

УДК 577.1

## СОСТОЯНИЕ СИМПАТОАДРЕНАЛОВОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ИЗОЛИРОВАННОМ И КОМБИНИРОВАННОМ С ГИПОКИНЕЗИЕЙ ДЕЙСТВИЕМ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХНИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Темуриянц Н.А.<sup>1</sup>, Мартынюк В.С.<sup>2</sup>, Малыгина В.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского

<sup>2</sup> Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Поступила в редакцию 09.10.2007

Исследовано влияние переменного магнитного поля сверхнизкой частоты на функциональное состояние симпатoadреналовой системы (САС) у белых крыс в норме и при комбинированном с гипокинезией действии. Показано, что при изолированном действии магнитного поля возрастает физиологический резерв САС, что выражается в увеличении запасов катехоламинов в гипоталамусе и надпочечниках при одновременном увеличении массы последних. При комбинированном действии магнитного поля и гипокинезии изменения состояния САС не наблюдается. Нормализация состояния САС при адаптации к комбинированному действию этих факторов обусловлена усилением экскреции адреналина с мочой, накоплением катехоламинов в эритроцитах, а также синхронизацией процессов диуреза и экскреции адреналина и норадреналина с мочой.

**Ключевые слова:** симпатoadреналовая система, гипокинезия, магнитные поля, катехоламины.

5

### ВВЕДЕНИЕ

Благодаря В.И. Вернадскому и А.Л. Чижевскому в понятие «внешней среды» включено и космическое пространство, оказывающее существенное влияние на все элементы биосферы. Ведь космические излучения «...охватывают биосферу, проникают всю ее и все в ней» (Вернадский, 1926). Существенным компонентом среды обитания является и такой фактор космического происхождения как естественное электромагнитное поле [17, 36], в обширном спектре которого особый интерес представляет сверхнизкочастотный диапазон (СНЧ). Это связано с тем, что интенсивность переменного магнитного поля (ПеМП) СНЧ диапазона максимальна по сравнению с интенсивностью поля других частотных полос как в спокойные периоды, так и особенно во время геомагнитных возмущений, когда его интенсивность может возрастать в 10-1000 раз [54].

Есть все основания полагать, что изменения параметров ПеМП этого диапазона используются как датчики времени биологических ритмов [11, 16, 38], как носители прогностической информации о предстоящих землетрясениях [13], и изменениях погода [7, 47], как агент, ответственный за реализацию солнечно земных связей [38].

Таким образом, представление о том, что любая область спектра электромагнитных излучений

естественного происхождения играет определенную роль в эволюции живой природы в обязательно принимает участие в процессах жизнедеятельности организмов [30,38], должно быть распространено и на сверхнизкочастотный диапазон. Действительно, в последние десятилетия обнаружены многочисленные факты, свидетельствующие о высокой чувствительности биологических систем к слабым ПеМП СНЧ [6,15]. Однако подавляющее большинство этих результатов получено в опытах с кратковременным воздействием ПеМП, в которых о реакции на действие электромагнитного фактора судили по изменению ограниченного числа показателей функционального состояния той или иной системы. Поэтому до сих пор неясны вопросы обратимости возникающих изменений, возможность их кумуляции и адаптации организма к ним [1]. Кроме того, в реальных условиях слабые ПеМП СНЧ, как и другие факторы внешней среды, действуют не изолированно, а в сочетании с другими раздражителями, многие из которых вызывают развитие стресс-реакции. Суммарный эффект такого действия в значительной степени определяется взаимодействием составляющих этот комплекс компонентов. Так, слабые физиологически мало значимые агенты при комбинированном действии могут вызывать выраженные биологические эффекты [22]. Между тем, особенности адаптации к комбинированному действию слабых ПеМП СНЧ и

стресс-факторов совершенно не изучены. Одним из таких факторов, широко распространенных в настоящее время, является гипокинезия, вызывающая развитие гипокинетического стресса [21].

В плане изучения механизмов адаптивных процессов организма наибольший интерес представляют «...системы, обладающие способностью экстренной самоорганизации, динамически и адекватно приспосабливающие организм к изменению внешней обстановки» [2]. К числу таких систем в первую очередь относится симпато-адреналовая система (САС), благодаря которой в соответствии с условиями существования организма изменяется функциональная готовность различных органов, что является одной из форм нейрогуморальной регуляции гомеостаза и адаптации [14]. Роль САС при действии ПеМП изучена недостаточно. В связи с этим целью работы является исследование САС при действии слабых ПеМП СНЧ при их изолированном и комбинированном с гипокинезией действии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящем исследовании изучали процессы адаптации, развивающейся при действии ПеМП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл.

Выбор параметров поля осуществлялся на основе их физиологической и геофизической значимости.

В экранированной камере 4x4x2,5 м с ослаблением постоянной составляющей геомагнитного поля, которая составила 12,5 раза. ПеМП создавалось кольцами Гельмгольца с неравномерностью поля в зоне расположения животных менее 5%. Источником тока служил генератор НГПК-3М. Контроль за протеканием тока через кольца осуществляли с помощью миллиамперметра М 2020 и осциллографа Н-303. С учетом всех составляющих погрешностей аппаратуры амплитуда и частота ПеМП контролировалась с точностью не ниже 3,5% от их номинального значения. Проведены опыты с «мнимым» воздействием ПеМП, при котором ток на обмотку колец Гельмгольца не подавался. Все эксперименты проведены в «слепых» условиях.

