

ОБ ОДНОЙ ИЗ ГИПОТЕЗ МЕХАНИЗМА ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ПОВЕДЕНИЕ

Г.Е.Григорян

*/Лаборатория мед.-биол. исследований Центра биофизики НАН РА/
375014 Ереван, ул. Асратяна, 7*

Ключевые слова: мотивация, обучение, память, избегание, магнитное поле, омагниченная вода, геомагнитные бури

Водная среда организма как "общая матрица жизни" является наиболее чувствительной частью живых систем, через посредство которой гелио- и геофизические факторы, в частности слабые электромагнитные поля, могут влиять на живые организмы [11]. Конкретизируя и развивая эту гипотезу, Л.Кисловский [7] на основании теоретических исследований пришел к предположению, что в механизме действия магнитных полей (МП) на структурную перестройку воды и водных систем важное место занимает гидратация ионов, в частности, образование так называемых метастабильных, неравновесных аквакомплексов кальция, которые придают особую чувствительность воде к слабым внешним воздействиям.

В аспекте рассматриваемой гипотезы (Пиккарди-Кисловский) особый интерес представляют эксперименты, в которых действие МП на биообъекты имитировано омагниченной водой или водными растворами [5]. Так, на клеточном [1,8-10] и органном [3,6] уровнях *in vitro* показана возможность разных биоэффектов внешних МП через первичные структурные (физико-химические) изменения водной среды биотканей [5].

Учитывая сложность и специфику морфолого-функциональной организации целостного организма высших животных, определенный интерес и важность представляла апробация приемлемости этой гипотезы в объяснении механизмов действия МП на организменном уровне — на примере поведения животных как наивысшего способа адаптации к среде. В доступной нам литературе мы не нашли работ с такой постановкой и решением задачи. В качестве функциональной модели поведения мы выбрали конкурирующие (конфликтующие) поведенческие реакции, основанные на пищедобывательной и избегательной мотивации и имеющие многопараметрическое выражение [4].

Материал и методы

Опыты проведены на половозрелых беспородных белых крысах-самцах ($n=15$). В качестве теста индивидуального обучения применяли пищевой Т-образный лабиринт закрытого типа. Установка из плексигласа состояла из трех отдельных частей: стартовой камеры (СК- $30 \times 20 \times 15$ см), прямого и горизонтального коридоров ($75 \times 15 \times 12$ см). Для точности определения места нахождения крысы лабиринт условно разделили на пять сегментов: A_1 , A_2 , A_3 , В, С. Одно крыло лабиринта окрашено в белый цвет, другое — в черный (рис.).

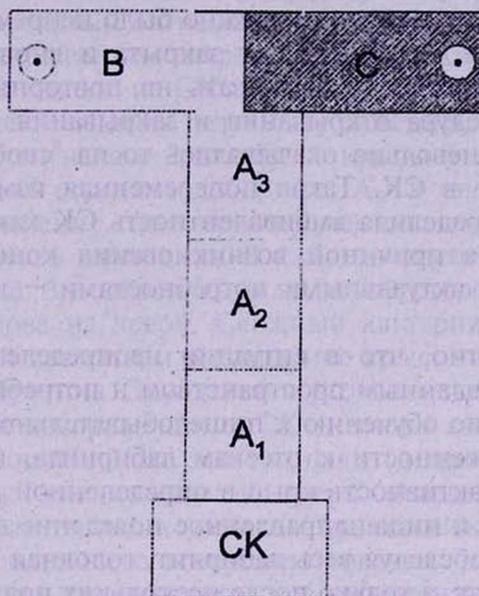


Рис. Схема Т-образного лабиринта для обучения крыс пищедобывательному навыку

Наблюдения за поведением животных во время опыта производили через прозрачный верхний покров лабиринта, откуда через окна при необходимости контактировали с животными. Крыс брали в опыт после суточной пищевой депривации два раза в неделю. Обучение начиналось с того, что крысу сажали в СК и после 3–5 мин адаптации к новой ситуации на сигнал открывания двери СК выпускали ее в лабиринт. Ей предстояло найти приманку (3 очищенных семечка), которая подавалась в закрытой чашке снизу белого крыла лабиринта. В момент подхода животного к кормушке автоматически открывалась крышка.

