

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К ЭКСТРЕМАЛЬНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России;
Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург;
Центральный клинический санаторий им. Ф.Э. Дзержинского ФСБ России

Показан анализ показателей функционального состояния организма лиц молодого и среднего возраста при воздействии динамических магнитных полей сложной структуры. Выявлены особенности изменений нейродинамических функций, неспецифической резистентности, физиологических систем кровообращения и дыхания в процессе адаптации к воздействию динамических магнитных полей сложной структуры. Проведена сравнительная характеристика показателей функционального состояния организма при воздействии динамических магнитных полей сложной структуры на лиц различных возрастных групп.

Ключевые слова: магнитное поле, функциональное состояние организма, адаптация, неспецифическая резистентность, нейродинамические функции, магнитные аномалии.

Введение

Исследования последнего времени доказали, что воздействие динамических магнитных полей способно индуцировать адаптационный стресс. Это особенно значимо проявляется при направлении ряда лиц для выполнения профессиональных задач в зоны высоких широт и магнитных аномалий. Воздействию магнитных полей подвергаются, по разным данным, от 50 до 75 % населения Земли. Также, по мнению ряда авторов, отмечено, что до 50 % людей способны к адаптации при воздействии интенсивных магнитных полей, и что молодые люди практически не ощущают воздействия магнитных бурь [1, 4, 6, 13].

У здоровых людей влияние магнитных полей сложной структуры часто вызывают усталость, ослабление внимания, головные боли, головокружения, вегетативную дисфункцию, но при этом серьезной опасности не представляют, в то же время у пациентов с патологией сердечно-сосудистой системы повышаются артериальное давление, а также вязкость крови, замедляется скорость кровотока, происходит резких выброс катехоламинов и изменяется тонус сосудов [2, 3, 9, 10].

Так, например, в результате многочисленных исследований выяснилось, что при переезде людей среднего и старшего возраста резко повышается частота гипертонических кризов и геморрагических инсультов. При повышенной геомагнитной активности регистрируются достоверные изменения системы гомеостаза и показателей микроциркуляции [3, 8, 12, 14].

В настоящее время при росте чувствительности населения к метеофакторам геомагнит-

ных воздействий возникает необходимость в создании методик профилактики и прогноза патологических реакций, связанных с изменениями геомагнитных явлений [5, 15]. Но, несмотря на множество научных исследований, посвященных влиянию магнитного поля Земли на организм, до сих пор не было возможности изучить этот вопрос в эксперименте. В связи с этим актуальность исследования, направленная на оценку изменений функционального состояния организма при воздействии магнитных полей сложной структуры, не вызывает сомнений.

Цель исследования – провести сравнительную оценку функционального состояния у лиц молодого и среднего возраста в процессе адаптации на воздействие динамических магнитных полей сложной структуры.

Материалы и методы

Для решения поставленных в исследовании задач осуществили комплексное обследование 146 добровольцев молодого и среднего возраста:

1-я группа – 79 человек в возрасте $(23,7 \pm 4,6)$ года;

2-я группа – 67 человек в возрасте $(46,3 \pm 5,4)$ года.

Обследование добровольцев проводили во второй половине дня в период с 14 до 18 ч в Центральном клиническом санатории им. Ф.Э. Дзержинского в течение 2 мес. В ходе эксперимента проведена сравнительная оценка уровня изменений функционального состояния организма у лиц молодого и среднего возраста на фоне воздействия динамических магнитных полей сложной структуры. Эксперимент

проводили 1 раз/нед в течение 2 мес, за время которого было проведено 8 сеансов воздействия динамическими магнитными полями сложной структуры. Регистрацию показателей осуществляли перед экспериментом (фон), через первые 4 сеанса (I этап), последующие 4 сеанса (II этап) и 1 мес после окончания эксперимента.

