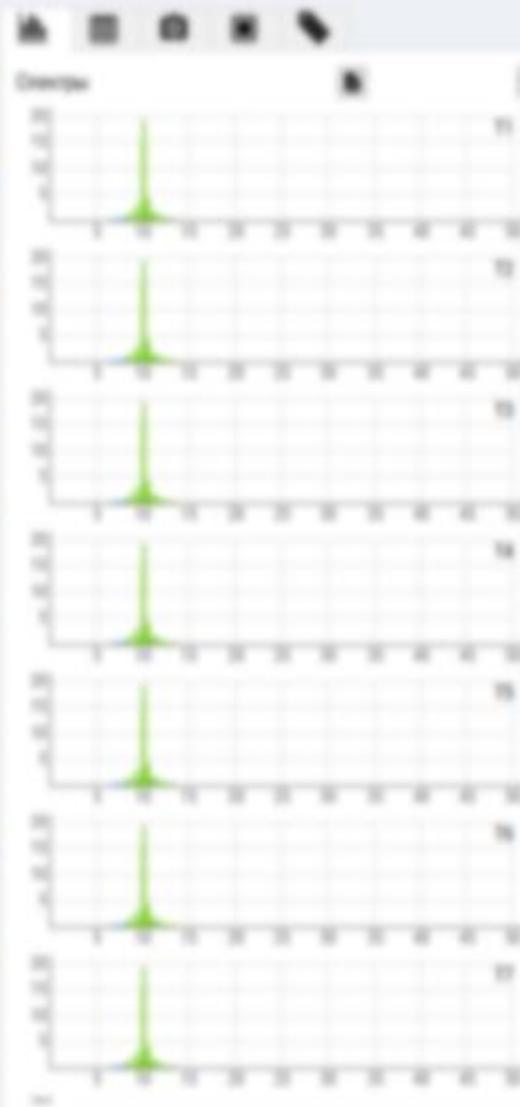
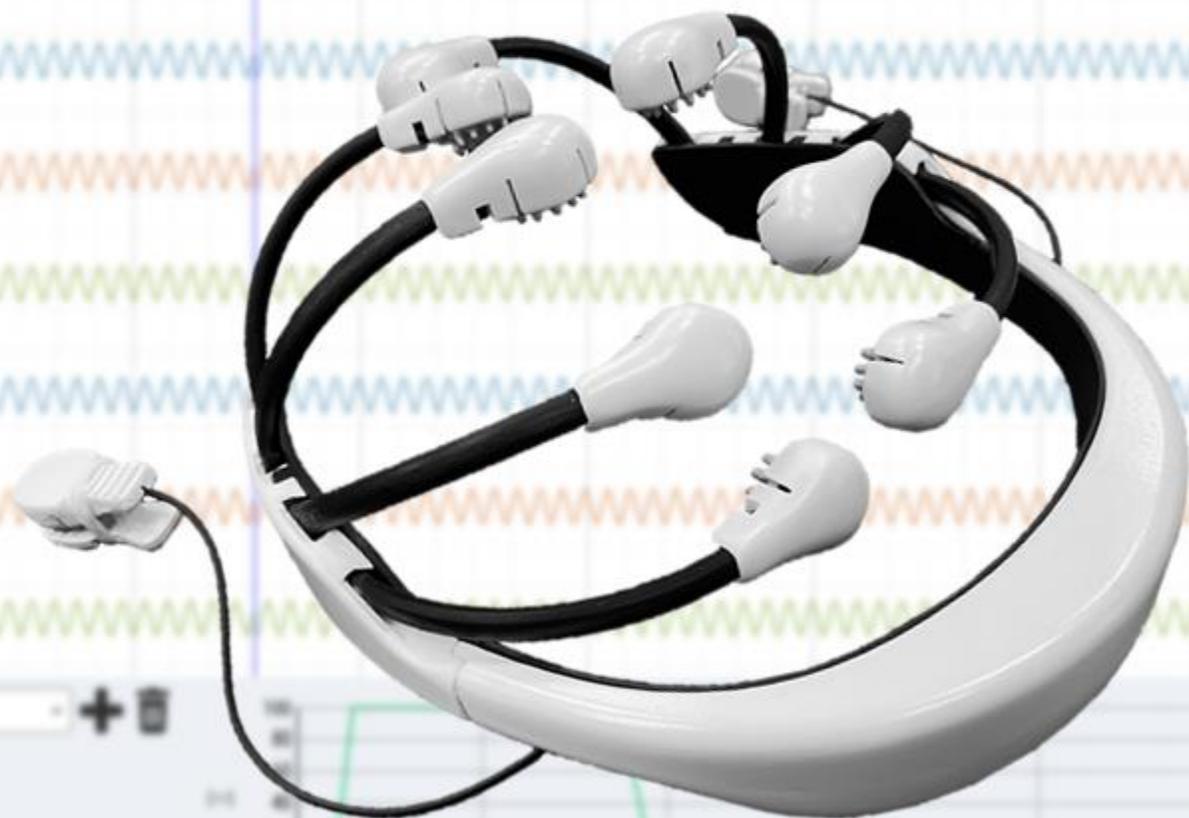


NEUROBOTICS

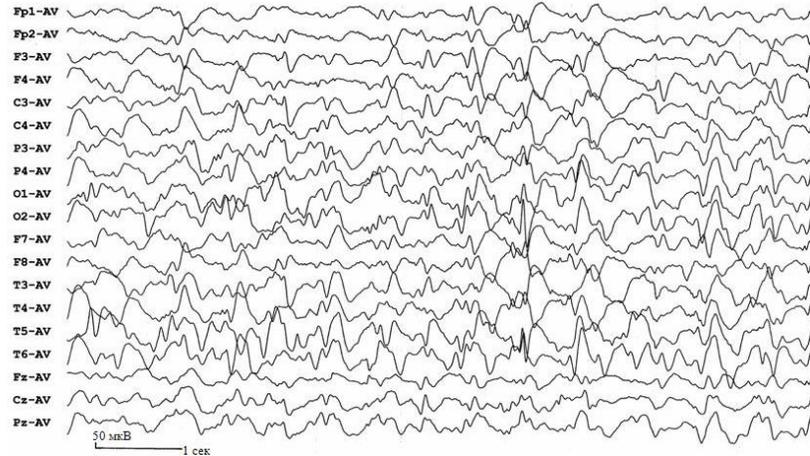


Нейроассистивные
Технологии

ОСНОВЫ ЭЭГ

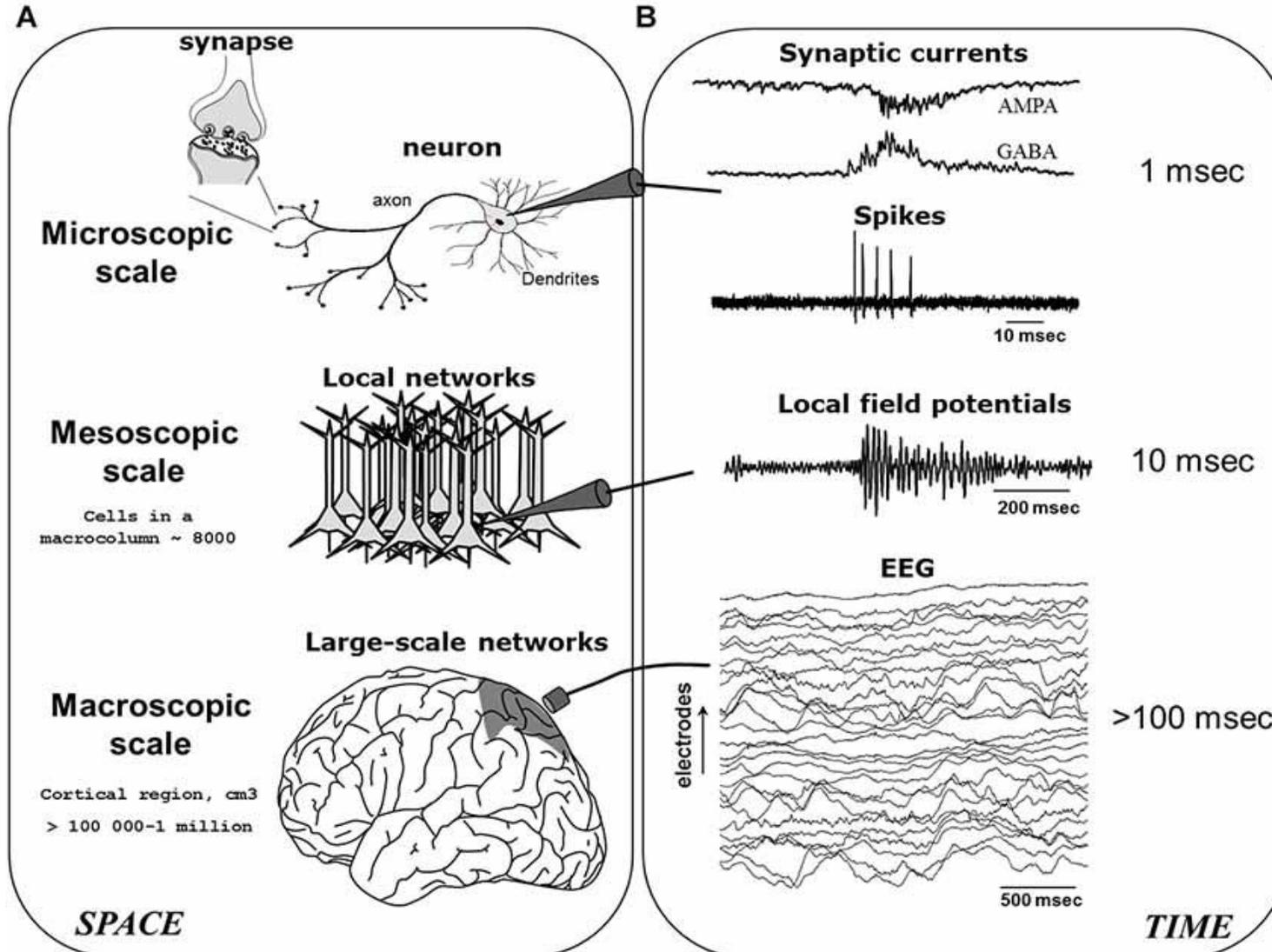


Электроэнцефалография (ЭЭГ) - метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его электрических потенциалов.



