
БИОЛОГИЯ

**КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ИСКАЖЕННОГО
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА
СИСТЕМЫ ГОРМОНАЛЬНО-МЕДИАТОРНОЙ
РЕГУЛЯЦИИ**Е.В. Писарева¹

Представлены данные о влиянии искаженного геомагнитного поля на системы гормонально-медиаторной регуляции. Показана возможность модификации биоэффектов в условиях комбинированного действия искаженных геомагнитных полей и повышенной температуры окружающей среды.

Введение

Процесс эволюции на Земле происходил при определенном уровне электромагнитных полей. На фоне геомагнитного поля (ГМП) формировались адаптационные системы и механизмы поддержания гомеостаза, что привело к способности организмов реагировать на изменения естественного ГМП [1, 2].

В настоящее время значительное число людей работает на производствах, где помещения имеют непроницаемый для электромагнитных излучений экран, ослабляющий ГМП [3]. Отсутствие ГМП является также одним из факторов межпланетного космического полета [4]. Экранированные помещения как правило насыщены технологическим оборудованием, поэтому магнитные поля в них имеют неравномерное распределение, сложны по своим характеристикам, то есть возникает искаженное геомагнитное поле (ИГМП) [5]. Обнаружено влияние ослабленного ГМП на уровень гистамина, серотонина, катехоламинов и функцию коры надпочечников [6–8]. Влияние ИГМП на организм, а особенно комбинированное действие с другими физическими факторами, исследовано недостаточно. В связи с этим в настоящей работе изучали гормонально-медиаторную регуляцию в условиях комбинированного воздействия ИГМП и повышенной температуры окружающей среды.

1. Материалы и методика

Исследования проводили на 56 крысах-самках массой 180-250 г. В экспериментах животных подвергали воздействию повышенной температуры окружающей среды, а также комбинированному влиянию ИГМП и гипертермии.

Для воспроизведения гипертермии животных помещали в камеру из фанеры, куда через отверстия в полу подавался нагретый от электрокалорифера воздух. Равномерность нагрева обеспечивалась вентиляционными отверстиями в боковых стенках камеры. Применялся следующий режим воздействия: $T = 70^{\circ}\text{C}$, длительность экспозиции 12 минут, ежедневно в течение 5 дней.

Для изучения влияния ИГМП на организм крыс содержали в камере из пермаллоя. Магнитное поле в этой камере варьировалось от 0 до 2-кратного превышения

¹ Писарева Елена Владимировна, кафедра биохимии Самарского государственного университета

уровня ГМП. Градиент индукции достигал 0-20000 нТл/см. Сроки пребывания животных в экранированных условиях составляли 2 недели, 1 месяц и 2 месяца. В последние 5 суток пребывания в камере с ИГМП крыс подвергали ежедневному воздействию гипертермии при температуре 70° С, длительность экспозиции 12 минут.

Контрольных животных содержали в аналогичных условиях в пластмассовых клетках, находившихся в том же помещении, и не подвергали экспериментальным воздействиям.

После завершения экспериментов животных умерщвляли путем декапитации не позднее чем через 2 минуты по окончании последней тепловой процедуры. У них собирали кровь, извлекали надпочечники, сердце, печень и головной мозг. В полученном материале исследовали содержание адреналина, норадреналина, гистамина, серотонина и 11-оксикортикостероидов (11-ОКС) [9].

2. Результаты и обсуждение

В ходе экспериментов были получены следующие результаты. Под влиянием гипертермии ($T = 70^{\circ}\text{C}$, 12 минут, 5 процедур) наблюдалась характерная ответная реакция гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГНС) на стрессорное воздействие. Она выражалась в значительном повышении 11-ОКС в надпочечниках (более чем в 2 раза) и в плазме крови (более чем в 3 раза) по сравнению с контрольным результатом. В печени изменения содержания гормонов были менее существенными. Повышение содержания 11-ОКС в надпочечниках — это первый признак активации ГГНС при стрессе в результате увеличения выработки АКТГ гипофизом, который активирует ферменты стероидогенеза в адренокортикоцитах [10], т.е. происходят повышение синтезирующей способности клеток пучковой зоны коры надпочечников и увеличение содержания в них 11-ОКС. Поскольку эти гормоны в силу высокой липофильности не депонируются в адренокортикоцитах и свободно диффундируют в кровь, то в плазме крови при воздействии гипертермии обнаруживалось их повышение более чем в 3 раза по сравнению с интактной группой крыс. Повышение 11-ОКС в печени под воздействием теплового стресса, по-видимому, было связано с активным поступлением гормонов в этот орган для реализации там их физиологических эффектов. Таким образом, при изолированном влиянии гипертермии мы наблюдали у животных характерную ответную реакцию ГГНС на тепловое стрессирование.