О состоянии симпатоадреналовой системы судили по содержанию адреналина и норадреналина в надпочечниках, гипоталамусе, миокарде, плазме крови, а также по уровню их экскреции с мочой, определяемых флюориметрическим методом [3]. Проведено также цитохимическое определение содержания катехоламинов в эритроцитах [23].

Исследования крови и тканей проводили двукратно на 1, 3, 5, 15, 21, 30 и 45 сутки эксперимента, трехкратно – в течение 9-ти суток.

Математический анализ полученных результатов исследования проводили в соответствии с

общепринятыми правилами вариационной статистики. Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты предпринятого исследования позволяют считать, что как к изолированному, так и к комбинированному с гипокинезией действию ПеМП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл развивается адаптация.

При изолированном воздействии слабых ПеМП СНЧ показатели неспецифической резистентности стабилизировались на новом, более высоком уровне [38]. Это является одним из критериев адаптации [32]. Оценка эффективности адаптации по морфологическому составу крови показала, что в условиях систематического воздействия ПеМП указанных параметров у интактных животных развивалась адаптационная реакция активации [12].

Проведенные исследования позволили установить, что в механизмах адаптации к действию слабых ПеМП важную роль играют изменения интегративной деятельности мозга. Показано, что центральной нервной системе принадлежит ведущая роль в формировании и контроле реакций организма на электромагнитное воздействие [43,44].

Результатом непосредственного действия ПеМП на структуры мозга является усиление процессов торможения в ЦНС, изменения эмоциональной сферы животных, изменение функциональной активности гипоталамуса.

О чувствительности гипоталамуса к действию слабых ПеМП СНЧ свидетельствуют также выявленные нами изменения в нем уровня катехоламинов, которые обеспечивают функциональную готовность организма к действию разнообразных факторов, осуществляя этим самым гуморальную регуляцию адаптогенеза. Так, возрастание содержания норадреналина в гипоталамусе и миокарде отмечено уже на 2-е сутки воздействия ПеМП (рис.1).

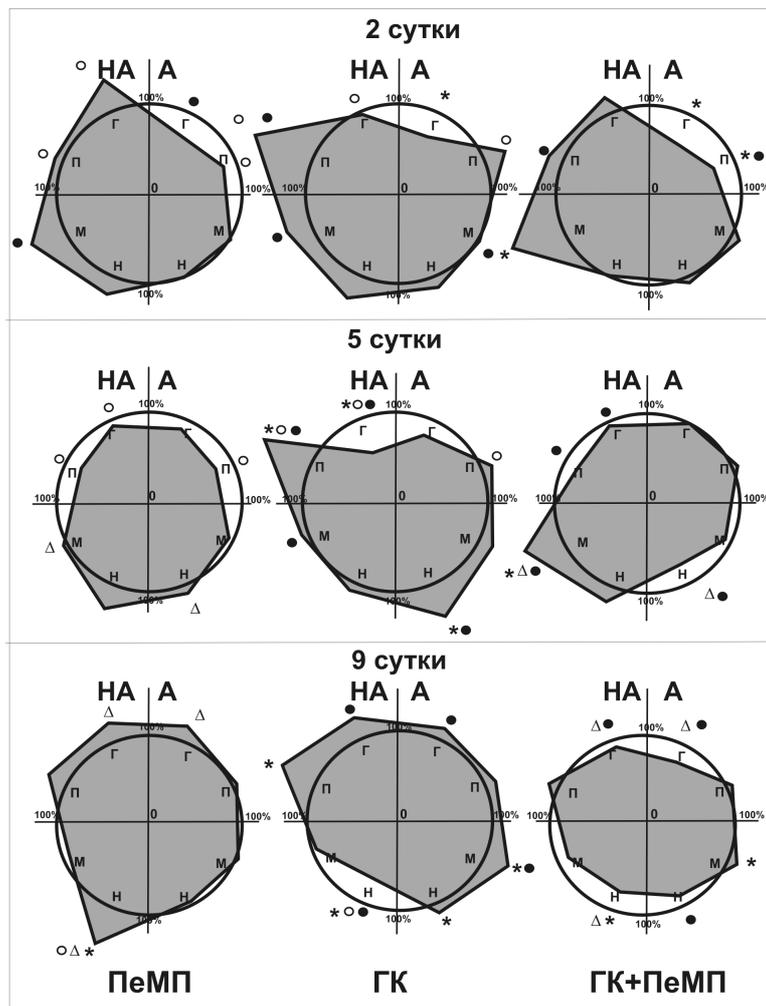
По-видимому, при кратковременных воздействиях электромагнитного фактора, прежде всего увеличивается синтез норадреналина в центральных в периферических отделах медиаторного звена симпатоадреналовой системы. В начальный период адаптации (2 сутки) в гипоталамусе отмечается также уменьшение содержания адреналина, что может быть связано с увеличением его утилизации [19,20]. Именно такая реакция наблюдается в первую фазу адаптации организма к действию разнообразных факторов [9]. Согласно нашим данным, к этим факторам следует отнести и слабое ПеМП СНЧ.

Наиболее характерные изменения функционального состояния симпатoadреваловой системы наблюдались в течение 5-20 суток воздействия ПеМП и заключались в накоплении адреналина и норадреналина в надпочечниках при параллельном увеличении массы последних, а также в возрастании концентрации исследованных катехоламинов в гипоталамусе.