ЭЭГ представляет собой отражение сложного колебательного электрического процесса, который является результатом временной и пространственной суммации элементарных процессов, протекающих в нейронах головного мозга.

Генерация ЭЭГ сетью осцилляторов



ЭЭГ сигнал является интеграцией нейрональной активности в различных пространственных (A) и временных (B) шкалах. (Le Van Quyen (2011)).

Временная и пространственная суммация потенциалов

Уровень возбуждения нейрона определяется суммой возбуждающих и тормозных воздействий, приходящих к нему по синапсам. Если сумма возбуждающих воздействий больше суммы тормозных, нейрон генерирует импульс, распространяющийся по аксону.

Оболочка сомы нейрона – мембрана - обладает эл. сопротивлением. За счет энергии обмена веществ в концентрации положительных ионов во внеклеточной жидкости выше, чем внутри нейрона.

Эта разность потенциалов (потенциал покоя) - составляет 60- 70 мВ, причем внутренняя среда заряжена отрицательно.

Наличие разницы потенциалов между внутриклеточной и внеклеточной средой носит название поляризации мембраны нейрона. Увеличение разности потенциалов называется гиперполяризацией, а уменьшение – деполяризацией.

Биоэлектрическая активность мозга, регистрируемая методом ЭЭГ, представляет из себя колебания разности потенциалов между двумя точками на поверхности головы обследуемого.

На каждый канал регистрирующего прибора подаются напряжения, отведенные двумя электродами: одно на положительный, другое на отрицательный вход канала усиления.

Электроэнцефалографы представляют собой многоканальные устройства, позволяющие регистрировать электрическую активность (ЭА) от соответствующего числа пар электродов, установленных на голове обследуемого.

В современной электроэнцефалографии используются в основном стационарные и мобильные электроэнцефалографы.

Отведение и запись ЭЭГ

Требования к схемам отведений электродов:

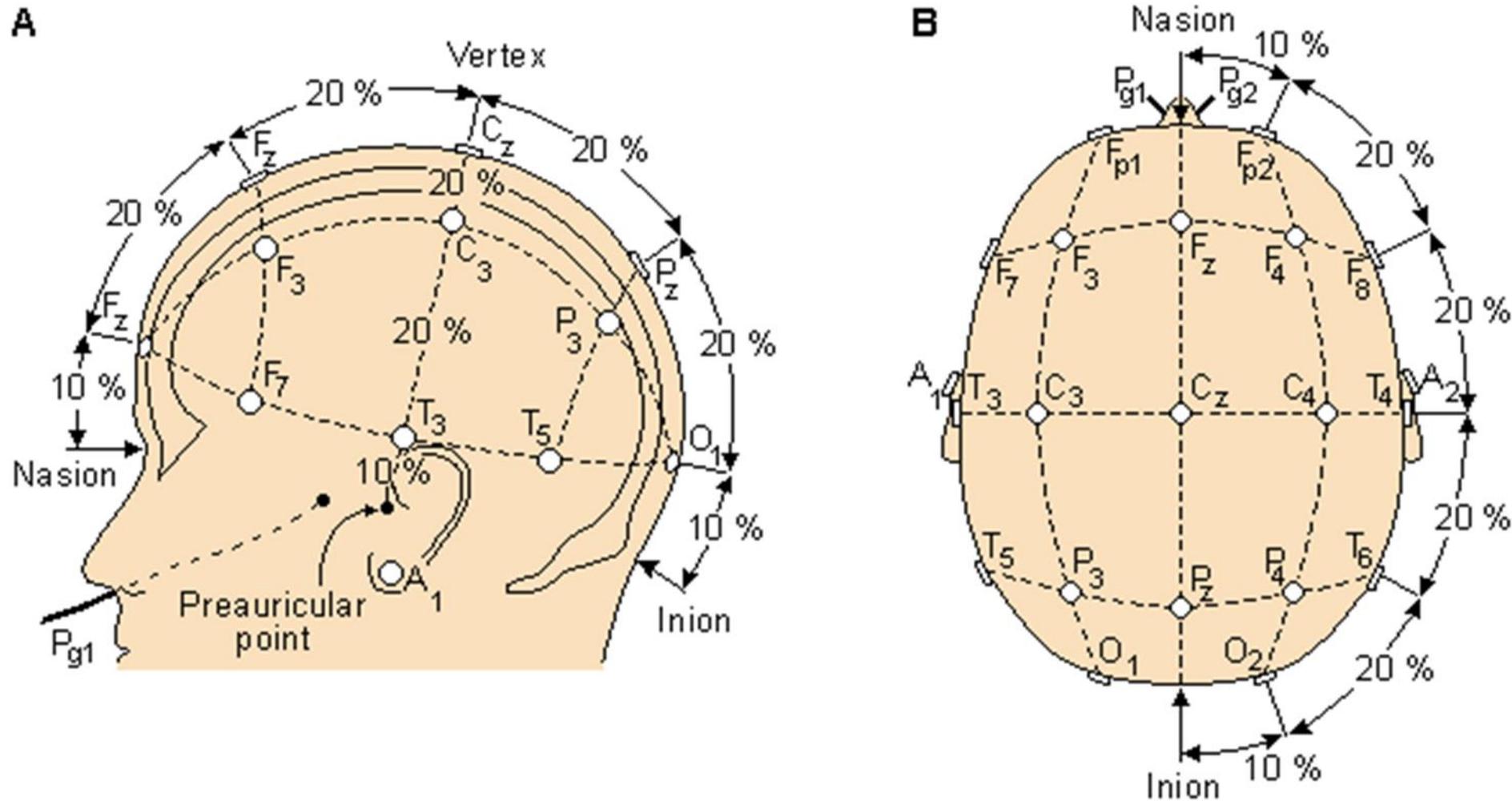
1. Должны быть представлены все основные отделы конвекситальной поверхности мозга - лобные, центральные, теменные, затылочные, передние и задние височные;
2. Поскольку одной из основных характеристик нормальной ЭЭГ является ее симметричность, электроды должны располагаться симметрично относительно сагиттальной линии головы;
3. Так как разность потенциалов зависит от расстояния между электродами, то расстояния между всеми соседними электродами должны быть одинаковыми.

Схема расположения электродов

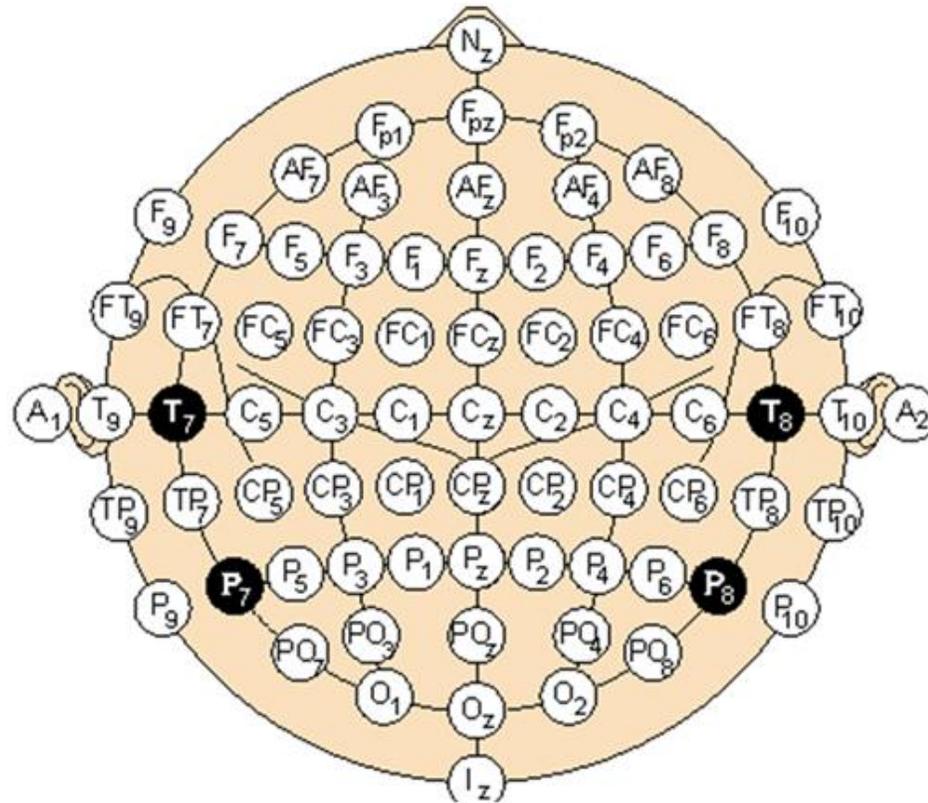
В электроэнцефалографии используют международную систему “10-20” (Jasper H. 1957).

