ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ: ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ՀԱՆԴԵՍ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ АРМЕНИИ

т. XXVII, № 1, 1974

УДК 612.822.3

Э. С. АЛИМЯН

ДИНАМИКА ЧЕРЕДОВАНИЯ ФАЗ АКТИВАЦИЯ—УГАШЕНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РЕАКЦИИ (ОИР) ПО АНАЛИЗУ ЭЭГ

В статье предлагается метод, позволяющий проследить за динамикой чередования фаз активации—угашение при ОИР по анализу квазистационарных участков ЭЭГ.

Анализ проводится автоматически посредством кроскорреляционных коэффициентов, вычисленных на ЭВМ.

При формировании и протекании ориентировочно-исследовательской реакции (ОИР) происходят очень тонкие сдвиги в функциональном состоянии животного. Архитектурно-физиологические закономерности афферентного синтеза свидетельствуют о том, что в мозге возникает «большая система возбуждений»*. Мы исследовали перестройку ее при возмущающем агенте. Однако эти сдвиги в функциональном состоянии настолько тонки, что даже по такому динамичному показателю, как ЭЭГ, способному к мгновенной перестройке, опытный экспериментатор без специальной обработки затрудняется их распознать.

В работе поставлена цель посредством кроскорреляционного анализа на ЭВМ квазистационарных участков ЭЭГ проследить за ходом чередования фаз активация—угашение ОИР на разных этапах ее протекания у бодрствующих кроликов.

Материал и методика. Опыты проводились на кроликах с электродами, хронически вживленными в височные области коры обеих полушарий, в симметричные пункты дорсального гиппокампа, в ретикулярную формацию области среднего мозга и септум.

Выбор структур определялся их участием в ориентировочной реакции. Септум был взят как часть лимбической системы, непосредственно связанной с возникновением эмоций, так как у кроликов ориентировочная реакция бывает связана со страхом.

ЭЭГ регистрировалась монополярно на многоканальном транзисторном электроэнцефалографе фирмы «Альвар» и с выхода его подавалась на десятиканальный кодовый магнитный регистратор, где исходная аналоговая величина преобразовывалась в семиразрядный двоичный код с дискретизацией во времени шагом 2,5 мсек. Дальнейшая обработка, т. е. вычисление кроскорреляционных функций ЭЭГ попарно взятых вышеописанных структур мозга, производилась на специализированной ЭВМ. На печать выдавались $\rho^*_{xy}(\tau)$, M^*_x, M^*_y, σ^{*2}_x, σ^{*2}_y, где $\rho^*_{xy}(\tau)$ — оценка коэффициента кроскорреляции от независимой переменной τ, M^*_x —оценка математического ожидания процесса x; M^*_y —оценка математического ожидания процесса y. σ^{*2}_x, σ^{*2}_y — оценка дисперсий процессов x, y.

---

* Анохин П. К. Функциональная система. «Ежегодник Большой Медицинской Энциклопедии», М., 1968.

Мы определяли кроскорреляционные функции с эпохой анализа ЭЭГ 1,5 сек. Максимальный интервал корреляции—0,75 сек. Всего было вычислено 1400 корр. функций.

Анализу подверглись 2 участка ЭЭГ: участок, соответствующий действию раздражителя (продолжительность раздражителя — 2 сек) и предшествующий раздражаемому (фоновая активность).

Анализируемые участки выборочные, так как они должны удовлетворять условию стационарности, которая проверяется по специальному алгоритму. Число сочетаний попарно анализируемых структур составляло от 10 до 15 в зависимости от количества регистрируемых в опыте образований.

Исследовались, как правило, две формы ЭЭГ, соответствующие наличию ориентировочной реакции и угашению ее.