Для создания модели динамических магнитных полей сложной структуры использовали «Магнитобиологический комплекс „Сфера-МК2“». Система содержала три канала управления координатами вектора магнитного поля, каждый из которых охвачен отрицательной обратной связью. Использовали измеренные с помощью трехкомпонентного датчика индукции магнитного поля (ДИМП) НВ0302.4А координаты вектора поля в области, ограниченной кольцами Гельмгольца. Персональный компьютер с установленным специализированным программным обеспечением «Сфера Гельмгольца» осуществлял общее управление системой по интерфейсу USB. Предусмотрен также вариант управления с помощью встроенных клавиатуры и жидкокристаллического индикатора. В состав системы входила биологическая обратная связь, параметры которой вычисляли по методике Р.М. Баевского, по данным, получаемым с датчика пульса (ДП), рассматривалась также возможность использования кардиомонитора. Телеметрируемые параметры передавались по интерфейсу RS-485.

В исследовании оценивали степень напряжения физиологических систем дыхания и кровообращения по показателям: частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического артериального давления (САД), диастолического артериального давления (ДАД), вегетативного индекса Кердо (ВИК), индекса Рида (ИРД), индекса Стара (ИС), индекса Робинсона, индекса функциональных изменений (ИФИ), а также функциональные нагрузочные пробы (Штанге и Генча).

Уровень защитных сил организма оценивали с помощью неинвазивного теста бактерицидной активности кожи по методике Н.Н. Клемпарской [7]. Бактерицидную активность кожи выражают в виде индекса бактерицидности по формуле:

$$\text{ИБ} = (K_1 - K_2) / K_1 \times 100,$$

где ИБ – индекс бактерицидности;

K_1 – количество колоний на 1 см² поверхности кожи после нанесения культуры;

K_2 – количество колоний на 1 см² поверхности кожи после нанесения бактерий.

ИБ кожи здоровых людей составляет 90–100 %.

Для определения подвижности нервных процессов в группах наблюдения использовались простая зрительно-моторная реакция и корректурная проба с кольцами Ландольта.

Экспериментальные материалы, полученные в ходе исследования, подвергались статистической обработке по стандартным программам для персональных ЭВМ («Excel», «Statistica 6.0», «SPSS 11.5»).

Результаты и их анализ

Ответ организма на внешнее воздействие подразумевал наличие динамических транслируемых совокупных связей между компонентами функциональной системы и, тем не менее, система кровообращения одной из первых реагирует на изменение ситуации, для восстановления гомеостаза, поэтому для оценки адаптационных возможностей организма оценка гемодинамики имеет первостепенное значение.

Для сравнительной оценки напряжения физиологических систем у лиц молодого и среднего возраста в процессе адаптации на воздействие динамических магнитных полей сложной структуры мы провели анализ показателей гемодинамики, данные представлены в табл. 1.

Так, по данным анализа показателей физиологической системы кровообращения, в группе молодых лиц на фоне воздействия динамических магнитных полей сложной структуры наблюдается тенденция к повышению показателей ЧСС на I этапе исследования, а затем к окончанию исследования – восстановление до фоновых значений.

Показатели ВИК имели такую же динамику: сначала повышение и снижение – до фоновых величин к концу исследования. САД также повышалось к I этапу, потом наступала стабилизация и снижение ко II этапу, это свидетельствует о завершении процесса адаптации к воздействию динамических магнитных полей сложной структуры. Такие же тенденции сохранялись и по другим показателям: индекс Рида, пробы Штанге и Генча.

В динамике у лиц среднего возраста все гемодинамические показатели ухудшались и не восстановились к фоновым до окончания исследования, что свидетельствовало о напряжении физиологических систем кровоснабжения и дыхания, т. е. процесс адаптации не завершился к концу исследования. Данные табл. 2 свидетельствуют, что показатели гемодинамики во всех группах наблюдения через 1 мес после окончания исследования вернулись к фоновым величинам.

