

# АРТЕФАКТЫ ПРИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ: ВЫЯВЛЕНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ДИАГНОЗ

*С.А. Гуляев, И.В. Архипенко*

## ARTIFACTS ON EEG: IDENTIFICATION AND DIFFERENTIAL DIAGNOSIS

*S.A. Guljaev, I.V. Arkhipenko*

*Институт детской неврологии и эпилепсии имени Святителя Луки, Москва*

*Артефакты, получаемые в ходе проведения электроэнцефалографического исследования (ЭЭГ), представляют собой дефект записи. Современная электроэнцефалографическая аппаратура регистрирует чрезвычайно малые величины изменений биоэлектрических потенциалов, в связи с чем истинная ЭЭГ-запись можетискажаться вследствие воздействия разнообразных физических (технических) и/или физиологических артефактов. Нередко это создает значительные трудности при ее расшифровке и интерпретации.*

*Целью данной работы поставлена демонстрация наиболее характерных артефактов, возникающих при проведении ЭЭГ-исследования, на примере отдельных записей для повышения знаний врачей, проводящих ЭЭГ-исследования.*

*В работе показано, что практически все ЭЭГ-артефакты имеют определенные (уникальные) характеристики, позволяющие опытному специалисту отделить их от основной записи. Поэтому даже при проведении исследования на современной диагностической аппаратуре специалист должен распознавать и отмечать регистрируемые артефакты, прилагая максимальные усилия к их устранению из основной записи ЭЭГ.*

**Ключевые слова:** ЭЭГ, артефакты, диагностика.

*Artifacts produced in the course of electroencephalographic studies (EEG) is a defect of the recording. Modern equipment detects electroencephalographic extremely small values of changes of bioelectric potentials, and therefore the true EEG recording may be distorted due to the impact of various physical (technical) and / or physiological artifacts. Often this makes it very difficult for her explanation and interpretation.*

*The purpose of this article is demonstration of the most typical artifacts that appear during EEG recording to increase the knowledge of doctors conducting EEG study.*

*It is shown that almost all of EEG artifacts have specific (unique) features that allow to experienced doctors separate them from the main record. Therefore, even during the study on the modern diagnostic equipment EEG-technician and doctors must recognize the recorded artifacts, doing its best efforts to remove them from the main recording of EEG.*

**Key words:** EEG, artifacts, diagnostics.

**С**овременная электроэнцефалографическая аппаратура регистрирует чрезвычайно малые величины изменений биоэлектрических потенциалов, в связи с чем истинная запись ЭЭГ можетискажаться вследствие воздействия разнообразных физических (технических) и/или физиологических артефактов. В большинстве случаев подобные искажения убираются при помощи аналогово-цифрового преобразования и различных фильтров, но если артефактное воздействие совпадает по частотно-волновым характеристикам с реальной записью ЭЭГ, эти способы становятся неэффективными [1]. Определенную помощь в выделении и нейтрализации подобных артефактов может оказывать использование полиграфической записи с автоматическим устранением «типичного» графоэле-

мента, но такой подход не всегда достаточно эффективен. В результате, основная работа по выявлению и устранению артефактов из записи ЭЭГ ложится на врача-специалиста.

Особую важность подобная дифференциальная диагностика приобретает при диагностике различных пароксизмальных состояний, в частности, при эпилепсии. По данным Jeavons (1983), ошибки дифференциальной диагностики эпилепсии достаточно распространены. Гипердиагностика эпилепсии составляет 20-25% всех случаев впервые диагностированной эпилепсии. Случаи гиподиагностики встречаются реже и составляют, по данным разных авторов, до 10% случаев [3]. В большинстве случаев подобные ошибки связаны не только с особенностями течения заболевания и трудностью верифика-

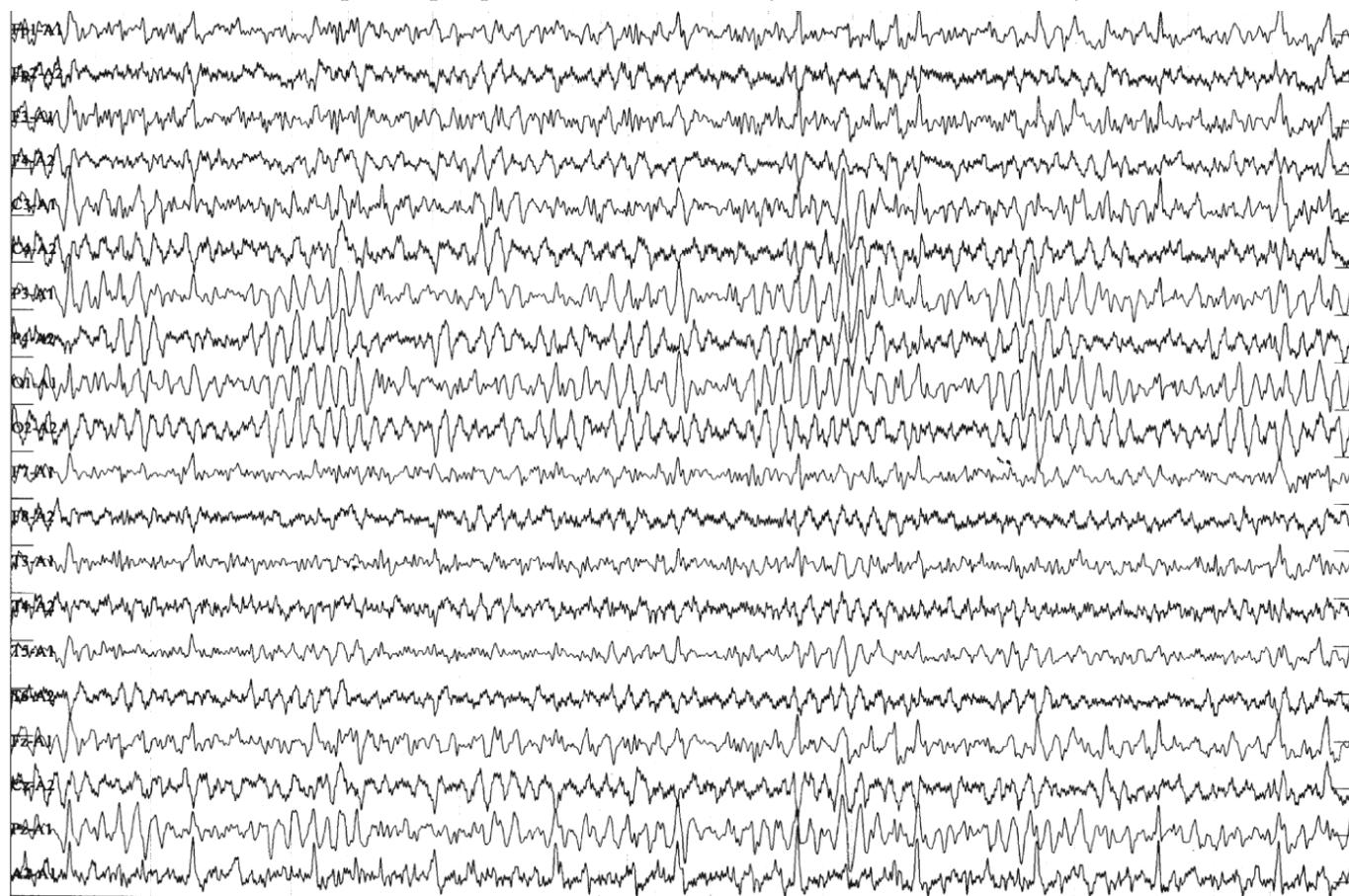
ции его клинической картины, но и с неправильной интерпретацией данных электрофизиологических исследований. Таким образом, современное ЭЭГ-исследование функциональной активности головного мозга требует от врача умения адекватно и качественно проводить дифференциальную диагностику истинной мозговой активности и различного рода артефактов.

