормозных на величину, превышающую пороговый уровень, нейрон генерирует нервный импульс, распространяющийся затем по аксону. Описанным тормозным и возбуждающим процессам в нейроне и его отростках соответствуют определенной формы электрические потенциалы.

Мембрана - оболочка нейрона - обладает электрическим сопротивлением. За счет энергии обмена веществ концентрация положительных ионов в экстраклеточной жидкости поддерживается на более высоком уровне, чем внутри нейрона. В результате существует разность потенциалов, которую можно измерить, введя один микроэлектрод внутрь клетки, а второй расположив экстраклеточно. Эта разность потенциалов называется потенциалом покоя нервной клетки и составляет около 60-70 мВ, причем внутренняя среда заряжена отрицательно относительно экстраклеточного пространства. Наличие разности потенциалов между внутриклеточной и внеклеточной средой носит название поляризации мембраны нейрона. Увеличение разности потенциалов называется соответственно гиперполяризацией, а уменьшение - деполяризацией.

Наличие потенциала покоя является необходимым условием нормального функционирования нейрона и генерирования им электрической активности. При прекращении обмена веществ или снижении его ниже допустимого уровня различия концентраций заряженных ионов по обе стороны мембраны сглаживаются, с чем связано прекращение электрической активности в случае клинической или биологической смерти мозга. Потенциал покоя является тем исходным уровнем, на котором происходят изменения, связанные с процессами возбуждения и торможения, - спайковая импульсная активность и градуальные более медленные изменения потенциала. Спайковая активность (от англ. spike - острие) характерна для тел и аксонов нервных клеток и связана с бездекрементной передачей возбуждения от одной нервной клетки к другой, от рецепторов к центральным отделам нервной системы или от центральной нервной системы к исполнительным органам. Спайковые потенциалы возникают в момент достижения мембраной нейрона некоторого критического уровня деполяризации, при котором наступает электрический «пробой» мембраны и начинается самоподдерживающийся процесс распространения возбуждения в нервном волокне. При внутриклеточной регистрации спайк имеет вид высокоамплитудного, короткого, быстрого положительного пика.

Характерными особенностями спайков являются их высокая амплитуда (порядка 50-125 мВ), небольшая длительность (порядка 1-2 мс), приуроченность их возникновения к достаточно строго ограниченному электрическому состоянию мембраны нейрона (критический уровень деполяризации) и относительная стабильность амплитуды спайка для данного нейрона (закон «все или ничего»).

Градуальные электрические реакции присущи в основном дендритам в соменейрона и представляют собой постсинаптические потенциалы (ПСП), возникающие в ответ на приход к нейрону спайковых потенциалов по афферентным путям от других нервных клеток. В зависимости от активности возбуждающих или тормозящих синапсов соответственно различают возбуждающие постсинаптические потенциалы (ВПСП) и тормозные постсинаптические потенциалы (ТПСП). ВПСП проявляется положительным отклонением внутриклеточного потенциала, а ТПСП - отрицательным, что соответственно обозначается как деполяризация и гиперполяризация. Эти потенциалы отличаются локальностью, декрементным распространением на очень короткие расстояния по соседним участкам дендритов и сомы, сравнительно малой амплитудой (от единиц до 20-40 мВ), большой длительностью (до 20-50 мс). В отличие от спайка, ПСП возникают в большинстве случаев независимо от уровня поляризации мембраны и имеют различную амплитуду в зависимости от объема афферентной посылки, пришедшей к нейрону и его дендритам. Все эти свойства обеспечивают возможность суммации градуальных потенциалов во времени и пространстве, отображающей интегративную деятельность определенного нейрона. Именно процессы суммации ТПСП и ВПСП определяют уровень деполяризации нейрона и, соответственно, вероятность генерации нейроном спайка, т.е. передачи накопленной информации другим нейронам (рис. 1).

