

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
СПЕКТРАЛЬНО-КОРРЕЛЯЦИОННОГО
АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ
В ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ
ОЧАГОВ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ
АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА.

Е.А. КОРСАКОВА, А.В. МЯСНИКОВ, В.Б.
СЛЕЗИН, Э.П. ТИХОНОВ*

Введение. Ведущим в функциональной диагностике является визуальный метод оценки электроэнцефалограмм (ЭЭГ), но это не исключает необходимости разработки и применения статистических методов анализа, позволяющих снабдить нейрофизиолога информацией, дополняющей визуальную оценку. С этим тесно связана и задача автоматизации обсчета отдельных аспектов ЭЭГ, что ускоряет и уточняет постановку врачом диагноза. Спектральный и корреляционный анализы являются методами обработки ЭЭГ. Спектральный анализ позволяет судить о наличии в данном процессе тех или иных ритмов ЭЭГ, частота которых соответствует имеющимся в анализаторе фильтрам и дает информацию об амплитудном значении ритмов каждой частоты. Корреляционный - позволяет оценить исследуемый процесс с точки зрения его периодичности, причем эта сторона процесса не может быть оценена с помощью других используемых ЭЭГ-методов. При спектральном анализе с помощью фильтра выделяются все колебания данного периода, независимо от того, повторяются они периодически или представляют собою лишь отдельные колебания, не переходящие в периодический процесс. При корреляционном же анализе дифференцируются составляющие периодические и непериодические. Т.о., спектральный и корреляционный анализ гармонично дополняют друг друга.

В настоящей работе была поставлена задача комплексного применения методов,

основанных на спектральном и корреляционном анализе ЭЭГ-сигналов с целью получения количественных оценок регистраций ЭЭГ, способствующих классификации наблюдаемых пациентов на классы здоровых и психоневрологических больных и определению локализации очагов патологической активности при эпилепсии и др. неврологических заболеваниях, таких, как энцефалопатия, менингит, алкоголизм, вегетососудистая дистония, последствия черепно-мозговых травм (ЧМТ).

Методика. Для отработки методики использовались ЭЭГ 25 человек, в возрасте 17-45 лет. Из них 5 - здоровых, 10 - больных эпилепсией, 10 - с неврологическими заболеваниями, среди которых энцефалопатия, менингит, алкоголизм, вегетососудистая дистония, а также больные с последствиями ЧМТ.

Регистрация ЭЭГ велась на компьютерном электроэнцефалографе "Телепат - 104", в частотном диапазоне 0,3-50 Гц, с 16 зон поверхности головы (полная система 10-20 без центральных электродов), с объединенным референтным электродом (с двух мочек ушей), в состоянии спокойного бодрствования испытуемых с закрытыми глазами. Для синхронного ввода анализируемых данных в компьютер *IBM PC* и последующей математической обработкой применялся комплекс аппаратно-программных средств, разработанный в Институте мозга человека РАН (программа *WinEEG* версия 1.3 2000 г.). Статистический анализ полученных данных велся посредством пакета *STATISTICA*, версия 5.0. В дальнейшей обработке применялись спектральный, кросс- и автокорреляционный анализы. Выбирались безартефактные участки регистрации ЭЭГ, длительность которых устанавливалась экспериментально, по итогам проводилась статистическая обработка. Достоверность полученных результатов оценивалась по методу Стьюдента.

Спектральный анализ. В качестве признаков, по которым осуществлялась

классификация наблюдаемых пациентов, использовались отношения оценок амплитуд пиков спектров мощности α - к Δ - и α - к θ -диапазонов частот по всем отведениям ЭЭГ - так как для патологии характерно повышение амплитуды медленной активности и ее избыточное количество по отношению к норме [1]. Это объясняется тем, что односторонняя локальная медленноволновая активность появляется вследствие локального коркового поражения, а вспышки генерализованной медленной активности у взрослых бодрствующих людей появляются при патологических изменениях в глубоких структурах головного мозга.

Кросс-корреляционный анализ.

Находили: а) коэффициенты кросс-корреляции между лобными и затылочными отведениями ($F1$ и $O1$, $F1$ и $O2$, $F2$ и $O1$, $F2$ и $O2$), как характеристики пространственной системной организации исследуемых процессов; б) межполушарные коэффициенты кросс-корреляции (между отведениями $F1$ и $F2$, $O1$ и $O2$, $T3$ и $T4$), как характеристика степени связи двух процессов.

Автокорреляционный анализ.

Определяли автокорреляционные функции (АКФ) по следующим отведениям ЭЭГ: $F1$, $F2$, $O1$, $O2$, $T3$, $T4$. В последующем анализе исследовалась периодичность АКФ по α -ритму (да/нет). По нарушению периодичности α -ритма по всем вышеупомянутым отведениям можно судить о патологии в стволе головного мозга, а по нарушению периодичности хотя бы в одном из отведений - о патологии коры головного мозга на данном участке [2].