Согласно [35], между массой надпочечников и интенсивностью биосинтеза в них катехоламинов существует высокая степень корреляции ( $r = +0,8$ ). Поэтому обнаруженная нами взаимосвязь между уровнем катехоламинов в надпочечниках и

их массой может быть расценена как указание на интенсификацию их биосинтеза. Действительно, при развитии процессов адаптации к действию различных факторов [26,27] обнаружил синхронные изменения массы железы и активности ключевого фермента биосинтеза катехоламинов – тирозингидроксилазы.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что при адаптации к действию ПеМП - физиологический резерв такого важного органа симпатoadреваловой системы как надпочечники, оказывается увеличенным.



**Рис. 1.** Изменение содержания норадреналина и адреналина в гипоталамусе (Г), плазме крови (П), миокарде (М) и надпочечниках (Н) при воздействии ПеМП на интактных и гипокинезированных крыс относительно контрольного уровня, принятого за 100% (обозначен кругом) Различия достоверны при сравнении с показателями: \* - контрольной группы животных; \*○ - групп ПеМП и ГК; △ - ПеМП и ● - ГК и ГК+ ПеМП, \* - ПеМП.

При изолированном действии слабых ПеМП СНЧ повышенное содержание катехоламинов обнаруживается и в гипоталамусе. Известно, что основная часть адреналина в ЦНС имеет надпочечниковое происхождение, куда он проникает через гематоэнцефалический барьер

триггерной зоны гипоталамуса [19,20,31]. Проницаемость барьера для адреналина может увеличиваться при действии на организм различных стрессоров, в том числе и гипокинезии [4,5]. Увеличение содержания адреналина в гипоталамусе у гипокинезированных животных,

обнаруженное в настоящем исследовании связано именно с этой причиной. При воздействии ПеМП не обнаруживаются взаимосвязанных изменений его концентраций в гипоталамусе, плазме крови и надпочечниках, т.е. причина его накопления в гипоталамусе иная, чем при ограничении подвижности. Это явление может быть связано, во-первых, с интенсификацией его биосинтеза. Такая возможность принципиально существует в связи с присутствием в нейронах мозга фенилэтаноламин-N-метилтрансферазы, катализирующей синтез адреналина из предшественников. Во-вторых, возможно снижение утилизации катехоламинов в связи с изменениями трофической функции нейроглии, чувствительной к действию ПеМП [8].

В силу той или иной причины при адаптации к действию слабых ПеМП СНЧ в гипоталамусе накапливается адреналин и норадреналин, благодаря чему возрастает потенциальные возможности и центрального медиаторного звена симпатoadреналовой системы. Такое явление было описано при развитии адаптационных процессов к действию стресс-факторов.

Таким образом, при адаптации к изолированному действию ПеМП СНЧ физиологический резерв центральных звеньев симпатoadреналовой системы - гипоталамуса и надпочечников - оказывается увеличенным. Это явление наблюдается в течение 20-24 дней воздействия ПеМП. В дальнейшие сроки наблюдения концентрация катехоламинов в указанных органах снижается, т. е. резервные возможности симпатoadреналовой системы уменьшаются.

Известно, что симпатoadреналовая система включает механизмы срочных адаптационных реакций, являющихся базой для формирования долговременной адаптации, для реализации которой имеются лишь генетические предпосылки [26,27]. Повышенный в этот период уровень неспецифической резистентности позволяет считать, что на этом этапе адаптогенеза к действию слабых ПеМП СНЧ уже формируется долговременная адаптация.

Для изучения слабых ПеМП СНЧ как адаптирующего и корригирующего факторов были исследованы показатели состояния симпатoadреналовой системы у крыс с ограниченной подвижностью.

Результаты исследования воздействия ПеМП указанных параметров на животных с ограниченной подвижностью убедительно свидетельствуют о способности этого физического агента ограничивать развитие стресс-реакции на гипокинезию. У крыс, подвергавшихся комбинированному действию гипокинезии и ПеМП СНЧ, начиная с 3-х экспозиций, достигалась не только нормализация, но и повышение

исследованных показателей неспецифической резистентности по отношению к контрольным животным, т.е. же происходило характерных для стресса фазных изменений. Эти данные позволяют считать, что слабые ПеМП СНЧ обладают антистрессорным действием, препятствуют развитию стресс-реакции на ограничение подвижности.

В проведенных исследованиях при адаптации к гипокинезии наблюдали активацию симпатoadреналовой системы. Наиболее характерные изменения развивались в течение 2-5 суток ограничения подвижности, что выражалось в снижении уровня катехоламинов в гипоталамусе, возрастании содержания адреналина в надпочечниках и норадреналина в плазме крови, а также в увеличении экскреции катехоламинов с мочой. Полученные нами данные о наиболее выраженной активации симпатoadреналовой системы в первые дни гипокинетического стресса согласуются с данными литературы [18,41,42].

Как показали проведенные исследования ежедневное трехчасовое воздействие ПеМП указанных параметров на крыс, находящихся в условиях гипокинезии, ограничивает активацию симпатoadреналовой системы. Это проявляется в снижении концентрации катехоламинов в плазме крови уже на 2 сутки эксперимента, в менее значительном опустошении гипоталамического депо, а также в отсутствии увеличения адреналина в надпочечниках. Для этого периода характерно лишь повышенное содержание норадреналина в миокарде, концентрация которого значительно превышает таковую как у контрольных так и гипокинезированных крыс.