Цель данной работы состоит в демонстрации наиболее характерных ЭЭГ-артефактов, возникающих при проведении ЭЭГ-исследования.

Материалом для исследования послужил анализ записей ЭЭГ пациентов различных возрастов, проходивших ЭЭГ-исследование для исключения различных патологических состояний (согласно рекомендациям [5,6]).

## Результаты

По происхождению, артефакты подразделяются на физические (технические, технологические) и физиологические. Наиболее часто из физических артефактов встречаются: сетевая наводка, телефонный артефакт, обрыв проводника, плохой контакт электрода, артефакт высокочастотного импульса.



**Рис. 1.** Сетевая наводка 50 Гц по отведениям правого полушария.

го импеданса. Из физиологических артефактов часто регистрируются: ЭКГ-артефакт, сосудистый РЭГ-артефакт, кожно-гальванический артефакт (реакция КГР), глазодвигательный артефакт, электроокулограмма (ЭОГ), миографический артефакт — электромиограмма (ЭМГ).

**Физические артефакты.** Сетевая наводка от сети переменного тока частотой 50 Гц (рис. 1) в современных ЭЭГ-регистраторах встречается редко. Причиной ее появления, помимо неисправности аппаратуры, является влияние мощных электромагнитных полей сетевого тока от медицинской аппаратуры (магнитно-резонансной, рентгенологической, физиотерапевтической). Для устранения сетевой наводки необходимо отрегулировать энцефалограф, проверить наличие заземления аппаратуры, нарушение контакта в электродных проводниках и входной коробке передач. Исправить плохой контакт электродов с кожными покровами, в местах высокого сопротивления под электродом путем обезжиривания кожи спиртом, дополнительного покрытия места контакта электрода с кожными покровами электропроводным гелем, обеспечить полное прижатие электрода к коже обследуемого пациента. В случае необходимости

проведения исследования вблизи источников электромагнитных излучений можно на короткое время выключить все электроприборы, чтобы исключить сетевую наводку 50 Гц. Если это невозможно, например, в операционной или палате интенсивной терапии, то можно применить фильтр высокой частоты. Однако следует учитывать, что в этом случае из ЭЭГ исчезают соответствующие частоты биоэлектрической активности головного мозга обследуемого.

**Телефонный артефакт.** Сходным с сетевой наводкой по происхождению и форме является артефакт от телефонного звонка (рис. 2). Он возникает при расположении телефонного аппарата рядом с пациентом, что позволяет ЭЭГ-анализатору регистрировать электромагнитные волны, возникающие во время работы телефонного звонка.



**Рис. 2.** Телефонный артефакт, возникающий при звонке телефона.

парата рядом с пациентом, что позволяет ЭЭГ-анализатору регистрировать электромагнитные волны, возникающие во время работы телефонного звонка.

При последующем анализе в случае выявления телефонного артефакта нужно проводить его дифференциальную диагностику между сходными физиологическими граоэлементами, такими как сонные веретена и группы заостренных бета-волн по типу «щеток» (феномена низкоамплитудной быстрой активности *«Jaffer»*) (рис. 3).

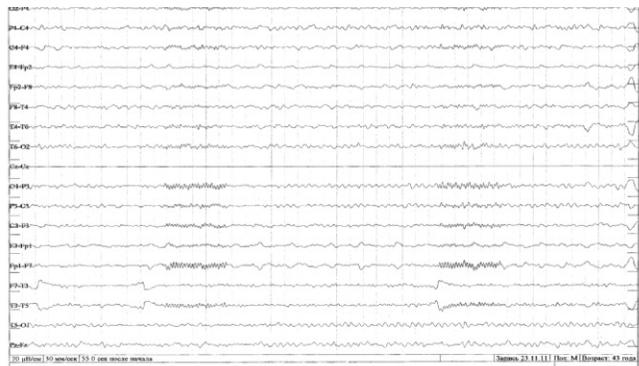
Как правило, это не вызывает значительных

трудностей, если специалист присутствует во время записи и знает условия ее проведения. Тем не менее, если анализ данных проводится отсрочено во времени, то врачу необходимо обращать внимание на указанный уровень бодрствования пациента, а также на типичную локализацию и симметрию выявляемых артефактов.

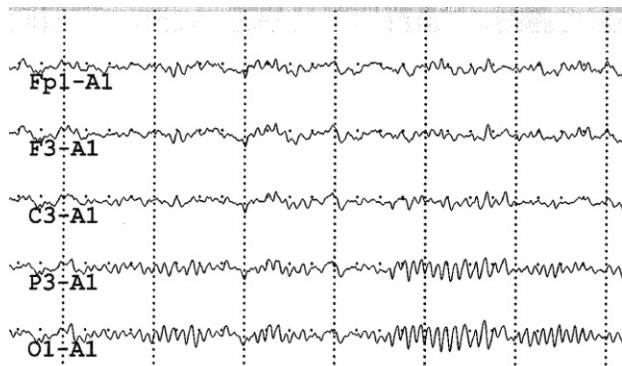
**Обрыв проводника (потеря контакта с пациентом).** Для этого артефакта характерны резкие скачки потенциала с «зашкаливанием» (рис. 4). Чаще всего они появляются при обрыве соединительного провода, плохой установке электрода, поляризации электрода или при накоплении электрических зарядов на теле обследуемо-

го пациента. В таких случаях нужно проверить целостность проводов, соединяющих электроды с входной коробкой электроэнцефалографа, и правильность коммутации.

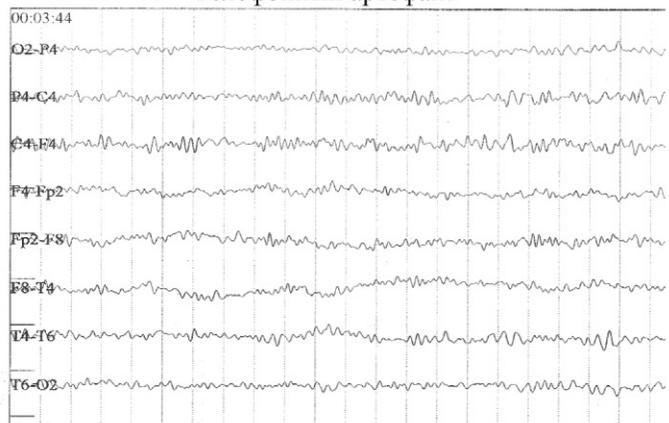
При обрыве соединительного провода или появлениях потенциала поляризации необходимо заменить электрод. По данным Л.Р. Зенкова (1996) [2], потенциалы поляризации появляются чаще при использовании медных и латунных электродов, подвергнутых некачественному золочению или серебрению, потому что в области нарушенного покрытия в присутствии электро-



