

УДК 577.35:537

## ПРИНЦИП ДОМИНАНТЫ А.А.УХТОМСКОГО В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА ПРИ ВОСПРИЯТИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Ю.А.Холодов

При слабом болевом ощущении человеком различных электромагнитных полей, действующих на руку, важную роль играет предварительная инструкция испытуемому. Активное внимание к возможному влиянию усиливает то состояние мозга, которое можно назвать доминантой осторожности и которое возникает спонтанно, при пустой пробе или при воздействии электромагнитных полей. Среди физиологических механизмов влияния ЭПМ на организм обсуждается радарный принцип работы мозга.

В начале века известный русский физиолог В.Я.Данилевский [1] отметил важность проблемы "влияния электричества на расстоянии" для общей биологии, для гигиены и для терапии. В тридцатых годах электромагнитная биология интересовалась в основном полями УВЧ метрового диапазона. В пятидесятые годы увеличился интерес к биологическому действию сантиметровых, а позже и миллиметровых волн. В наши дни весь диапазон электромагнитных полей (ЭМП), начиная от постоянных электрических и магнитных полей и кончая видимым участком спектра, объединен называнием ионизирующие излучения и активно изучается представителями медико-биологических и физико-технических дисциплин в разных странах мира [2-5].

Междисциплинарный характер исследований биологических эффектов ЭМП требует тесного общения различных специалистов для понимания возникающих проблем. Задача настоящего сообщения заключается в изложении некоторых аспектов нейрофизиологических проблем, связанных с активностью самой центральной нервной системы при восприятии ЭМП.

В качестве модельного эксперимента мы использовали метод сенсорной индикации ЭМП. Локальное воздействие наносили на левую руку испытуемого (иногда на область между большим и указательным пальцами) сразу после предупреждающего звукового сигнала. В случайном порядке (в автоматизированном эксперименте это определялось программой ЭВМ) включали генератор ЭМП или давали пустую пробу (ПП) на

Ю.А.Холодов

85

протяжении не более одной минуты. При возникновении ощущения испытуемый правой рукой нажимал кнопку, отключая тем самым генератор (если тот был включен) и отмечая длительность латентного периода. После этого испытуемый сообщал о модальности возникшего ощущения и о его локализации (в некоторых случаях учитывали субъективную силу ощущения и его длительность).

Опыты проводили в звукоизглушенной затемненной камере, повторяя пробы через 1-3 минуты. За опыт давали 15-20 проб. При воздействии могла возникать сенсорная реакция (СР) на ЭМП или отсутствовать отклик (-). Отношение числа СР к числу воздействий считали как прочность СР. При ПП могла возникать ложная тревога (ЛТ) или отсутствовать отклик. Отношение числа ЛТ к числу ПП определяли как прочность ЛТ. При статистической обработке вычисляли достоверность разницы между числом СР и ЛТ по критерию хи-квадрат.

Учитывая четыре варианта поведения испытуемого после предупреждающего сигнала, мы должны признать, что в ЦНС существует состояние, похожее на состояние доминанты, открытое известным физиологом А.А.Ухтомским [6]. Поэтому мы вводим термин "доминанты осторожности" (ДО), которая возникает в мозге и может проявляться у испытуемого в виде предболевого ощущения (покалывание, давление, парестезия и т.п.), возникающего спонтанно, после предупреждающего сигнала или при действии слабого раздражителя.

В последнем случае реакция возникает в среднем через 30 с и длится около 10 с. Эти цифры получены в экспериментах на сотнях испытуемых при воздействии различных ЭМП, начиная от постоянного магнитного поля (МП) до видимого участка спектра. Раньше мы приписывали эти реакции гипотетической системе медленного реагирования. Накопление экспериментального материала позволило прийти к заключению, что такой системой является ноцицептивная система. Она может быть и медленной, и по модальности ощущений проходит, и по наличию длительного последствия соответствует полученным фактам. Одно смущало: в теоретическом арсенале психофизики "не нашлось места для феномена ложной тревоги (положительного ответа в пустой пробе, т.е. пробе, где раздражитель не подавался). Теоретики игнорировали этот феномен, а экспериментаторы пытались избавиться от него ужесточением инструкций и тщательным отбором испытуемых" [7].

В цитате подчеркивается важность инструкции. Оказывается, если не инструктировать испытуемого указанием на то, что после щелчка на протяжении минуты может быть, а может и не быть воздействия, и тайно от него давать такое же воздействие ЭМП, то ни реакции, ни ЛТ не возникнет. Это показано, и в наших опытах и в исследованиях известного психолога А.Н.Леонтьева [8], который воздействовал на руку светом. Следовательно, инструкция является важным условием и восприятия ЭМП, и

появления ЛТ.