С 9-х суток эксперимента наблюдается отчетливая нормализация всех показателей функционального состояния симпатoadреналовой системы, тогда как при изолированном действии гипокинезии имели место фазные изменения, соответствующие стадиям развития стресс-реакции [19,20,33].

Как показали проведенные исследования, нормализация состояния симпатoadреналовой системы при комбинированном действии гипокинезии и ПеМП обусловлена несколькими причинами. Во-первых, под влиянием ПеМП СНЧ не происходит опустошения гипоталамического депо норадреналина, где его концентрация снижается лишь на 5-7%. При гипокинетическом стрессе регистрируется снижение этого показателя в гипоталамусе на 39%. Вместе с этим на 5-е сутки наблюдения отмечается гораздо меньшее, чем при гипокинезии, снижение концентрации адреналина в гипоталамусе, а на 9-е сутки отсутствие его накопления в центральном медиаторном отделе симпатoadреналовой системы. Согласно [19, 46]

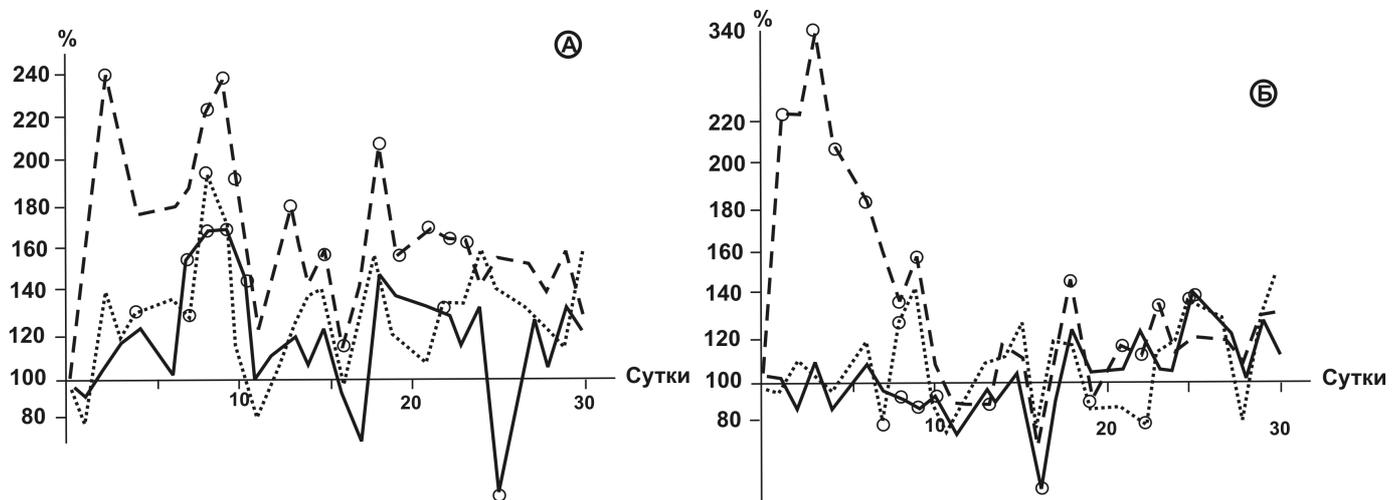
стресс-факторы через кору и лимбикоретикулярную систему вызывают освобождение норадреналина из гипоталамуса, который, действуя на адренореактивные элементы ретикулярной формации, возбуждает симпатические центры головного мозга и тем самым активирует симпатoadреналовую систему. Согласно нашим данным, уже на этом этапе блокируется активация симпатoadреналовой системы в связи с незначительным опустошением гипоталамического депо норадреналина. Возможно, это связано со способностью ПеМП СНЧ стимулировать выход медиатора из лабильной фракции синаптических пузырьков. Стресс-факторы вызывают выделение норадреналина из стабильной фракции, хранящей основные запасы медиатора [29]. Косвенным подтверждением данного предположения можно рассматривать данные о стимуляции переменным магнитным полем секреторной активности тучных клеток [24,25], в секреторных гранулах которых содержится гистамин, гепарин, серотонин, мелатонин, разнообразные ферменты и другие биологически активные вещества. При этом чувствительность к действию ПеМП данные клетки демонстрируют в условиях *in vitro*, что указывает на непосредственную реакцию данных клеток на действие ПеМП [24].

Таким образом, модуляция функционального состояния гипоталамуса играет решающую роль в

повышении стрессоустойчивости. Об участии гипоталамуса в антистрессорном действии ПеМП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл могут свидетельствовать и ряд других данных, полученных в настоящем исследовании.

Так, одним из характерных гипокинетических расстройств является полиурия [21] связанная с уменьшением продукции антидиуретического гормона [49]. В настоящем исследовании увеличение диуреза наиболее выраженным было на 8-9 сутки ограничения подвижности, когда объем выделенной жидкости увеличился на 68% по сравнению с исходными данными ( $p < 0,01$ ). В условиях комбинированного действия гипокинезии и ПеМП диурез уже на вторые сутки эксперимента оказывается на 7%, а на 7-8 дни - на 50% ниже, чем у гипокинезированных животных ( $p < 0,01$ ). Нормализация выведения жидкости в этом случае может быть связана с изменением функциональной активности нейронов супраоптического ядра гипоталамуса, ответственных за синтез антидиуретического гормона.

Кроме модуляции функционального состояния гипоталамуса, нормализации симпатoadреналовой системы способствует резкое увеличение экскреции адреналина, выявленное нами на 1-3 сутки комбинированного действия гипокинезии и слабых ПеМП СНЧ по сравнению с изолированным действием гипокинезии (рис.2).



