

17. Mesulam M. M. J. Histochem, a. Cytochem., 24, 12, 1273—1280, 1976.
18. Nauta W. J. H., Whitlock D. G. Brain Mechanisms and Consciousness, 81—116, 1954.
19. Totibadze N. K., Moniava E. S. J. Comp. Neurol., 137, 4, 347—360, 1969.
20. White E. L. Br. Research Rev., 1, 3, 275—311, 1979.

«Биолог. ж. Армении», г. 35, № 6, 1982.

УДК 612.822.2.822.3.822—6

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ИНТАКТНОГО ОТДЕЛА СОМАТОСЕНСОРНОЙ КОРЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ВНУТРИКОРКОВОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ПОСЛЕ ЭКСТИРПАЦИИ СИММЕТРИЧНОЙ ОБЛАСТИ

Т. Г. УРГАНДЖЯН, К. В. ЦАКАНЯН

Методом фокальных потенциалов в соматосенсорной коре после экстирпации симметричной области изучалась внутрикорковая перестройка функций в динамике компенсаторного восстановления функций. Показано расширение зон регистрации фокальных потенциалов после завершения внутрикорковой перестройки до предельного уровня. Скрытые периоды возникновения фокальных потенциалов, сходство в конфигурации на поверхности и в разных слоях соматосенсорной коры интактного полушария у оперированных кошек позволяют допустить, что позитивная волна фокального поверхностного ответа не является следствием глубинных негативных потенциалов.

Ключевые слова: соматосенсорная кора, фокальный потенциал, послыйный анализ

Асратяном [1] и его сотрудниками [5, 11, 12, 13] было установлено, что компенсаторное восстановление функций после различного рода органических поражений центральной нервной системы (ЦНС) протекает как правило, медленно и постепенно и носит характер методической тренировки и научения. Наибольший интерес представляют полученные Э. А. Асратяном и сотрудниками данные относительно последствий экстирпации коры головного мозга на компенсаторные явления. Им удалось показать, что коре больших полушарий головного мозга принадлежит решающая роль в компенсаторной перестройке функций. Однако в этих работах не проводились тонкие внутрикорковые электрофизиологические исследования с целью выяснения роли отдельных слоев коры во внутрикорковых перестройках при органических поражениях ЦНС. Ранее нами было показано [14—16, 18], что после односторонней экстирпации коры соматосенсорной области восстановление функций в основном происходит за счет интактной симметричной области другого полушария. У таких животных (кошки, щенки) внутрикорковая перестройка происходит весьма медленно, постепенно и завершается в течение 6—8 месяцев после оперативного повреждения ЦНС. Сотрудниками нашей лаборатории показано, что после односторонней экстирпации коры соматосенсорной области в интактном отделе при раздражении контра- и ипсилатерального лучевых нервов регистрируются вы-

званные первичные ответы не только соматотопически с фокуса максимальной активности (ФМА), но и далеко за его пределами, и для предельного завершения электрофизиологической картины необходимо 2—2,5 года [18].

Продолжая работы в этом направлении, мы ставили перед собой задачу исследовать особенности электрической активности интактного отдела соматосенсорной коры в динамике внутрикорковой перестройки функций методом записи фокальных потенциалов (ФП) как с поверхности коры интактного отдела, так и с разных слоев коры, а также изучить влияние парных и ритмических импульсов на прочность и завершенность внутрикорковой перестройки.

Материал и методика. Эксперименты были выполнены на 16-ти взрослых кошках массой 2,5—3,5 кг в условиях полухронического (12) и острого (4) опытов под смешанным нембуталово-хлоралозным наркозом (по 30 мг/кг внутривенно). У всех 12-ти подопытных кошек до исследования особенностей изменения электрофизиологической картины соматосенсорной области интактного полушария была произведена односторонняя экстирпация коры соматосенсорной области по методике, разработанной в нашей лаборатории [13].