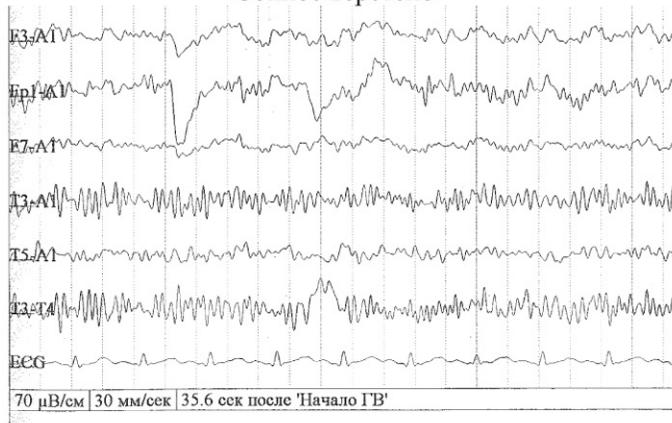
Телефонный артефакт



Сонное веретено



Бета-ритм



Миограмма

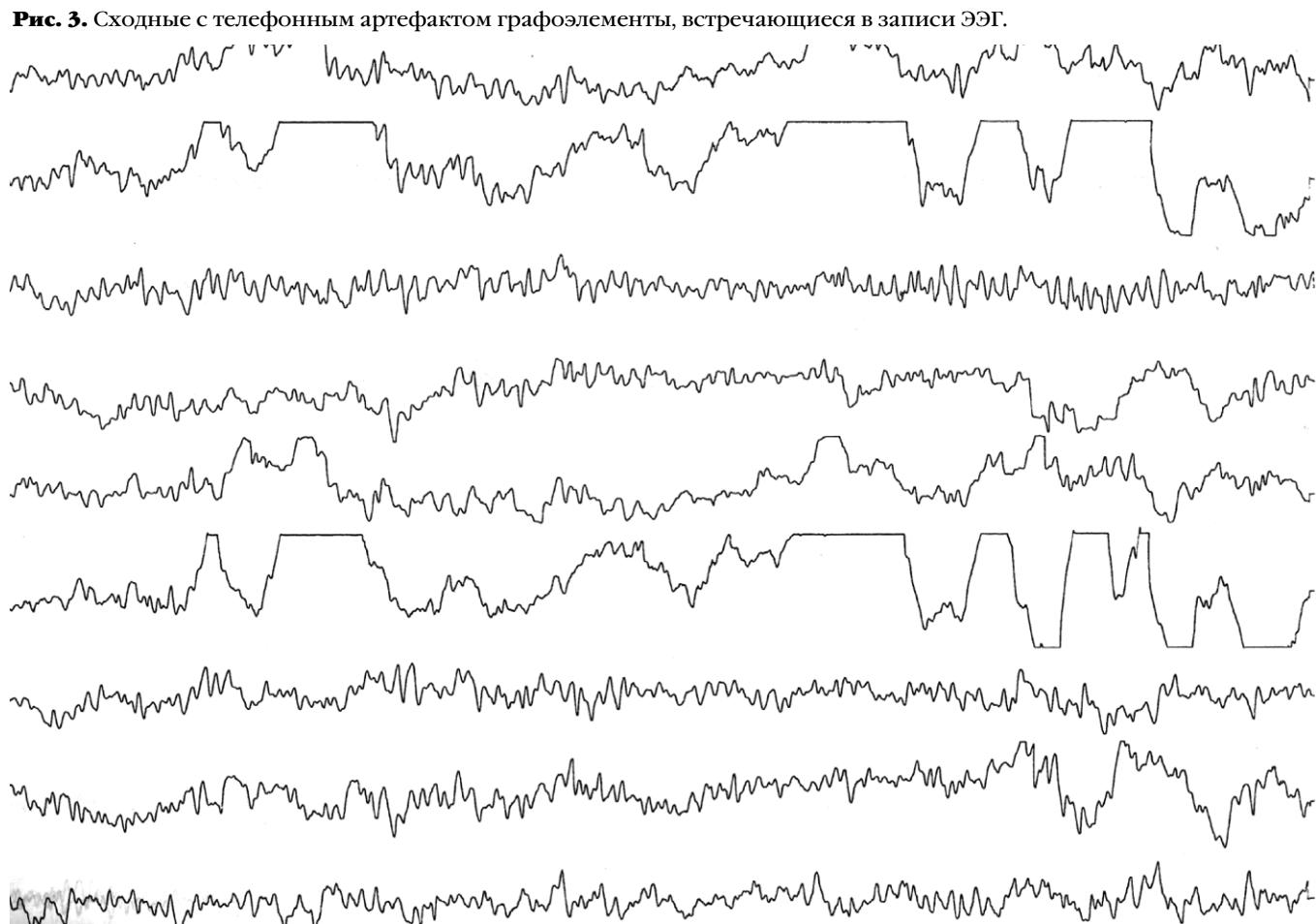
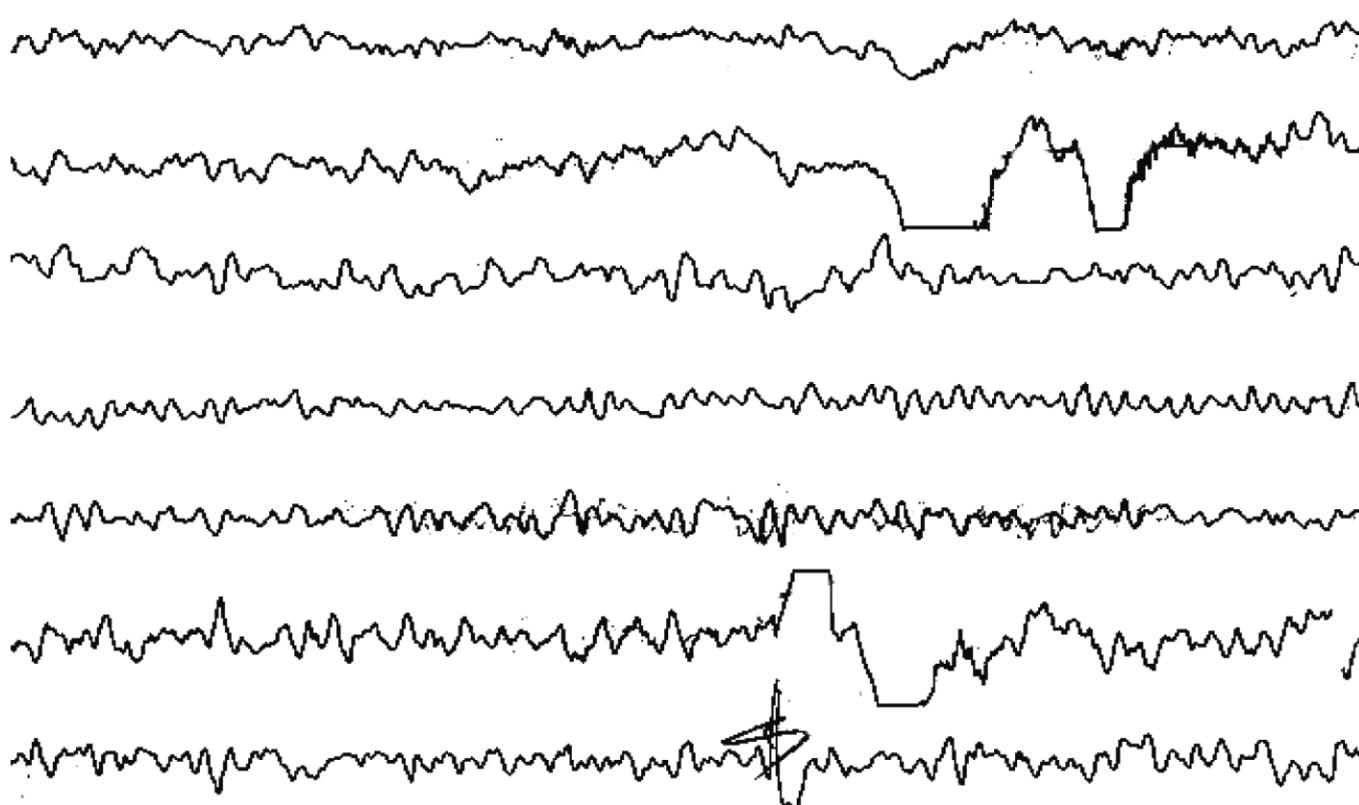


Рис. 4. Обрыв проводника в лобном отведении.



**Рис. 5.** Артефакты, полученные в результате накопления электрических зарядов на теле пациента.

лита отмечаются наиболее интенсивные электрохимические процессы, которые сопровождаются появлением поляризационных потенциалов. Для устранения подобной ситуации, электроды подвергают хлорированию.