**Рис. 2.** Динамика диуреза (—), экскреции адреналина (— —) и норадреналина (.....) с мочой (в % относительно контрольного уровня) у крыс при гипокинезии (А) и при комбинированном действии гипокинезии и ПеМП СНЧ (Б). *Примечания:* кружками отмечены достоверные различия относительно контроля ( $p < 0,05$ ).

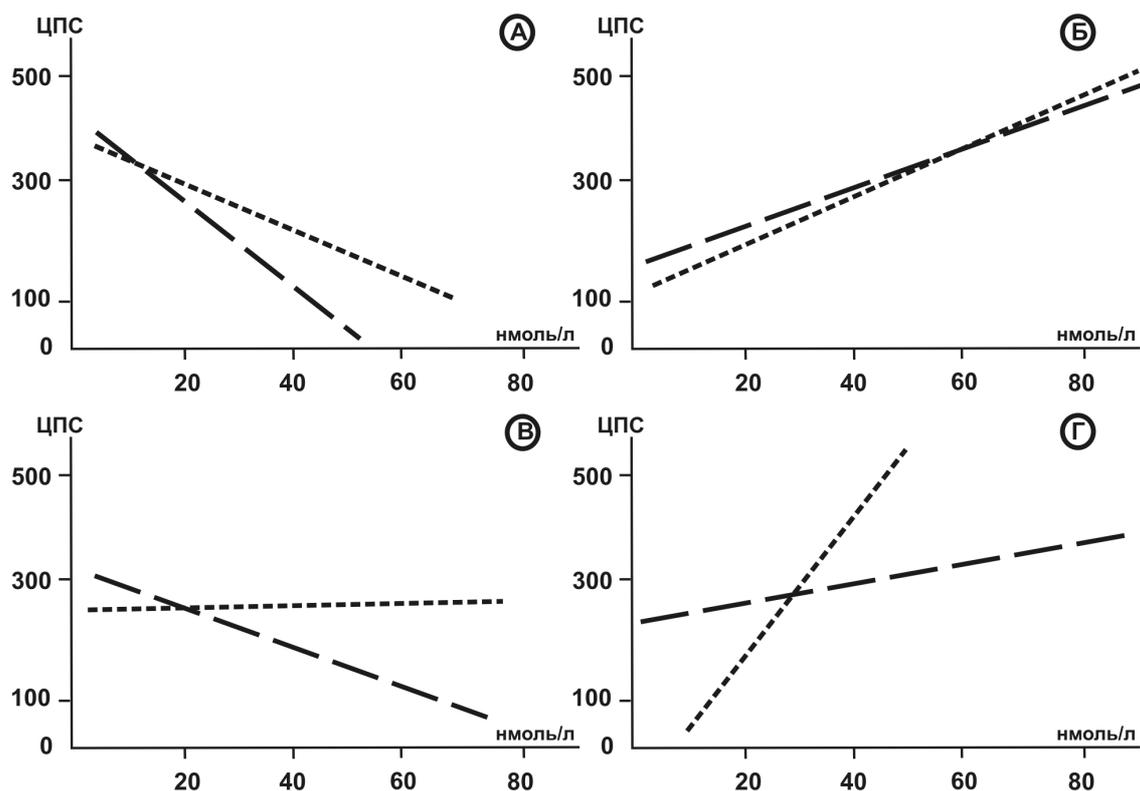
Дополнительное воздействие на животных с ограниченной подвижностью ПеМП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл приводит к увеличению экскреций адреналина на 3 сутки наблюдения на 104% ( $p < 0,01$ ) по сравнению с экскрецией адреналина у гипокинезированных крыс. С 10-го дня эксперимента уровень экскреции катехоламинов у этой группы животных не

отличался от исходного, а у гипокинезированных крыс оставался значительно повышенным.

Повышенное выведение ряда экзогенных и эндогенных соединений почками играет важную роль в развитии процессов адаптации к действию разнообразных факторов [14], в том числе, согласно нашим данным, к действию ПеМП СНЧ.

В проведенных исследованиях выявлен еще один механизм выведения гормона из циркуляции, способствующий нормализации состояния симпатoadреналовой системы при комбинированном действии гипокинезии и слабых ПемП СНЧ. Таким механизмом является усиление депонирования адреналина эритроцитами. Регрессионный анализ показал, что при комбинированном действии изучаемых факторов коэффициент регрессии, характеризующий соотношение между концен-

трацией адреналина в плазме крови и цитохимическим показателем содержания катехоламинов в эритроцитах, возрос в 3,8 раза по сравнению с гипокинезированными животными (рис. 3). Возрастание поступления адреналина из плазмы крови в эритроциты может быть связано со способностью слабых ПемП СНЧ изменять свойства клеточных мембран, в частности их проницаемость для катехоламинов.



**Рис. 3.** Взаимосвязь между ЦПС катехоламинов в эритроцитах и уровнем адреналина (---), норадреналина (.....) в плазме крови у интактных крыс (А), при изолированном действии ПемП (В), гипокинезии (Б) и комбинированном действии ПемП СНЧ и гипокинезии (Г).

