

Г. М. КАЗАРЯН, И. Н. КОВАЛЬ, А. А. ГАРИБЯН, А. Г. КАЗАРЯН

## ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МИНДАЛЕВИДНОГО КОМПЛЕКСА И ГИППОКАМПА У КОШЕК

Изучались взаимосвязи различных ядер миндалевидного комплекса и гиппокампа. Показано, что стимуляция различных ядер миндалевидного комплекса приводит к появлению в гиппокампе многокомпонентных вызванных ответов, свидетельствующих о полисинаптических проводящих путях из амигдалы к гиппокампу. Обнаруженные двусторонние связи ядер миндалевидного комплекса и гиппокампа могут служить морфологической основой для функционального взаимодействия указанных структур.

В литературе имеются немногочисленные данные об электрофизиологическом исследовании связей миндалевидного комплекса с другими мозговыми структурами [3—6, 10, 11, 13, 15, 16 и др.].

Особый интерес вызывает исследование взаимосвязей миндалевидного комплекса и гиппокампа, основных структур лимбической системы, играющих важную роль в механизмах эмоций и мотиваций, памяти и адаптивного поведения [1, 2, 7, 17 и др.].

Наиболее обстоятельные исследования связей миндалевидного комплекса с кортикальными и субкортикальными образованиями проведены Глуром [10, 11], который особое внимание уделил связям базо-латеральной амигдалы. Методом вызванных потенциалов им обнаружены проекционные поля, охватывающие базальную септальную и преоптическую области, а также вентро-медиальное ядро гипоталамуса. Вызванные потенциалы регистрировались также в претектальной области, в передней части мезенцефалического тегмента и височной коре.

При изучении функциональных взаимоотношений амигдалы и гиппокампа методом стрихнинной нейрографии прямых связей между ними не было обнаружено [18], однако Каада [15] удалось установить разряды в гиппокампе при применении того же метода. Прямые связи амигдалы с гиппокампом не были обнаружены и в исследованиях Глур [10]. При стимуляции амигдалы в гиппокампе им регистрировались только длиннотентные ответы. При раздражении базо-латеральной области латентные периоды ответов в гиппокампе были обычно длиннее и амплитуда выше, чем при стимуляции кортико-медиальной области. По мнению автора, это указывает на более непосредственную, но менее мощную связь кортико-медиальной части амигдалы с гиппокампом. Длинные латентные периоды гиппокампальных ответов (более 20 мсек) привели автора к заключению, что импульсы из амигдалы передаются в гиппокамп через цепочку нейронов. Наиболее вероятным

путем передачи является пириформная кора. Такое заключение находится в согласии с гистологическими данными [9]. Возможен и другой путь передачи—через перегородку и из нее в гиппокамп через волокна свода.

Такие же длиннотентные ответы в гиппокампе на раздражение амигдалы получили Грин и Эйди [13]. Однако в их опытах раздражение гиппокампа вызывало более короткотентные ответы в центральной, базо-латеральной и кортико-медиальной областях амигдалы.

В наблюдениях на людях в гиппокампе при стимуляции амигдалы обнаружены ответы с разной латенцией [8]. Латентный период к первому пику таких ответов обычно составлял 20—30 мсек, к последнему—30—75 мсек. Ответы в амигдале на гиппокампульную стимуляцию имели небольшую величину и латенцию 8—15 мсек.

Подобные же данные были получены и на животных [10, 12, 13].

Учитывая изложенные данные, в настоящей работе сделана попытка электрофизиологическим методом изучить функциональные взаимоотношения миндалевидного комплекса и гиппокампа.

*Материал и методика.* Исследования проводились на 12 взрослых кошках. Изучению взаимосвязей различных ядер миндалевидного комплекса и гиппокампа осуществлялось методом вызванных потенциалов под нембуталовым наркозом (40 мг/кг внутривенно). Для стимуляции и отведения вызванных потенциалов использовались биполярные электроды, которые погружались в исследуемые структуры, согласно стереотаксическим координатам атласа мозга кошки [14]. Для раздражения применялся одиночный прямоугольный импульс тока длительностью 0,3 мсек, напряжением 1—10 вольт. Регистрация вызванных потенциалов производилась с помощью установки УЭФ-ПТ-5. Регистрировались как одиночные вызванные потенциалы, так и их наложения для выявления достоверности полученных результатов. Во всех экспериментах измерялись латентные периоды от начала раздражения до появления вызванного потенциала и до вершин последующих колебаний. Измерялись также амплитуды ответов. По окончании экспериментов точки электрораздражения и отведения потенциалов маркировались для морфологической верификации полученных данных.