У всех оперированных животных проведено подробное исследование клинической картины и поведения в динамике компенсаторного восстановления функций до предельного уровня. В разные сроки после операции в условиях полухронического эксперимента изучались особенности изменения электрической активности методом записи ФП. У всех 16-ти животных регистрировались ФП в соматосенсорной области коры интактного полушария на стимуляцию контра- и ипсилатерального лучевых нервов. Для раздражения лучевых нервов использовались биполярные серебряные электроды. Раздражение производилось прямоугольными импульсами тока амплитудой 1,5—3 порога (напряжение стимула 3—4 в, длительность 0,3—0,5 м/сек), подаваемыми со стимулятора ЭСУ-2. Применялись одиночные, сдвоенные и ритмические стимулы. Регистрация электрокорковых ФП осуществлялась монополярно при помощи вольфрамовых микроэлектродов с диаметром кончика 3—4 мкм или стеклянным микроэлектродом с кончиком 2—3 мкм и сопротивлением до 0,5—1 МОм, заполненным 2,5 М раствором хлористого калия. Отводимые ФП подавались на усилитель постоянного тока УПТ-2, затем на усилитель УБП-0203, после чего выводились на экран запоминающего двухлучевого осциллографа С8-11, работающего в ждущем режиме. Запись суперпозированных 5—10 ФП производилась с экрана осциллографа на пленку РФ-3 с помощью приставки ФОР-2. Суперпозированные ФП регистрировали как с фокуса максимальной активности (ФМА), так и за его пределами на расстоянии 6—7 мм, на раздражение контра- и ипсилатеральных лучевых нервов у оперированных и контрольных кошек в условиях острого эксперимента под нембуталово-хлоралозным наркозом с последующим обездвиживанием дитилином и переводом животных на искусственное дыхание. Функциональное состояние подопытных животных оценивали по ЭЭГ, ЭКГ и уровню кровяного давления. Температура животного поддерживалась в пределах нормы (37°). Одним из информативных методов, позволяющих ответить на поставленные выше вопросы, является способ послыного анализа. С этой целью отводящий микроэлектрод погружали в кору до глубины 3 мм при помощи микроманипулятора с последовательной регистрацией ФП через каждые 0,01 мм, начиная от точки касания микроэлектродом коры. Такая же послыная регистрация ФП производилась при введении микроэлектрода из толщи коры. Исследование лабильности проводилось путем определения частотного диапазона нервных образований и применением сдвоенных импульсов. При гистологическом исследовании, кроме специальных задач, определяли также местонахождение отводящего электрода. Проводили также патолого-анатомический анализ для определения точности экстирпации коры соматосенсорной области. Затем анализировали форму ФП, измеряли амплитуду, длительность отдельных фаз, латентные периоды ответа и пики его компонентов. Амплитудно-временные параметры обрабатывали и составляли соответствующие графики.

Результаты и обсуждение. Фоновая и вызванная электрическая активность мозга соответствует явлениям авторитмичности нервных элементов и реакциям этих элементов на приходящую к ним импульсацию.

Экспериментальный материал, накопленный при электроэнцефалографических исследованиях, убедительно показывает, что изменения фоновой и вызванной электрической активности могут служить хорошим показателем функционального состояния мозга в норме и патологии.

В настоящее время в нейрофизиологической литературе имеются многочисленные данные, касающиеся тех или иных особенностей вызванных ФП в условиях нормы. Что касается сведений о фокальных ответах в патологии ЦНС, то они почти отсутствуют. Между тем исследования в этом направлении расширяют наши знания о локальных патологических изменениях мозга (начальные стадии опухолей и сосудистые изменения мозга). Особое внимание привлекают ФП, возникающие при раздражении периферических соматических нервов в проекционных зонах коры больших полушарий. Фокальные электрические ответы мозга представляют собой суммарную местную реакцию нервных элементов в узких участках мозга в ответ на поступающие залпы импульсов [2, 6, 8—10].

Результаты проведенных опытов показали, что, в отличие от нормальных, у оперированных кошек при раздражении контра- и ипсилатерального лучевых нервов удается регистрировать позитивно-негативные потенциалы не только с ФМА, но и на расстоянии 6—7 мм от него. Амплитудно-временные характеристики этих ФП совпали с литературными данными, латентный период пика амплитуды позитивной фазы равнялся 10—11 мсек, а пика негативной—15—16 мсек. Амплитуда первично-позитивной фазы (200—250 мкв) была меньше, чем негативной (300—350 мкв), но больше вторичной позитивной (75—100 мкв). Как видно на рис. 1, у кошек, спустя 8—10 месяцев после односторонней экстирпации коры соматосенсорной области, как в ФМА, так и за его пределами удавалось регистрировать ФП в виде сложного многофазного ответа позитивно-негативно-позитивной полярности со скрытым периодом 5—6 мсек.