Результаты и обсуждение. В опыт были взяты животные, не бывшие ранее в экспериментальной обстановке. Поэтому не только пусковой раздражитель — сирена, но и вся совокупность обстановочных афферентаций создавали новизну, вызывающую ориентировочно-исследовательскую реакцию. После того, как на ЭЭГ устанавливалась спокойная активность, в камере неожиданно включалась сирена. У некоторых животных это вызывало двигательное беспокойство, принюхивание, вздрагивание. Через 15—25 предъявлений сирены внешние признаки воздействия раздражений исчезли, однако при этом на ЭЭГ почти одномоментно с включением звука развивалась генерализованная активизация. По принятой терминологии, участок электроэнцефалограммы соответствующей фазы активации называют десинхронизацией. В самом деле, происходит трансформация полосы колебаний в сторону высших частот, которая часто сопровождается обогащением спектра и уменьшением амплитуды ЭЭГ. Такие структурные изменения легко воспринимаются экспериментатором. По мере задалбливания раздражителя «десинхронизация» ЭЭГ начинает ослабевать. Теперь уже трудно сказать, как реагирует животное на очередной раздражитель, так как не происходит заметная глазу перестройка структуры ЭЭГ. В конце концов наступает период, когда звуковое раздражение полностью теряет способность пробивать фоновую активность.

Корреляционный анализ показывает, что коэффициенты кроскорреляции, соответствующие анализу участка раздражения, увеличиваются по сравнению с фоном активации. В фазе угашения они или уменьшаются, или вовсе не изменяются. Несмотря на внешне кажущуюся «десинхронизацию», перестройка ЭЭГ приводит к тому, что общий ритм между всеми анализируемыми структурами (который иногда незаметен для глаза экспериментатора) увеличивает взаимосвязь, выраженную максимальным коэффициентом кроскорреляции $\rho_{кр}$. Это побудило нас составить матрицу коэффициентов $\rho_{кр}$, определив через сумму этих коэффициентов ее «вес».

Рассмотрим рис. 1, где представлены коррелограммы в виде матрицы авто- и взаимнокорреляционных функций, полученных на выходе ЭВМ (эксперимент 7.2.70 г., участок 4).

Обозначение структур следующее:

1. $РФ_л$ — ретикулярная формация ствола мозга, левая
2. Се — септум левый
3. $КВ_л$ — кора височная левая
4. $КВ_п$ — кора височная правая.