Результаты и обсуждение

Регистрировали следующие функциональные параметры поведения: латентный период (ЛП) выхода крысы из СК, время побежки к кормушке и возвращения в СК, число перемещений по сегментам лабиринта, дефекации, умывания, чесания и число ошибок по альтернативному выбору стороны пищевого подкрепления. Из-за конструктивных особенностей нашей лабиринтной установки параллельно с процессом положительного обучения к пищедобыванию у крыс возникало негативное избегательное отношение к СК как своего рода "ловушке". Согласно предъявленной программе обучения, животное после каждого выхода из СК и получения подкрепления должно было непременно возвращаться в СК и ждать, пока дверь не будет закрыта и вновь открыта. Только в этом случае оно могло рассчитывать на повторные "вознаграждения". Постоянная процедура открывания и закрывания двери СК привела к тому, что крысы невольно оказывались то на "свободе" — в лабиринте, то "запертыми" — в СК. Такая попеременная изменчивость ситуации, очевидно, предопределила амбивалентность СК как сигнала для животного и послужила причиной возникновения конфликта между двумя конкурирующими актуальными потребностями — в пище и самосохранении.

Хорошо известно, что в ситуации неопределенности сталкиваются страх перед неизведанным пространством и потребность в его освоении. В первых пробах по обучению к пищедобывательному навыку состояние высокой настороженности к отсекам лабиринта, в частности к СК, а также поисковая активность крыс в определенной мере тормозят пищевую возбудимость и пищеная направленное поведение в целом. И если, преодолевая страх и обследуя весь лабиринт, голодная крыса находит пищу, то не берет ее сразу, а только после нескольких подходов и обнюхивания схватывает одно зерно, отходит в сторону от кормушки и начинает есть. Итак, съев все три семечка, крыса начинает поиск новых мест пищи, заходя в другие отсеки лабиринта по много раз, пока не убеждается в отсутствии пищи и возвращается в СК.

Процесс обучения крыс в лабиринте адекватно отражается в параметрах поведения. Так, ЛП и время побежки к кормушке стабилизируются (на уровне 0,2–0,25 и 2,5–3 сек соответственно) через 6–7 опытов, после 60–70 проб. Вместе с тем время возвращения в СК с самого начала обучения приобретает относительную устойчивость в среднем на уровне 30–40 сек только через 10–12 и более опытов. Высокие показатели этого временного параметра свидетельствуют о его сложной внутренней организации, которая, вероятно, отражает активность исследовательской мотивации животных в незнакомой среде, неполное освоение программы обучения в этот период и показывает, что навыку возвращения в СК следует обучаться так же, как побежке от СК к кормушке. Другими словами, возвращение в СК является этапной целью для дос-

тижения конечного результата — удовлетворения потребности в пище. И, наконец, длительное время возвращения свидетельствует о настороженности животных к СК, выражающейся в увеличении числа так называемых “смешанных” реакций. Последние проявлялись каждый раз после приема пищи в виде активного перемещения по отсекам лабиринта и учащения дефекации, умывания и чистки шерсти, которые практически заполняли большую часть времени акта возвращения в СК.

После закрепления стереотипа одностороннего (простого) выбора места подкрепления путем попеременного поворота горизонтального коридора лабиринта на 180° крыс обучали более сложному навыку — дифференцировать цвет отсека от места (стороны) пищевого подкрепления в лабиринте. Теперь пусковым сигналом для выбора направления пищедобывания наряду с открыванием двери СК становится и цвет отсека кормушки. При каждом выходе из СК крысы прогнозировали направление движения по предшествующему результату действия. В случае несовпадения “ожидаемого” сигнала с “реальным” крысы у критической точки выбора цели (где-то в середине лабиринта A_3) в оперативном порядке принимали новое решение. Они ориентировались по зрительному сигналу — по цвету отсеков лабиринта. В каждом опыте применяли 8 проб по стандартной схеме: 3 подкрепления на левой стороне лабиринта, 2 — на правой и 3 — снова на левой. Сложный альтернативный выбор повторно вносит новый драматизм в поведение крыс, как бы возвращая их в начальный этап обучения. Замедляется скорость побегов к кормушке, увеличивается время возвращения в СК и число смещенных реакций. Для достижения безошибочного выбора цели (полной дифференцировки) и нормализации эмоциональной сферы поведения требовалось в среднем 8–10 дополнительных сеансов тренировок. Итак, процессы формирования и дальнейшего совершенствования пищедобывательного навыка крыс шли при параллельном возникновении и усилении эмоционально-негативной реакции избегания СК. Последняя, однако, со временем угасала в результате продолжавшегося положительного обучения программе пищедобывания — доминирования пищевой мотивации. На относительно устойчивом фоне обучения (2–3 дня подряд по одному часу) крыс помещали в искусственное постоянное магнитное поле (180 мТ), а потом тут же контролировали поведение в лабиринте. Магнитное облучение головы каждой особи проводили в специальной индивидуальной клетке-пенале и повторяли по 3–5 раз. Предварительно в течение недели (по одному часу ежедневно) подопытных крыс держали в этой клетке для привыкания с последующей проверкой поведения в лабиринте. Опыты с магнитным облучением начинали, когда у крыс практически отсутствовали признаки внешнего эмоционального напряжения в связи с ограничением движения в клетке. Наиболее характерный эффект МП — это небольшое достоверное замедление двигательной-пищевой реакции и растормаживание (возобновление) эмоционально-нега-