Таким образом, на основании полученного экспериментального материала первой серии опытов можно заключить, что после органического поражения коры соматосенсорной области в симметричном отделе происходят внутрикорковые перестройки функций, в результате чего зоны регистрации ФП расширяются. Результаты в основном согласуются с данными, полученными ранее сотрудниками нашей лаборатории при регистрации первичных вызванных ответов коры соматосенсорной области интактного полушария [12—18]. Сопоставление скрытых периодов возникновения корковых ФП, вызванных раздражением контра- и ипсилатерального лучевых нервов как в ФМА, так и на расстоянии 7—8 мм за его пределами, говорит в пользу того, что эти ФП имеют самостоятельное происхождение.

Небезынтересно, что, в отличие от нормальных кошек, у оперированных (1—2 года после операции) ФП более сложной формы. На осно-

вании полученного большого экспериментального материала и данных литературы можно допустить, что появление и в дальнейшем созревание вторичного позитивного компонента ФП в динамике компенсаторной перестройки, на наш взгляд, показывает степень завершения внутримоз-

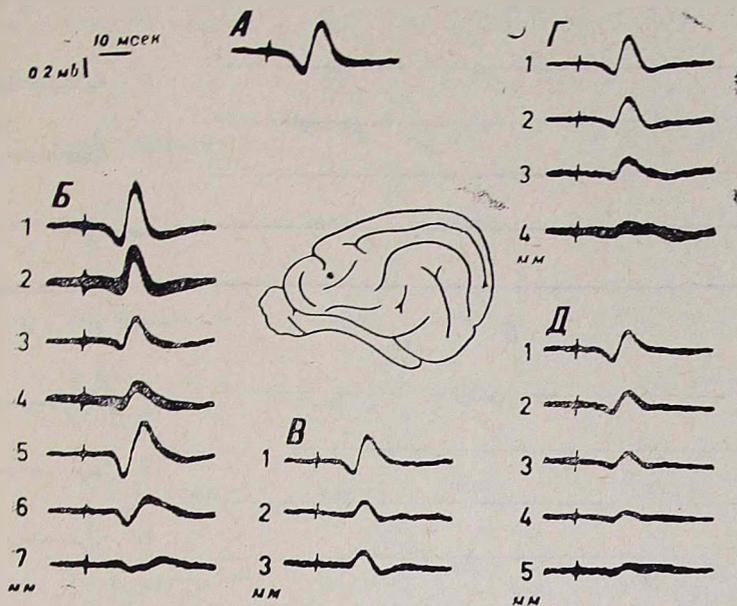


Рис. 1. Топографическое распределение фокальных потенциалов в интактном полушарии соматосенсорной коры у кошек спустя 8 месяцев после односторонней экстирпации симметричной области. А—ФП с ФМА при раздражении контралатерального лучевого нерва; Б, В, Г—ФП при регистрации вокруг ФМА (цифры показывают расстояние от ФМА); Д—при раздражении ипсилатерального лучевого нерва.

говой перестройки функций. Нам кажется, что этот факт заслуживает внимания и должен заинтересовать клиницистов—невропатологов и нейрохирургов.

С целью сравнения степени внутрикоровой перестройки функций у оперированных животных как в ФМА, так и за его пределами на раздражение контра- и ипсилатерального лучевых нервов применяли импульсы разных частот и парные импульсы. Как видно на рис. 2, после завершения внутрикоровой перестройки до предельного уровня при раздражении контралатерального лучевого нерва с различной частотой (1, 3, 7, 15 и 30 герц) заметной разницы между нормальными и оперированными животными не отмечается. Обычно при частоте раздражения 1—3 герц наблюдается некоторое облегчение эффекта второго импульса негативного и вторично-позитивного компонентов, тогда как при применении 7—15 герц ФП у таких кошек претерпевают значительные изменения: первым исчезает эффект вторично-позитивного компонента, заметно понижается негативный и незначительно—позитивный компонент ФП. Эта закономерность сильно выражена у нормальных кошек.