Комбинированное воздействие ИГМП и гипертермии вызывало аналогичные изменения: повышение уровня гормонов в надпочечниках и плазме и несколько меньшие изменения содержания 11-ОКС в печени относительно контроля.

Однако следует отметить, что при комбинированном воздействии описанные изменения (повышение уровня 11-ОКС) были менее выраженными по сравнению с вариантом влияния изолированного тепла. Наблюдалась следующая динамика в содержании гормонов: двухнедельное пребывание в ИГМП в сочетании с теплом не вызывало изменений уровня 11-ОКС по сравнению с изолированными тепловыми процедурами (Табл.1); при увеличении срока пребывания животных в ИГМП до 1 месяца гипертермия вызывала повышение глюкокортикоидов на 5% меньше в надпочечниках и на 40% — в печени и плазме крови относительно воздействия изолированного тепла (Табл.2), а влияние повышенной температуры окружающей среды на фоне двухмесячного пребывания в ИГМП увеличило данное отличие в надпочечниках до 30% и снизило в плазме до 25% (Табл.2). В печени уровень гормонов при тепловом стрессе и комбинировании тепла с ИГМП (2 месяца) существенно не

отличался от контрольного показателя (Табл.3).

Таблица 1

Содержание биологически активных веществ в тканях крыс после пребывания в ИГМП в течение 2 недель на фоне 5-кратной гипертермии

Исследуемые показатели	Способ воздействия		
	Гипертермия (6)	Гипертермия +ИГМП(6)	Контроль (6)
11-ОКС в надпоч., мкг/г	114,53 ± 8,89*	111,69 ± 9,57*	40,17 ± 2,03
11-ОКС в печени, мкг/г	1,34 ± 0,42	1,49 ± 0,46	2,21 ± 0,52
11-ОКС в пл. кр., мкг/мл	0,97 ± 0,12*	0,96 ± 0,06*	0,34 ± 0,07
Адрен. в надпоч., нмоль/г	2,72 ± 0,87*	2,64 ± 0,74*	0,83 ± 0,18
Норадр. в надпоч., нмоль/г	0,16 ± 0,07*	0,33 ± 0,12	0,28 ± 0,06
Адрен. в мозге, нмоль/г	0,11 ± 0,01	0,21 ± 0,03*	0,12 ± 0,03
Норадр. в мозге, нмоль/г	0,09 ± 0,03*	0,25 ± 0,07	0,24 ± 0,05
Адрен. в сердце, нмоль/г	1,08 ± 0,08*	0,77 ± 0,34	0,77 ± 0,14
Норадр. в сердце, нмоль/г	1,60 ± 0,60*	0,93 ± 0,26	0,83 ± 0,14
Гистамин в крови, нмоль/л	2,61 ± 0,23*	2,35 ± 0,14*	1,35 ± 0,16
Серотонин в крови, нмоль/л	1,32 ± 0,19*	1,13 ± 0,09*	2,51 ± 0,29
Гистамин в мозге, нмоль/г	6,29 ± 0,66	5,24 ± 0,70*	6,39 ± 0,54
Серотонин в мозге, нмоль/г	9,22 ± 1,76	6,52 ± 1,54*	9,94 ± 2,14

Примечание. * — отличие от контроля статистически значимо ($p < 0,05$).

В скобках указано количество животных.

Таблица 2

Содержание биологически активных веществ в тканях крыс после пребывания в ИГМП в течение месяца на фоне 5-кратной гипертермии