*Результаты и обсуждение.* **Афферентные связи амигдалы.** При стимуляции дорсального гиппокампа ( $Fg=2$ ;  $L=9$ ;  $H=+2$ ) в латеральном ( $Fg=12$ ;  $L=11$ ;  $H=-6$ ), базальном ( $Fg=12$ ;  $L=8$ ;  $H=-6,5$ ), центральном ( $Fg=12$ ;  $L=7,5$ ;  $H=-3$ ) и корковом ( $Fg=12$ ;  $L=5$ ;  $H=-7$ ) ядрах миндалевидного комплекса регистрировались четкие вызванные ответы (рис. 1).

В латеральном ядре амигдалы ответ имел сложную форму и состоял из двух положительных отклонений, с латентным периодом 2—4 мсек к началу отклонения луча. Латентный период к пику первого отклонения составлял около 20 мсек. Амплитуда первого положительного колебания соответствовала 130 мкв. Затем следовало второе позитивное отклонение меньшей амплитуды с латентным периодом 60 мсек к вершине отклонения луча. Здесь уместно отметить, что второе положительное колебание потенциала появлялось при напряжении раздражающего тока 4—5 в.

В базальном ядре регистрировались короткотентные (5—6 мсек)



ответы, состоящие из положительного отклонения с амплитудой 120 мкв и последующего отрицательного—с амплитудой 100 мкв. Латентный период к пику положительного колебания потенциала соответствовал 15—16 мсек, а к пику отрицательной волны—90 мсек.

В центральном ядре амигдалы в ответ на стимуляцию гиппокампа появлялись вызванные положительные отклонения потенциала. Ла-

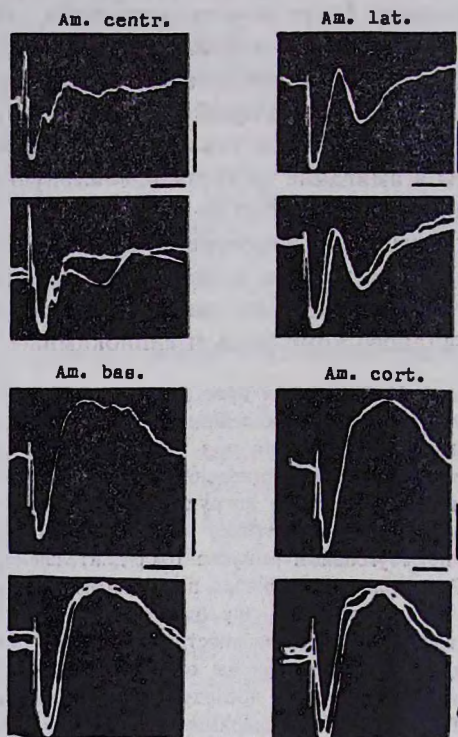


Рис. 1. Вызванные потенциалы в различных ядрах миндалевидного комплекса на стимуляцию дорсального гиппокампа. Калибровка: 40 мсек, 100 мкв.

тентный период к началу отклонения луча составлял 8—10 мсек, а к вершине первого положительного отклонения потенциала—30 мсек. Амплитуда наибольшей волны—100 мкв.

Стимуляция гиппокампа вызывала появление в корковом ядре миндалины сложных вызванных потенциалов с очень коротким латентным периодом (2—3 мсек), состоящих из положительного отклонения (латентный период к пику — 15—16 мсек, амплитуда—1500 мкв), и последующей отрицательной волны (латентный период к пику—60 мсек, амплитуда—100 мкв).