Точки расположения электродов в системе “10-20” определяют следующим образом. Измеряют расстояние по саггитальной линии от *inion* и *nasion* и принимают его за 100%. В 10% этого расстояния от *inion* и *nasion* устанавливают соответственно нижний лобный (Fp) и затылочный (O) саггитальные электроды. Остальные саггитальные электроды (Fz, Cz, Pz) располагают между этими двумя на равных расстояниях, составляющих 20% от расстояния *inion* - *nasion*.

Вторая основная линия проходит между двумя слуховыми проходами через vertex (Cz).



Международная схема "10-20", вид слева (A), вид сверху (B). А = мочка уха, С = central, Pg = nasopharyngeal, P = parietal, F = frontal, Fp = frontal polar, O = occipital.



Расположение и номенклатура промежуточных 10% электродов, стандартизированных Американским электроэнцефалографическим обществом. (Redrawn от Sharbrough, 1991.).

Варианты отведения потенциалов

Монополярным называют отведение, когда на один из входов усилителя подается электрический потенциал от электрода, стоящего над определенной областью мозга, а на другой - потенциал от электрода, установленного на определенном удалении от мозга. Электрод, расположенный над мозгом называют активным, рабочим (*exploring*). Электрод, удаленный от мозговой ткани, называют пассивным, референтным или индифферентным.

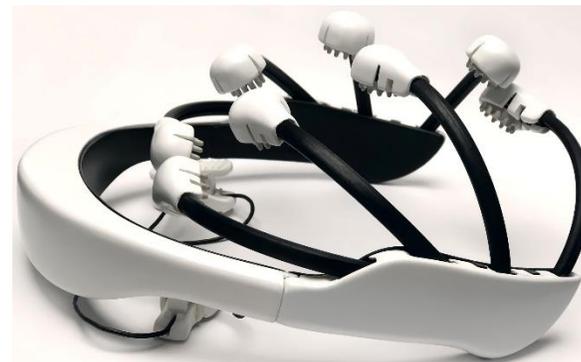
Биполярным называют отведение, при котором к положительному и отрицательному входам усилителя присоединяют электроды, расположенные над мозгом.

В этом случае, регистрируемый потенциал отражает сумму колебаний потенциала под двумя электродами, и вывод о форме колебания потенциала под каждым из электродов сделать невозможно.

Электроды

При записи ЭЭГ регистрируется разность потенциалов между двумя точками поверхности головы обследуемого.

Соответственно этому на каждый канал регистрации подаются напряжения, отведенные двумя электродами: одно на положительный, другое на отрицательный вход канала усиления.



После электродов эл.потенциалы подаются на усилитель. Он содержит ряд пронумерованных контактных гнезд для подключения электродов к усилителю. Гнездо для подключения к приборной земле усилителя электрода, который размещается на теле испытуемого и называется электродом заземления

Фильтры

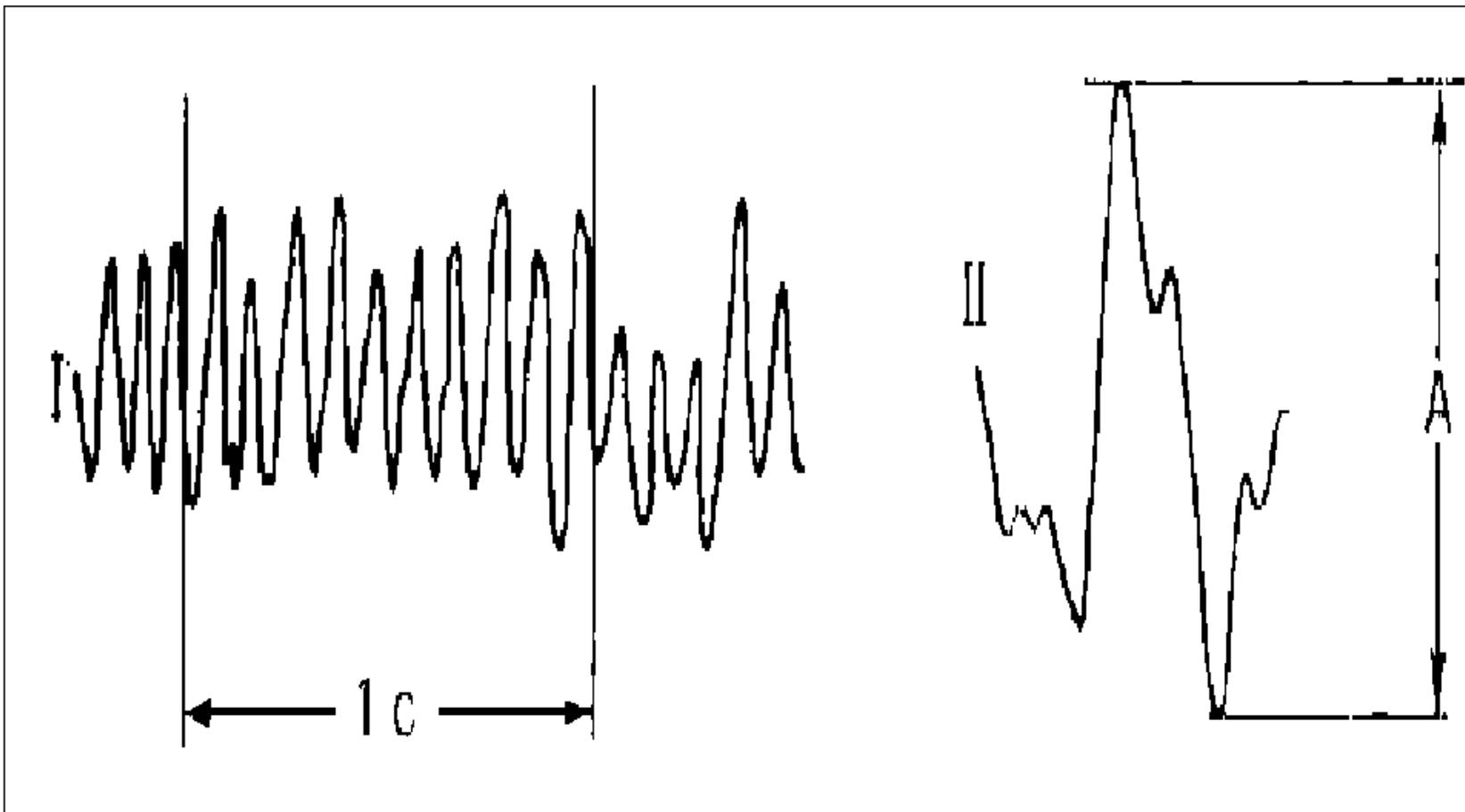
Фильтр высоких частот - устройство, которое понижает чувствительность канала ЭЭГ к относительно высоким частотам.

Фильтр низких частот - устройство, которое понижает чувствительность канала ЭЭГ к относительно низким частотам.

Основные характеристики ЭЭГ

Частота - определяется количеством колебаний в секунду, ее записывают соответствующим числом и выражают в герцах (Гц). Поскольку ЭЭГ представляет собой вероятностный процесс, на каждом участке записи встречаются волны различных частот, поэтому в заключение приводят среднюю частоту оцениваемой активности.

Амплитуда - размах колебаний электрического потенциала на ЭЭГ, ее измеряют от пика предшествующей волны до пика последующей волны в противоположной фазе; оценивают амплитуду в микровольтах (мкВ).



Измерение частоты (I) и амплитуды (II) на ЭЭГ.

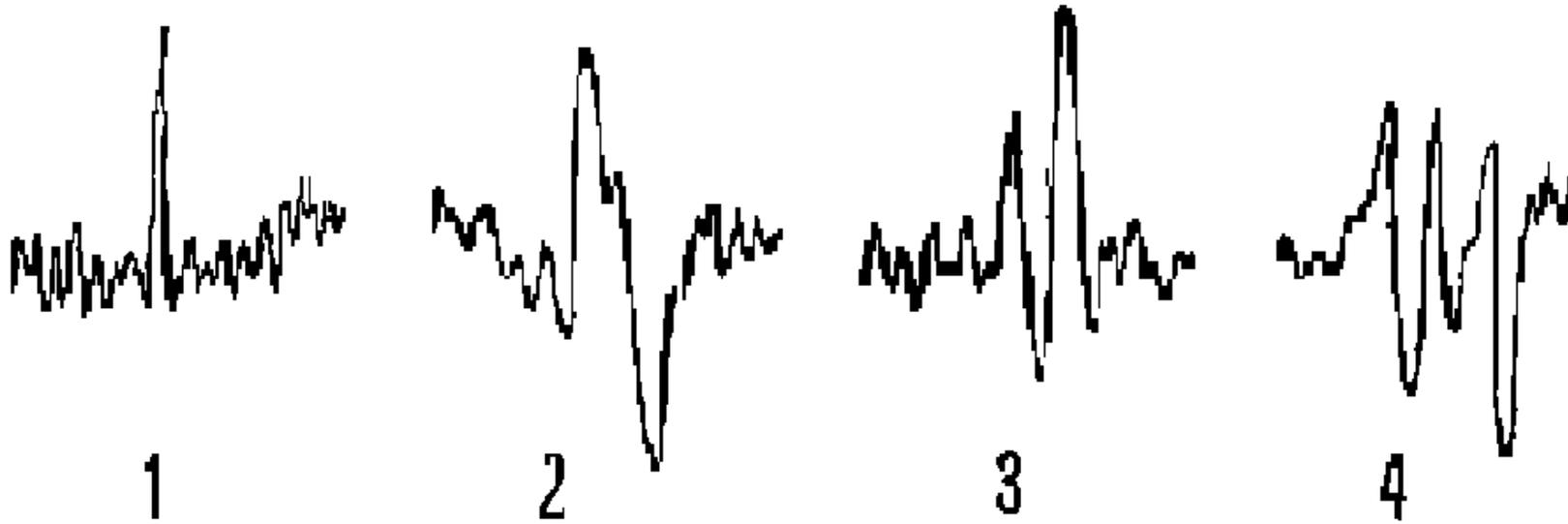
Частота измеряется как число волн в единицу времени (1 с).