Таблица 1

Показатели функционального состояния организма под воздействием динамических магнитных полей ($M \pm m$)

Показатель	Фон		I этап		II этап	
	Группа					
	1-я	2-я	1-я	2-я	1-я	2-я
ЧСС, уд/мин	70,1 ± 4,3	72,3 ± 1,8	74,5 ± 2,3	76,6 ± 3,1	70,6 ± 3,4	74,9 ± 2,2*
САД, мм рт. ст.	122,3 ± 3,8	124,1 ± 3,8	127,1 ± 2,4	132,2 ± 2,3*	122,6 ± 3,2	129,2 ± 1,3*
ДАД, мм рт. ст.	71,5 ± 2,3	72,6 ± 2,3	74,7 ± 2,3	79,2 ± 2,5*	71,8 ± 1,3	78,9 ± 1,4*
ВИК, усл. ед.	-3,16 ± 1,11	1,12 ± 1,68*	4,54 ± 2,27*	4,98 ± 2,31*	-2,56 ± 1,24	4,42 ± 1,28*
ИРД, усл. ед.	11,59 ± 3,24	40,48 ± 3,13	23,21 ± 4,23*	16,08 ± 3,62*	10,34 ± 3,65	14,12 ± 3,78*
ИС, усл. ед.	74,53 ± 2,2	76,41 ± 2,31	73,11 ± 1,22	79,12 ± 1,34*	75,86 ± 1,88	78,85 ± 1,76
ИР, усл. ед.	85,14 ± 1,42	89,62 ± 1,24	93,10 ± 2,35*	100,47 ± 2,32*	85,21 ± 1,14	96,21 ± 2,24*
ИФИ, усл. ед.	2,04 ± 0,02	2,14 ± 0,02	2,28 ± 0,05	2,32 ± 0,04	2,08 ± 0,04	2,32 ± 0,03
Индекс Богомазова, усл. ед.	102,74 ± 3,46	85,05 ± 2,21	88,21 ± 2,15*	72,22 ± 2,21*	110,45 ± 2,82	74,65 ± 2,73*
Проба Штанге, с	63,2 ± 2,2	52,1 ± 1,6	59,2 ± 2,7	46,2 ± 2,1*	65,2 ± 1,9	47,1 ± 2,1*
Проба Генча, с	32,1 ± 2,2	23,7 ± 2,3	20,5 ± 2,4*	19,4 ± 2,5*	34,1 ± 2,5	19,6 ± 2,6*

* Здесь и в табл. 3–4: различия по сравнению с фоновыми показателями при $p < 0,05$.

Таблица 2

Показатели функционального состояния организма под воздействием динамических магнитных полей через 1 мес после окончания исследования ($M \pm m$)

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
ЧСС, уд/мин	71,2 ± 2,8	72,2 ± 3,4
САД, мм рт. ст.	121,9 ± 2,6	123,7 ± 4,1
ДАД, мм рт. ст.	72,0 ± 1,5	73,1 ± 2,8

Показатели нейродинамических функций [простой зрительно-моторной реакции (ПРМЗ) и корректурной пробы] представлены в табл. 3.

Анализ результатов, представленных в табл. 3, показал ухудшение подвижности нервных процессов по всем показателям в группах наблюдения на I этапе обследования, что, вероятнее всего, связано с напряжением адаптации к воздействию динамических магнитных полей сложной структуры. К концу исследования в 1-й группе показатели достигают фоновых значений, что говорит о процессе завершения адаптации.

У лиц 2-й группы восстановления показателей к концу эксперимента до фоновых величин так и не произошло. У них на II этапе показатели коэффициента вариации латентных периодов ПРЗМ были достоверно выше (17 %), чем при фоновых значениях, показатели просмотренных знаков корректурной пробы были значительно

ниже (12 %), чем при фоновых значениях, а количество ошибок – наиболее высокое (52 %) относительно показателей при фоновых значениях. Это свидетельствует о незавершенном процессе адаптации к воздействию динамических магнитных полей сложной структуры.

Таким образом, на протяжении процесса адаптации к воздействию динамических магнитных полей отмечается значительное ухудшение подвижности нервных процессов, что характеризуется повышением коэффициента вариации латентных периодов ПРЗМ на 14 %, снижением количества просмотренных знаков – на 19 % и увеличением ошибок в корректурной пробе – на 69 % до конца I этапа у лиц 1-й группы. О завершении процесса адаптации свидетельствует улучшение этих показателей к окончанию эксперимента, в то время как у лиц 2-й группы положительной динамики во II этапе эксперимента не наблюдается.