Исследуемые показатели	Способ воздействия		
	Гипертермия (4)	Гипертермия +ИГМП(6)	Контроль (6)
11-ОКС в надпоч., мкг/г	86,33 ± 4,47*	82,12 ± 3,73*	44,11 ± 5,51
11-ОКС в печени, мкг/г	2,10 ± 0,13*	1,51 ± 0,11*	0,99 ± 0,16
11-ОКС в пл. кр., мкг/мл	0,94 ± 0,11*	0,68 ± 0,08*	0,25 ± 0,04
Адрен. в надпоч., нмоль/г	0,39 ± 0,05*	0,93 ± 0,06	0,75 ± 0,08
Норадр. в надпоч., нмоль/г	0,44 ± 0,06	0,41 ± 0,05	0,37 ± 0,03
Адрен. в мозге, нмоль/г	0,18 ± 0,01*	0,33 ± 0,02*	0,09 ± 0,01
Норадр. в мозге, нмоль/г	0,25 ± 0,04	0,40 ± 0,03*	0,21 ± 0,03
Адрен. в сердце, нмоль/г	0,49 ± 0,02	0,66 ± 0,04*	0,43 ± 0,07
Норадр. в сердце, нмоль/г	0,81 ± 0,19*	0,73 ± 0,19*	1,62 ± 0,13
Гистамин в крови, нмоль/л	2,31 ± 0,10	2,22 ± 0,11	2,11 ± 0,12
Серотонин в крови, нмоль/л	0,70 ± 0,08	1,54 ± 0,20*	0,46 ± 0,14
Гистамин в мозге, нмоль/г	6,32 ± 0,30	3,78 ± 0,35*	6,02 ± 0,22
Серотонин в мозге, нмоль/г	9,22 ± 0,64*	8,20 ± 0,62*	6,54 ± 0,44

Примечание. * — отличие от контроля статистически значимо ($p < 0,05$).

В скобках указано количество животных.

На основании этого можно предположить, что ИГМП модифицирует (частично угнетает) ответную реакцию ГГНС на тепловое стрессирование. В наших экспериментах такой эффект наблюдался после воздействия ИГМП в течение месяца и проявлялся в менее значительном увеличении 11-ОКС в печени и плазме при комбинированном влиянии относительно изолированного теплового воздействия. После двухмесячного пребывания в ИГМП аналогичные изменения наблюдались и в надпочечниках.

Под влиянием высокотемпературного воздействия наблюдалась активация центральных адренергических механизмов, что выражалось в повышении уровня адреналина в головном мозге и сердце. Комбинированное воздействие вызывало наибольшее повышение уровня данного медиатора в мозге при начальных сроках влияния ИГМП (2 недели и 1 месяц) (Табл.1,2), при увеличении воздействия поля до 2-х месяцев уровень адреналина в мозге был промежуточным (выше контроля, но ниже, чем при воздействии изолированного тепла) (Табл.3). В сердце содержание адреналина при комбинированном влиянии возрастало по мере увеличения срока пребывания в ИГМП: при двухнедельном воздействии было сходно с контролем и достигало максимума (на 70% выше, чем при воздействии изолированной гипертермии) при двухмесячном воздействии ИГМП.

Уровень норадреналина в головном мозге достигал максимума под влиянием гипертермии после пребывания животных в ИГМП в течение месяца, после двухмесячного воздействия поля показатель был сходен с контрольным значением. Изолированная гипертермия вызывала достоверное отличие от контроля содержания норадреналина в сердце, а при комбинированном влиянии аналогичные изменения были установлены только на промежуточном сроке воздействия ИГМП (1 месяц) (Табл.2).

Таблица 3

Содержание биологически активных веществ в тканях крыс после пребывания в ИГМП в течение 2 месяцев на фоне 5-кратной гипертермии

Исследуемые показатели	Способ воздействия		
	Гипертермия (6)	Гипертермия + ИГМП (8)	Контроль (6)
11-ОКС в надпоч., мкг/г	130,00 ± 12,75*	101,28 ± 18,28*	60,15 ± 11,70
11-ОКС в печени, мкг/г	2,50 ± 0,83	2,51 ± 0,45	1,86 ± 0,32
11-ОКС в пл. кр., мкг/мл	1,23 ± 0,10*	1,01 ± 0,14*	0,67 ± 0,13
Адрен. в надп., мкмоль/г	2,54 ± 0,78	2,48 ± 0,36*	1,42 ± 0,34
Норад. в надп., мкмоль/г	0,32 ± 0,07	0,34 ± 0,07	0,42 ± 0,12
Адрен. в мозге, нмоль/г	0,60 ± 0,15*	0,16 ± 0,03*	0,16 ± 0,02
Норад. в мозге, нмоль/г	0,34 ± 0,07	0,32 ± 0,08	0,24 ± 0,05
Адрен. в сердце, нмоль/г	1,60 ± 0,58*	2,75 ± 0,38*	0,89 ± 0,32
Норад. в сердце, нмоль/г	0,61 ± 0,26*	1,00 ± 0,32	1,26 ± 0,14
Гистам. в мозге, нмоль/г	4,35 ± 0,85	4,534 ± 1,07	3,97 ± 0,47
Серот. в мозге, нмоль/г	4,04 ± 0,69	3,47 ± 0,31*	4,49 ± 0,23

Примечание. * — отличие от контроля статистически значимо ($p < 0,05$).