A — амплитуда.

Фаза - определяет текущее состояние процесса и указывает направление вектора его изменений. Волны различной частоты и отдельные пики могут появляться в одно и то же время на разных каналах тогда их называют **синфазными**. Фазовые различия могут быть выражены в угловой величине.

Некоторые феномены на ЭЭГ оценивают количеством фаз, которые они содержат.

Монофазным называется колебание в одном направлении от изоэлектрической линии с возвратом к исходному уровню, двухфазным - такое колебание, когда после завершения одной фазы кривая переходит к исходному уровню, отклоняется в противоположном направлении и возвращается к изоэлектрической линии. Полифазными называют колебания, содержащие три и более фаз.



Монофазный спайк (1), двухфазное колебание(2), трехфазное (3), полифазное (4).

Ритмы ЭЭГ взрослого человека.

Под понятием "ритм" на ЭЭГ подразумевается определённый тип ЭА, соответствующий некоторому определённому состоянию мозга и связанный с определёнными церебральными механизмами.

При описании ритма указывается его частота, типичная для определённого состояния и области мозга, амплитуда и некоторые характерные черты его изменений при изменениях функциональной активности мозга.

Сверхмедленные потенциалы коры имеют период колебаний от нескольких секунд до нескольких часов и амплитуду от сотен микровольт до десятков милливольт. Регистрируются специальными усилителями постоянного тока. Условно их разделяют на 5 групп в соответствии с периодом колебаний: секундные – от 3 до 10 с., декасекундные – от 5 до 60 с., минутные от 2 до 9 мин., декаминутные - от 10 до 20 мин. и часовые от 0,5 до 1,5 ч.

Основные частотные диапазоны и ритмы мозга

Частотный диапазон ритмических колебаний биопотенциалов, которые могут быть зарегистрированы на ЭЭГ и имеют диагностическое значение, лежит в интервале от 0,3 до 35 Гц.

Согласно международной классификации все колебания делятся на следующие частотные диапазоны, обозначаемые буквами греческого алфавита:

δ дельта - ниже 3,5 кол /сек (обычно 0,1 - 3,5/сек),

θ тета - 4 - 7,5 кол/сек,

α альфа - 8 - 13 кол /сек,

β бета - свыше 13 кол /сек

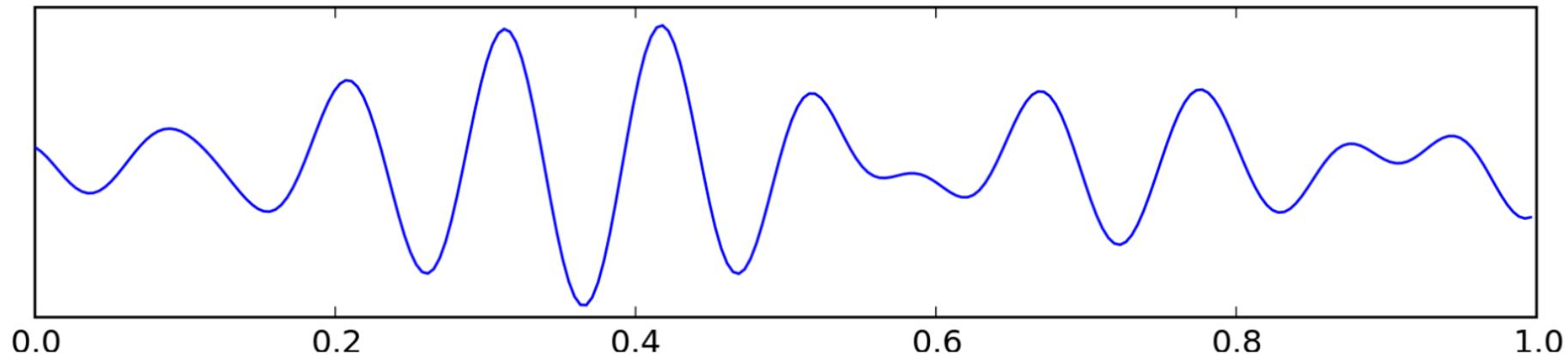
γ гамма - часть бета-диапазона в интервале 35 - 45 кол/сек.

Частота ритма и длина волны

δ				θ			α			β							
{дельта}				{тета}			{альфа}			{бета}							
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
1				4			8			13 Гц (Частота)							
1000				250			125			77 мсек (Длина волны)							

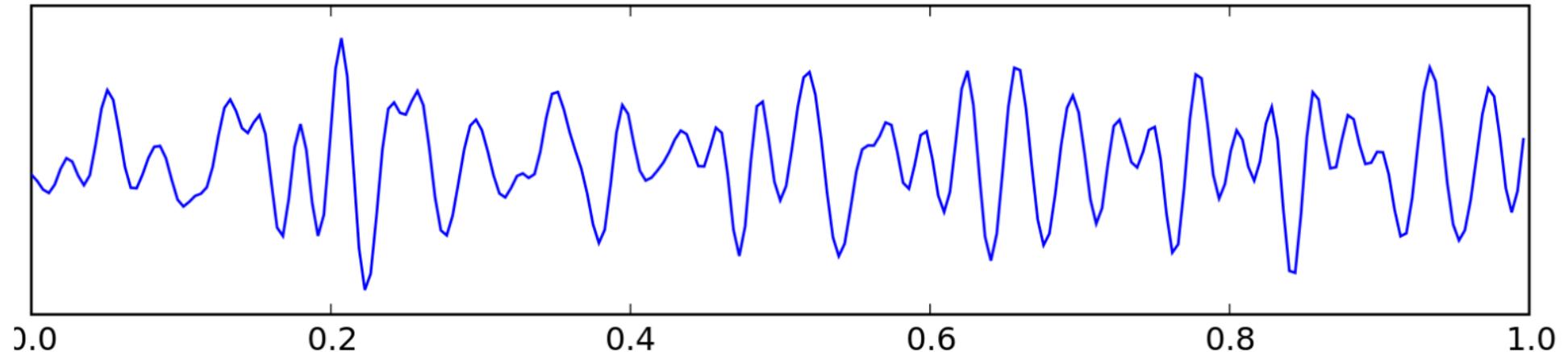
Альфа-ритм

Частота **альфа-ритма** находится в диапазоне от 8 до 14 Гц, амплитуда 30-70 мкВ, с возрастом амплитуда может снижаться. Он проявляется у более 90% здоровых людей. Наиболее высокую амплитуду имеет альфа-ритм, зафиксированный в спокойном состоянии человека, который находится в тёмном помещении с закрытыми глазами. Наиболее выражен в затылочной области. При зрительном внимании или мыслительной активности альфа-ритм частично блокируется или полностью прекращается.



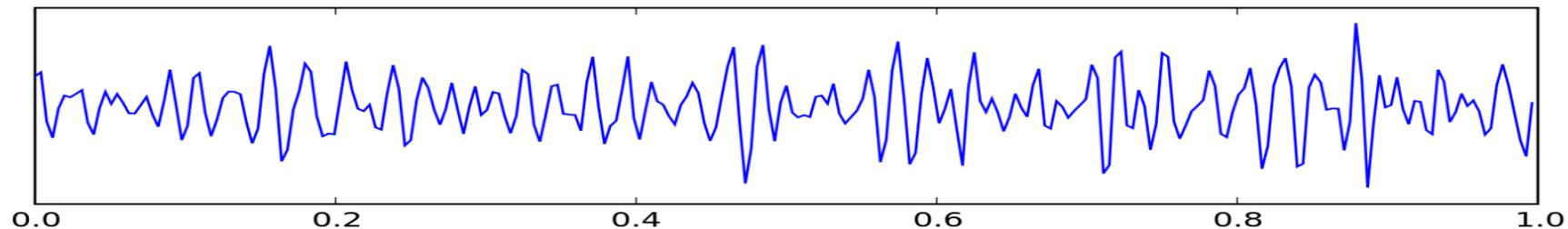
Бета-ритм

Бета-ритм имеет частоту от 13 до 30 Гц, амплитуду 5-30 мкВ. Возникает при активном состоянии пациента. Наиболее сильно этот ритм выражен в лобных областях, но при различных видах интенсивной деятельности резко усиливается и распространяется на другие области мозга. Так, выраженность бета-ритма возрастает при предъявлении нового неожиданного стимула, в ситуации внимания, при умственном напряжении, эмоциональном возбуждении. Амплитуда в 4–5 раз меньше, чем у альфа-волн.