Состояние аутомикрофлоры кожи и ее бактерицидность являются одними из информативных показателей, характеризующих неспецифическую резистентность организма в целом. Динамика бактерицидных свойств кожи по методике Н.Н. Клемпарской [7] представлена в табл. 4.

Как видно из данных табл. 4, у лиц 1-й группы общая микробная обсемененность кожи в динамике обследований увеличивалась до I этапа и нормализовалась ко II этапу исследования на

Таблица 3

Некоторые показатели ПЗРМ и корректурной пробы у лиц обследуемого контингента ($M \pm m$)

Показатель	Фон		I этап		II этап	
	Группа					
	1-я	2-я	1-я	2-я	1-я	2-я
Коэффициент вариации латентных периодов ПЗРМ	24,1 ± 0,2	24,6 ± 0,3	27,9 ± 0,5*	30,1 ± 0,4*	24,4 ± 4,5	29,5 ± 0,8*
Корректурная проба:						
количество просмотренных знаков	642,8 ± 2,3	623,8 ± 2,3	521,3 ± 3,2*	511,3 ± 15,6*	653,4 ± 36,7	553,4 ± 31,7*
количество ошибок	2,1 ± 0,3	2,4 ± 0,3	4,8 ± 0,7*	5,1 ± 0,6*	2,2 ± 0,7	4,9 ± 0,4*

Таблица 4

Оценка бактерицидных свойств кожи по методике Н.Н. Клемпарской под воздействием динамических магнитных полей ($M \pm m$)

Показатель	Фон		I этап		II этап	
	Группа					
	1-я	2-я	1-я	2-я	1-я	2-я
Индекс бактерицидности, %	95,8 ± 1,9	94,9 ± 2,3	90,5 ± 2,4	89,7 ± 1,8	95,2 ± 4,7	90,8 ± 3,2
Общее число колоний	21,4 ± 1,4	21,8 ± 1,5	25,1 ± 1,2	25,8 ± 1,4	20,9 ± 1,8	24,9 ± 2,7
Процент патогенной микрофлоры	39,7 ± 1,9	40,4 ± 1,8	45,7 ± 1,2*	45,9 ± 1,2*	40,2 ± 2,3	45,4 ± 2,1

уровне фоновых значений, а величина индекса бактерицидности кожи, наоборот, снижалась на I этапе обследований (90,5 %), после чего наблюдалась тенденция к повышению со стабилизацией на уровне фоновых значений к концу исследования (95,2 %). При этом также отмечалась четкая тенденция к повышению количества патогенной микрофлоры на I этапе исследования (45,7 %), к окончанию обследования наблюдалась стабилизация и в дальнейшем – снижение до фоновых значений к концу исследований (40,2 %).

Анализ динамики всех изученных показателей аутомикрофлоры кожи свидетельствует о тенденции к ухудшению состояния неспецифической резистентности, вплоть до I этапа исследований, после чего наблюдается стабилизация и восстановление до фоновых величин в 1-й группе лиц. В то же время, во 2-й группе восстановления к фоновым значениям до окончания эксперимента не происходит, что свидетельствует об осложнении процесса адаптации к воздействию динамических магнитных полей сложной структуры относительно 1-й группы.

Таким образом, анализ изученных показателей свидетельствует, что в 1-й группе лиц процесс адаптации к воздействию магнитных динамических полей сложной структуры заканчивался в течение 2 мес, в то время как по признакам напряжения физиологических систем процесс адаптации к воздействию динамических магнитных полей у лиц 2-й группы не завершался к концу II этапа эксперимента и длился неопределенно долго.

Выводы

1. При направлении личного состава для выполнения профессиональных задач в зонах высоких широт и магнитных аномалий необходимо учитывать возрастные особенности адаптации к воздействию динамических магнитных полей сложной структуры. Для выполнения подобных задач целесообразно привлекать лиц молодого возраста, так как в отличие от лиц среднего и старшего возрастов они обладают более высокой толерантностью к воздействию этих факторов.

2. В целях прогнозирования успешности процесса адаптации лиц среднего возраста к действию динамических магнитных полей сложной структуры следует учитывать степень напряжения компенсаторных механизмов и уровень мобилизации функциональных резервов организма.