Таким образом, приведенные данные, верифицированные морфологически, показывают, что в исследованных ядрах амигдалы в ответ на стимуляцию дорсального гиппокампа появляются коротколатентные вызванные потенциалы различной формы. Общим для всех ответов было наличие первого положительного компонента. Латентный период до

пика этого колебания составлял в ядрах 15—20 мсек, амплитуда колебания—100—150 мкв. За ним следовали обычно колебания разной формы с латентным периодом к пику отклонения 60—90 мсек. Волнообразная форма ответов, по-видимому, свидетельствует о наличии различных путей, по которым импульс от дорсального гиппокампа достигает амигдалоидных ядер.

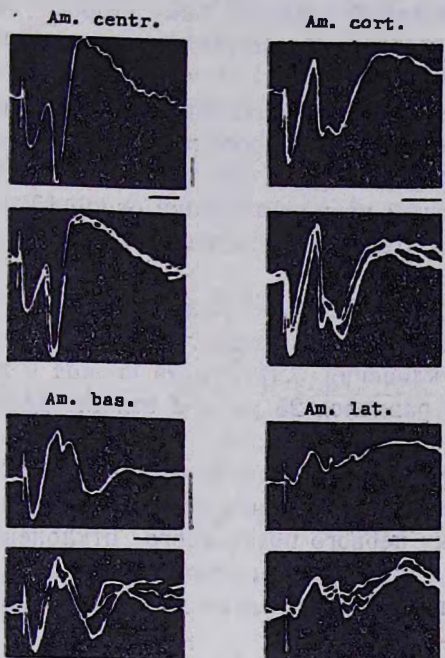


Рис. 2. Вызванные потенциалы в дорсальном гиппокампе на стимуляцию различных ядер миндалевидного комплекса. Калибровка: 40 мсек, 100 мкв.

Для изучения функциональных свойств различных компонентов описанных вызванных ответов производилась электростимуляция дорсального гиппокампа с различной частотой следования. Результаты показали, что общим свойством коротколатентных позитивных фаз ответов в разных ядрах амигдалы (латеральное, базальное, центральное, корковое) было то, что они сохранялись при сравнительно больших частотах стимуляции дорсального гиппокампа, порядка 30—50 имп/сек. Вторая же, длиннолатентная негативная фаза вызванных потенциалов уменьшалась в амплитуде начиная с частоты стимуляции 2—3 имп/сек и вообще исчезала при частоте 10 имп/сек.

Временные параметры компонентов вызванных потенциалов, а также результаты частотной стимуляции, показавшие их разные функциональные свойства, возможно, говорят о различном морфологическом субстрате проведения возбуждения от дорсального гиппокампа к ядрам миндалевидного комплекса.

**Эфферентные связи амигдалы.** Во второй серии экспериментов ис-



следовались вызванные потенциалы, появляющиеся в дорсальном гиппокампе при стимуляции различных ядер миндалевидного комплекса.

Так, стимуляция центрального ядра вызывала появление в гиппокампе коротколатентных (8—10 мсек к началу отклонения луча) сложных ответов, состоящих из двух положительных отклонений (рис. 2). Латентный период к пику первого отклонения равнялся 20 мсек, амплитуда—120 мкв; латентный период к пику второго отклонения луча—60 мсек, амплитуда—170 мкв. Затем следовала большая отрицательная волна.

На стимуляцию коркового ядра миндалины в гиппокампе появлялись ответы сложной формы с коротким латентным периодом (8—10 мсек к началу отклонения луча). Вначале появлялось положительное отклонение с латентным периодом к пику около 15 мсек и амплитудой 150 мкв, затем отрицательное—с латентным периодом к пику 40 мсек и амплитудой 100 мкв.

При стимуляции латерального ядра миндалины в гиппокампе регистрировались вызванные потенциалы с латентным периодом 8—10 мсек к началу отклонения. Латентный период к пику первого негативного отклонения равнялся 25 мсек, а амплитуда 60—70 мкв. Затем следовала длинная негативная волна.

Стимуляция базального ядра приводила к появлению сложных вызванных потенциалов с латентным периодом 12 мсек к началу отклонения луча, а к пику первого позитивного отклонения—20 мсек. Амплитуда позитивного отклонения составляла 60 мкв. Затем следовало негативное отклонение потенциала величиной 80 мкв и латентным периодом к его пику—35 мсек.