При раздражении импульсами с частотой 30 герц фокальные потен-

циалы полностью исчезают как у оперированных, так и у нормальных кошек. С целью изучения прочности и степени внутрикоровой перестройки функций у кошек, наступающей после односторонней экстирпации коры соматосенсорной области, мы применили также методику раз-

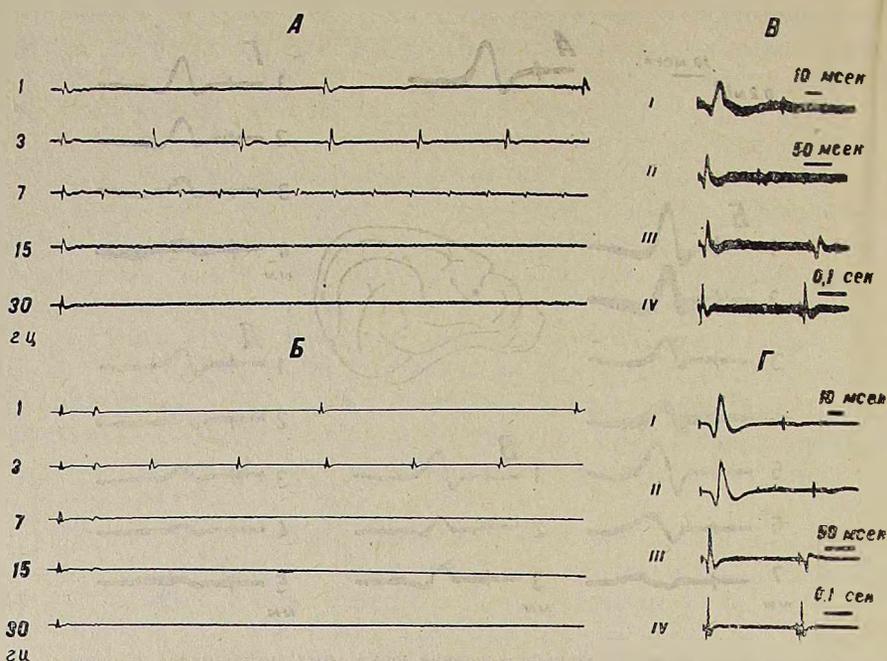


Рис. 2. Фокальные ответы соматосенсорной области коры интактной симметричной стороны при разных частотах раздражения. А—у оперированных, Б—у контрольных кошек. С левой стороны показана частота раздражения (м/сек) контралатерального лучевого нерва парными импульсами у контрольных (В) и оперированных (Г) кошек; показана динамика восстановления ФП при удлинении межсигнальных интервалов.

дражения парными импульсами. Результаты проведенных опытов показали, что после завершения внутрикоровой перестройки (через 1—2 года после операции) почти не удастся обнаружить разницы между нормальными и оперированными животными. Так, например, при применении парных стимулов у нормальных кошек впервые позитивный компонент появляется тогда, когда межимпульсный интервал составляет 50—60 мсек, а у оперированных несколько больше—60—70 мсек. Негативный компонент ФП появляется несколько позднее (при интервале 80—90 мсек у нормальных и 100—120 мсек—у оперированных). Первичная положительность второго ФП своими амплитудно-временными характеристиками соответствует первому, когда промежуток времени между двумя импульсами не менее 160—180 мсек. Эти ФП друг от друга не отличаются, когда второй импульс подается через 320—350 мсек после первого. Эти факты дают возможность судить о лабильности нервных образований интактного отдела коры соматосенсорной области после предельного завершения внутрикоровой перестройки, а также понять сложные механизмы внутрикоровой перестройки, которая ле-

жит в основе компенсаторного восстановления функций при патологии ЦНС.