А что такое инструкция для испытуемого? Это активное внимание, появление мотивации и, может быть, возникновение доминанты. Отсюда вытекает, что главным событием является не применяемый раздражитель (например, ЭМП), а возникшая доминанта, которая в значительной мере определяется индивидуальными особенностями испытуемого. У одного из них ощущения возникали не в левой ладони, куда адресовалось ЭМП, а в правом плече, которое было сломано полгода назад. Некоторые авторы [9] даже утверждали, что сенсорная реакция на ЭМП (речь идет о миллиметровом излучении) возникала в области больного органа, а у здорового испытуемого они такой реакции не наблюдали. Иными словами, только при наличии как бы двойной доминанты: инструктивной и болевой, — можно обнаружить сенсорную реакцию на ЭМП.

Допущение существования спонтанной субсенсорной ДО, которая усиливается инструкцией, в многочисленных опытах с человеком, может объяснить некоторые факты, которые заставляли считать ЭМП странным раздражителем. При этом следует помнить, что доминанта осторожности является слабым выражением болевой доминанты, которая при увеличении силы или длительности воздействия может превратиться в стресс.

Важную роль в формировании этих адаптационных реакций организма играют регуляторные пептиды. Предполагается, что обоснование и развитие таких представлений о модуляторной и коммуникационной роли нейропептидов служит молекулярным базисом сформулированной еще в 20-е годы теории А.А.Ухтомского о доминанте [10]. ДО есть болевая доминанта, что определяет ее биологический смысл. Эта доминанта у взрослого организма существует всегда, реализуется у человека чаще на подсознательном уровне и проникает в чувственную сферу через болевую модальность.

Объясняющую силу высказанной гипотезы можно описать в нескольких отдельных пунктах:

1. Поскольку подтолкнуло нас к созданию гипотезы о ДО существование ЛТ, то прежде всего отметим, что теперь ЛТ приобретают законность появления, становятся как бы родными детьми ДО.

2. ЭМП выполняют роль посторонних раздражителей. Они не порождают свои специфические реакции в ЦНС, а только будят доминанту через длительный латентный период.

3. А.А.Ухтомский писал "доминанта получается уже через 0,5–1,0 минуту" [6]. В.С.Русинов [11] в своей статье из сборника отмечал: "Угнетение двигательных реакций задних конечностей под влиянием возбуждения глотательного аппарата наступало в среднем секунд через 30 после начала ряда глотательных движений".

Исследуемые нами сенсорные реакции человека и ЭЭГ реакции кролика при воздействии ЭМП также возникали примерно через 30 с, как

доминанты у лягушки или торможение у кошки. Схожесть латентных периодов (не ординарных) может свидетельствовать о сходстве анализируемых реакций.

4. Модальность сенсорных реакций на различные ЭМП (МП, импульсное МП, сантиметровое или миллиметровое излучения, лазерное излучение или экранированное пространство) определяется в большей мере характером доминанты, поскольку первичные физико-химические механизмы биологического действия перечисленных ЭМП весьма различны.

5. Локализация ощущений при воздействии ЭМП не всегда определяется местом приложения, что еще раз свидетельствует об участии ЦНС в формировании сенсорных реакций.

6. Характер реакций слабо зависел от интенсивности ЭМП. Импульсные МП от  $\mu\text{Тл}$  до 1 Тл при разнице на 6 порядков вызывали сходные сенсорные реакции, т.е. они только "включали" ДО.

7. Уместно отметить, что в опытах с условными рефлексами у животных ЭМП оказывали преимущественно тормозное действие [2], и это торможение скорее всего было сопряженным.

8. В этих же опытах отмечали увеличение числа МР при действии ЭМП не только в стадию генерализации условного рефлекса. Увеличение числа МР можно объяснить той же ДО, как и появление ЛТ при формировании сенсорных реакций.

9. ЭМП увеличивали также двигательную активность животных при общем воздействии, что может осуществляться через механизм ДО.

10. При воздействии ЭМП на голову животного возникало состояние, похожее на поляризационную доминанту [11, 12], с участием глионейрональных элементов.

11. Реакции на ЭМП отличались длительным последействием. Словом, все свойства классической доминанты по Р.А. Павлыгиной [11] налицо.

Перечисленные пункты резко сместили акценты, которые расставляли мы в прежних публикациях [2, 13, 14], настойчиво и детально приписывая все особенности реакций организма биотропным параметрам раздражителя и наделяя ЦНС пассивным свойством отражения. Теперь возникает опасность другой крайности: все объяснять доминантой, не оставляя за ЭМП хоть какой-то самостоятельности. Можно привести пункты, противоречащие этому:

1. Местная анестезия в виде хлорэтила снижала число сенсорных реакций на ЭМП до уровня ЛТ. Следовательно, какая-то часть сенсорных процессов связана с ЭМП.

