

Е. В. ТУМСКОЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СВОЙСТВ ПОЛЯ АЛЬФА-РИТМА

(Представлено академиком В. Н. Черниговским 30 XI 1973)

В последние годы в литературе отмечается нарастающий интерес к изучению не только временных, но и пространственных характеристик э.э.г., что привело к разработке большого количества систем и методов их регистрации (¹⁻⁷). Настоящая работа ставит своей задачей описание одного из возможных методов регистрации пространственно-временных характеристик электрического поля мозга в ограниченной области скальпа и изложение результатов его применения к исследованию поля альфа-ритма у 4 здоровых испытуемых.

Количественная характеристика пространственных свойств электрического поля мозга основана на определении угла φ , который образуют изоамплитудные линии поля с осью координат на скальпе. Этот показатель может быть получен на экране осциллоскопа на основе двух биполярных отведений от трех электродов, расположенных в вершинах прямоугольного равнобедренного треугольника со сторонами, параллельными осям координат на скальпе (рис. 1), при общем референтном электроде в вершине прямого угла и определенной коммутации. Определение основано на следующих отношениях. В момент времени t электрическое поле скальпа можно описать функцией $E=f(x, y)$, где E — потенциал в точке скальпа с координатами x, y . В этом случае $\varphi = \arctg -E_x'/E_y'$ или, приближенно

$$\varphi \approx \arctg -\frac{\Delta E_x}{\Delta x} : \frac{\Delta E_y}{\Delta y} = \arctg -\frac{\Delta E_x}{\Delta E_y}, \quad (1)$$

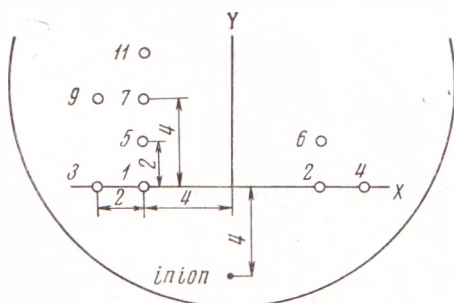
учитывая, что $|\Delta x| = |\Delta y| = 2$ см. При подаче двух биполярных отведений от электродов, расположенных на прямых, параллельных осям координат OX и OY на скальпе, на разноименные оси координат осциллоскопа его луч описывает фигуры Лиссажу. Легко показать, что в зависимости от расположения электродов можно подобрать полярность сигналов таким образом, что угол, образуемый радиусом-вектором ρ любой точки фигуры Лиссажу с осью OX осциллоскопа, будет определяться выражением (1), и, следовательно, φ может быть найден графически (рис. 2). На рисунке видно, что при повороте на 360° ρ имеет 2 экстремума, соответствующие моментам времени t_n и t_{n+1} . В качестве показателя ориентировки в пространстве электрического поля мозга и ее количественного выражения был принят угол γ , который образует прямая P , соединяющая точки двух последующих экстремумов, с осью OX осциллоскопа. Как следует из рисунка, векторы ρ_n и ρ_{n+1} и прямая P близки к параллельным, но P не имеет направления и угол γ условно измерялся в I и IV квадрантах.

У испытуемых 1—3 электрическое поле мозга исследовалось в симметричных затылочных областях, у испытуемого 4 — в затылочной и центральной областях левого полушария (рис. 1). Регистрация велась с помощью игольчатых электродов на электроэнцефалографе ЕЕ-9 фирмы «Хитачи». Условия записи: постоянная времени 0,3 сек., фильтры 15 гц. 4 канала э.э.г., соответствующие двум исследуемым областям скальпа, записывались на магнитофоне SDR-41 фирмы «Нихон Коден». Во время записи или при последующем воспроизведении 2 канала э.э.г., соответствующие одной ис-

следуемой области скальпа, подавались на вход осциллоскопа VC-7, установленного на режим «X—Y». Фигуры Лиссажу во время прохождения альфа-веретена фотографировались камерой РС-2а на неподвижную пленку с выдержкой 175 мсек., что соответствует примерно двум альфа-волнам.

Визуальное наблюдение. В большинстве случаев формы следующих друг за другом фигур Лиссажу различаются незначительно и их можно наблюдать иногда в течение нескольких секунд. Отмечается, что угол γ постоянно изменяется в ту или другую сторону. Значение этого угла различно у разных испытуемых и в различных областях скальпа. Столь же различен и характер его изменения: в одних случаях он меняется медленно и незначительно, в других быстро и на большую величину.

Рис. 1. Система координат на скальпе, нумерация и схема расположения электродов. Расстояния между электродами (Δx и Δy) даны в сантиметрах. В левом полушарии Δx имеет знак минус



Для более детального анализа изменений угла γ во времени применялось фотографирование на движущуюся со скоростью 5 см/сек пленку. Полученная кривая переносилась на бумагу, соседние экстремумы соединялись прямыми, после чего каждый экстремум соединялся с серединой противоположающей прямой. Угол наклона полученной прямой к горизонтали приблизительно равен γ . Эта процедура компенсирует искажения, связанные с движением пленки. Найдено (рис. 3), что угол γ в симметричных областях полушарий может сильно различаться. Значение γ по сравнению с предыдущим постоянно меняется, шаг этого изменения может быть различным, но график во всех случаях представляет собой плавную кривую.