Гамма-ритм

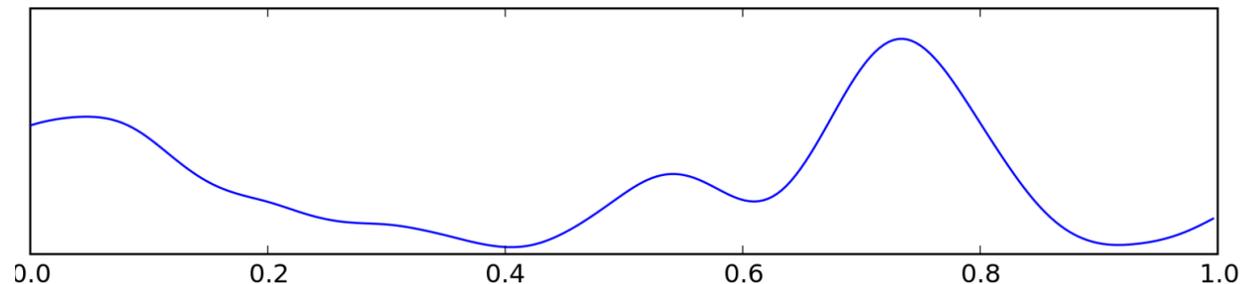
Диапазон **гамма-ритма** варьирует от 30 до 120-180 Гц. Он имеет низкую амплитуду (2-10мкВ). Если амплитуда гамма-ритма превышает 15мкВ, то это свидетельствует о наличии нарушения деятельности головного мозга, в результате которого снижаются когнитивные способности пациента. Гамма-ритм наблюдается при решении задач, требующих максимального сосредоточенного внимания. Это ритм собранности и концентрации на проблеме или задаче, ритм активного собранного решения и работы. Существуют теории, связывающие этот ритм с работой сознания. В ряде публикаций сообщается о разнообразных нарушениях гамма-активности у больных шизофренией.



Дельта ритм

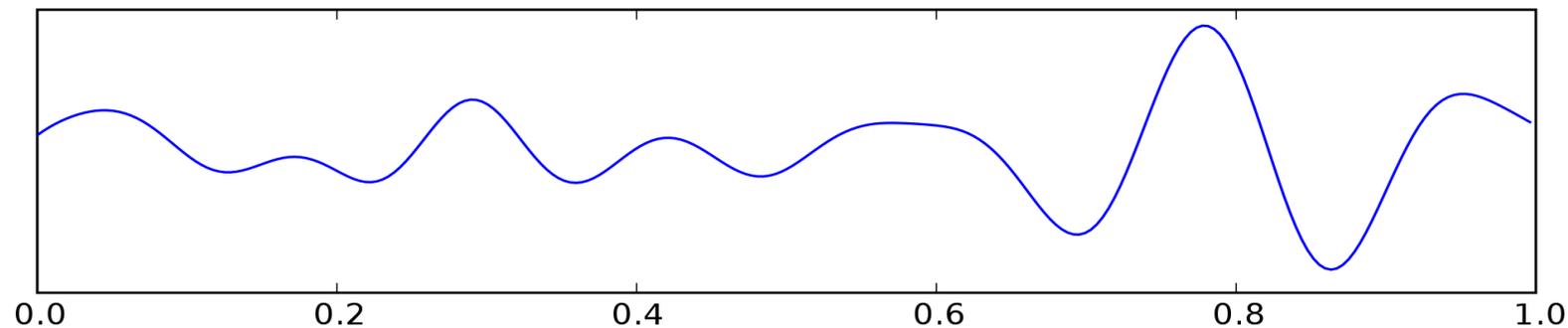
Дельта-ритм — от 0,5 до 4 колебаний в сек., амплитуда — 50–500 мкВ. Этот ритм возникает при глубоком естественном или наркотическом сне, а также при коме. Дельта-ритм наблюдается и при регистрации электрических сигналов от участков коры, граничащих с областью травматического очага или опухоли. Низкоамплитудные (20–30 мкВ) колебания этого диапазона могут регистрироваться в состоянии покоя при некоторых формах стресса и длительной умственной работе.

Характерен для стадии глубокого сна без сновидений и для состояния очень глубокой медитации-дхьяны (не релаксации, как при альфа-ритме).



Тета-ритм

Тета-ритм (θ -ритм) — частота 4–8 гц, высокий электрический потенциал 100–150 микровольт, высокая амплитуда волн от 10 до 30 мкВ. Наиболее ярко тета-ритм выражен у детей от двух до пяти лет. Этот частотный диапазон способствует глубокой релаксации головного мозга, хорошей памяти, более глубокому и быстрому усвоению информации, пробуждению индивидуального творчества и талантов.



Виды волн на ЭЭГ

Спайк - потенциал острой формы длительностью 5-50мс., амплитуда превосходит фоновую и может достигать сотен мкВ.

Острая волна внешне напоминает спайк и отличается от него только растянутостью во времени. Длительность острой волны больше 50 мс. Амплитуда достигает тех же значений, что и амплитуда спайков.

Спайк-волна - это комплекс, возникающий из комбинации спайка с медленной волной. Спайк-волна имеет высокую амплитуду и обычно следуют сериями. Частота таких комплексов 2.5 - 6 Гц, период - 400-160 мс.

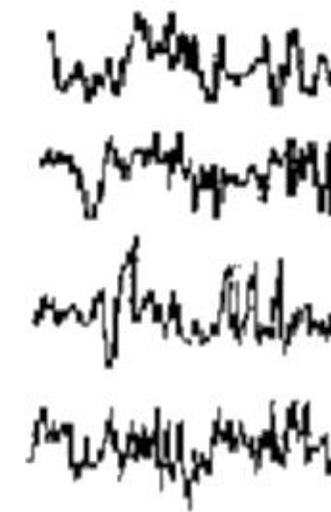
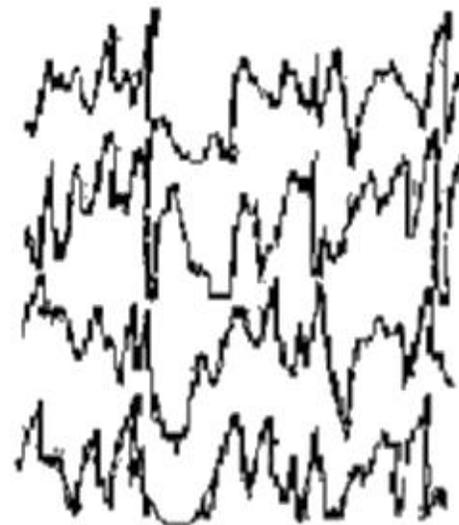
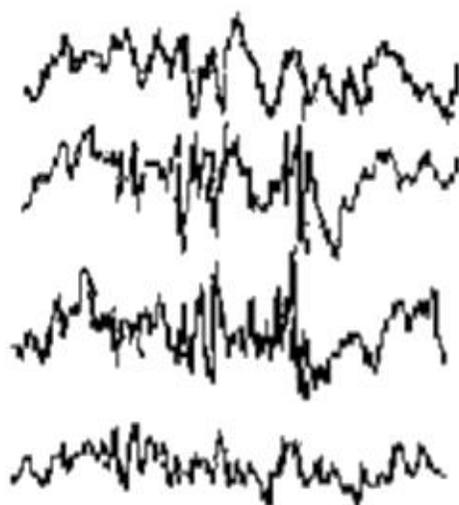
Острая-волна-медленная-волна напоминает по форме комплекс спайк-волна, но имеет большую длительность. Частота 0.7-2 Гц, период 1300-500 мс.

Периодами или **эпохами** в ЭЭГ называют временные отрезки разной длительности (обычно > 10 сек.) с достаточно стационарной активностью. Например, “периоды низкоамплитудной активности на фоне регулярного альфа-ритма” и др.

Вспышки — группы волн с внезапным возникновением и исчезновением, чётко отличающиеся от фоновой активности частотой, формой и (или) амплитудой.



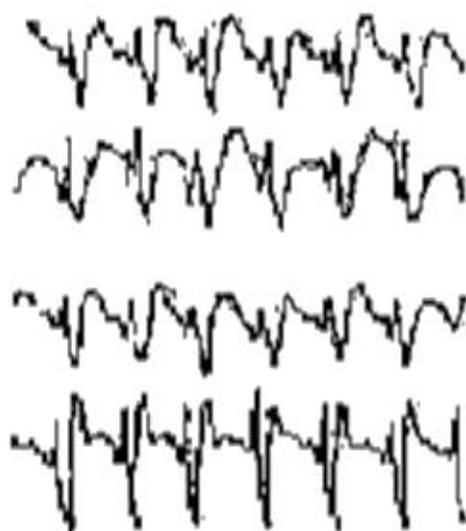
спайки



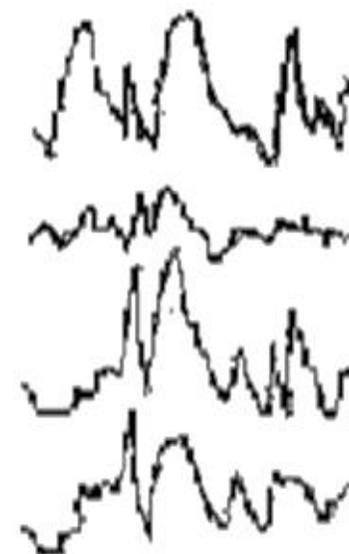
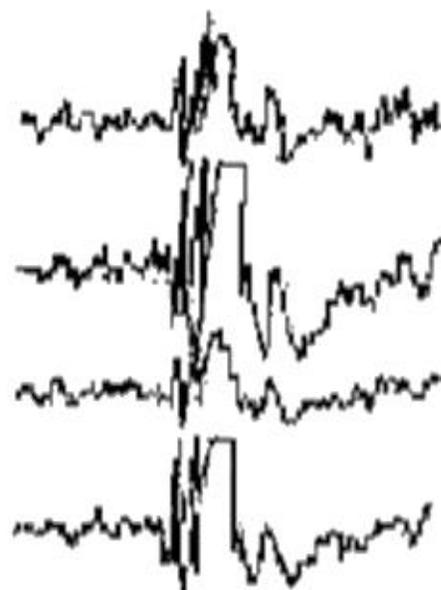
острые волны