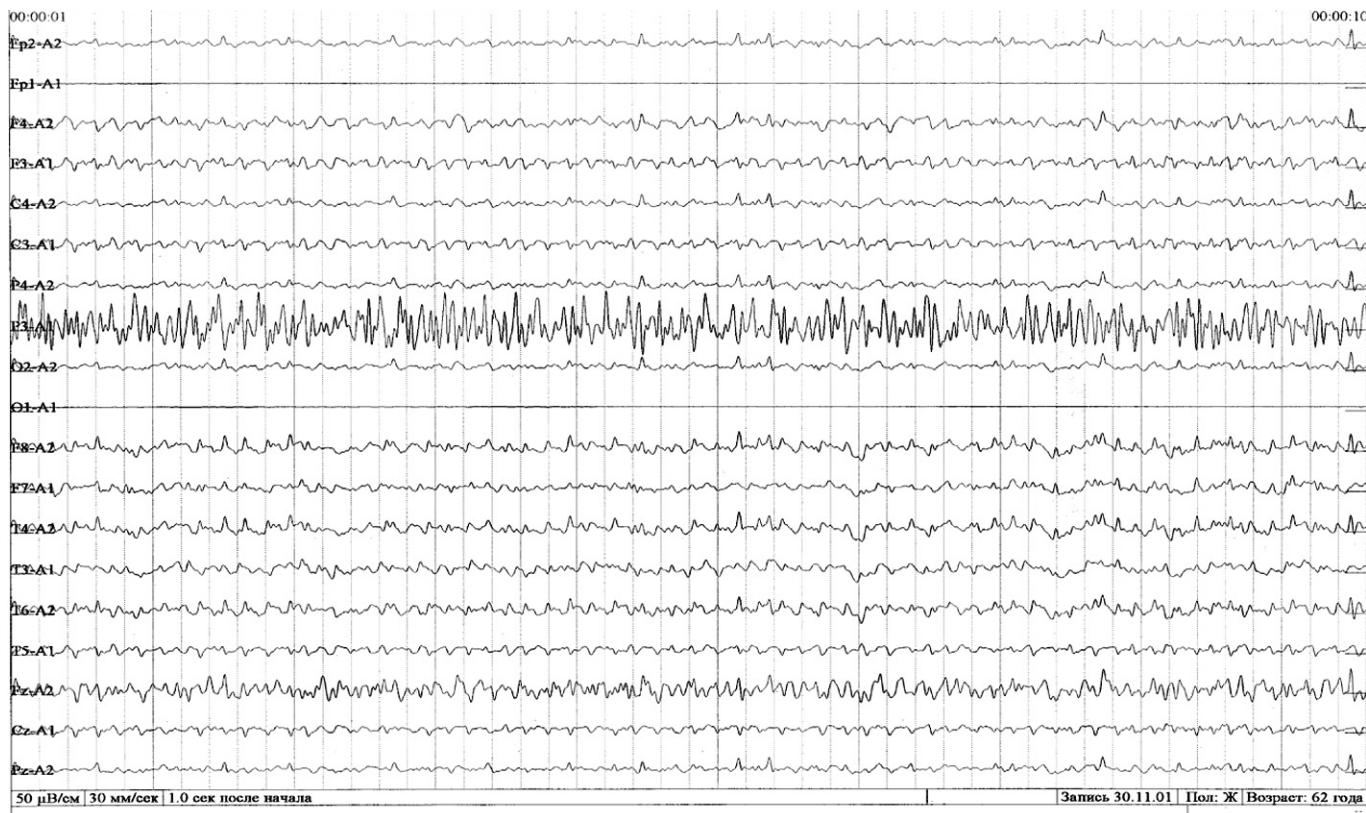
Исправить плохой контакт электродов с кожными покровами можно, как указывалось выше, путем обезжикивания кожи спиртом, дополнительного покрытия места контакта электрода с кожными покровами электропроводным гелем, обеспечить полное прижатие электрода к коже обследуемого пациента. Для устранения электрических зарядов с тела можно переустановить электроды, подвергнуть кожу под электродом абразии мелкой наждачной бумагой или стерильной инъекционной иглой до легкого покраснения, не повреждая дермы, предложить пациенту снять синтетическую одежду. Также необходимо учитывать, что при низкой влажности статический заряд может переходить от одежды медперсонала на тело обследуемого (рис. 5).

**Артефакт высокого импеданса** возникает при неправильном наложении электрода на кожу пациента, при высыхании контактного геля или при отхождении электрода от кожной поверхности. Артефакт характеризуется выявляемой под одним электродом продолженной островолновой активностью, симулирующей электромиограмму (рис. 6).

**Физиологические артефакты.** Как прави-

ло, их возникновение обусловлено различными биологическими процессами, протекающими в организме пациента. Наиболее часто в ЭЭГ-записи встречаются электрокардиограмма (ЭКГ-артефакт), реограмма (РЭГ, РГ-артефакт), кожногальваническая реакция (КГР-артефакт), электромиограмма (ЭМГ-артефакт) и др. Ниже представлены наиболее характерные изменения ЭЭГ-записи, вызываемые физиологическими артефактами.

**ЭКГ-артефакт** чаще всего возникает у обследуемых, страдающих повышением артериального давления, преимущественно, в монополярных и поперечных биполярных отведениях. Его возникновение связывают с повышением активности симпатической нервной системы, что облегчает проведение ЭКГ-сигнала на периферийные ткани. ЭКГ-артефакт (рис. 7) представлен ритмичными острыми комплексами, имитирующими эпилептиформную активность — доброкачественные эпилептиформные паттерны детства (ДЭПД), но в отличие от нее лишен медленноволнового компонента или в случае имитации ДЭПД — его частота устойчива и совпадает с частотой комплексов QRS на ЭКГ (рис. 8). Для ДЭПД не характерны ритмичность и совпадение с QRS-комплексами; к тому же, ДЭПД преимуществен-



**Рис. 6.** Высокий импеданс на электроде Р3, имитирующий пароксизмальную активность.

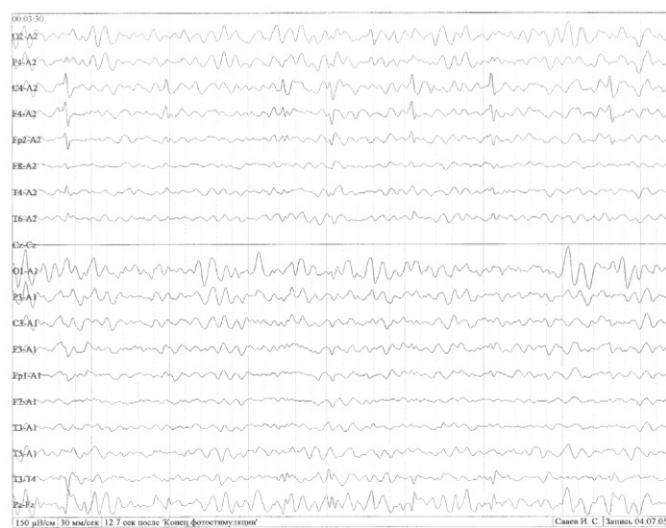


**Рис. 7.** ЭКГ-артефакт.

## ЭКГ-артефакт



## ДЭПД (Роландические комплексы)



**Рис. 8.** А – ЭКГ-артефакт, Б – ДЭПД.

но выявляются в ограниченной зоне отведений и сохраняются при проведении изменения схемы отведений, в то время как ЭКГ-артефакт редуцируется (рис. 9).