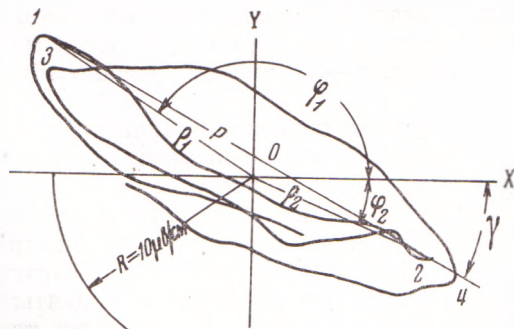


Рис. 2. Фигура Лиссажу. Схема, иллюстрирующая определение ρ , ϕ , P и γ по записи на неподвижную пленку. Радиус окружности — калибровка. Разность потенциалов между электродами, расположенными на прямых, параллельных осям координат OX и OY на скальпе (ΔE_x и ΔE_y), подаются на разноименные оси координат осциллоскопа. При отведении от правого полушария полярность ΔE_x меняется на обратную. При этом угол, образуемый ρ и осью OX осциллоскопа, определяется выражением (1) и ϕ , γ могут быть найдены графически. 1—4 — номера наблюдений испытуемых

Отсюда следует, что изменение пространственных свойств поля альфа-ритма происходит постепенно, что согласуется с литературными данными (3). Из полученных данных следует также, что если в основе альфа-ритма лежат колебания электрического потенциала коры, близкие к периодическим, то изменение пространственных свойств поля альфа-ритма, по крайней мере при визуальном анализе, не обладает свойством периодичности.

Большая изменчивость волн альфа-ритма вызвала применение метода суммации к анализу пространственных свойств э.э.г. (4, 6, 7). В настоящей работе для изучения среднестатистических пространственных характеристик поля альфа-ритма у всех испытуемых для всех отведений производи-

лось выборочное определение значений γ . Результаты статистически обрабатывались и сопоставлялись по критерию t . Найдено, что индивидуальные различия средних значений $\bar{\gamma}$ в одинаковых областях скальпа у различных испытуемых могут достигать 60—70°. Напротив, средние значения $\bar{\gamma}$ у одного испытуемого в различных областях скальпа отличаются значительно меньше: в наблюдении 1 различие для двух симметричных областей составляет около 16°, в наблюдениях 2 и 3 — несколько больше 20°. В наблюдении 4 различие для двух областей одного полушария статисти-

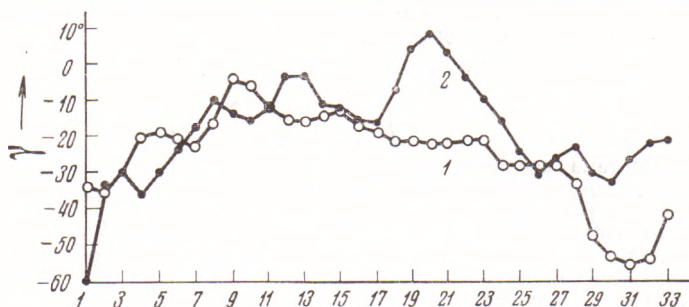


Рис. 3. Наблюдение 1, отведения от симметричных затылочных областей. 1 — левое 2 — правое полушария. График построен на основании анализа веретена альфа-ритма продолжительностью около 1,5 сек. Для наглядности отдельные значения γ соединены отрезками прямой

чески недостоверны ($t=0,22$). Исходя из этих данных можно предполагать, что на значительной области скальпа средние значения $\bar{\gamma}$ могут быть графически представлены мало различающимися по направлению линиями. Следует также, что средняя ориентировка поля альфа-ритма резко асимметрична относительно средней линии, т. е. в обоих полушариях мозга. Условием симметрии является равенство $\bar{\gamma}_s = -\bar{\gamma}_d$, где $\bar{\gamma}_s$ и $\bar{\gamma}_d$ — ориентировка в симметричных областях полушарий. В действительности имеет место прямо противоположное: $\bar{\gamma}_s \approx \bar{\gamma}_d$. Наиболее вероятно, что это связано с перемещением максимума поля потенциалов от области к области (³). При этом асимметрия ориентировки, возможно, связана с асимметричным расположением областей, в которых наиболее часто регистрируются максимумы поля, а индивидуальные различия — различной локализацией этих областей.

Созданные к настоящему времени системы топоскопической регистрации э.э.г. (¹⁻⁷) позволяют наглядно представить особенности изменения электрического поля мозга, однако в силу своей сложности они мало доступны. Кроме того, результаты исследования чрезвычайно трудно охарактеризовать и сравнить количественно. Изложенный метод позволяет регистрировать лишь малую часть общей картины биоэлектрической активности мозга, однако полученные результаты дают возможность надеяться, что некоторые наиболее общие топографические свойства э.э.г. могут изучаться относительно простыми методами, которые позволят выявить наиболее перспективные области применения пространственно-временного анализа.

Институт эволюционной морфологии
и экологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
14 XI 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. Н. Ливанов, Электроэнцефалоскопия, М., 1960. ² М. Н. Ливанов, Журн. высш. нервн. деят., т. 12, 399 (1962). ³ D. Lehmann, EEG and Clin. Neurophysiol., v. 30, 161 (1971). ⁴ N. Lesevre, H. Rieger, A. Remond, *ibid.*, v. 23, 384 (1967). ⁵ O. Petzsche, P. Rappelsberger, *ibid.*, v. 28, 592 (1970). ⁶ A. Remond, N. Lesevre et al., *ibid.*, v. 26, 245 (1969). ⁷ J. P. Joseph, A. Remond et al., *ibid.*, p. 350.