В скобках указано количество животных.

В надпочечниках такой сглаживающий эффект ИГМП проявлялся также при месячном воздействии фактора, когда уровень адреналина в гомогенате желез при

комбинированном влиянии не отличался от контрольного (Табл.2). При двухнедельном и двухмесячном воздействии искаженного поля на фоне гипертермии изменения были аналогичны отличиям, вызванным воздействием изолированного тепла (Табл.1,3).

Динамика содержания серотонина в мозге носила волнообразный характер. После двух недель пребывания в магнитном поле уровень амина был на 35% ниже контрольного (Табл.1), через месяц — выше контрольного, но ниже, чем при изолированной гипертермии (Табл.2), через 2 месяца влияния ИГМП содержание серотонина в головном мозге снова снижалось относительно контрольного значения (Табл.3). Уровень гистамина в мозге при комбинированном воздействии был понижен и достигал контроля только после двух месяцев воздействия ИГМП (Табл.3), тогда как изолированное влияние повышенной температуры окружающей среды не вызывало существенных отличий от показателя интактной группы крыс.

В заключение следует отметить, что полученные результаты свидетельствуют об отличии реакции животных на воздействие изолированной гипертермии от реакции на воздействие тепла в сочетании с ИГМП, в чем и проявляется модифицирующий эффект исследуемого фактора.

Литература

- [1] Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М.: Наука, 1968. 288с.
- [2] Биогенный магнетит и магниторецепция. М.: Мир, 1989. Т.2. 486 с.
- [3] Григорьев Ю.Г. Экранированные помещения и человек // Биологическое действие гипоманнитных полей: Тез.1-го симпози. Тбилиси, 1991. С. 5-9.
- [4] Газенко О.Г., Шепелев Е.Я. Длительные космические полеты и среда обитания человека // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1977. Т.11, Вып.1. С.10-13.
- [5] Подковкин В.Г., Писарева Е.В. Моделирование реакции организма в условиях работы с источниками электромагнитных полей // Моделирование и прогнозирование заболеваний, процессов и объектов: Матер. научн. конф. Самарского медицинского университета. Самара, 1998. С. 78-80.
- [6] Бабич В. И., Панасюк Е. Н. Гистамин и серотонин как показатели некоронарного поражения миокарда при длительном пребывании морских свинок в гипоманнитной среде // Биологическое действие гипоманнитных полей: Тез.1-го симпози. Тбилиси, 1991. С. 22-23.
- [7] Шуст И.В., Костиник И.М. Реакции коры надпочечников животных на воздействие сильного постоянного магнитного поля и гипоманнитной среды // Проблемы эндокринологии. 1976. Т. 22, 2. С. 86-92.
- [8] Сандодзе В.Я., Микеладзе Д.Г. и др. Поведенческие и нейрхимические корреляты утомления в результате комбинированного воздействия гипоманнитной среды и хронических информационных перегрузок // Биологическое действие гипоманнитных полей: Тез.1-го симпози. Тбилиси, 1991. С.7-9.
- [9] Биохимические и иммунологические методы оценки регулирующих систем организма. Куйбышев: изд-во Куйбышев. мед. ин-та., 1982. 32 с.
- [10] Филаретов А.А., Подвигина Т.Т., Филаретова Л.П. Адаптация как функция гипотизарно-адренотортикальной системы. Спб.: Наука, 1994. 129 с.

EFFECT OF COMBINATION OF PERTURBED GEOMAGNETIC FIELD AND HIGH TEMPERATURE ON THE HORMONAL-MEDIATOR REGULATION SYSTEMS

E.V. Pisareva²

The data on the influence of perturbed geomagnetic field on the hormonal-mediator regulation systems are presented. The possibility of biological effects modification under combined action of perturbed geomagnetic field and high temperature of environment is discussed.

²Pisareva Elena Vladimirovna, dept. of Biochemistry, Samara state university