

Н. А. АЛАДЖАЛОВА

## ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНСТАНТАХ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

(Представлено академиком В. А. Энгельгардтом 23 XII 1953)

Необходимость и важность изучения физико-химических явлений в коре головного мозга подчеркивалась И. П. Павловым (1). Методов, которые позволяли бы прижизненно изучать эту сторону явлений, известно мало. Нами была предпринята попытка исследовать физико-химическую сторону процессов в коре головного мозга путем прижизненного изучения электрических констант (сопротивления и емкости), отражающих ионную структуру ткани, распределение электрических зарядов, поляризационные условия и др. Эти параметры изучались нами в норме и при состоянии возбуждения и торможения в центральной нервной системе, которое вызывалось на первом этапе исследования фармакологическими средствами.

Сопротивление и емкость измерялись тангенциально между двумя круглыми серебряными пластинами, наложенными на двигательную область коры головного мозга кролика. За 7—10 дней до опыта в трепанационные отверстия диаметром 4 мм вставлялись пробки с электродными пластинами диаметром 2,5 мм. Твердая мозговая оболочка под электродами удалялась. Снаружи пробки покрывались цементирующей массой, обеспечивающей крепление и герметичность. Расстояние между центрами электродных пластинок равнялось 6—8 мм. При измерениях выводы от электродов присоединялись к измерительной схеме (2). Сопротивление и емкость измерялись методом компенсации в мостиковой схеме на частоте 10 000 гц; приложенное напряжение выбиралось достаточно малым, чтобы избежать повреждающего влияния на ткань. Чувствительность схемы равнялась 0,1%. Вскрытия, произведенные через 15—30 дней, показали, что поверхность участков коры под электродами при рассмотрении в лупу не отличается от остальной поверхности коры. На более поздних сроках происходило рубцевание твердой оболочки в районе вживления, что уменьшало чувствительность измерений. В послеоперационный период электрические константы обычно претерпевали сильные изменения, мешавшие наблюдению; поэтому опыты на животных начинались не раньше, чем через неделю после операции.

В течение суток электрические параметры коры головного мозга претерпевают колебательные изменения, периодичность которых зависит от состояния животного и влияния на него экспериментальных условий. Рис. 1 показывает характер изменений электрических параметров ( $C$  — емкость,  $R$  — сопротивление) коры головного мозга в течение 6 час. Из рис. 1 видно, что в период бодрствования наблюдаются колебательные изменения электрических параметров, доходящие до 2% по сопротивлению и 1% по емкости.

При наступлении фармакологического сна изменение электрических констант прекращается. На рис. 2 представлен результат измерений, проведенных на вторые сутки после наступления сна, вызванного люминалом.

В течение всего опыта значения электрических констант оставались постоянными, лишь насильственное пробуждение животного и принятие им пищи вызывало кратковременные сдвиги. Наличие колебательных изменений электрических констант коры головного мозга при бодрствующем состоянии животного и отсутствие их во время сна говорит о том, что

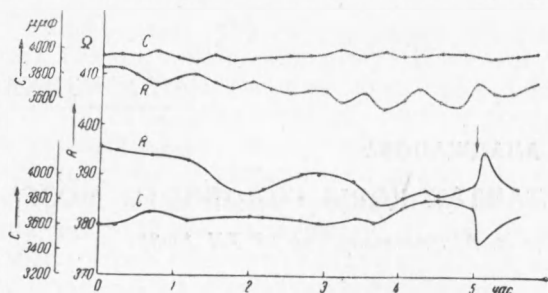


Рис. 1. Изменения электрических параметров коры головного мозга в хроническом опыте в течение дня (два случая). Стрелкой указано двигательное возбуждение

колебания электрических констант связаны с функциональной деятельностью коры. Фармакологические воздействия оказывают закономерное влияние на величины сопротивления и емкости. Фармакологические средства возбуждающего действия — кофеин и камфора в небольших возбуждающих дозах — вызывают сильное учащение колебаний электрических констант. На рис. 3 стрелкой указан момент введения кофеина в вену из расчета 15 мг на 1 кг веса и

камфоры под кожу из расчета 0,1 г на 1 кг веса. Частота колебаний электрических параметров отчетливо повышается, однако по амплитуде изменения не превышают 1—1,5% при действии кофеина и 2—3% при действии камфоры.

