

Я. А. ВАСИЛЬЕВ, В. Д. ТРУШ

ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА ОТ УРОВНЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИНХРОННОСТИ КОРКОВЫХ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

(Представлено академиком М. Н. Ливановым 25 II 1975)

В многочисленных исследованиях людей была установлена связь параметра пространственной синхронности корковых потенциалов с различными формами умственной деятельности (^{2, 5}) и с патологическими нарушениями в работе мозга (^{2, 6}). Однако строгой функциональной оценки этого параметра для коры мозга человека пока не получено. Более того, в работах последнего времени встречаются противоречивые данные относительно связи уровня скоррелированности корковых потенциалов с эффективностью запоминания и воспроизведения следов памяти (^{1, 11}). В то же время в экспериментах на животных работами М. Н. Ливанова и сотр. (^{4, 7, 10}) отчетливо установлена функциональная значимость пространственной синхронности. Она заключается в том, что вероятность двигательной реакции животного (кролика) на афферентную стимуляцию значительно повышается, если стимул предъявляется при тех состояниях мозга, которым соответствует повышенный уровень скоррелированности потенциалов, отводимых от пространственно разделенных корковых участков. Очевидно, и у человека параметры ответных реакций на сенсорные сигналы в значительной мере должны определяться функциональным состоянием мозга в момент предъявления стимула. Действительно, в литературе имеются указания на то, что реакции человека и постстимульная электрическая активность коры мозга (например, вызванные потенциалы) зависят от состояний мозга, определяемых в терминах уровня бодрствования (¹³), мотивации (¹²), готовности к действию (³) и т. п. Но остается неясным, отражаются ли эти состояния в каких-либо конкретных параметрах электрической активности мозга человека в предстимульный период. Можно предположить, однако (исходя из выше перечисленных данных), что таким параметром может быть уровень пространственной синхронности потенциалов коры.

Настоящее сообщение посвящено исследованию вопроса о том, связано ли время простой двигательной реакции человека на световое раздражение с уровнем пространственной синхронности корковых потенциалов в предстимульный период. Для решения этого вопроса мы воспользовались методом автоматизированных управляемых экспериментов.

На 6 здоровых испытуемых в возрасте 20–30 лет было проведено 14 наблюдений. Во время обследования испытуемые находились в затемненной звукозаглушенной камере. Шесть угольных отводящих электродов располагались на коже левого полушария головы в ряд от лобной области до затылочной на равном расстоянии (~4 см) друг от друга. Монополярно отводимые потенциалы (индифферентный электрод располагался на мочке уха) вводились в ЭЦВМ через аналого-дискретный преобразователь при частоте дискретизации по каждому каналу 100 гц. Между всеми парами отводимых потенциалов в реальном времени рассчитывались обычные кросс-корреляционные коэффициенты. Исследовались односекундные интервалы (из 2–5-минутной записи) с абсолютным максимумом или мини-

мумом скоррелированности фоновых потенциалов, отводимых от лобной и затылочной областей коры ($\rho_{л-з}$). Для этого за 30 последовательных односекундных интервалов ЭЦВМ рассчитывала коэффициенты кросс-корреляции для всех пар отведений (по 15 ρ_{ij} для каждого интервала), а также оценивала и запоминала экстремальные значения $\max \rho_{л-з}$ и $\min \rho_{л-з}$. Затем, в конце каждого последующего односекундного отрезка проверялись условия $\rho_{л-з} \geq \max \rho_{л-з}$, $\rho_{л-з} \leq \min \rho_{л-з}$, и если одно из них выполнялось, то машина включала световой раздражитель. Если в течение 5 мин. экстремальные значения $\rho_{л-з}$ не достигались, то раздражение включалось в произвольный момент, не зависимо от величины $\rho_{л-з}$. На включение раздражения испытуемый должен был ответить нажатием кнопки, контакты которой замыкали электрическую цепь обратной связи с машиной. Время реакции (в.р.) между включением стимула и нажатием на кнопку замерялось ЭЦВМ и выводилось на печать после эксперимента. Выпечатывались также все экстремальные значения ρ_{ij} , определенные по 30 интервалам предварительного анализа электроэнцефалограмм и 15 коэффициентов ρ_{ij} за односекундный интервал, непосредственно предшествующий включению стимула.

Прежде всего необходимо остановиться на выборе «параметров управления». В нашем случае это был кросс-корреляционный коэффициент между потенциалами лобной и затылочной областей коры, хотя, согласно данным управляемых экспериментов на кроликах (⁷), следовало бы для этой цели выбрать проекции двигательного представительства руки и зрительного анализатора. Однако при исследованиях на людях это невозможно, поскольку весьма трудно определить точную локализацию коркового представительства движения пальцев руки, а проекция зрительной системы у человека находится на медиальной поверхности полушария. Поэтому мы воспользовались данными о том, что как у животных (⁹), так и у человека (⁸) синхронность корковых потенциалов, оцениваемая за время в 1 сек. и более, организована в основном по принципу расстояния. Это значит, что высокая синхронность потенциалов наиболее удаленных точек коры гарантирует, в большинстве случаев, значительный пространственный охват коры синхронным процессом, а следовательно, с большой вероятностью, и синхронность соответствующих корковых проекций двигательной и зрительной систем. Организация синхронности корковых потенциалов по принципу расстояния была подтверждена и в настоящей работе. Оказалось, что в подавляющем большинстве случаев (~90%) при любом значении $\rho_{л-з}$ (т. е. для максимально удаленных точек) для всех других пар точек ρ было не меньше, чем $\rho_{л-з}$.