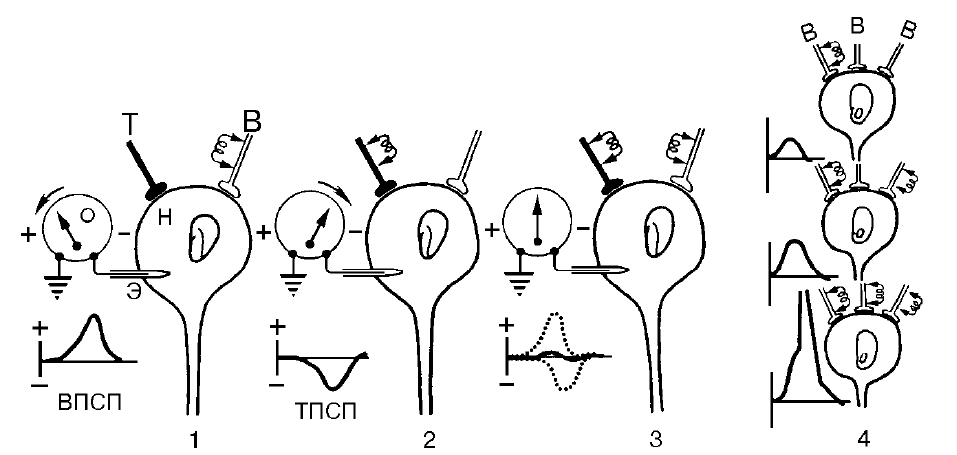


Рисунок изменение мембраны потенциала нейрона при возбуждающем и тормозном синаптическом воздействии

Как видно, оба эти процесса оказываются тесно связанными: если уровень спайковой бомбардировки, обусловленной приходом спайков по афферентным волокнам к нейрону, определяет колебания мембранного потенциала, то уровень мембранного потенциала (градуальные реакции) в свою очередь обусловливает вероятность генерации спайка данным нейроном (рис. 2).

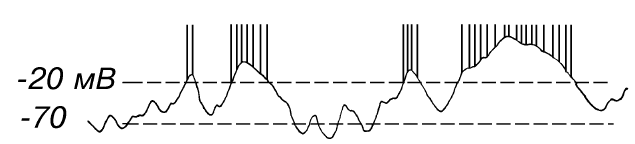


Рисунок Соотношения между колебаниями уровня соматодендритных ПСП с генерацией нейроном спайков. — 70 мВ — потенциал покоя мембраны.

— 20 мВ — уровень критической деполяризации, ниже которого возникает генерация нейроном потенциала действия — спайка. Видно соответствие периодов генерации спайков периодам избыточной деполяризации мембраны нейрона, вызванной возбудительной синаптической активацией.

Как следует из изложенного выше, спайковая активность представляет собой значительно более редкое событие, чем градуальные колебания соматодендритного потенциала. Приблизительное соотношение между временным распределением этих событий можно получить из сопоставления следующих цифр: спайки генерируются нейронами мозга со средней частотой 10 в секунду; в то же время по каждому из синаптических окончаний к дендритам и соме притекает соответственно в среднем 10 синаптических воздействий за секунду. Если учесть, что на поверхности дендритов и сомы одного коркового нейрона могут оканчиваться до нескольких сотен и тысяч синапсов, то объем синаптической бомбардировки одного нейрона, а соответственно и градуальных реакций, составит несколько сотен или тысяч за секунду. Отсюда соотношение между частотой спайковой и градуальной реакции одного нейрона составляет 1-3 порядка. Относительная редкость спайковой активности, кратковременность импульсов, приводящая к их быстрому затуханию из-за большой электрической емкости коры, определяют отсутствие значительного вклада в суммарную ЭЭГ со стороны спайковой нейронной активности

Таким образом, электрическая активность мозга отображает градуальные коле\_

бания соматодендритных потенциалов, соответствующих ВПСП и ТПСП. Связь

ЭЭГ с элементарными электрическими процессами на уровне нейронов нелиней\_

ная. Наиболее адекватной в настоящее время представляется концепция статис\_

тического отображения активности множественных нейронных потенциалов

в суммарной ЭЭГ. Она предполагает, что ЭЭГ является результатом сложной сум\_

мации электрических потенциалов многих нейронов, работающих в значитель\_

ной степени независимо. Отклонения от случайного распределения событий

в этой модели будут зависеть от функционального состояния мозга (сон, бодрст\_

вование) и от характера процессов, вызывающих элементарные потенциалы

(спонтанная или вызванная активность). В случае значительной временной син\_

хронизации активности нейронов, как это отмечается при некоторых функцио\_

нальных состояниях мозга или при поступлении на корковые нейроны высо\_

косинхронизированной посылки от афферентного раздражителя, будет наблю\_

даться значительное отклонение от случайного распределения. Это может реали\_

зоваться в повышении амплитуды суммарных потенциалов и увеличении коге\_

рентности между элементарными и суммарными процессами

.

Список литературы

1. <http://ilab.xmedtest.net/?q=node/6112>
2. <http://www.neuroplus.ru/diagnostika/elektroencefalografiya.html>
3. <https://diagnostic-md.ru/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7-%D1%8D%D1%8D%D0%B3>
4. <http://ilab.xmedtest.net/?q=node/4710>