**Сосудистый РЭГ-артефакт.** Также у больных, страдающих повышением артериального давления, часто можно наблюдать РЭГ-артефакт («сосудистые волны») (рис. 10), который появляется при установке электрода над поверхностью пульсирующего сосуда. Он имеет характерный для реограммы вид, включающий кругой подъем — анакроту и более пологий спуск — катакроту. Может симулировать дельта-активность (рис. 11). Выявление РЭГ-артефакта, как правило, не представляет большого труда, поскольку его ос-

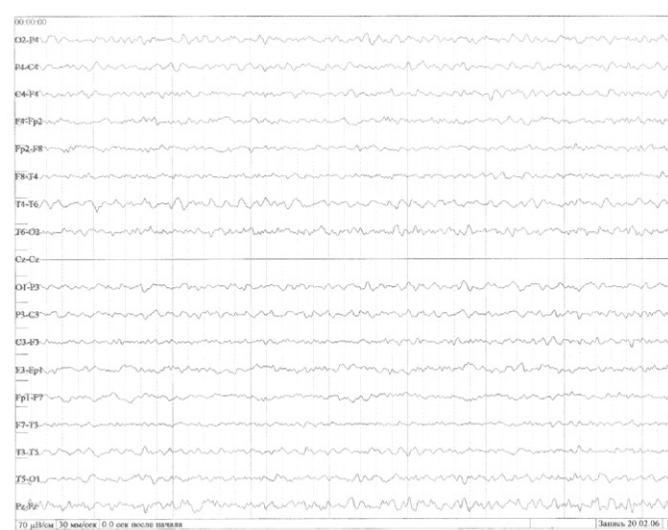
новной графоэлемент имеет характерную форму и выявляется, как правило, под конкретным электродом. Устраняется РЭГ-артефакт небольшим смещением электрода в сторону (из зоны сосуда).

**Кожногальванический артефакт (реакция КПР)** возникает вследствие активации парасимпатической нервной системы больного и повышения потоотделения. Вследствие этого происходит общее циклическое изменение импеданса кожных покровов и системы кожа-электрод. В результате регистрируются медленноволновые «тренды», имитирующие смещение электродов. Подавить этот артефакт можно дополнительным обезжириванием кожных покровов паци-

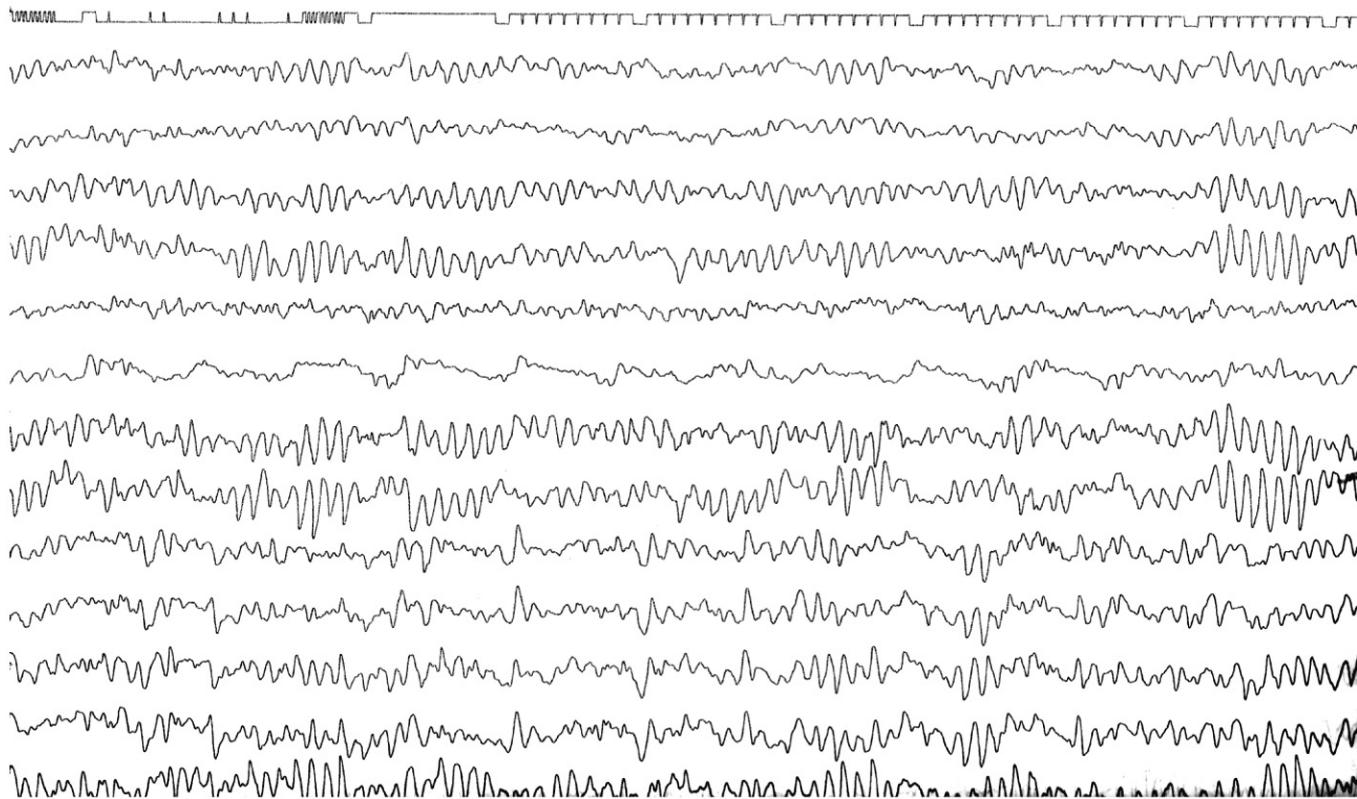
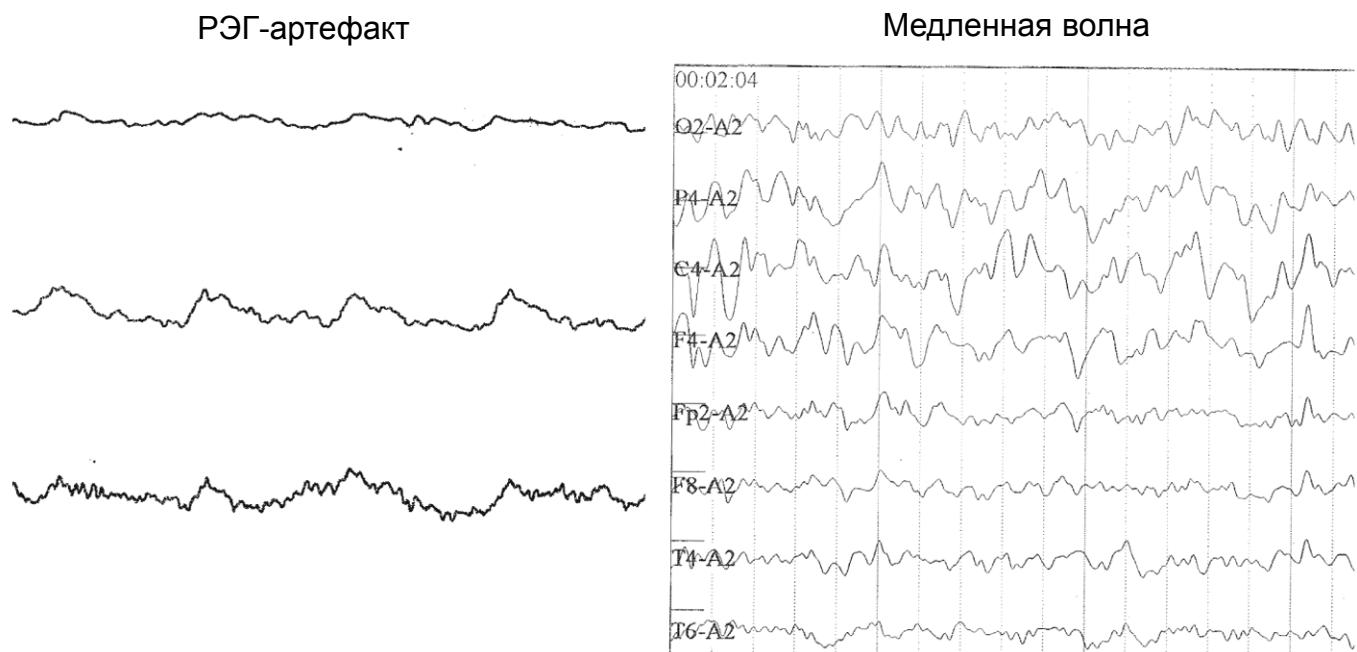
## ЭКГ-артефакт



## Редуцирование ЭКГ-артефакта при ремонтаже



**Рис. 9.** Редуцирование ЭКГ-артефакта при проведении ремонтаажа в биполярные отведения.

**Рис. 10.** РЭГ-артефакт.**Рис. 11.** Дифференциальная диагностика РЭГ-артефакта и медленной дельта-волны (РЭГ-артефакт имеет характерные изменения фаз по типу сосудистой анакроты и катакроты, в то время как медленные волны лишены такой разности фаз).