Из других средств, вызывающих возбуждение в коре головного мозга, был испытан кардиазол. Введение кардиазола вызывает фазные изменения: кратковременное уменьшение сопротивления, смещающееся стойким увеличением (в пределах 10—15 мин.), и дальнейшее колебательное падение. Повторное введение кардиазола также приводит к росту сопротивления. Фазе роста сопротивления соответствует уменьшение емкости. Изменения происходят в пределах 1,5—2%.

Фармакологические вещества, тормозящие деятельность нервной системы, оказывают иное влияние на значения электрических констант. На основании изучения условно-рефлекторной деятельности собак установлено, что монобромкамфора вызывает разлитое торможение коры мозга. В наших опытах после введения монобромкамфоры с физиологической стороны наблюдалось ослабление рефлекторных реакций, а с физико-химической — неуклонное падение сопротивления и рост емкости (рис. 4). Эти изменения достигают наибольшего значения — порядка 12% по сопротивлению и 10% по емкости — через 2 часа после инъекции, далее начинается восстановление; полное возвращение к норме наступает через 5—6 час. Монобромкамфора в определенной фазе действия сглаживает колебания, имеющие место в норме. Однако эффект от действия монобромкамфоры варьирует в зависимости от дозы и с количественной стороны неодинаков у разных животных.

Сходное действие оказывает бромистый натрий. В результате введения бромистого натрия (рис. 4) сопротивление уменьшается на 10—15% при увеличении емкости на 8%, колебательный характер кривых сглаживается.

На данном первом этапе исследования в этой области трудно сказать, какие элементы нервной ткани и в какой степени влияют на результат

колебания электрических констант связаны с функциональной деятельностью коры.

Фармакологические воздействия оказывают закономерное влияние на величины сопротивления и емкости.

Фармакологические средства возбуждающего действия — кофеин и камфора в небольших возбуждающих дозах — вызывают сильное учащение колебаний электрических констант. На рис. 3 стрелкой указан момент введения кофеина в вену из расчета 15 мг на 1 кг веса и

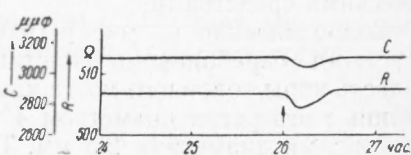


Рис. 2. Сон (люминал). Стрелкой указано насильственное пробуждение для принятия пищи

измерения. Однако очевидно, что сопротивление и емкость участка коры характеризуют доминирующую направленность физико-химических процессов на этом участке при том или ином функциональном состоянии коры головного мозга. Так, судя по нашим данным, физико-химическое

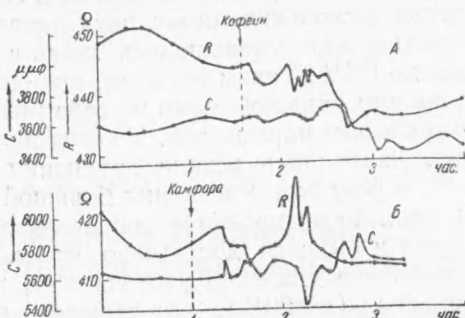


Рис. 3. Учащение колебаний электрических параметров после введения возбуждающих доз кофеина (А) и камфоры (Б)

состояние участка коры в норме претерпевает непрерывное изменение. При возбуждении (типа кофеинового) происходит частая смена в направлении изменений; при торможении — сильные физико-химические сдвиги в одном направлении, достигающие, в зависимости от глубины торможения, до 20%.

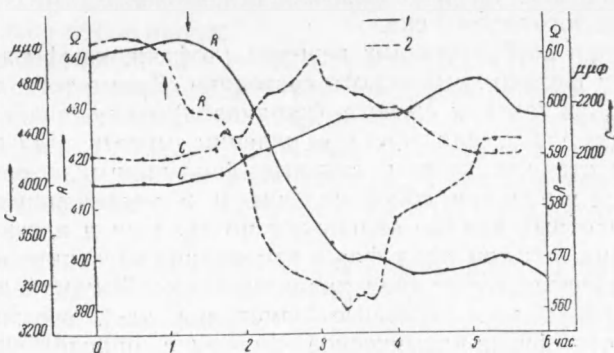


Рис. 4. Влияние веществ тормозящего действия на электрические параметры. 1 — бромистый натрий, 2 — монобромкамфора