2. У больных сирингомиэлией, т.е. после нарушения связей ЦНС с кожным анализатором, число сенсорных реакций при воздействии ЭМП не превышает число ЛТ.

**3.** ИМП с частотой 10 Гц чаще вызывали ощущения, чем с частотой 1 или 100 Гц.

**4.** Импульсное МП имеет меньший порог для вызова сенсорных реакций в сравнении с синусоидальным МП той же частоты или с постоянным МП. Уже само наличие порога свидетельствует об активной роли ЭМП.

**5.** Правильная сенсорная реакция на ЭМП сопровождается увеличением когерентности в медленноволновом диапазоне ЭЭГ преимущественно в передних отделах правого полушария испытуемого. ЛТ не имеет таких характеристик.

Следовательно, не все определяется ДО, а она сама обнаруживается не только методом сенсорной индикации. ЭЭГ метод позволяет изучать реакцию на ЭМП и у животных. Однако при одноминутном воздействии ЭМП на конечность кролика изменений в его ЭЭГ мы не обнаружили (как и у неинструментированного испытуемого). В то же время воздействие ЭМП на голову животного приводит к возникновению ЭЭГ реакции синхронизации со средним латентным периодом около 30 с. Можно ли говорить об идентичности реакций организма на ЭМП при периферическом воздействии на человека и при центральном воздействии на животных?

Общее у этих реакций — характер изменений ЭЭГ и длительный латентный период. Скорее всего, и периферическое, и центральное воздействие могут усиливать доминантный процесс, и в этом можно видеть их сходство, которое без учета доминанты кажется странным. Особенно такое заключение важно для физиотерапии, когда лечебное действие ЭМП объясняется только воздействием на биологически активные точки. Теперь можно обходиться и без гипотезы об акупунктуре.

Тем не менее прямое воздействие ЭМП на мозг имеет свою специфику. Как указывалось ранее, периферическое воздействие у животных не вызывало ЭЭГ реакции у кролика [15] и не изменяло условнорефлекторной деятельности крыс [16]. Центральное воздействие было эффективным в обоих случаях, вызывая доминанту, похожую на поляризационную [11, 12], создаваемую локальным раздражением мозга слабым постоянным током.

Д.П.Матюшкин писал: "Нервная сигнализация, участвующая в создании доминантного центра, по А.А.Ухтомскому, должна быть не сильной, но достаточно долгой" [17]. "Такое мобилизованное состояние нейрона и системы его синаптических входов (а, возможно, и связанных с ними глиальных клеток) сегодня вряд ли удобно называть просто "местным возбуждением". Однако это стационарное состояние играет именно ту роль, которую отводил местному стационарному возбуждению нейронов А.А.Ухтомский.

О заинтересованности глии в создании доминанты прямо без скобок пишет В.С.Русинов [17]. "Было показано, что основная реакция глии на поляризацию выражалась в увеличении количества сателлитов, прилега-

ющих как к пирамидным, так и к промежуточным нейронам".

В наших работах с М.М.Александровской [18] и с Н.И.Артюхиной [19] отмечалась реакция нейроглии после воздействия ЭМП и крыс, кроликов и кошек. Подобные сдвиги наблюдали и в НС виноградной улитки после воздействия постоянного МП (Браваренко и др. [19]). Участие нейроглии в создании медленноволновой электрической активности мозга животных при действии ЭМП отмечалось в нескольких публикациях с участием А.И.Ротбака [20]. Связи глии со сверхмедленной электрической активностью мозга отмечала В.А.Илюхина [17], которая, анализируя ЭЭГ, писала: "При ритмической фотостимуляции или при пробе на открывание глаз сначала в течение 6–10 с развивается ЭЭГ реакция активации и только затем, спустя 30–60 с, изменяется характер динамики дзета-волны".

Преобладание медленноволновой электрической активности мозга некоторые исследователи связывают с возникновением тормозного процесса. А.Л.Ухтомский считал сопряженное торможение необходимым условием доминанты. А ЭМИ как раз вызывают медленноволновую активность мозга и преобладание мозговых процессов. Резонно предположить, что действие ЭМП связано с доминантой. Тогда превентивное торможение получает другое толкование.

Другая трудная проблема — увеличение двигательной активности при воздействии ЭМП — также предстает в ином свете. Слабые болевые раздражители должны увеличивать двигательную активность. Наличие ДО должно увеличивать число МР при выработке условных рефлексов не только в стадии генерализации. Наконец, оборонительные условные рефлексы должны быть более чувствительны к ЭМП, нежели пищевые.

И, самое основное. Начинается процесс восприятия не с периферии, как мы привыкли думать, а с ЦНС, с создания ДО (если ее так не было со дня рождения). Можно высказать своеобразную "радарно-усилиительную" гипотезу боли. Как луч радара, болевая поисковая система мозга ежеминутно ищет источник боли, и если не находит, то сама себякусает, чтобы не прекратился этот необходимый для защиты организма поиск.