1
1 с

спайк-волна

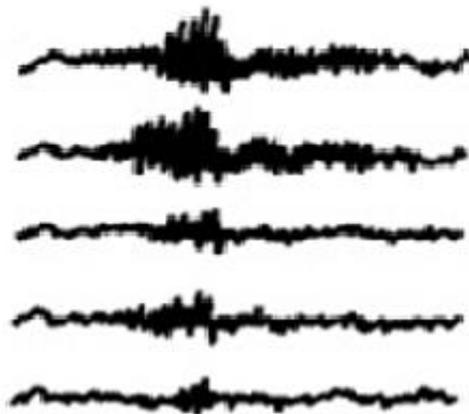


множественные спайки-волна



острая-волна
-медленная-волна

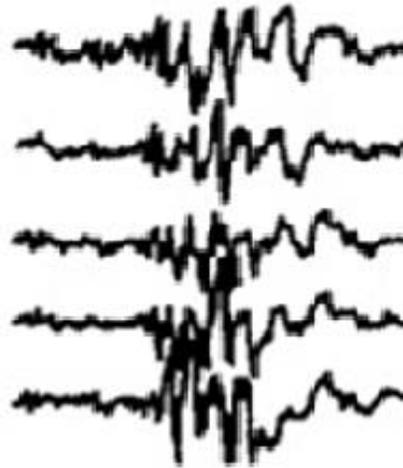
Вспышки и разряды



альфа-волн
высокой амплитуды



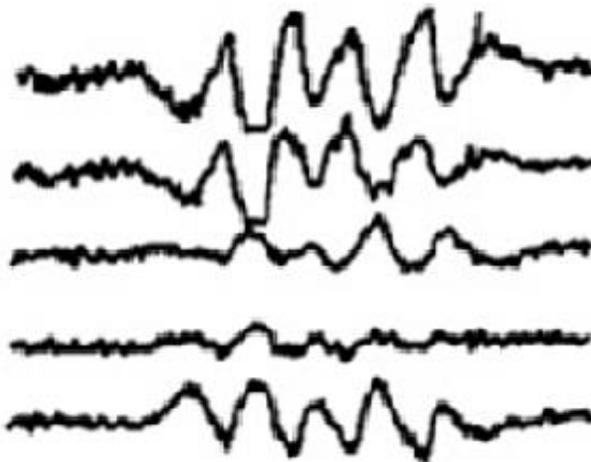
бета-волн
высокой
амплитуды



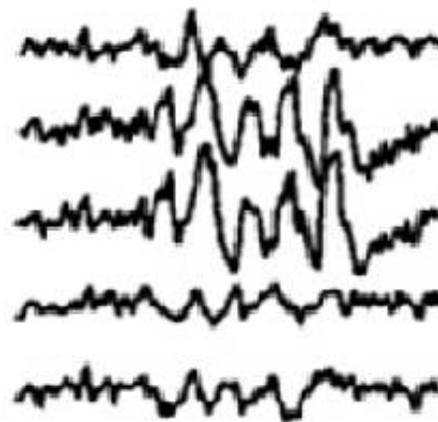
острых волн



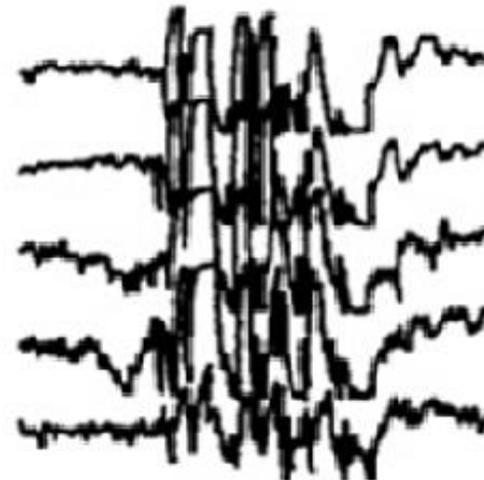
полифазных колебаний



дельта-волн



тета-волн



комплексов спайк-волна

Функциональная проба

При подозрениях на наличие разного рода повреждений мозга применяют "функциональные пробы" или "нагрузки", которые в англоязычной литературе получили название "активирующие методы».

Основная задача применения функциональных нагрузок - провокация изменений на ЭЭГ, связанных с патологическими или пароксизмальными отклонениями электрической активности.

К основным функциональным пробам относятся гипервентиляция, ритмическая фото и фоностимуляция, сон.

В психофизиологической диагностике используются также стрессовые воздействия, информационная нагрузка, монотония, вызванные потенциалы различного генеза.

Гипервентиляция

Основная проба на выявление морфологических и функциональных нарушений – гипервентиляция. Во время гипервентиляции (ГВ) пациент должен глубоко и регулярно дышать в ритме приблизительно 20/мин. в течение 2-4 мин., при этом глаза должны быть закрыты. Эта процедура вызывает уменьшение содержания CO₂ в крови.

Изменения ЭЭГ, связанные с реакцией на гипервентиляцию, у здоровых пациентов исчезают в течение 30 сек после окончания процедуры.

У пациентов, находящихся в состоянии эмоционального напряжения, или в других случаях, приводящих к увеличению уровня возбудимости коры головного мозга, часто наблюдается депрессия альфа- ритма на ЭЭГ. В таких случаях процедура гипервентиляции способствует релаксации и может привести к появлению или увеличению выраженности и амплитуды альфа - ритма.

При наличии девиантной активности на ЭЭГ гипервентиляция вызывает ее усиление вплоть до разрядов. На этом свойстве усиленного дыхания основано его применение в клинической практике. В некоторых случаях именно гипервентиляция позволяет выявить изменения функционального состояния мозга.

Примерно в 50 % случаев реакция на гипервентиляцию в виде разрядов генерализованных пароксизмальных комплексов пик-волна отмечается у пациентов страдающих эпилепсией в виде так называемых малых припадков (petit mal).

Гипотезы о механизмах изменений электрической активности мозга при гипервентиляции

Наибольшее распространение получили гипотезы, в основе которых лежит представление о прямом действии недостатка CO₂ (гипокапнии) на глубинные структуры - снижении уровня неспецифических активационных влияний со стороны ретикулярной формации или усилении влияния синхронизирующих систем неспецифических структур таламуса.

По мнению других авторов, гипокапния вызывает сужение сосудов и нарушение кровообращения в коре головного мозга, что приводит к недостатку кислорода (гипоксии) и снижению уровня возбудимости корковых нейронов, а это в свою очередь отражается в замедлении ритмической активности.

Важным фактором, влияющим на характер реакции мозга на гипервентиляцию, является содержание глюкозы в крови. При снижении уровня содержания глюкозы выраженность медленноволновой девиантной активности на ЭЭГ возрастает.

Анализ ЭЭГ

Во время начала обработки данных ЭЭГ нужно уделить особое внимание предобработке данных записи на наличие артефактов и различных шумов. Некоторые системы имеют встроенный алгоритм распознавания и удаления артефактов, но в большинстве случаев приходится самостоятельно выявлять и удалять различные шумы возникших во время записи ЭЭГ. Они бывают:

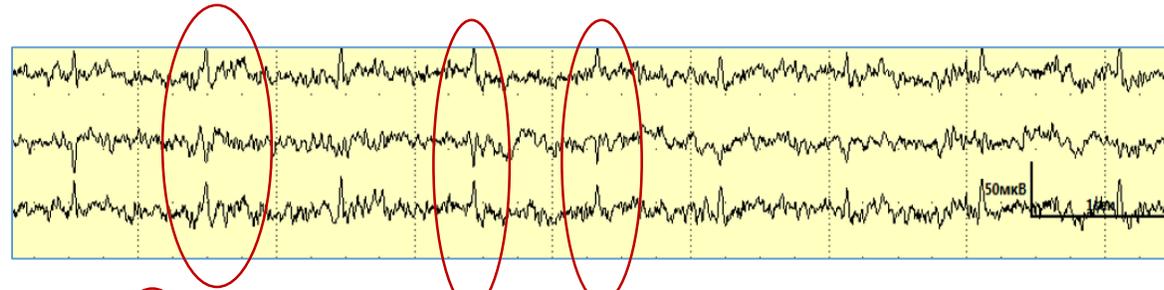
Физические

- эл. магнитные поля;
- плохой контакт заземляющего электрода;
- плохой контакт рабочих электродов;
- движения пациента.

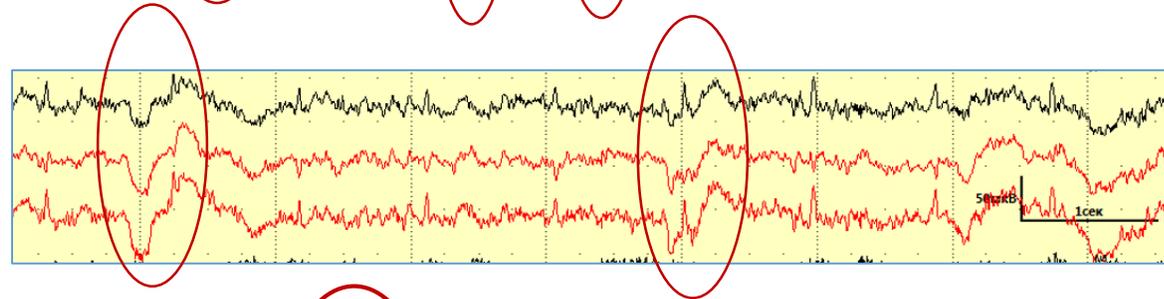
Физиологические

- движения глаз;
- электромиограмма;
- электрокардиограмма;
- кожно-гальваническая реакция.