Обилие кровеносных сосудов в веществе мозга вызывало опасение, не влияет ли кровонаполнение на результаты измерения электрических параметров. Поэтому следовало убедиться, что обнаруженные в наших опытах изменения электрических параметров отражают явления, развивающиеся в нервной ткани коры в процессе ее функционирования, а не определяются только кровонаполнением сосудов. Для этого мы провели серию опытов, выясняющую влияние изменений кровяного давления на сопротивление и емкость участка коры головного мозга.

Понижение кровяного давления достигалось искусственным повышением внутрилегочного давления. Сдавливание легочных капилляров затрудняет передвижение крови из правого желудочка сердца в левое предсердие, и образуется застой в венах большого круга кровообращения, при этом скорость тока крови в сосудах мозга замедляется. Повышение внутрилегочного давления на несколько секунд вызывало резкое падение кровяного давления (со 140 до 60 мм рт. ст.); в этот интервал времени

электрическое сопротивление очень незначительно увеличивалось (0,5%), а емкость не изменялась. Быстрое повышение кровяного давления (со 100 до 220 мм) достигалось внутривенным введением адреналина. Кровяное давление повышается при этом за счет сужения периферических сосудов (особенно брюшной полости); скорость тока крови в сосудах мозга сразу возрастает<sup>3</sup>). В течение нескольких минут, пока давление держалось на высоком уровне, сопротивление уменьшалось лишь в пределах 0,5%, а емкость увеличивалась до 0,4%. Таким образом, эти опыты показали, что изменение общего кровяного давления само по себе приводило к незначительным сдвигам электрических параметров. Но если происходило нарушение функции и обмена, начинались резкие изменения сопротивления и емкости. Так например, в результате введения большой дозы адреналина в течение первых 10 мин., когда кровяное давление сильно возрастает, изменения сопротивления и емкости достаточно малы. Но впоследствии, несмотря на то, что кровяное давление уже спадает, начинается значительный рост сопротивления (до 20%). Эти данные и ряд других наших опытов с нарушением обмена в мозговой ткани говорят о том, что кровонаполнение мозга не имеет превалирующего влияния на результаты измерения электрических констант, если оно не повлекло за собой нарушения обменных процессов. Изменение кровяного давления оказывает значительно меньшее влияние на результат измерения, чем факторы, связанные с изменениями обменных процессов.

Таким образом, электрические константы, измеряемые на участке коры головного мозга, зависят, главным образом, от его физиологического состояния. Их колебательные изменения свидетельствуют о периодической смене физико-химического состояния коры при бодрствовании животного. Это подтверждается уменьшением или исчезновением этих колебаний во время фармакологического сна.

Для действия возбуждающих веществ (кофеин, камфора) характерно учащение смен физико-химического состояния. Кроме того, при действии некоторых возбуждающих средств (кардиазол) сопротивление несколько изменяется в сторону увеличения при падении емкости. Для действия тормозящих веществ характерны сильные физико-химические изменения, сказывающиеся в падении сопротивления и в увеличении емкости. Для различных животных данные варьируют по времени и интенсивности эффекта и наличию тех или иных фаз в изменениях электрических констант. Различные вещества имеют свои характерные особенности действия.

Наблюдавшиеся колебательные изменения электрических констант показывают, что физико-химическое состояние определенного участка коры головного мозга претерпевает периодические изменения, частота которых резко повышается в состоянии возбуждения. При возбуждении и торможении происходят закономерные сдвиги в значениях электрических констант. Их изменения во времени могут раскрыть динамику и последовательность проявления нервных процессов.

Институт биологической физики  
Академии наук СССР

Поступило  
18 XII 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> И. П. Павлов, Избр. произведения, 1949, стр. 227. <sup>2</sup> Н. А. Аладжалова, Тр. Физиол. ин-та им. И. П. Павлова АН СССР, 4, 221 (1949). <sup>3</sup> C. Schmidt, Am. J. Physiol., 114, 572 (1936). <sup>4</sup> Б. Н. Клосовский, Циркуляция крови в мозгу, 1951, стр. 291.