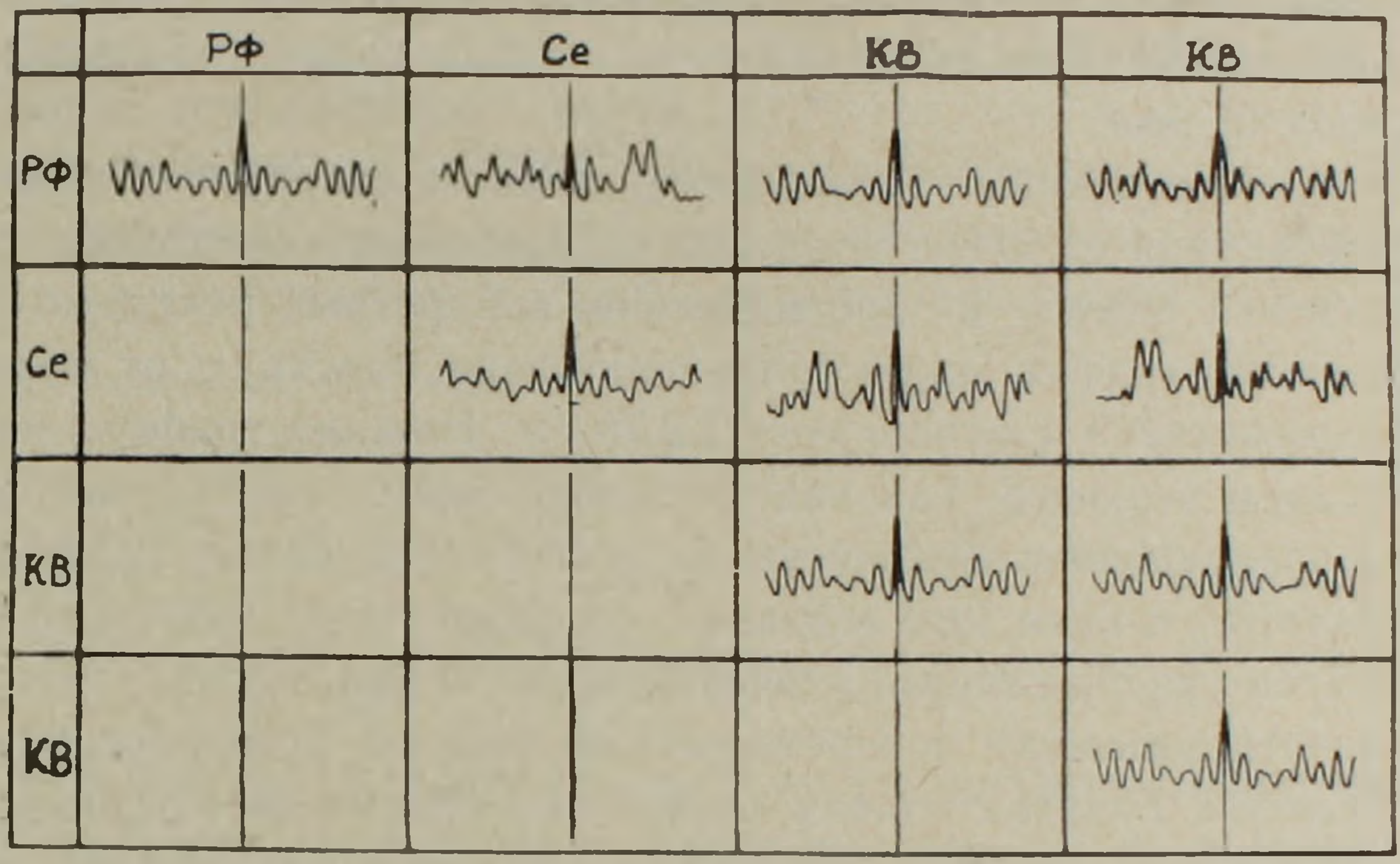

Рис. 1. Матрица коррелограмм авто- и кроскорреляционных функций.

Из каждой коррелограммы мы берем одно значение (максимальное) этой функции, исключая коррелограммы автокорреляционных функций, так как максимальное значение их в нормированном виде— единица. Таким образом, «статистический вес» матрицы состоит из суммы $\frac{n(n-1)}{2}$ значений коэффициентов.

Дальнейшие исследования показали, что удобно оперировать не абсолютным значением «весов» матриц, а отношением «весов» участка раздражения к предшествующему фоновому, которое обозначим буквой γ. Таким образом,

$$\gamma = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \rho_{xi,\,yj} - n\right]_{раздр.}}{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \rho_{xi,\,yj} - n\right]_{фон}},$$

где $i=j=1,2....n$; n — количество анализируемых структур или образований мозга.

Для чего понадобилось нам отношение сумм коэффициентов?

ЭЭГ очень вариабельна во времени не только по структуре, но и по отношению сигнала к шуму. Энергия шума (подразумевается шум как биологического, так и технического характера) может изменяться. Следовательно, изменяются и коэффициенты $\gamma'_{кр}$, а их отношение остается более или менее стабильным. Рассматривая структуры как компоненты целостной системы, мы оперируем весом этой системы. Это позволяет нам увеличить статистическую достоверность величины γ. Учитывая

профиль журнала, не приводятся расчеты по определению погрешности. Относительная погрешность γ меньше 5%. По той или иной причине (конечное время интегрирования, случайные помехи, имеющие большую энергию и т. д.) степень изменения коэффициентов не может быть одинакова. Данные по разным экспериментам показывают, что отдельные коэффициенты могут не изменяться во время подачи раздражения по сравнению с фоном.

Как правило, процесс угашения протекал волнообразно, причем периоды проявления стойкого угашения со временем удлинялись.