Антистрессорное действие ПемП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл может быть связано также с его способностью к синхронизации различных процессов, протекающих в организме. В настоящем исследовании было обнаружено, что при гипокинезии рассогласовываются процессы диуреза и экскреции адреналина, норадреналина с мочой. Согласно [37], при действии любого стрессора расстраивается "согласованная работа всех систем", нарушается их взаимная синхронизация, что и наблюдалось в настоящем исследовании у гипокинезированных животных. Такой десинхроноз ведет к уменьшению резистентности организма. Отсюда вытекает важность восстановления "согласованной работы" для повышения толерантности к стрессу. Именно таким действием, согласно нашим данным, обладает ПемП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл. При его комбинированном с гипокинезией действии синхронность диуреза экскреции норадреналина и

адреналина восстанавливалась уже в первые дни наблюдения.

Таким образом, ПемП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл способствует нормализации состояния симпатoadреналовой системы у животных, подвергшихся гипокинетическому стрессу. Это достигается благодаря включению в регуляцию ряда механизмов, к которым относится модуляция функциональной активности гипоталамуса, усиление выведения адреналина с мочой, его накопление в эритроцитах, а также синхронизация процессов экскреции адреналина, норадреналина и диуреза.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что как при изолированном, так и при комбинированном с гипокинезией действии слабых ПемП СНЧ развиваются адаптационные реакции, характеризующиеся определенными особенностями. Весьма

вероятно, что особенности адаптогенеза к этому фактору могут быть связаны с его способностью изменять функциональное состояние не только гипоталамуса и гипофиза, но и эпифиза [57].

Эпифиз рассматривается как нейроэндокринный преобразователь стимулов внешней среды [51,55,56], благодаря, чему он вовлекается в процессы интеграции и модуляции широкого спектра поведенческих, эндокринных и других физиологических реакций. В частности, эпифиз вовлекается в модуляцию функций гипоталамуса [28].

В условиях торможения функциональной активности эпифиза, вызванного действием ПеМП [48,50], активируются центральные регуляторные механизмы, которые ингибируют выход рилизинг-факторов, глюкокортикоидов, катехоламинов. Это достигается путем активации нейронов, осуществляющих синтез и выделение тормозных медиаторов (ГАМК, дофамина, серотонина, опиоидных и др. нейропептидов) [51]. Да и в самом эпифизе синтезируется серотонин, где его содержание выше, чем в других отделах мозга [28]. Благодаря этому возбудимость структур мозга и в первую очередь коры и гипоталамуса снижается. Это приводит к усилению процессов торможения, что соответствующим образом сказывается на поведенческих реакциях, что установлено в исследованиях [34].

Способностью ПеМП снижать функциональную активность эпифиза и этим самым модулировать функции гипоталамуса объясняются многие физиологические эффекты, обнаруженные в настоящее время. Так, стимулирующее действие ПеМП на рост может быть связано со способностью эпифиза тормозить секрецию гонадотропинов [28], а уменьшение диуреза под влиянием ПеМП, по-видимому, обусловлено снятием ингибирующего влияния эпифиза на нейросекрецию супраоптических ядер [45]. Способность ПеМП СНЧ модифицировать временную организацию симпатoadренальной системы тоже, по-видимому, связана с состоянием эпифиза, которому отводят роль одного из центральных водителей ритма [52, 53].

Дальнейшие исследования, включающие изучение роли различных тормозных структур мозга, их взаимосвязи с функциональной активностью эпифиза, позволят расширить и уточнить эти представления.

## ВЫВОДЫ

1. При изолированном действии ПеМП СНЧ на крыс возрастает физиологический резерв симпатoadренальной системы, что выражается в увеличении запасов катехоламинов в гипоталамусе и надпочечниках при одновременном увеличении массы последних.

2. При комбинированном действии ПеМП СНЧ и гипокинезии изменения состояния САС не наблюдается. Нормализация САС при адаптации к комбинированному действию этих факторов обусловлена усилением экскреции адреналина с мочой, накоплением катехоламинов в эритроцитах, а также синхронизацией процессов диуреза и экскреции адреналина и норадреналина с мочой.

## Литература

1. *Акоев И.Г.* Некоторые итоги и очередные задачи электромагнитобиологии // Пробл. экспериментальной и практической электромагнитобиологии. – Пущино: НЦБИ АН СССР, 1983. – С. 3-21.
2. *Анохин П.К.* Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
3. *Бару А.М.* Значение норадrenalина головного мозга в возникновении гормонального – медиаторной диссоциации как формы изменения симпатико-адреналовой активности // Физиология и биохимия биогенных аминов. – М.: Наука, 1969. – С. 64-70.
4. *Белова Т.И., Кветнянский Р.* Катехоламины мозга в условиях экспериментальных эмоциональных перенапряжений // Успехи физиол. Наук. – 1981. – Т.12, №2. – С. 67-90.
5. *Белова Т.И., Петрова Н.В., Юнсон Н.В.* Locus ceruleus: Регуляция функции гематоэнцефалического барьера в норме и в условиях эмоционального стресса // Бюл. эксперим. Биологии и медицины. – 1986. – Т.101, №4. – С. 395-397.
6. *Бинги В.Н.* Магнитобиология: эксперименты и модели. – М.: МИЛТА, 2002. – 592 с.
7. *Бокша В.Т., Богущий Б.В.* Медицинская климатология и климатотерапия. – Киев: Здоровья, 1980. – 260с.
8. *Браваренко Н.И., Балабан П.М., Мац В.Н., Кузнецов А.Н.* Роль глии в реакции нейронов улитки на постоянное магнитное поле // Изв. АН СССР. – Сер. биол. – 1988. – №3. – С. 384-391.
9. *Буданцев А.Ю.* Моноаминергические системы мозга. – М.: Наука, 1976. – 291 с.
10. *Вернадский В.И.* Биосфера: очерки первый и второй. – Л.: Научн.- техн. Изд-во, 1926. – 142 с.
11. *Владимирский Б.М.* Биологические ритмы и солнечная активность // Пробл. космич. Биологии, 1980. – Т. 41. – С. 289-316.
12. *Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А.* Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов - на Дону Изд-во Ростовского ун-та, 1977. – 120 с.
13. *Гогатишвили Л.М.* Геомагнитные предвестники интенсивных землетрясений в спектре геомагнитных пульсаций // Геомагнетизм и аэрономия. – 1984. – Т. 24, №4. – С.697-700.
14. *Горизонтов П.Д., Белоусова О.И., Федотова М.М.* Стресс и система крови. – М.: Медицина, 1983. – 249 с.
15. *Гуляр С.А., Лиманский Ю.П.* Постоянные магнитные поля и их применение в медицине. – Киев: Институт физиологии им. А.А. Богомольца, 2006. – 320 с.