По полученным данным находились средние значения (по пациентам) для нормы, эпилепсии и др. заболеваний. Полученные результаты исследования электрической активности мозга

больных сопоставлялись с данными анализа ЭЭГ здоровых испытуемых. В качестве критерия классификации на больных и здоровых служило отсутствие перекрытия доверительных интервалов с заданной вероятностью ошибки, оценок нормы и патологии.

Результаты исследования. Оценки отношения амплитуд пиков спектров мощности. На рис. 1. представлены средние значения отношения пиков спектров мощности ЭЭГ-сигналов.

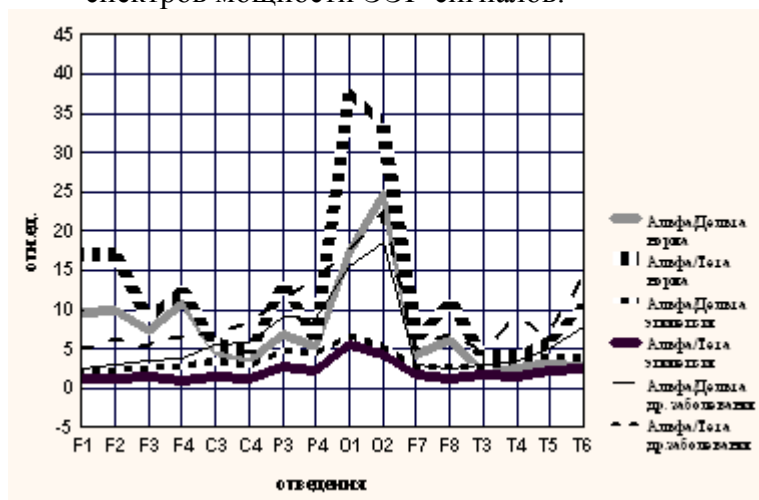


Рис. 1. Средние значения отношения пиков спектров мощности ЭЭГ-сигналов

Эпилепсия. Полученные результаты позволяют считать, что важным признаком при исследовании отношения амплитуд пиков спектров мощности является отношение пиков α - и θ -ритмов. Статистически значимые различия признаков при эпилепсии по сравнению с нормой (с вероятностью ошибки $p < 0.01$) получены по лобным, передним центральным, задним центральным областям двух полушарий головного мозга, по затылочным, передним височным и средним височным областям левого полушария. Это можно объяснить левосторонней локализацией фокуса эпилепсии у 70% больных, констатируемой по предварительной обработке ЭЭГ врачом-нейрофизиологом. По отношению пиков спектров мощности α - к Δ -ритму статистически значимые различия нормы и эпилепсии ($p < 0.025$)

получены по передним центральным областям ($F3, F4$) и лобной области левого полушария, что также можно объяснить левосторонней локализацией фокуса эпилепсии у 70% больных. Можно выдвинуть положение, что понижение отношения пиков спектров мощности α/θ и α/Δ указывает на локализацию очага в данной области.

Другие неврологические заболевания. Итоги работы дают основание полагать, что

наиболее значимым является отношение пиков спектров мощности α - и Δ -ритмов. Статистически значимые различия параметров при вышеупомянутых заболеваниях по сравнению с нормой ($p < 0.025$) получены по левой лобной и передним центральным областям двух полушарий головного мозга. По отношению пиков спектров мощности α - к θ -ритму статистически значимые различия ($p < 0.025$) получены по лобной области левого полушария. В данных областях по предварительной обработке ЭЭГ нейрофизиологом были отмечены локальные нарушения биоэлектрической активности.

Анализ коэффициентов кросс-корреляции. Эпилепсия. Выявлено, что при эпилепсии коэффициенты кросс-корреляции ($K_{кр}$) между лобными и затылочными отделами головного мозга у большинства больных принимают положительный знак (в норме все $K_{кр}$ отрицательны). Это свидетельствует о нарастании синфазности процессов в

данных отделах мозга и об увеличении степени их связи, что, согласно литературным данным, отражает изменение сознания человека и снижение функционального состояния коры головного мозга [3]. Наряду с этим среди больных эпилепсией есть пациенты, имеющие отрицательные *Kкр* лобных и затылочных областей. Т.о., *Kкр* этих областей можно предложить в качестве не только диагностического признака для различия состояния нормы и вышеуказанных патологий, но и использовать в качестве критерия, отражающего уровень сознания больного эпилепсией. Снижение этого уровня, т.е. рост *Kкр*, говорит о сложности течения заболевания - об обострении патологии головного мозга и о помрачении сознания больного.