Послойный анализ ФП свидетельствует о различной природе как отдельных компонентов, так и ФП в различных областях и слоях коры мозга в ответ на раздражение контралатерального лучевого нерва у нормальных и оперированных кошек. Как видно на рис. 3, первая пози-

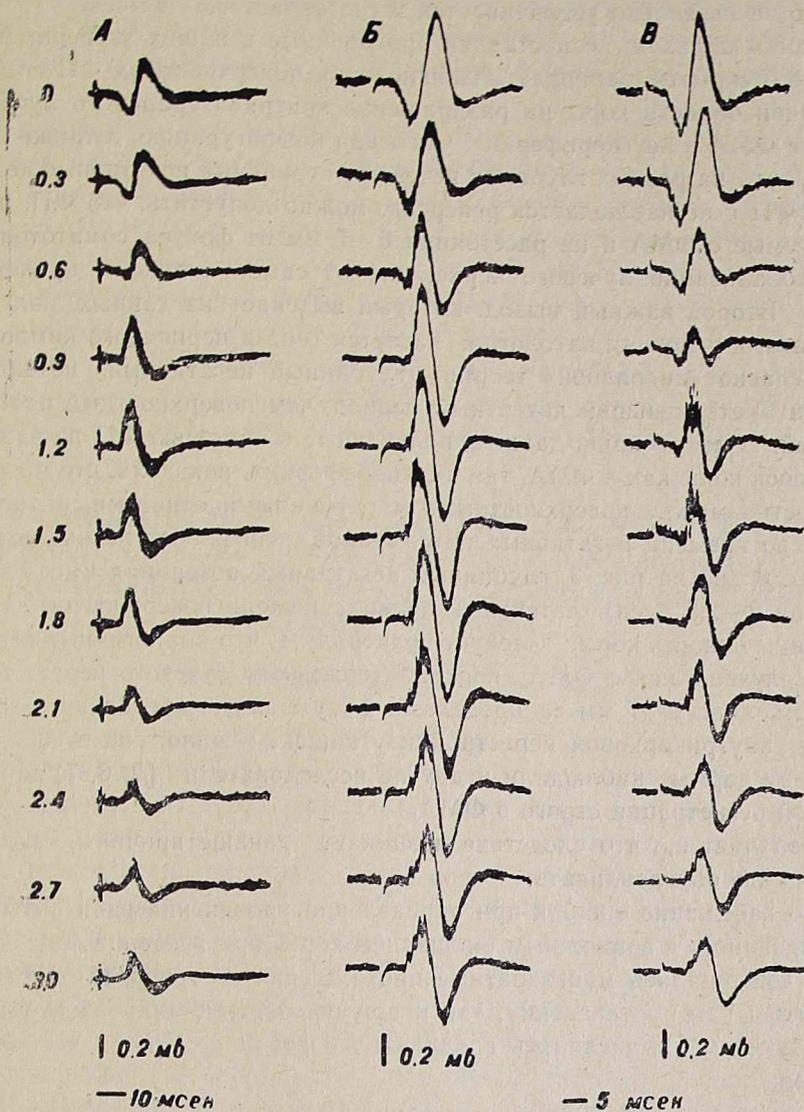


Рис. 3. ФП при отведении от разных слоев коры. А—у контрольных кошек; Б—с ФМА у оперированных кошек, В—на расстоянии 5–7 мм от ФМА на раздражение контралатеральных лучевых нервов. На каждой осциллограмме верхняя кривая—отведение от поверхности коры. С левой стороны цифры указывают на глубину локализации отводящего микроэлектрода.

тивная волна ФП при касании кончика микроэлектрода поверхности коры с амплитудой 200 мкв имеет латентный период 5 мсек. При погружении микроэлектрода на глубину 0,3 мм латентный период состав-

ляет 6—7 мсек, амплитуда—200 мкв, на глубине 0,6 мм амплитуда позитивного компонента падает до 75 мкв, латентный период составляет 6—7 мсек. На глубине 0,9 мм позитивный компонент ФП полностью исчезает, тогда как негативный с амплитудой 300—350 мкв удается зарегистрировать до уровня 2,1 мм, а затем с несколько меньшей амплитудой (175—250 мкв)—до уровня 3,0 мм, что касается латентного периода, то он несколько увеличивается и составляет 6,3—8 мсек.