16. Деряпа П.Р., Мошкин Н.П., Посный В.С. Проблемы медицинской биоритмологии. – М.: Медицина, 1985. – 208 с.
17. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 175 с.
18. Еремина С.А. Беляков Е.И. Фазы первичной реакции симпатoadреналовой системы на стресс // Бюл. Эксперим. Биологии и медицины. – 1987. – 54, № 8. – С. 155-157.
19. Кассиль Г.Н. Вегетативное регулирование гомеостаза внутренней среды / В кн.: Физиология вегетативной нервной системы. – Л.: Наука, 1981. – С. 536-572.
20. Кассиль В.Г., Бондаренко М.Ю., Михайленко В.А. Реакция симпатoadреналовой системы на действие безусловного и условного стимулов при формировании и угашении условнорефлекторной вкусовой аверсии у половозрелых крыс линии Вистар // Успехи физиол. наук. – 1994. – Т. 25, №3. – С. 32.
21. Коваленко Е.А., Гуровский Н.Н. Гипокинезия. – М.: Медицина, 1989. – 307 с.
22. Кузнецов А.Г. К физиологии экстремальных воздействий на организм // Экологическая физиология человека. – М.: Наука, 1979. – С. 5-21.
23. Мардарь А.И., Кладиенко Д.П. Цитохимический способ выявления катехоламинов в эритроцитах // Лаб. Дело. – 1986. - № 10. – С.586-590.
24. Мартынюк В.С., Абу Хада Р.Х. Реакция тучных клеток на действие переменных магнитных полей в условиях *in vitro* // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2001. – Т.14 (53), № 2 – С. 3-7.
25. Мартынюк В.С., Абу Хада Р.Х., Ибрагимова Н.Д. Реакция тучных клеток на действие хромогликата натрия и переменного магнитного поля в условиях *in vitro* // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2001. – Т.14 (53), № 3 – С. 117-120.
26. Меерсон Ф.З. О взаимосвязи физиологической функции и генетического аппарата клетки. – М.: Медицина, 1963. – 91 с.
27. Меерсон Ф.З. Общий механизм адаптации и роль в нем стресс-реакции, основные стадии процесса // Физиология адаптационных процессов. – М.: Наука, 1986. – С. 77-124.
28. Науменко Е.В., Попова Н.К. Серотонин и мелатонин в регуляции эндокринной системы. – Новосибирск: Наука, 1975. – 218 с.
29. Ноздрачев А.Д., Пушкарев Ю.П. Характеристика медиаторных превращений. – Л.: Наука, 1980. – 229 с.
30. Парин В.В. Предисловие к монографии А.С. Пресмана «Электромагнитные поля и живая природа». – М.: Наука, 1968. – С. 3-5.
31. Росин Я.А. Регуляция функций. Меерсон Ф.З.: Наука. – 1984. – 171 с.
32. Сапов И.А., Новиков В.С. Неспецифические механизмы адаптации человека. - Л.-1984.-146 с.
33. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. М.: Наука, 1960. – 254 с.
34. Сидякин В.Г., Темуриянц Н.А., Макеев В.Б., Владимирский Б.М. Космическая экология. – Киев: Наукова думка, 1985. – 176 с.
35. Ситдииков Ф.Г., Чинкин А.С., Чинкин С.С. Содержание и синтез катехоламинов в надпочечниках крыс при различных уровнях мышечной активности // Катехоламины и кортикостероиды при мышечной деятельности. Эндокринные механизмы приспособления организма к мышечной деятельности: Ученые записки Тартусского гос. университета. – 1987. – Т. 773. – С. 3-12.
36. Скайлс Д. (Skiles D.) Геомагнитное поле, его природа, история и значение для биологии // Биогенный магнетит и магниторецепция. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – С. 63-147.
37. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. – М.: Наука, 1986. – 244 с.
38. Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – Киев: Наукова думка, 1992. – 188 с.
39. Темуриянц Н.А., Грабовская Е.Ю. Реакция крыс с разными конституциональными особенностями на действие слабых переменных магнитных полей крайне низких частот // Биофизика. - 1992. - Т. 37, № 4. - С. 817 – 820.
40. Темуриянц Н.А., Шехоткин А.В. Современные представления о механизмах электромагнитных воздействий // Вестник физиотерапии и курортологии. – 1999. – Т.5, №1. – С. 8-13.
41. Тигранян Р.А. Метаболические аспекты проблемы стресса в космическом полете. – М.-1985.-С. 224 с.
42. Фурдуй Ф.Н. Физиологические механизмы стресса и адаптации при остром действии стресс-факторов. Кишинев: Штиинца. - 1986.- 239 с.
43. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. – М.: Наука, 1975. – 207 с.
44. Холодов Ю.А. Организм и магнитные поля // Успехи физиол. наук. – 1982. – Т. 13, №2. – С.48-67.
45. Чазов Е.И., Исаченков В.А. Эпифиз: место и роль в системе нейроэндокринной регуляции. – М.: Москва. – 1974. – 238 с.
46. Шалятина В.Г. Участие катехоламинов мозга в регуляции гипофизарно-адреналовой системы // Гипофизарно-адреналовая система и мозг. – 1976. – С. 49-66.
47. Щепетков Р.В., Троицкая В.А., Довня Б.В. Электромагнитное излучение с центральной частотой 2 Гц во время мощного циклона 9.06.84 г. // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 290, № 3. – С. 582-585.
48. Burch J.B., Reif J.S., Yost M.G. Geomagnetic disturbances are associated with reduced nocturnal excretion of a melatonin metabolite in human // Neurosci. Lett. – 1999. – Vol. 266, N 3. – P. 209-212.
49. Glavin G.B. Stress and brain noradrenaline : a review //Neurosci. and Biobehav. Rev. – 1985.- Vol. 9. – P. 233-243.
50. Graham C., Cook M.R., Riffle D.W., Gerkovich M.M. Cohen H.D. Human melatonin during continuous magnetic field exposure // Bioelectromagnetics. - 1997. - Vol. 18, N 2. - P. 166 – 171.
51. Kavaliers M., Hirst M., Terkey G.C. Ageing, opioid analgesia and the pineal gland // Life Sci. – 1983. – Vol. 32. – P. 2279-2287.