тивного отношения животных к СК в виде избегательного поведения. Оно выражалось в значительном увеличении времени реакции возвращения в СК после очередного подкрепления. Вновь появлялись и усиливались реакции, несовместимые с пищевым поведением, такие как дефекация, перемещения между отсеками лабиринта, чистка шерсти, умывательные реакции, отражающие общую эмоциональную напряженность животных к данной ситуации. В опытах с МП крысы не завершали акта пищедобывания. В одних случаях возвращались к СК, но не заходили в нее и уходили, в других — заходили в СК, но выскакивали при закрывании двери или же возвращались по несколько раз в СК, а потом только заходили. Нередко вообще переставали самостоятельно возвращаться, что заставляло экспериментатора прибегать к ручным пробам. Такое поведение можно понять, если учесть, что для добывания пищи крысы должны были (согласно заданной программе) задерживаться в эмоционально-негативном месте, которого они избегали. Прекращение пищедобывательного поведения объясняется не нарушением памяти, "забыванием" траектории возвращения в СК, а тем, что совместить в данной конфликтной ситуации биологически антиподные реакции (добывание пищи и избегание СК) невозможно. Специальные контрольные аналитические эксперименты по восстановлению полного пищедобывательного навыка путем нивелирования конфликта послужили прямым подтверждением высказанной точки зрения. Сочеталась ручная проба принудительного возвращения крыс к исходной позиции с пищевым подкреплением в СК. В такой необычной обстановке касания рукой тела животного на месте задержки в лабиринте для крыс оказывались более сильным ситуативным избегательным фактором, чем СК. Поэтому, отвлекая на себя избегательную реакцию, ручная проба направляла крыс в СК, где они неожиданно находили знакомую приманку. Семечки клали на такое расстояние, чтобы достать их можно было только, войдя в СК. В ходе первой пробы, достав корм в СК, крыса начинала испытывать беспокойство и выходила из СК в более "безопасное" место в лабиринте, где могла спокойно съесть добытую пищу. Итак, вскоре, после 3—4 сочетаний ручной пробы с пищевым подкреплением в СК, избегательные тенденции к ней постепенно тормозились, и крысы начинали самостоятельно возвращаться в СК. Таким образом, при конкурентных отношениях между различными типами поведения полностью сохраняются механизмы референтной и оперативной памяти, а нарушение навыков, вызванных МП, можно объяснить растормаживанием функции центральных структур мозга, ответственных за интеграцию эмоционально-негативных реакций избегания [2,4]. Сохранение пищевой возбудимости и реакции удовлетворения потребности в пище сопровождается временным усилением реакции избегания и разрывом целостного пищедобывательного навыка в фазе возвращения в СК. Описанные нарушения маг-

нитного воздействия, проходили самостоятельно через 7–10 дней после прекращения действия МП.

В следующей серии экспериментов были проведены сравнительные наблюдения за поведением тех же облученных крыс в дни наиболее высокой геомагнитной активности — геомагнитных “бурь” (ГБ). Было выявлено такое же растормаживающее действие ГБ на избегательную реакцию в отношении СК, как и при искусственном МП. Значительно увеличивалось время возвращения в СК, вплоть до полного отказа животных возвращаться. Остальные параметры менялись аналогичным образом. В то же время были случаи, когда расстройства поведения не совпадали в официально объявленные дни ГБ. Они возникали за день до бури или вообще не возникали.