Обратимся теперь к рассмотрению конкретных результатов. На рис. 2 приведен график, иллюстрирующий зависимость γ от номера подачи раздражения S (эксперимент 7.2.70 г.). Нижний график является продолжением верхнего. Так как анализируемые участки выборочные, то не все раздражения обозначены на оси абсцисс. После 127 отсчет заново начинается с нуля (это связано с разрядностью двоичного счетчика импульсов раздражения). Значения этого коэффициента могут охарактеризовать динамику попеременной активации—угашения ориентировочной реакции. Горизонтальная линия с ординатой 1 характеризует границу между активацией и угашением. До S=93 наблюдается довольно стойкая активация. После 120 начинается попеременное чередование активация—угашение. Заметим, что по энцефалограммам этих участков невозможно было адекватно классифицировать фазы угашение—актива-

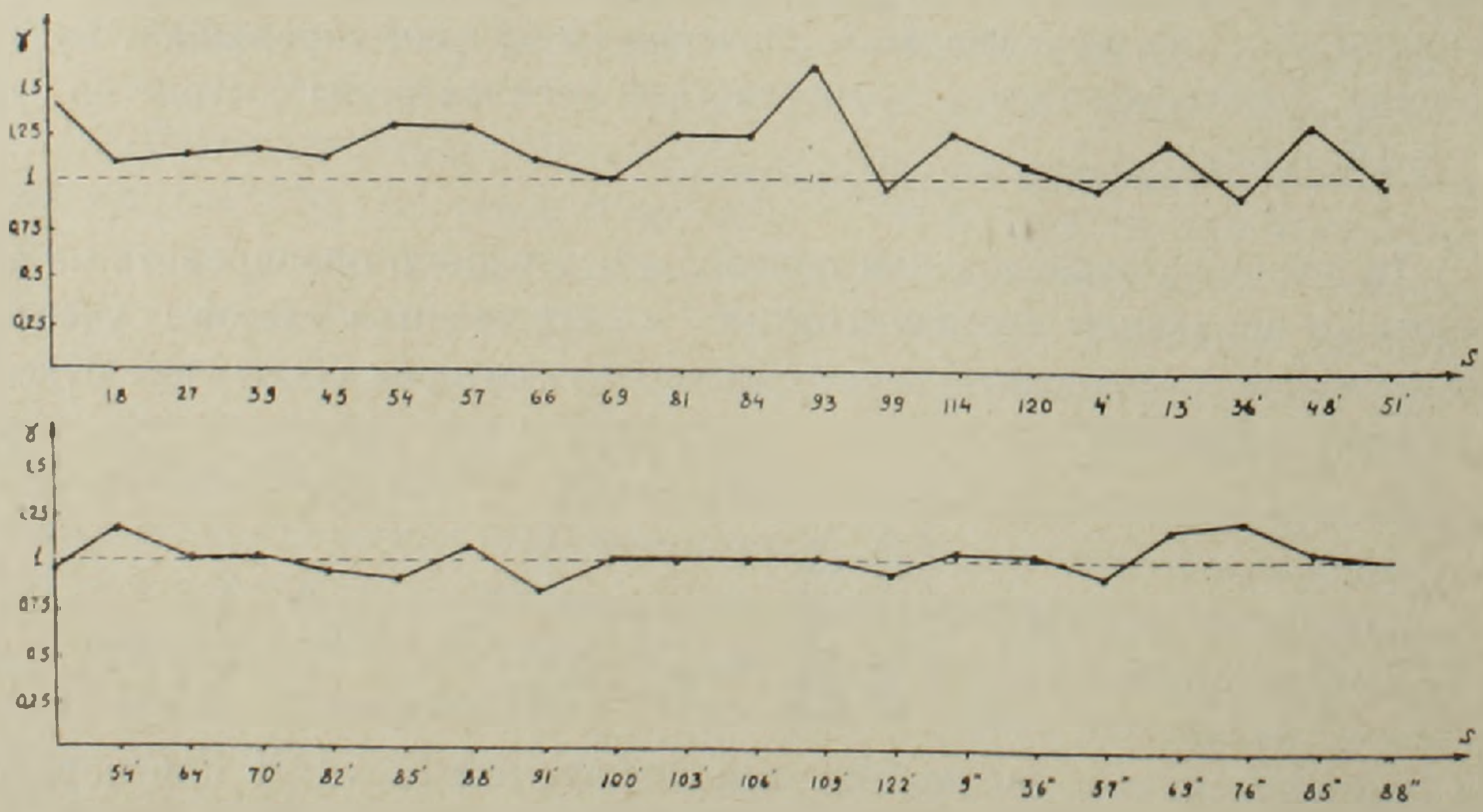

Рис. 2. Зависимость коэффициента γ от номера подачи раздражения S.

ция. Точки 100′, 103′, 106′—«нулевые», т. е. животное не реагирует на внешнюю стимуляцию. Казалось бы после этих точек животное больше не будет реагировать, но достаточна «короткая передышка» и опять наблюдаются фазы активации и угашения (точки 36″, 57″ и т. д.).

Таким образом, анализ ЭЭГ при ОИР методом корреляционных функций показывает, что между величиной коэффициента кроскорреляции и уровнем бодрствования животного (кролика) существует опреде-