ента и повторным наложением электродов. В случае неэффективности протирания кожи можно ограничить нижнюю полосу пропускания электроэнцефалографа до 0,1 с.

*Глазодвигательный артефакт, электрокардиограмма (ЭОГ) проявляется в виде медленноволновых колебаний во фронтополярных от-*

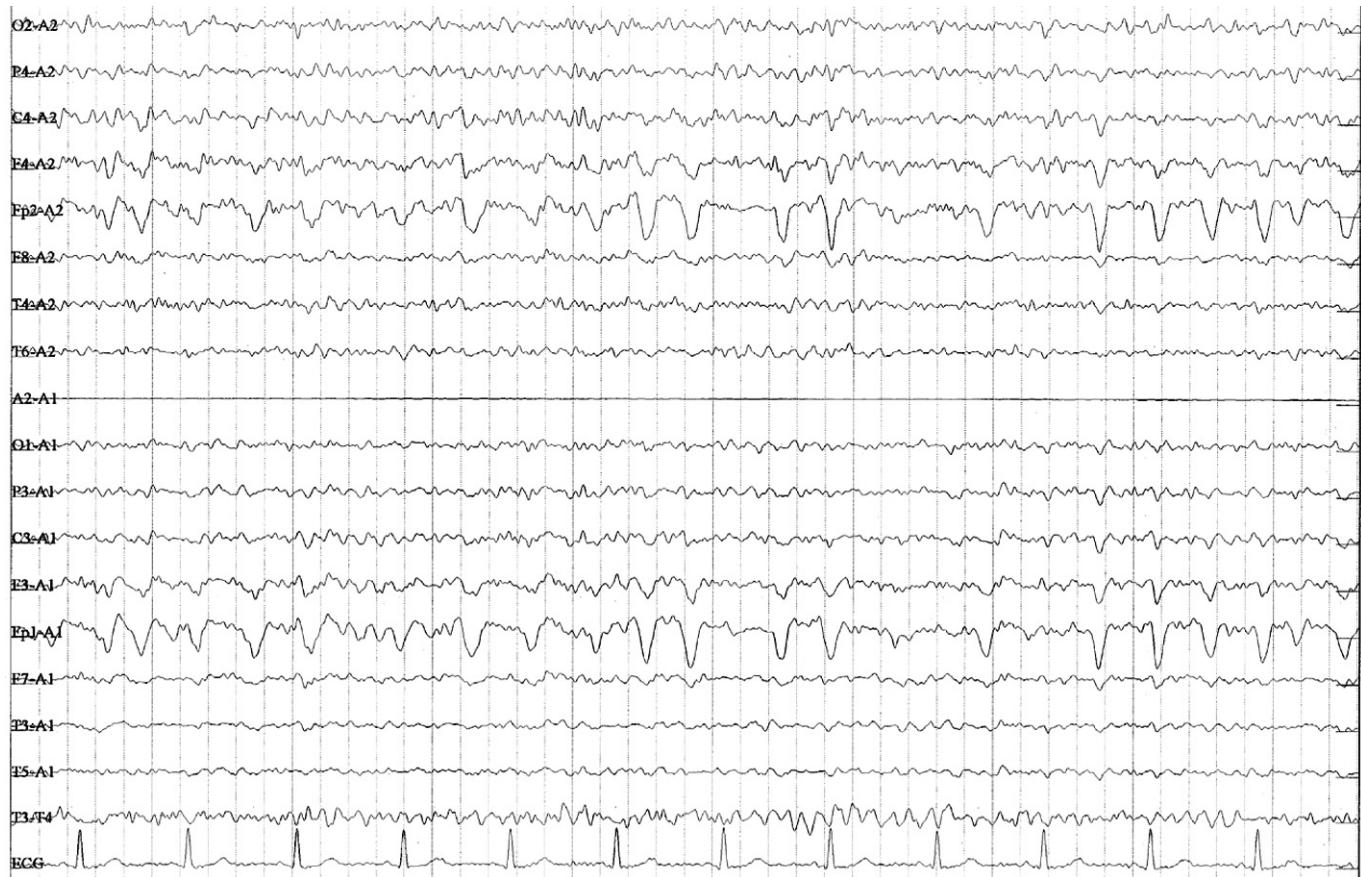
ведениях частотой 0,3-2 Гц. Определенные сложности представляет его дифференциальная диагностика с медленноволновой активностью из глубинных отделов лобных долей головного мозга. Возникновение ЭОГ связано с изменением положения глазного яблока (сетчатки). Для ЭОГ характерно затухание амплитуды от



**Рис. 16.** Миографический артефакт (напряжение жевательной мускулатуры), имитирующий бета активность.

лобных отведений по направлению к затылочным, а также симметричность и стереотипная форма потенциалов. Особенно помогает пере-

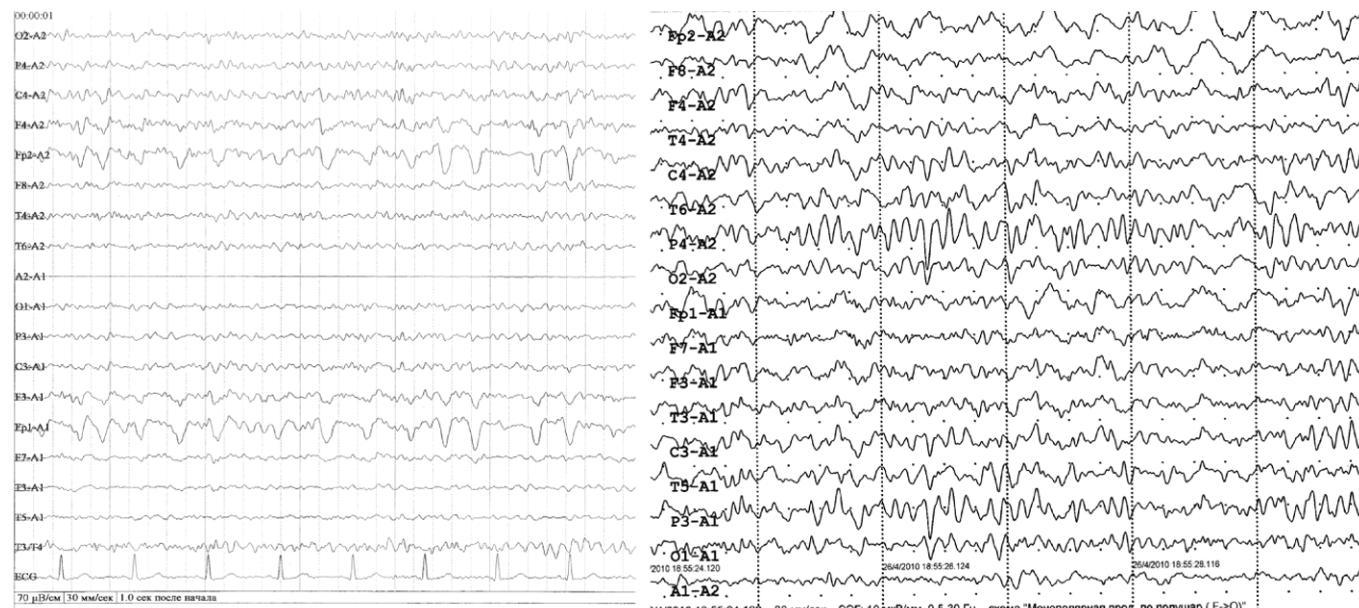
вод монтажа регистрации из монополярной схемы в bipolarную, что сразу выявляет движущийся электрод. Л.Р. Зенков [2] предлагает реги-



**Рис. 13.** Глазодвигательный артефакт (электроокулограмма – ЭОГ).



**Рис. 14.** Дифференциальная диагностика глазодвигательного артефакта посредством изменения монтажной схемы.



**Рис. 15.** Дифференциальный диагноз глазодвигательного артефакта (А) и объемного поражения глубинных отделов лобных долей (Б), характерная дельта-волна в отведениях Fp2-F8.