Отмечалось отчетливое соответствие более высоких *Kкр* между лобной и затылочной областью правой или левой гемисферы с фокусом эпилептической активности: более высокий *Kкр* между лбом и затылком был в том полушарии, в котором при предварительной качественной обработке ЭЭГ нейрофизиологом был обнаружен фокус эпилептической активности. Поэтому можно считать, что *Kкр* является информативным признаком, по которому на ЭЭГ можно определить очаг эпилептической активности при эпилепсией.

Другие неврологические заболевания. Установлено увеличение *Kкр* по сравнению с нормой между лобными и затылочными отделами головного мозга. У большинства больных *Kкр* принимают положительный знак, что говорит о нарастании синфазности процессов в этих отделах мозга и об увеличении степени их связи. Это указывает на спад функциональной активности головного мозга. Отмеченные количественные признаки совпадают с понижением внимания, ухудшением умственных способностей, о чем говорят предварительные клинические данные врача.

Анализ оценок автокорреляционных функций. Эпилепсия. Периодичность АКФ на основе средних оценок наиболее нарушена в лобных областях, менее - в затылочных областях (табл.). Это, видимо, связано с очаговыми поражениями диэнцефальных структур, вызывающими наибольшие изменения ЭЭГ передних отделов полушарий [4, 5], т.к. последние являются зоной корковой проекции этих отделов мозга. При предварительной качественной обработке ЭЭГ врачом диэнцефальные нарушения были обнаружены у большинства больных эпилепсией.

Другие неврологические заболевания. Периодичность АКФ на основе средних оценок АКФ наиболее нарушена в средних височных и лобных областях, менее - в затылочных зонах (табл.). У больных с поражением ствола головного мозга на мезэнцефальном уровне периодичность АКФ по α -ритму отсутствует по всем отведениям ЭЭГ, а у пациентов с очаговым поражением коры мозга - лишь в области поражения. Нарушение периодичности АКФ по α -ритму позволяет дифференцировать уровень поражения головного мозга (кора или ствол) и уточнить локализацию очага в коре.

Таблица

Периодичность АКФ по α -ритму

НОРМА						
N пациента	F1	F2	O1	O2	T3	T4
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
P, %	100	100	100	100	100	100
ЭПИЛЕПСИЯ						
N пациента	F1	F2	O1	O2	T3	T4
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	0
9	0	1	1	1	0	0

10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	1	1	1
12	0	0	1	1	0	0
13	0	0	1	1	1	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	1	1	0	0
<i>P</i> , %	30	40	80	80	50	30
ДР. ЗАБОЛЕВАНИЯ						
<i>N</i> пациента	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>O1</i>	<i>O2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
16	1	1	1	1	1	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	1	1	1	0	0
19	0	0	1	1	0	0
20	1	1	1	1	1	1
21	0	0	1	1	0	0
22	1	1	1	1	0	0
23	0	0	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	0
25	1	1	1	1	1	1
<i>P</i> , %	50	60	90	90	50	30

Примечание: 1 - есть периодичность АКФ по альфа-ритму;

0 - нет периодичности АКФ по альфа-ритму

P - процент от числа пациентов с периодичными АКФ по альфа-ритму

Анализ результатов. Сравнительная оценка спектральных характеристик ЭЭГ-сигналов здоровых людей и психоневрологических больных позволила по объективным количественным признакам выявить изменение структурных соотношений отдельных частотных составляющих внутри каждой ЭЭГ и уточнить особенности нарушения картины пространственного распределения частотных компонентов ЭЭГ в коре больших полушарий. Наиболее резко перестройка пространственно-временной организации ЭЭГ выявляется при анализе признака, равного отношению пиков спектров мощности ритмов α - к Δ - и α - к θ диапазонов. Выявленные при этом изменения структуры пространственной организации электрических процессов выражаются в снижении этих признаков,

особенно в передних отделах мозга. При эпилепсии уменьшение отношения α/θ является наиболее значимым признаком, что служит объективным критерием этого заболевания. Понижение отношения пиков спектров мощности α/θ , α/Δ указывает на локализацию патологического очага в данной области. Полученная при этом оценка достоверности различия оценок больных и здоровых пациентов составила 99%.

Анализ *Kкр* различных областей коры позволил количественно охарактеризовать особенности функциональной связи исследуемых отделов мозга в состоянии нормы и патологии. Нарушение сознания у больных эпилепсией и другими вышеупомянутыми неврологическими заболеваниями сопровождалось увеличением *Kкр* между лобными и затылочными областями по сравнению с нормой и сменой их знака, что свидетельствует о повышении синхронности работы различных отделов коры при снижении уровня сознания пациента. Т.о., результаты исследования позволяют утверждать, что *Kкр* между лобными и затылочными областями является диагностическим, т.е. достоверным признаком для данных патологий головного мозга. Рост *Kкр* указывает на тяжесть поражения головного мозга и степень помрачения сознания больного. При смене отрицательного знака *Kкр* на положительный можно говорить о значительных нарушениях функционального состояния мозга, что подтверждалось при сопоставлении наших результатов с клиническими данными, полученными врачом-нейрофизиологом.