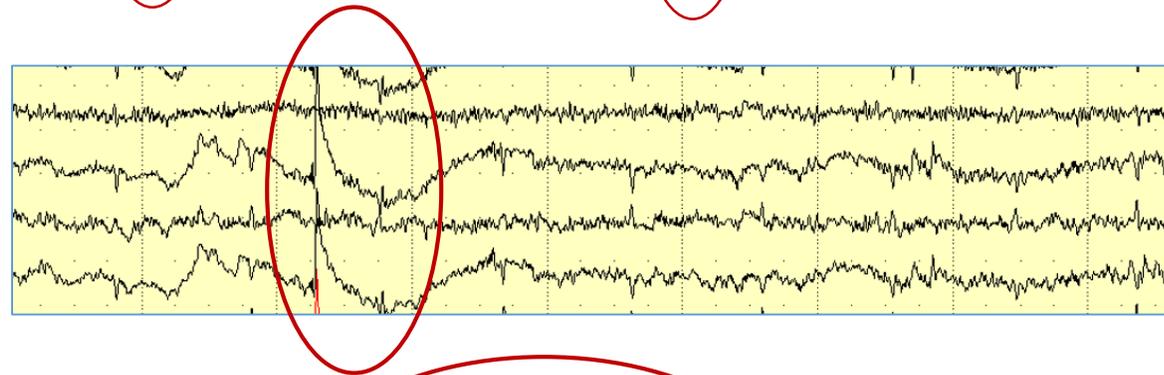
Артефакт ЭКГ



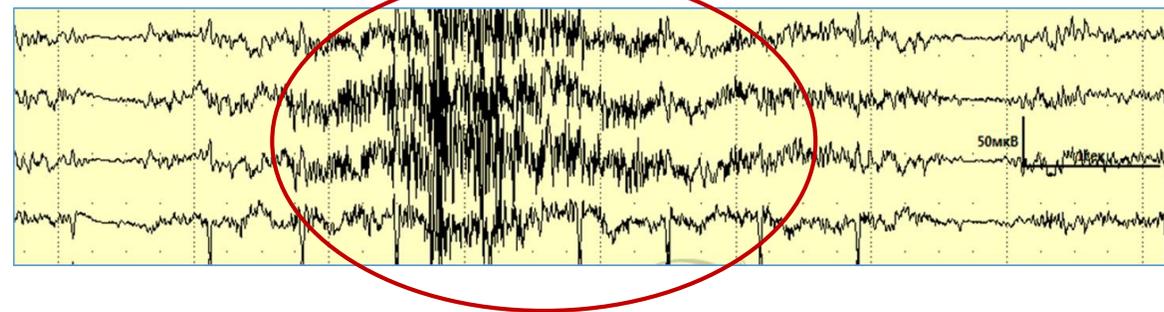
Артефакт окулограмма



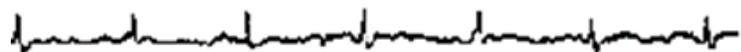
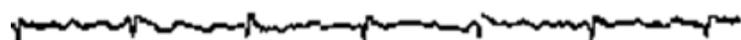
Плохо закреплён референт



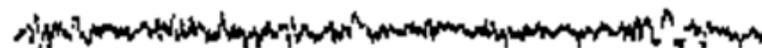
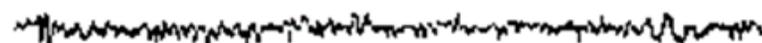
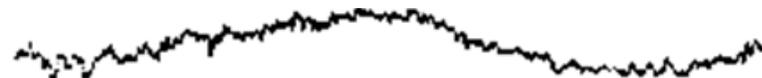
Электромиограмма
(мышечное напряжение)



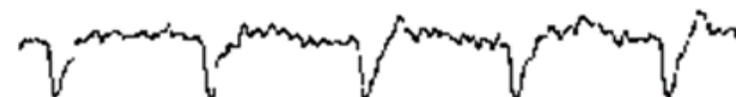
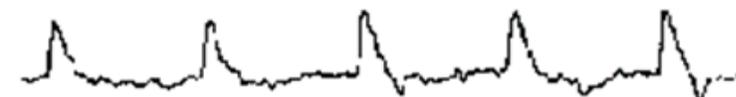
Физиологические артефакты