В заключительной части работы исследовали эффекты омагниченного физиологического раствора (180 мТ, 1 ч, 2–3 мл в/бр.) на поведение тех же подопытных крыс, которые были в постоянном МП и под воздействием ГБ. Спустя 20–30 мин после инъекции омагниченного раствора появлялись знакомые признаки нарушения поведения, которые были характерны для искусственных и природных МП. Возобновлялась реакция избегания СК, удлинялось время самостоятельного возвращения в исходную позицию, и учащались смешанные реакции. В отдельных случаях и здесь экспериментатор вынужден был вмешиваться в процесс возвращения животных в СК с помощью ручных проб. Ошибок по пространственно-зрительному различению (выбора) стороны подкрепления и в этих опытах не было. В контрольных экспериментах необработанный магнитом раствор, введенный в том же количестве, не вызывал значимых изменений в эмоциональной сфере животных и фоновой поведенческой активности.

Итак, наши поведенческие исследования подтверждают точку зрения о возможности биоэффектов внешних МП через первичные структурные изменения жидкой среды мозга. Изменение стереотипа обучения — переход от простой к более сложной программе реакции свободного выбора, а также искусственные и естественные МП могут выступать в роли “стрессоров” и растормаживать (провоцировать) ранее заторможенные реакции избегания и блокировать таким образом целостность пищедобывательного навыка в фазе возвращения. При этом механизмы памяти не нарушаются. Поисковое поведение и положительное обучение, удовлетворяющие нужную для животного потребность, могут являться надежным противовесом негативным последствиям экспериментально вызванного стресса.

Автор благодарит м.н.с. Ж.Р.Алавердян за помощь в проведении экспериментов.

Поступила 21.04.97

ՎԱՐՔԻ ՎՐԱ ՄԱԳՆԻՏԱԿԱՆ ԴԱՇՏԵՐԻ ԱԶԳԵՑՈՒԹՅԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԸ
ԲԱՅԱՏՐՈՂ ՎԱՐԿԱՇՆԵՐԻՑ ՄԵԿԻ ՄԱՍԻՆ

Գ.Ե. Գրիգորյան

Հայտնի են մի շարք վարկածներ մագնիսական դաշտի ֆիզիկա-քիմիական և կենսաբանական ազդեցության մեխանիզմների բացատրման վերաբերյալ: Ներկա աշխատությունում առնետների լարիքինթային վարժեցման եղանակով փորձարկվել և հաստատվել է այդ վարկածներից մեկը, համաձայն որի մագնիսական դաշտերի կենսամետ ազդեցությունը կարող է սկսվել օրգանիզմի հեղուկ միջավայրի առաջնային կառուցվածքային փոփոխություններով: Ապա, որպես դրա հետևանք, տեղի են ունենում կենտրոնական նյարդային համակարգի կենսա-քիմիական, ֆիզիոլոգիական և վարքի ֆունկցիաների խանգարումներ, որոնք կրում են ժամանակավոր բնույթ:

ONE OF THE HYPOTHESES OF THE MECHANISM OF MAGNETIC
FIELDS EFFECT ON BEHAVIOR

G.Ye. Grigorian

In the present work the authors demonstrate one of the hypotheses of the mechanisms of magnetic fields effect on biosystem according to which the bioeffects of magnetic fields may be realized via initial structural (physico-chemical) changes of the aqueous environment of the organism. It is shown that constant magnetic fields of definite intensity as well as geomagnetic storms may act as stressors and make acute, intensify the psychophysiological disorders, being in a state of remission before.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетян С.Н., Григорян Х.В. и др. ДАН АрмССР, 1986, 82, 4, с. 184.
2. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., 1968.
3. Баскакова В.П. и др. В кн.: Труды Крымского мед. института. Симферополь, 1973, 53, с. 48.
4. Григорян Г.Е. Структурные основы системной организации поведения. Ереван, 1983.
5. Григорян Г.Е. Магниторецепция и механизмы действия магнитных полей на биосистемы. Ереван, 1995.
6. Десницкая М.М., Чеснокова Л.Н. В кн.: Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем. М., 1971, с. 305.
7. Кисловский Л.Д. В кн.: Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М., 1971, с. 147.
8. Коган А.Б., Тихонова Н.А. Биофизика, 1965, 10, 2, с. 292.
9. Тринчер К.С. В кн.: Состояние и роль воды в биологических объектах. М., 1967, с. 143.
10. Аураретян С.Н., Григорян Х.В. et al. Bioelectromagnetics, N.Y., 1994, 15, 2, p. 133.
11. Piccardi G. The chemical basis of Medical Climatology. USA, Ch. Thomas Publ., 1962.