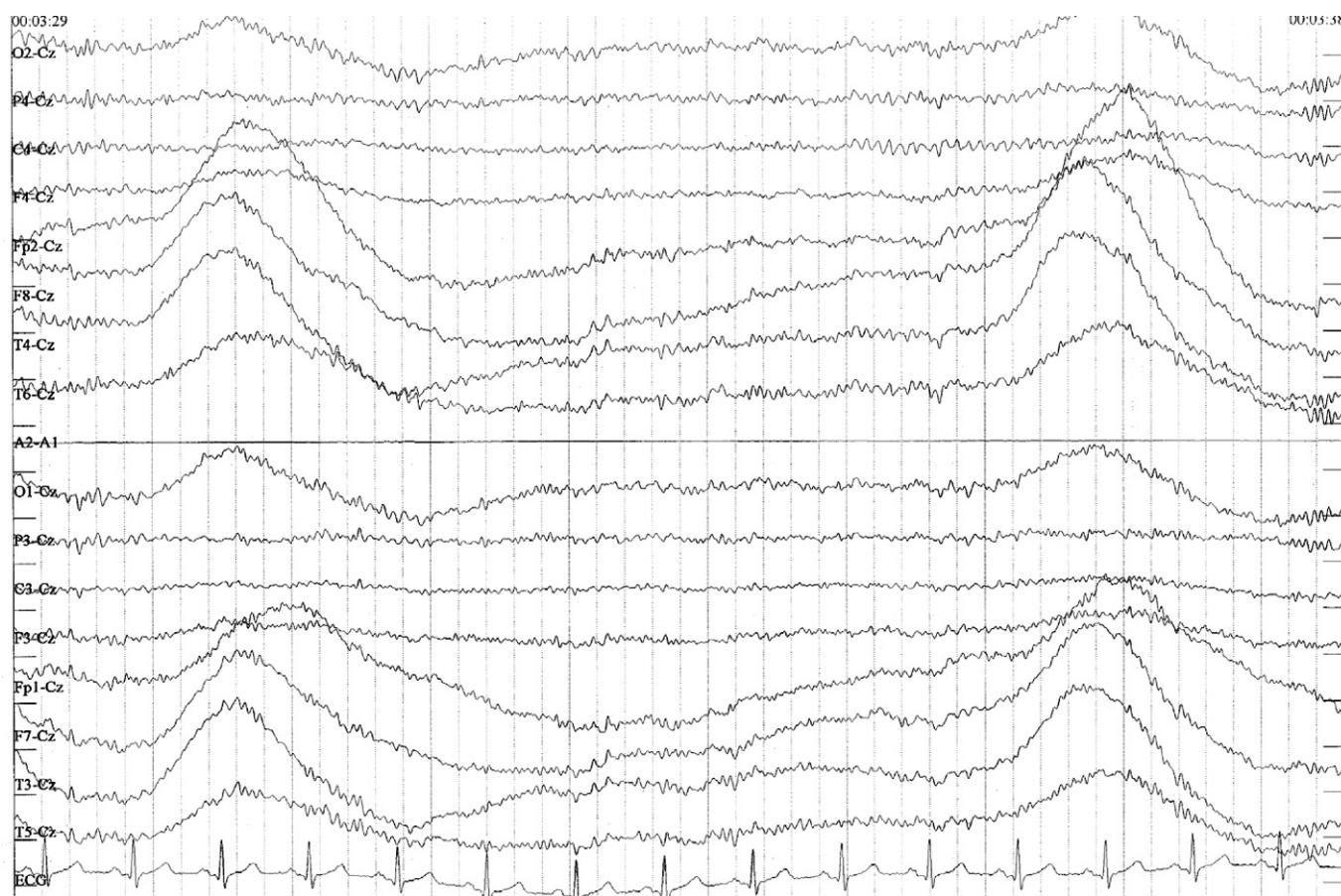
стрировать ЭОГ с помощью дополнительных электродов, которые располагаются по окружности глаз. При фиксации электродов выше и ниже глаза на ЭЭГ зарегистрируются ЭОГ вертикальных движений глаз, а при горизонтальном расположении электродов — ЭОГ горизонтальных движений глаз. УстраниТЬ ЭОГ можно, попросив пациента зафиксировать глазные яблоки, придерживая веки собственными пальцами.

Глазодвигательный артефакт накладывается на медленноволновую активность, маскируя ее. Но сохранение высокоамплитудных медленных волн в лобных и центральных отведениях (справа на

рисунке) позволяет заподозрить наличие объемного процесса в глубинных отделах лобных долей.

*Миографический артефакт, электромиограмма (ЭМГ)* представлен как нерегулярная, высоко-частотная (более 15 Гц) электрическая активность с острой формой волны. ЭМГ выявляется при мышечном напряжении лобных, жевательных и затылочных мышц. Она может быть спровоцирована как спонтанным напряжением пациента, так и его непроизвольной реакцией на чрезмерно плотно одетую фиксирующую электроды систему.

Дифференцировать ЭМГ следует с бета-ритмом, сонными веретенами и спайковой актив-



**Рис. 12.** Кожно-гальваническая реакция (КГР-артефакт). На ЭЭГ регистрируются медленные «тренды», возникновение которых обусловлено изменением общего импеданса, за счет активации потовых желез. ностью на ЭЭГ.

Бета-ритм отличается от ЭМГ меньшей амплитудой колебаний, неправильным и нерегулярным ритмом. Сонные веретена представляют собой модулированные, диффузные колебания частотой 11–15 Гц, амплитудой около 50 мкВ, продолжительностью от 0,5 до 3 секунд. Они регистрируются преимущественно в центральных отведениях во вторую фазу сна и могут сочетаться с К-комплексами. Спайковая активность — это потенциалы с острой формой, длительностью 5–50 мс, высокоамплитудные. Их амплитуда может превышать фоновую активность в десятки и даже тысячи раз. Спайки склонны к группированию, формируя полиспайковую активность, и сочетанию с медленной волной.

Устранить ЭМГ можно предложив обследуемому не сжимать зубы, приоткрыть рот, расслабить мышцы лба и шеи. Если после всех вышеизложенных мероприятий регистрация ЭМГ-артефакта сохраняется, то можно использовать фильтры высоких частот с ограничением полосы пропускания свыше 15 или 30 Гц. Однако следует учитывать, что это ограничение распространяется и на собственные колебания биоэлектрической активности головного мозга.

Но в некоторых случаях выявление миогра-

фического артефакта в записи может быть полезно для врача, помогая провести дифференциальную диагностику. Например, в случае головной боли напряжения, у обследуемого пациента будет выявляться ЭМГ-артефакт по затылочным отведениям, поскольку присутствует миотоническое напряжение мышц шеи и скальпа. В этом случае, подавление ЭМГ-артефакта невыгодно, и его не следует исключать из записи (рис. 17).