Таким образом, сопоставляя приведенные в наших экспериментах данные о скрытых периодах возникновения поверхностных ФП соматосенсорной области коры на раздражение контралатерального лучевого нерва в ФМА и на «периферии», учитывая конфигурацию, а также имея в виду, что на разных глубинах исчезают первичные позитивные компоненты ФП и не наблюдается реверсии, можно допустить, что ФП, регистрируемые с ФМА и на расстоянии 6—7 мм от фокуса соматотопической локализации лучевого нерва, имеют самостоятельное происхождение. Второй важный вывод, который вытекает из данных, полученных нами в условиях патологии, касается генеза первичного компонента. Согласно «дипольной» теории, глубинный негативный потенциал должен иметь меньший латентный период, чем поверхностный положительный. Однако наши данные, полученные с помощью ФП из различных слоев коры как в ФМА, так и с «периферии», показали, что ни «зеркальности» между поверхностными и глубинными ответами, ни опережения во времени негативных потенциалов позитивного не наблюдается. Как видно на рис. 3, глубинный негативный потенциал имеет больший (на 2—2,5 мсек) латентный период, нежели поверхностный позитивный потенциал коры. Следует подчеркнуть, что аналогичные результаты получены как с ФМА контралатерального лучевого нерва, так и на расстоянии 6—7 мм за пределами фокуса после предельного завершения внутрикортковой перестройки у кошек. Аналогичные факты в условиях нормы наблюдали и другие исследователи [2, 6, 7] при послойной регистрации строго в ФМА.

Получается, что следствие возникает раньше причины, которая должна его обуславливать.

Во избежание ошибок при определении уровня инверсии потенциала, связанного с возможным смещением коры, при введении микроэлектрода совершались многократные прохождения по треку, и отсчет производился как при введении, так и при извлечении микроэлектрода. В последующем вычислялись средние показатели одного и нескольких ответов.

Таким образом, с помощью записи фокальных потенциалов нам удалось показать расширение зон их регистрации и самостоятельное происхождение фокальных потенциалов, регистрируемых с ФМА при раздражении контралатерального лучевого нерва и на расстоянии 6—7 мм от соматотопической локализации лучевого нерва.

ԿԱՏՈՒՆԵՐԻ ՍՈՄԱՏՈՍԵՆՍՈՐ ԿԵՂԵՎԻ ԻՆՏԱԿՏ ՇՐՋԱՆԻ
ԷԼԵԿՏՐՈԿԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ՝
ՍԻՄԵՏՐԻԿ ՇՐՋԱՆԻ ՀԵՌԱՑՈՒՄԻՑ ՀԵՏՈ

Տ. Գ. ՈՒՐԳԱՆՋՅԱՆ, Կ. Վ. ՅԱԿԱՆՅԱՆ

Սոմատոսենսոր կեղևի սիմետրիկ շրջանի հեռացումից հետո ֆոկալ պոտենցիալների գրանցման մեթոդով ուսումնասիրվել են ներուղեղային վերակառուցումները ֆունկցիաների կոմպենսատոր վերակառուցման ղինամիկայում:

Ներուղեղային վերակառուցումներից հետո առաջացել է ֆոկալ պոտենցիալների գրանցման ղոնայի լայնացում՝ մինչև նրա սահմանային մակարդակը: Մաքսիմալ ակտիվության ֆոկուսում գրառված ֆոկալ պոտենցիալների շերտային անալիզի համեմատությունը ցույց տվեց, որ ֆոկալ պոտենցիալներն ունեն առաջացման տարբեր բնույթ: Կարելի է ենթադրել, որ ֆոկալ պատասխանների զրական ալիքը խորը շերտերի բացասական պոտենցիալների արդյունք չի հանդիսանում: Սոմատոսենսոր կեղևի միակողմանի հեռացումից 8—12 ամիս հետո, ի պսիլատերալ ճառագայթային նյարդի զրգոման ժամանակ, գրանցվում են բազմակոմպոնենտային ֆոկալ պոտենցիալներ, ինչպես պրոյեկցիոն շրջանից, այնպես էլ նրա սահմաններից դուրս:

CHANGES IN ELECTRICAL ACTIVITY OF INTACT PART
OF SOMATOSENSORY CORTEX AS REFLECTING INTRACORTICAL
REARRANGEMENT AFTER EXTIRPATION OF ITS SYMMETRICAL
REGION IN CATS

T. G. URGANDJAN, K. V. TSAKANIAN

Intracortical rearrangement of functions in the dynamics of compensatory rehabilitation of functions in somatosensory cortex after extirpation of symmetrical region was studied by means of focal potential technique. Experiments were carried out on acute and semichronical ditillne-immobilized animals under nembutale-chloralose anaesthesia. Latencies, similar configuration of focal potentials recorded from the surface and at various strata of somatosensory cortex of the intact hemisphere in operated cats suggest that the positive wave of the focal response is not the result of deep negative potentials. In cats 8—12 months after unilateral extirpation of somatosensory cortex multicomponent focal potentials to ipsilateral radial nerve stimulation could be recorded both in the projection zone and beyond its limits. Well-pronounced secondary positive component reflected rather accomplished level of intracortical rearrangements of functions.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асратян Э. А. Физиология центральной нервной системы. М., 1953.
2. Батуев А. С. В кн. Механизмы вызванных потенциалов мозга. Л., 1971.
3. Бахчиева З. Н., Аракелян С. Н. Тр. III съезда Армянск. физиол. общ-ва. Ереван, 1979.

4. Дуринян Р. А. В кн. Современные проблемы электрофизиологических исследований нервной системы. М., 1964.
5. Иванова С. Н. Механизмы компенсации двигательных функций после латеральной гемисекции спинного мозга. М., 1980.
6. Кулланда К. М. В кн. Современные проблемы электрофизиологических исследований нервной системы. М., 1964.
7. Кулланда К. М. В кн. Интегративная деятельность нервной системы в норме и патологии. М., 1968.
8. Любимов Н. Н. Успехи биол. наук, 11, 12, 3—22, 1980.
9. Ройтбак А. И. Биоэлектрические явления в коре больших полушарий. Тбилиси, 1955.
10. Ройтбак А. И. В кн. Современные проблемы электрофизиологических исследований нервной системы. М., 1964.
11. Стефанцов Б. Д. Физиол. журн. СССР, 40, 4, 1954.
12. Урганджян Т. Г. Физиол. журн. СССР, 44, 5, 1958.
13. Урганджян Т. Г. Возрастные особенности компенсаторного восстановления функций. Ереван, 1973.
14. Урганджян Т. Г., Бахчиева З. Н., Асланян В. М. Тр. II съезда Армянск. физиол. об-ва. Ереван, 1974.
15. Урганджян Т. Г., Асланян В. М. Тр. III съезда Армянск. физиол. об-ва. Ереван, 1979.
16. Урганджян Т. Г., Аветисян З. А. Биолог. ж. Армении, 34, 6, 1981, 592—598.
17. Урганджян Т. Г., Арикелян С. Н. Мат-лы VIII Всесоюз. конф. по электрофизиологии ЦНС. Ереван, 1980.
18. Цаканян К. В. Тр. III конф. мол. физиол. Закавказья. Ереван, 1981.

«Биолог. ж. Армении», т. 35, № 6, 1982.

УДК 612.8:61.007

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ВЫЗВАННЫХ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Д. С. МЕЛКОНЯН

Предлагается метод цифровой обработки вызванных биоэлектрических реакций для выделения компонентов, связанных с различными источниками потенциалов. Применение метода иллюстрируются примерами обработки постсинаптических потенциалов, электроретинограмм и медленных отрицательных потенциалов прямого ответа коры.

Ключевые слова: нервная система, цифровая обработка, компонентный анализ биоэлектрических реакций.

Наличие мощных систем автоматизации медико-биологических исследований, построенных на базе современных средств цифровой вычислительной техники [2], предоставляет принципиально новые возможности для цифровой обработки данных физиологического эксперимента путем использования ЭВМ не только для первичного количественного анализа экспериментальной информации, но и для моделирования исследуемого процесса или системы. Благодаря этому результатами цифровой обработки могут служить не наборы числовых данных или харак-