Всего проанализировано 128 случаев предъявления светового раздражения: из них при максимальном значении $\rho_{л-з}$ 36, при минимальном $\rho_{л-з}$ 32 и при произвольном значении $\rho_{л-з}$ (как правило, близком к среднему) 60 раздражений.

Среднее в.р. (без учета того, на фоне какого $\rho_{л-з}$ давалось раздражение) было весьма различным как у разных испытуемых в целом по всем предъявлениям стимула, так и у каждого испытуемого в разные опытные дни. Так, например, у испытуемого Аф. среднее в.р. 399 мсек., а у испытуемого О. 690 мсек., среднее в.р. у испытуемого Ш. 366 мсек. в одном опыте и 718 мсек. в другом. Но в.р., усредненное по группам управления для всех испытуемых, оказалось значимо различным (уровень значимости $P=0,1$) для разных условий управления: при $\max \rho_{л-з}$ в.р. 480,4 мсек., при $\min \rho_{л-з}$ в.р. 501,5 мсек. (Достоверность различий проверялась по критерию Манна — Уитни.) Невысокий уровень значимости и малая разница в величинах в.р. обусловлены, по-видимому, как небольшим количеством экспериментальных данных, так и существенной разницей в значениях в.р. для разных испытуемых.

Действительно, достоверность результатов значительно повышается при другом способе анализа данных, полученных в этой серии опытов. Если

рассмотреть все случаи предъявления светового стимула, независимо от вида управления (сюда входят и 60 раздражений при произвольном $\rho_{\text{л-з}}$), и усреднить значения кросс-корреляционных коэффициентов отдельно для случаев, когда в.р. больше и меньше среднего в.р. по всем 128 предъявлениям света, то для $\rho_{\text{л-з}}$ получаются значения 0,388 и 0,470 соответственно при $\text{в.р.} > \text{в.р.}_{\text{ср}}$ и $\text{в.р.} < \text{в.р.}_{\text{ср}}$. Эти значения кросс-корреляционных коэффициентов различаются с уровнем значимости $P < 0,01$ (анализ по критерию Стьюдента после применения к ρ z -преобразования Фишера).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о безусловной функциональной значимости параметра пространственной синхронности потенциалов коры головного мозга человека. Причем, согласно изложенным результатам, у человека пространственная синхронность имеет тот же функциональный смысл (в чисто феноменологическом плане), что и у животных, а именно: предъявление светового раздражения на фоне высокой скоррелированности корковых потенциалов приводит к облегченному проведению возбуждения со зрительной системы на двигательную. Это облегченное проведение у животных выражается в повышении вероятности осуществления двигательной реакции, а у человека — в сокращении времени простой двигательной реакции.

Уже этот результат весьма простого по постановке эксперимента позволяет утверждать, что пространственная синхронность корковых потенциалов человека является существенным количественным показателем описания состояния ц.н.с. И поскольку этот показатель связан с эффективностью проведения возбуждения между структурами мозга, можно надеяться, что не только параметры простейшего двигательного акта, но и осуществление более сложных физиологических и психических функций человека должно зависеть от уровня пространственной синхронности потенциалов коры. Исследование такой зависимости представляется целесообразным проводить в условиях управляемых экспериментов. Возможность получения непосредственной функциональной оценки изучаемых параметров и сокращение избыточности анализируемой информации делает этот метод одним из наиболее многообещающих в экспериментальной электрофизиологии.

Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
25 II 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. А. Аминев, Н. П. Окунев, В. В. Буянкина, В кн.: Память и следовые процессы, Пуцино, 1974, стр. 214.
- ² А. С. Асланов, Н. А. Гаврилова и др., В кн.: Пространственная синхронизация биопотенциалов головного мозга, М., «Наука», 1973, стр. 128.
- ³ В. А. Илюхина, Ю. В. Хон, Физиол. журн. СССР, т. 59, 12, 1811 (1973).
- ⁴ М. Н. Ливанов, Пространственная организация процессов головного мозга, М., «Наука», 1972.
- ⁵ М. Н. Ливанов, Н. А. Гаврилова, А. С. Асланов, Журн. выпш. нервн. деят., т. 14, 2, 185 (1964).
- ⁶ М. Н. Ливанов, Н. А. Гаврилова, А. С. Асланов, В кн.: Лобные доли в регуляции психических процессов, М., Изд-во МГУ, 1966, стр. 176.
- ⁷ М. Н. Ливанов, В. А. Кравченко, Т. А. Королькова, Бюлл. эксп. биол. и мед., т. 64, 11, 14 (1967).
- ⁸ К. К. Монахов, А. И. Никифоров, Л. К. Румянцева, Журн. невропатол. и психиатр., т. 71, 8, 1242 (1971).
- ⁹ В. Д. Труш, Т. А. Королькова, Г. Г. Ийлык, В кн.: Вопросы условно-рефлекторной деятельности и общей физиологии мозга, Матер. 4-й конфер. молодых ученых, М., 1970, стр. 72.
- ¹⁰ В. Д. Труш, Т. А. Королькова и др., В кн. Пространственная синхронизация биопотенциалов головного мозга, М., «Наука», 1973, стр. 28.
- ¹¹ Т. П. Хризман, В кн.: Память и следовые процессы, Пуцино, 1974, стр. 289.
- ¹² В. Б. Швырков, В кн. XXIV Всесоюз. совещ. по пробл. выпш. нервн. деят., посвящ. 125-летию со дня рождения И. П. Павлова, М., 1974, стр. 7.
- ¹³ J. Scherrer, F. Lille, Arch. Ital. Biol., v. 111, 3—4, 621 (1973).