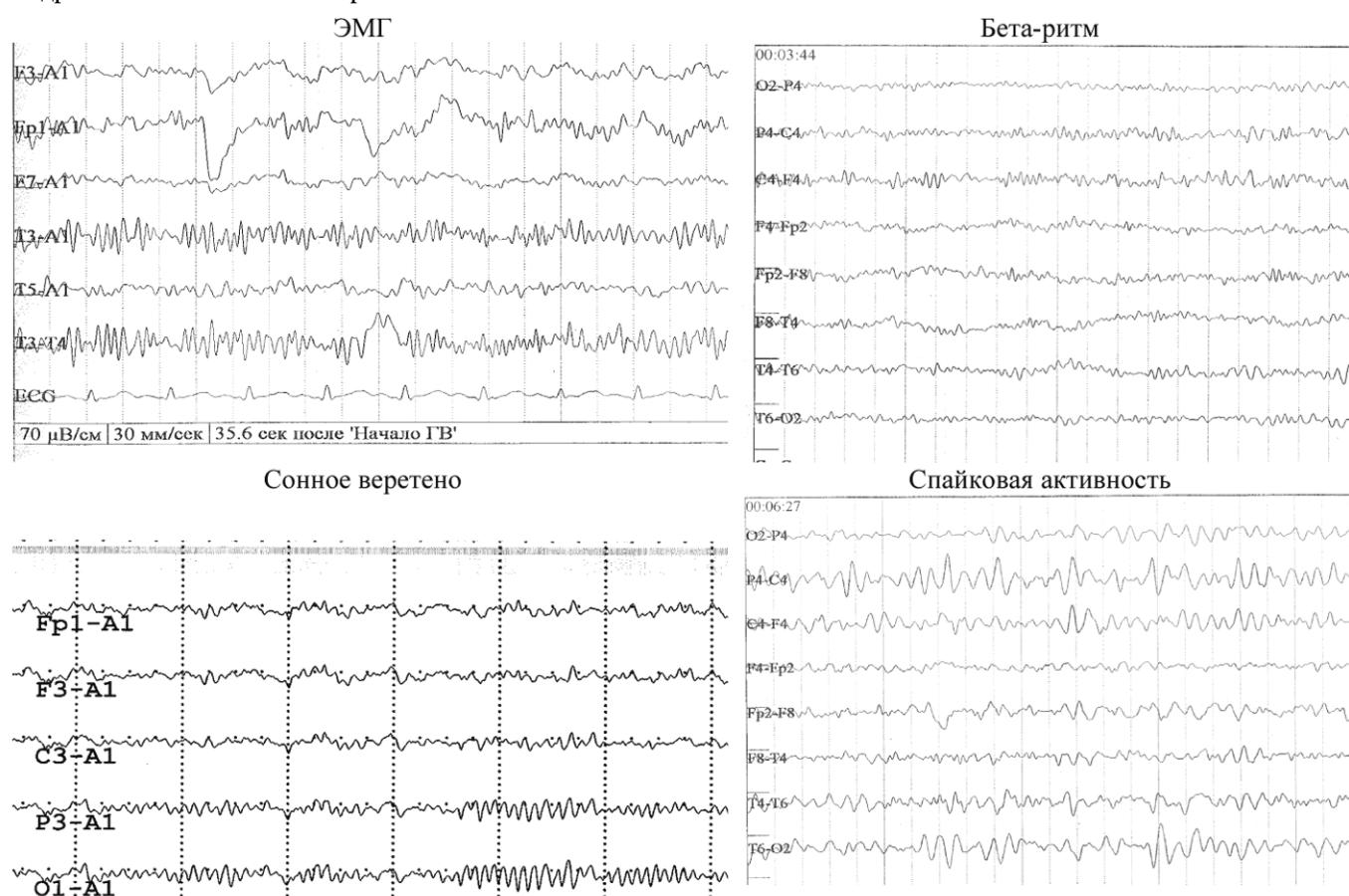
### Обсуждение и заключение

Многообразие проявлений артефактов ЭЭГ-записи, трудности в их устраниении, а так же их сходство с истинными ЭЭГ-паттернами часто заставляют начинающих специалистов отрицать диагностическую ценность метода ЭЭГ в клинической практике, направляя пациентов на другие, подчас дорогостоящие диагностические методы, основанные на других физических принципах. Тем не менее, как показано выше, выявление, устранение и дифференциальная диагностика ЭЭГ-артефактов не представляет какую-либо сложную и неразрешимую для специалиста проблему.

ЭЭГ-артефакты имеют определенные характеристики, что позволяет отделить их от основ-



**Рис. 17.** Миографический артефакт по затылочным отведениям, имитирующий альфа- активность у пациентки с синдромом головной боли напряжения.



**Рис. 18.** Сравнительная характеристика ЭМГ-артефакта со схожими ЭЭГ-феноменами.

ной записи (табл. 1, 2). Поэтому даже при проведении исследования на современной диагностической аппаратуре, специалист должен рас-

познавать и отмечать регистрируемые артефакты, прилагая максимальные усилия к их устранению из основной записи ЭЭГ. Однако полное

**Табл. 1.** Критерии дифференциальной диагностики артефактной активности по данным ЭЭГ  
(Физические артефакты)

#### Физические артефакты

Артефакт	Дифференциальный диагноз	Характерные особенности
Сетевая наводка	Бета-ритм	Высокая частота сигнала (около 50 Гц), при низкой амплитуде, большая продолжительность
Обрыв проводника	Дельта-волны	Появление под одним отдельно взятым электродом
Статический разряд	Острые волны, спайки	Появление под одним отдельно взятым электродом, непродолжительность во времени, полиморфизм при повторе
Движение электрода	Медленные волны тета и дельта-диапазона	Выявляются под отдельно взятым электродом, хорошо видны в биполярных монтажных схемах как симметричные сходящиеся-расходящиеся волны
Высокий импеданс	Бета-ритм, спайковая активность	Появление под одним отдельно взятым электродом, большая продолжительность, полиморфизм графоэлементов
Телефонный артефакт	Бета-ритм, спайковая активность, сонные веретена	Четкая связь со звонком телефона

**Табл. 2.** Критерии дифференциальной диагностики артефактной активности по данным ЭЭГ (Физиологические артефакты)

#### Физиологические артефакты

Артефакт	Дифференциальный диагноз	Характерные особенности
ЭКГ	Спайки, острые волны, ДЭПД	Ритмичность, соответствующая ЧСС, совпадение спайка с комплексом QRS на ЭКГ-канале, устранение при переводе на биполярное отведение
РЭГ	Медленные волны тета и дельта-диапазона	Выраженная фазность волн с четким выделением анакроты и катакроты
ЭМГ	Бета-ритм, спайковая активность	Полиморфизм, преимущественная выраженность в височных и теменных отведениях, устранение при расслаблении мышц
КГР	Дельта-активность	Синусоподобные медленные волны и тренды
ЭОГ	Дельта-активность, комплексы острая-медленная волна	Выраженность в фронтополярных и лобных отведениях с постепенным угасанием в задних отведениях

устранение физиологических артефактов не всегда необходимо, так как именно их наличие может косвенно указывать на основную медицинскую патологию, по поводу которой пациент и обратился к врачу.

Возможно, подобные недостатки можно раз-

решить посредством усовершенствования подготовки специалистов, проводящих нейрофизиологические исследования, с выделением в курсе обучения отдельных тем, посвященным диагностике ЭЭГ-артефактов.

## Библиография

1. Гуляев С.А., Архипенко И.В. с соавт. Электроэнцефалография в диагностике заболеваний нервной системы — Изд-во ДВГУ, 2012. — 200 с.
2. Зенков Л.Р. Электроэнцефалография с элементами эпилептологии. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1996.
3. Мухин К.Ю., Петрухин А.С., Глухова Л.Ю. Эпилепсия, атлас электро-клинической диагностики. — М.: «Альварес Паблишинг», 2004. — 440 с.
4. Петрухин А.С., Мухин К.Ю., Глухова Л.Ю. Принципы диагностики и лечения эпилепсии в педиатрической практике. — М., 2009. — 43 с.
5. Luders H., Noachtar S., eds. Atlas and Classification of Electroencephalography. — Philadelphia: WB Saunders, 2000. — 208 p.
6. Penfield W., Jasper H. Epilepsy and the Functional Anatomy of the Human Brain. — Boston: Little, Brown & Co, 1954. — 469 p.