Результаты исследования показали, что при эпилепсии *Kкр* между лобными и затылочными областями может быть дополнительным критерием локализации очагов эпилепсии.

Межполушарные *Kкр* можно использовать в качестве критерия постоянства, стабильности ЭЭГ, как характеристику степени неустойчивости функционального состояния головного мозга. Отмечались изменения межполушарных *Kкр* лобных и затылочных областей (*F1/F2*; *O1/O2*), что может указывать на нарушения в передних отделах диэнцефальной области, которые дают наиболее выраженные изменения ЭЭГ в лобных отделах головного мозга, и на патологические процессы в мезэнцефальной области, с чем связаны изменения ЭЭГ в затылочных областях [6]. Т.к. данные нарушения характерны для большинства больных рассмотренной выборки, полагаем, что межполушарные *Kкр* надо применять в дифференциальной диагностике мозга.

Случайная составляющая, которая вызывает затухание АКФ, связана с активностью ствола на мезэнцефальном уровне [7]. У пациентов с поражением ствола головного мозга на мезэнцефальном уровне (по результатам обработки ЭЭГ врачом-нейрофизиологом) периодичность АКФ исчезала по всем областям. У пациентов с наличием стойких, четких изменений на конвексимальной поверхности с ограниченной локализацией только в области нескольких электродов, что говорит о локализации процесса в структурах коры [6], нарушение периодичности АКФ проявлялось только в данной области. Следовательно, по изменению периодичности АКФ можно дифференцировать уровень поражения головного мозга (кора или ствол) и уточнить локализацию очагов патологической активности.

Выводы. Полученные в результате применения разработанной методики количественные оценки позволяют выдвинуть сл. критерии, дополняющие и объективизирующие качественные данные, полученные врачом-нейрофизиологом: критерием в локализации очагов патологической активности может служить уменьшение отношений пиков спектров мощности α/Δ и α/θ в зоне очага; критерием в локализации очагов эпилептической активности может служить рост коэффициентов кросс-корреляции между лобными и затылочными отделами. Это может быть использовано в уточнении локализации в случае зеркального пароксизмального очага, а также в случае расположения очага в медиобазальных областях и других случаях, когда определение локализации затруднено. Нарушение периодичности АКФ по α -ритму позволяет дифференцировать уровень поражения головного мозга (кора или ствол), а также уточнить локализацию очага в коре.

Литература

1. *Зенков Л.Р.* Клиническая электроэнцефалография.- Таганрог: ТРТУ, 1996.- 358 с.
2. *Ливанов М.Н., Русинов В.С.* Математический анализ электрических явлений головного мозга.- М.: Наука, 1965.
3. *Рыбина И.Я. Табулина Л.Д.* Межполушарная асимметрия биоэлектрической активности головного мозга при фокальной эпилепсии.- Л.: НИПИ им. Бехтерева, 1987.
4. *Болдырева Г.Н.* Межцентральные отношения в коре головного мозга человека в норме и при очаговом поражении диэнцефальных структур (по данным математического анализа ЭЭГ): Автореф. дис- докт. биол. наук.- М.: Институт ВНД и НФ АН СССР, 1978.- 34 с.
5. *Русинов В.С. и др.* // Ж. высшей нервной деятельности.- 1984.- Т. 34, N 1.- С. 14-23.
6. *Поворинский А.Г., Заболотных В.А.* Пособие по клинической электроэнцефалографии.- Л.: Наука, 1987.- 62 с.
7. *Слезин В.Б. Рыбина И.Я.* Электроэнцефалографическое исследование больных с бессудорожной формой и начальными проявлениями эпилепсии.- Л.: НИПИ им. Бехтерева, 1986.- 25 с.

COMPLEX USING OF SPECTRAL-CORRELATION ANALYSIS OF
ELECTROENCEPHALOGRAMS FOR DETERMINATION OF A LOCATION OF
PATHOLOGICAL ACTIVITY FOCI IN THE BRAIN

E.A. KORSAKOVA, A.V.MYASNIKOV, V.B. SLEZIN, E.P.TIKHONOV

Summary

A new technique of complex using of spectral and correlation analyses of a human EEG was studied. It is intended for estimation of recorded EEG for classification supervised patients as normal and abnormal and for determination of location of an abnormal activity under epilepsy and other diseases. New objective quantitative estimations of the recorded EEG were obtained. These estimations can characterize a disturbance of the brain functional condition. The marks given by those estimations are made. Those marks could be used as addition to qualitative estimation given by a neurophysiologist. It could make the determination of diagnosis more exactly and more rapidly.

Key words: electroencephalograms, quantitative estimations