Оказалось, что такое предположение не было оригинальным в описании деятельности мозга. П.В.Смирнов [21] отмечал: "...я бы выбрал принцип радара, где рефлекс возникает как вторичное отражение поискового луча, встретившегося с целевым объектом..." В.С.Русинов [11] называет это "радарная концепция доминанты".

Однако даже исследователь, не обсуждающий принципа доминанты, но длительно изучающий иоцицептивную систему, пришел недавно к сходным выводам, считая, что "phantomные боли" генерируются самим мозгом, а сенсорные сигналы всего лишь модулируют эти ощущения [22].

Получается, что ЛТ похожи на фантомные боли по происхождению. Следовало бы проверить это предположение по электрографическим пока-

зателям. Радарность в деятельности мозга мы отметили при изучении источников альфа-ритма человека с помощью ЭЭГ и МЭГ. Речь идет о чисто внешнем сходстве вращения источника при формировании альфа веретена [23]. Однако не исключена возможность не только внешнего подобия, но и участия альфа-ритма в формировании ДО. Последующие исследования оценят реальность таких предположений.

Заканчивая, я хочу сказать, что в данном сообщении мы анализировали только начальные этапы реакции организма на ЭМП, ограниченные минутным отрезком. Увеличение длительности воздействия ЭМП приводит к возникновению других форм реакции организма с включением других систем с конечным терапевтическим или патологическим эффектом. Как влияют начальные этапы на последующие — предмет дальнейших исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилевский В.Я. Исследования над физиологическим действием электричества на расстоянии. — Харьков, 1900–1901. Т.1–2.
2. Холодов Ю.А. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. — М.: Наука, 1966. 284 с.
3. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. — Наука, 1968. 288 с..
4. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессе жизнедеятельности. — М.: Радио и связь, 1991. 168 с.
5. XXIII General Assembly of the International Union of Radio Science. *Abstract. Prague, 1990.*
6. Ухтомский А.А. Доминанта. М.–Л.: Наука, 1966.
7. Бардин К.В. Психофизика и пороговая проблема. // Психол.журн. 1992, Т.13. N 2. С.75-83.
8. Леонтьев А.Н. Проблемы развития психики. — М.: Изд-во МГУ, 1981. 582 с.
9. Андреев Е.А., Белый М.У., Ситько С.П. Реакция организма человека на электромагнитное излучение миллиметрового диапазона. Вестн. АН СССР, 1985. N 1. С.24-33.
10. Гомазков О.А. Функциональная биохимия регуляторных пептидов. — М.: Наука, 1992. 160 с.
11. Доминанта и условный рефлекс. — М.: Наука, 1987. 174 с.
12. Русинов В.С. Доминанта: электрофизиологическое исследование. — М.: Медицина, 1969. 231 с.
13. Холодов Ю.А., Шишло М.А. Электромагнитные поля в нейрофизиологии. — М.: Наука, 1979. 168 с.
14. Холодов Ю.А., Лебедева Н.Н. Реакции нервной системы человека на

- электромагнитные поля. – М.: Наука, 1992. 135 с.
15. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. – М.: Наука, 1975. 207 с.
  16. Хромова С.В. Модификация миллиметровым излучением поведенческих реакций крыс. Автореф. канд. дисс. – М., 1990. 24 с.
  17. Учение А.А.Ухтомского о доминанте и современная нейрофизиология. – Л.: Наука, 1990. 310 с.
  18. Александровская М.М., Холодов Ю.А. Возможная роль нейроглии в возникновении биоэлектрической реакции головного мозга на постоянное магнитное поле. Докл. АН СССР. 1966. Т.170. С.482-482.
  19. Проблемы электромагнитной нейробиологии. – М.: Наука, 1988. 112 с.
  20. Думбадзе С.И., Бобров А.В., Мкртчан В.А., Ройтбак А.И. Влияние постоянного магнитного поля на медленный отрицательный потенциал. // Сообщ. АН Груз. ССР. 1980. Т.98. N 2. С.409-412.
  21. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. – М.: Наука, 1981. 145 с.
  22. Мелзак Р. Фантомные конечности. // В мире науки. 1992. N 6. С.62-69.
  23. Kholodov Yu.A., Kozlov A.N., Gorbach A.M. Magnetic fields of biological objects. – M. Nauka Publishers, 1990. 144 p.

Институт высшей нервной деятельности  
и нейрофизиологии РАН

Поступила в редакцию  
31 мая 1993 г.

**THE PRINCIPLE OF A.A.UCHTOMSKY'S DOMINANT IN THE BRAIN ACTIVITIES IN THE ACCEPTANCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS**

*Yu. A. Kholodov*