52. *Maestroni G. J. M., Conti A.* Melatonin in relation to the immune system // *Melatonin: Biosynthesis, physiological effects, and clinical applications.* - H.-S. Yu and R. Reiter. Florida, CRC Press, 1991. – P. 35 – 47.
53. *Pflugger D.H.* Melatonin – an indicator for environmental and pharmacological effects – studies on exposure to low frequency magnetic fields, smoking and coffee consumption. - In: *Phil. Nat. Facultat.* - Bern: University of Bern Publisher, 1997. - P. 88 – 90.
54. *Polk G., Fitchen F., Schumann W.O.* Resonances of the earth ionosphere cavity – extremely low frequency reception at Kingston // *Radio Propagation.* – 1962. – Vol. 3, № 660. – P. 313.
55. *Reiter R.J.* The pineal and its hormones in the control of reproduction in mammals // *Endocr. Rev.* – 1980. – Vol. 1. – P. 109-131.
56. *Romijn H.J.* The pineal, a tranquilizing organ? // *Life Sci.* – Vol. 123. – P. 2257-2274.
57. *Semm P., Shneider T., Vollrath L.* Magnetic sensitive pineal cells in pigeons // *Avian Navigation.* – Berlin: Springfield, 1982. – P. 329-337.

## СТАН СИМПАТОАДРЕНАЛОВОЇ СИСТЕМИ ПРИ ІЗОЛЬОВАНОМУ ТА КОМБІНОВАНОМУ З ГІПОКІНЕЗІЄЮ ВПЛИВІ ЗМІННОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НАДНИЗЬКОЇ ЧАСТОТИ

Темур'яни Н.А., Мартинюк В.С., Малигіна В.І.

Досліджено вплив змінного магнітного поля наднизької частоти на функціональний стан симпато-адреналової системи (САС) у білих щурів в нормі та при комбінованому з гіпокінезією впливі. Показано, що при ізолюваному впливі магнітного поля підвищується фізіологічний резерв САС, що проявляється у підвищенні запасів катехоламінів у гіпоталамусі і наднирниках при одночасному збільшенні маси останніх. При комбінованому впливі магнітного поля та гіпокінезії стан САС принципово не змінюється. Це зумовлено посиленням екскреції адреналіну з сечею, накопиченням катехоламінів в еритроцитах, а також синхронізацією процесів діурезу та екскреції адреналіну і норадреналіну з сечею.

**Ключові слова:** симпатоадреналова система, гіпокінезія, магнітні поля, катехоламіни.

## THE STATE OF SYMPHATOADRENAL SYSTEM UNDER THE INFLUENCE OF WEAK EXTREMELY LOW FREQUENCY MAGNETIC FIELD IN COMBINATION WITH HYPOKINESIA

Temuryants N.A., Martynyuk V.S., Malygina V.I.

The influence of weak extremely low frequency magnetic field on the functional state of the simphatadrenal system (SAS) in white rats in a norm and in combination with hypokinesia was studied. It is shown that physiology reserve of SAS rises at the isolated influencing of the magnetic field. This shows up in promoted supplies of catecholamines in hypothalamus and adrenal glands at a simultaneous mass increase of the last. At the combined influencing of the magnetic field and hypokinesia the state of SAS does not change significantly. It is predefined by increasing of adrenalin excretion with urine, by the accumulation of catecholamines in erythrocytes and also by synchronization of diuresis and excretion of adrenalin and noradrenalin with urine.

**Key words:** symphatoadrenal system, hypokinesia, magnetic fields, catecholamines.