Электрическая активность сердца

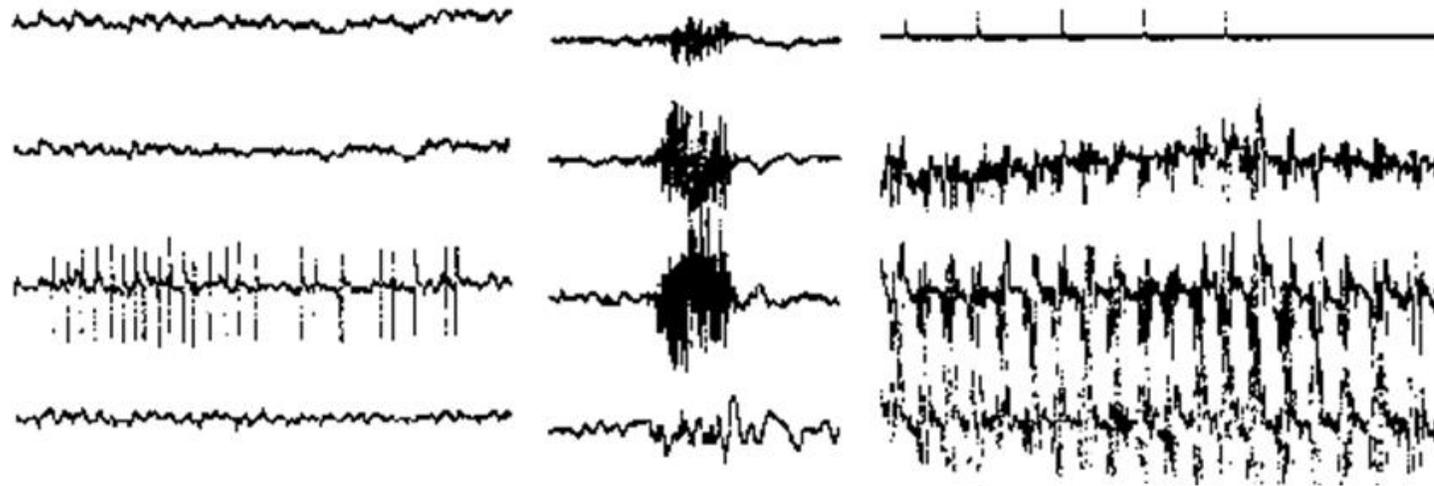


Изменение электрического сопротивления кожи



Пульсация сосудов кожи головы

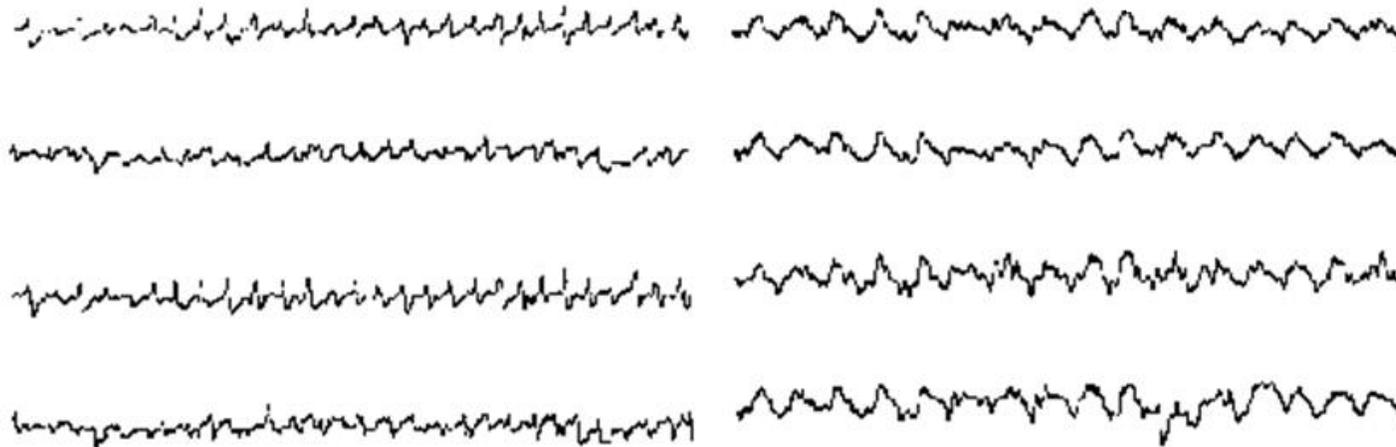
Физиологические артефакты



Мышечные спайки

Сглатывание

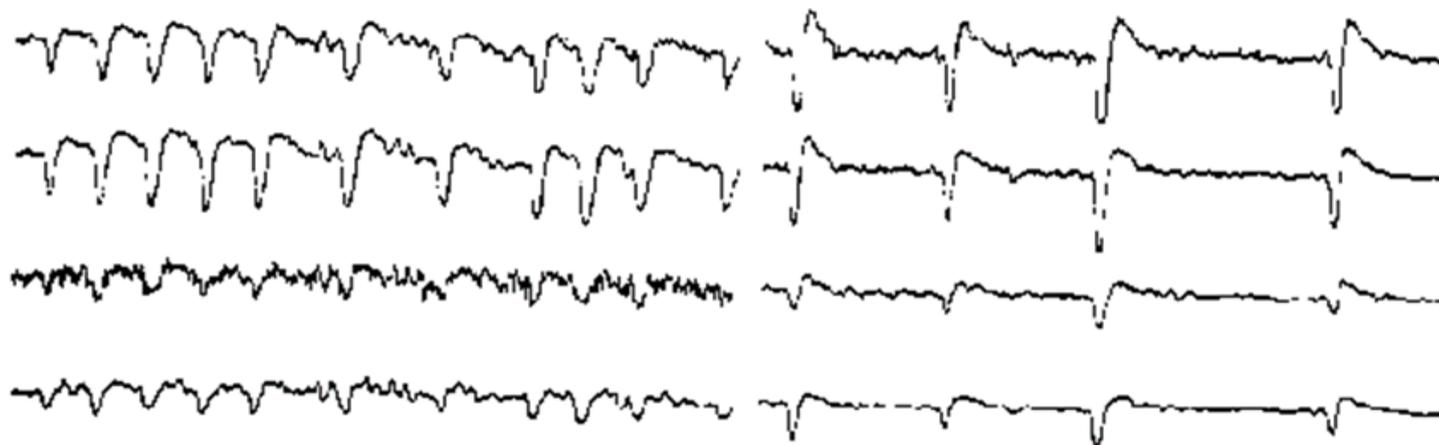
Мышечное напряжение при фотостимуляции



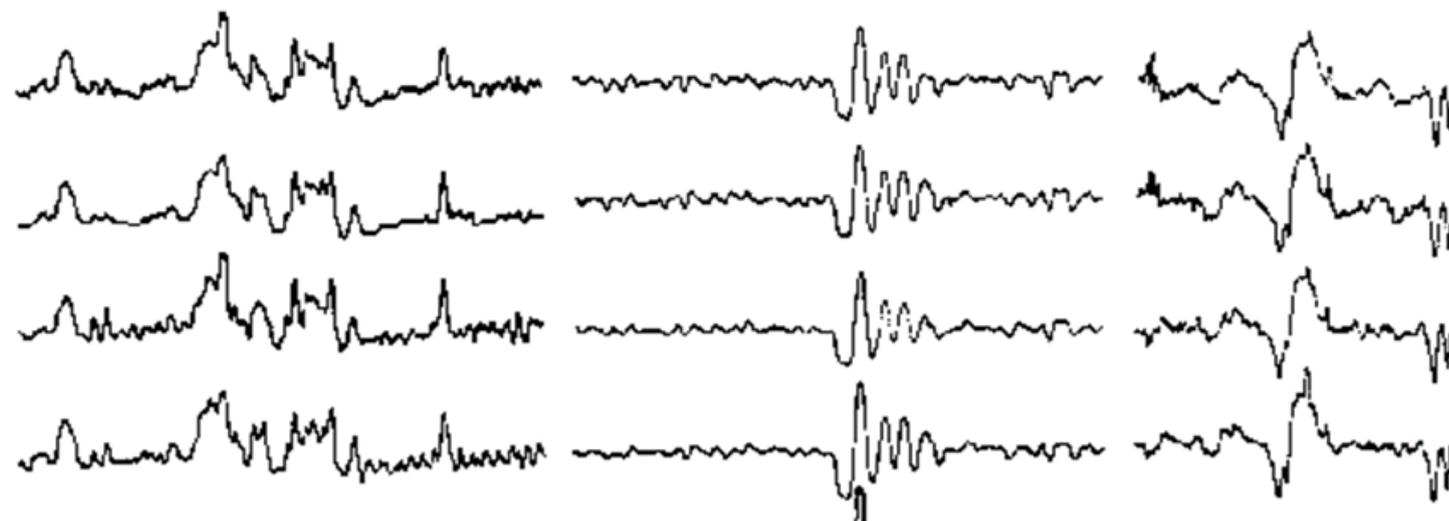
Дрожание (тремор) головы или тела



Двигательные артефакты



Движение глаз

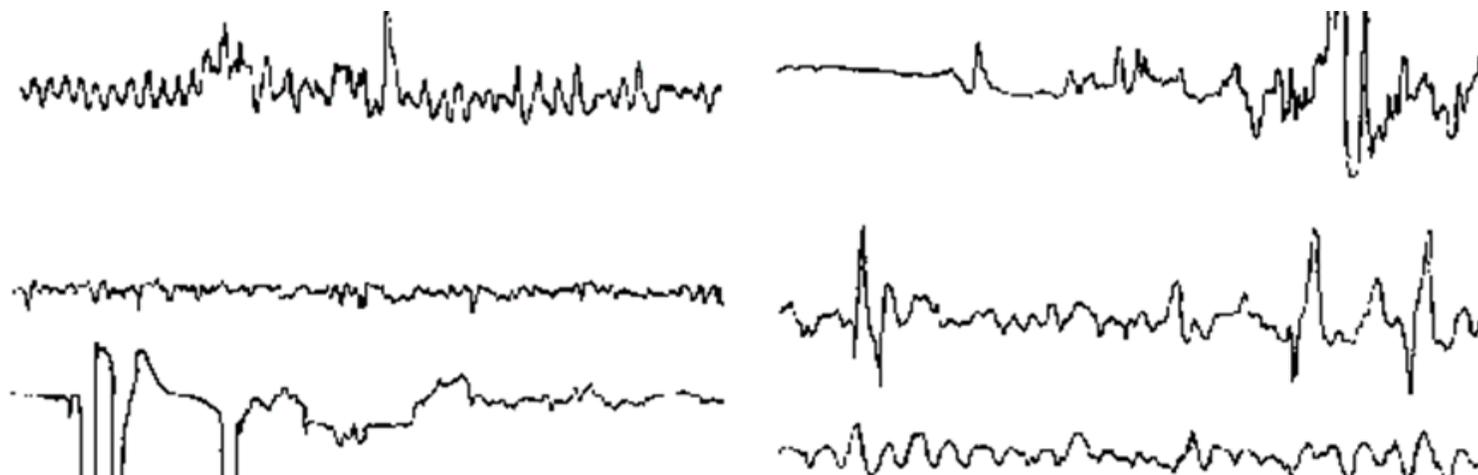


Движение туловища

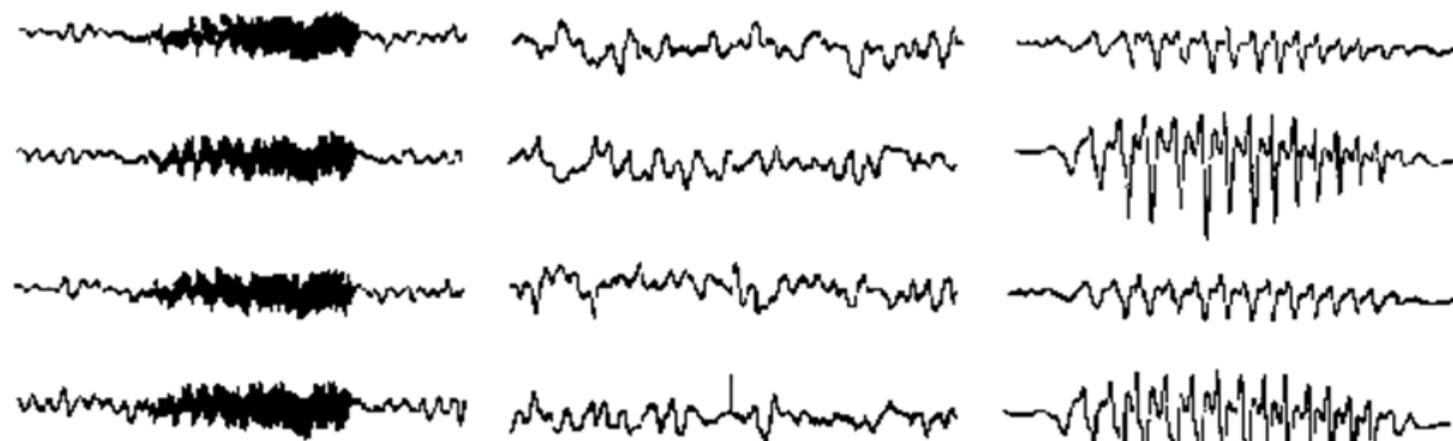
Движение ног

Движение головы

Электродные и аппаратные артефакты



Плохое крепление электродов или проводов



Сетевые наводки 50 Гц

Электрические разряды

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [https://cmi.to/%D1%8D%D1%8D%D0%B3/;](https://cmi.to/%D1%8D%D1%8D%D0%B3/)
- [http://www.cnsinfo.ru/encyclopaedia/diagnostics/eeg/;](http://www.cnsinfo.ru/encyclopaedia/diagnostics/eeg/)
- <https://medrox.ru/raznoe/nizkoamplitudnaya-eeg-что-это.html;>
- [https://doctrine7.com/diagnostika/eeg/;](https://doctrine7.com/diagnostika/eeg/)
- <https://cyberpedia.su/17x9046.html;>
- <http://panic-attacks.ru/publ/2-1-0-2> и др.



124498, Москва, Зеленоград
проезд 4922, д.4, стр.2, офис 477

+7 495 742-50-86

+7 495 108-15-50

info@neurobotics.ru



Нейроассистивные
Технологии