ленная зависимость. На стадии активации возрастание общей напряженности животного при восприятии звукового сигнала сопровождается увеличением значений коэффициентов, а на стадии угашения—уменьшением их. Такая зависимость позволяет нам оценить функциональное состояние не только ориентировочно по длинному отрезку записи ЭЭГ, но и после каждой подачи раздражителя, т. е. локально (при сохранении условий стационарности процесса), и следить за динамикой попеременного чередования фаз ОИР активация-угашение.

Эксперименты были проведены в лаборатории академика П. К Анохина на комплексе для обработки физиологической информации.

Армянский государственный
педагогический институт им. Х. Абовяна Поступило 9.III 1973 г.

Է. Ս. ԱԼԻՄՅԱՆ

ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ԵՎ ՄԱՐՄԱՆ ՖԱԶԵՐԻ ՀԱՋՈՐԴՄԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱՆ ԿՈՂՄՆՈՐՈՇՄԱՆ ՌԵԱԿՑԻԱՅԻ ԺԱՄԱՆԱԿ ԸՍՏ ԷԷԳ-Ի ՎԵՐԼՈՒԾՄԱՆ

Ամփոփում

ԷԷԳ-ի վերլուծումը կողմնորոշման ռեակցիայի ժամանակ ցույց է տալիս, որ կենդանու (ճագար) կրոսկորելիացիայի գործակիցների և ակտիվացման մակարդակի միջև որոշակի կապ կա։

Ակտիվացման փուլում ձայնային ազդանշանի ընկալումը ուղեկցվում է կրոսկորելիացիայի գործակիցների ավելացումով, իսկ մարման փուլում՝ նրանց փոքրացումով։ Այս կապը հնարավորություն է տալիս ֆունկցիոնալ վիճակը գնահատել ոչ միայն մոտավորապես, ԷԷԳ-ի գրանցված երկար հատվածի միջոցով, այլև ամեն մի ազդանշանից հետո՝ այսինքն լոկալ ձևով (պայմանն է պրոցեսի ստացիոնարության ապահովումը)։ Բացի այդ, հնարավոր է բացահայտել կողմնորոշման ռեակցիայի ակտիվացման և մարման ֆազերի հաջորդման դինամիկան։ Մարման պրոցեսը կրում է ալիքաձև բնույթ։

Ֆունկցիոնալ վիճակի գնահատումը կատարվում է ավտոմատ ձևով, հաշվիչ մեքենայի օգնությամբ, որը բացառում է փորձարկողի սուբյեկտիվ միջամտությունը։