Таким образом, стимуляция различных ядер миндалевидного комплекса приводит к появлению в гиппокампе многокомпонентных вызванных ответов, латентные периоды которых свидетельствуют о полисиннаптическом характере проведения импульсов из амигдалы в гиппокамп.

Полученные нами результаты свидетельствуют о существовании нескольких путей передачи импульсов из амигдалоидных ядер в старую кору.

Обобщая результаты обеих серий экспериментов, можно заключить, что обнаруженные двусторонние связи различных ядер миндалевидного комплекса и гиппокампа являются морфологической основой для функционального взаимодействия указанных структур лимбической системы.

Գ. Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ի. Ն. ԿՈՎԱԼ, Ա. Ա. ՂԱՐԻՅԱՆ, Ա. Գ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ՆՇԱԶԵՎ ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ԵՎ ՀԻՊՈԿԱՄՊԻ ՓՈԽԱԴԱՐՉ ԿԱՊԻ  
ԷԼԵԿՏՐԱՏԻԶԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՏՈՒՆԵՐԻ ՄՈՏ

Ա մ փ ք ու մ

Էլեկտրական պատասխանների մեթոդով ուսումնասիրվել է նշաձև կոմպլեքսի և հիպոկամպի փոխադարձ կապը: Փորձերը ցույց են տվել, որ նշաձև կորիզի տարբեր մասերի գրգռման հետևանքով հիպոկամպում գրանցվում են բազմակոմպոնենտ պատասխաններ, որոնք վկայում են այս 2 ըստ-րուկտուրաների միջև եղած պոլիսինապտիկ կապի մասին: Դորսալ հիպոկամպի զրգոումը հիպոկամպում առաջ է բերում՝ դրական-բացասական կոմպոնենտով պատասխան: Այդ երկկողմանի կապն էլ ապահովում է վերոհիշյալ ստրուկտուրաների ֆունկցիոնալ համագործակցությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Айрапетянц Э. Ш., Сотниченко Т. С. Лимбика. Л., 1967:
2. Гамбарян Л. С., Коваль И. Н. Гиппокамп. Ереван, 1973.
3. Гамбарян Л. С., Казарян А. Г., Гарибян А. А., Казарян Г. М. Физиол. журн. СССР, 61, 12, 1767—1772, 1975.
4. Казарян Г. М., Казарян А. Г., Гарибян А. А. Биологический журнал Армении, 28, 7, 1975.
5. Казарян Г. М., Гарибян А. А., Казарян А. Г. Биологический журнал Армении, 28, 11, 1975.
6. Карамян А. И. Функциональная эволюция мозга позвоночных. Л., 1970.
7. Черкес В. А. К физиологии миндалевидных ядер. Гапрокпе беседы, 5, 258—273, 1968.
8. Brazier M. A. B. Ann. New York Acad. Sci., 112, 1, 33—59, 1964.
9. Crosby E. C. См. Gloor P., 1955.
10. Gloor P. EEG Clin. Neurophysiol., 7, 2, 223—264, 1955.
11. Gloor P. Amygdala. In: Handbook of Physiology. Neurophysiology, 2. Magoun, H. W. Ed., Washington, 1395—1420, 1960.
12. Green J. D. In: Hypothalamo-hypophysal Interrelationships. W. S. Fields Ed. 3—16, 1956.
13. Green J. D., Adey W. R. EEG Clin. Neurophysiol., 8, 2, 245—262, 1956.
14. Jasper H., Ajmone-Marsan C. A Stereotaxic Atlas of the Diencephalon of the Cat. Ottawa, 1954.
15. Kaada B. R. EEG Clin. Neurophysiology, 4, 235—246, 1954.
16. Kaada B. R. In: Handbook of Physiology. Neurophysiology, 2: H. W. Magoun Ed., Washington, 1960.
17. Pribram K. H. Limbic System. In: Electrical Stimulation of the Brain. 311—320, 1960.
18. Pribram K., Lennox M., Dunsmore R. J. Neurophysiol., 13, 127—135, 1950.