Литература

1. Агаджанян Н.А., Макарова И.И. Влияние геомагнитной активности на кардиореспираторную систему // Авиакосмич. и экол. мед. – 2007. – Т. 35, № 5. – С. 46–49.
2. Букалов А.В. Феномен гелиофизического импринтинга и влияние солнечной активности на продолжительность жизни человека // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине : материалы IV междунар. конгр. – СПб., 2006. – С. 139.
3. Бутьева И.В., Швейнова Т.Г., Девятова С.С. Климат и здоровье человека : тр. междунар. симпозиума. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – Т. 2. – С. 55–59.
4. Григорьев О.А., Меркулов А.В. Проблема экологических нормативов в условиях электромагнитного загрязнения окружающей среды // Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования: материалы 3-й междунар. конф. – М., 2002. – С. 24–46.
5. Дувинг В.Г., Малинина Ю.А., Воеводин В.И. Моделирование воздействия электромагнитного поля высоковольтных линий электропередач на гидробиологические объекты // Электромагнитная безопасность: проблемы и пути решения : материалы науч.-практ. конф. – Саратов : Изд-во СГУ, 2000. – С. 32–41.
6. Евдокимов В.И. Комплексная оценка санитарного неблагополучия территорий Курской магнитной аномалии // Здравоохранение РФ. – 2003. – № 3. – С. 28–20.
7. Иванов А.А. Инструкция по применению теста аутомикрофлоры кожи у человека для выявления контингентов и отдельных лиц с повышенным риском заболевания / А.А. Иванов [и др.] – М. : Минздрав СССР, 1988. – 6 с.
8. Никитина В.В. Сравнительный анализ влияния магнитных полей различной интенсивности в эксперименте // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физкультуры. – 2002. – № 3. – С. 34–35.
9. Новожилов В.К. Роль метеогелиофакторов и поллютантов в развитии осложнений сердечно-со-

судистых заболеваний в г. Красноярске : автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Красноярск, 1996. – 22 с.

10. Рагульская М.В. Связь периодических процессов в организме человека, обусловленных ритмикой внешней среды, с вариациями магнитного поля Солнца // Биомед. техника и радиоэлектроника. – 2004. – № 1/2. – С. 3–8.

11. Серпов В.Ю. Безопасность жизнедеятельности человека в зонах геофизических аномалий Европейской России. – СПб. : Мед. пресса, 2005. – 128 с.

12. Фатхутдинова Л.М. Влияние электромагнитных полей частотой до 400 кГц на нервную систе-

му // Мед. труда и пром. экол. – 2001. – № 9. – С. 20–22.

13. Binhi V. Stochastic dynamics of magnetosomes and a mechanism of biological orientation in the geomagnetic field // Bioelectromagnetics. – 2006. – Vol. 27, N 1. – P. 58–63.

14. Binhi V., Blackman C. Analysis of the structure of magnetic fields that induced inhibition of stimulated neurite outgrowth // Bioelectromagnetics. – 2005. – Vol. 26, N 8. – P. 684–689.

15. Engstrum S., Bowman J. Magnetic resonances of tons in biological systems // Bioelectromagnetics. – 2004. – Vol. 25, N 1. – P. 620–630.

УДК 616.24-36.12-085.234

**И.А. Маркова, А.Д. Комлев,
А.И. Кузьев, М.В. Колосова**

СИСТЕМНОЕ ВОСПАЛЕНИЕ И ЛЕГОЧНАЯ АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ У ЛИКВИДАТОРОВ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины
им. А.М. Никифорова МЧС России, Санкт-Петербург

Исследован механизм развития диффузного пневмосклероза и эндотелиита системы легочной артерии у ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС. Радиационное (ингаляционное) поражение легких вносило дополнительный вклад в развитие системного воспаления. Изучена степень системного воспаления, отражаемого уровнями циркулирующих С-реактивного белка (СРБ), фактора некроза опухоли альфа (ФНО- α) и интерлейкина-6 у ЛПА на ЧАЭС, страдающих хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) с легочной артериальной гипертензией и без нее. Выявленное у ЛПА, больных с ХОБЛ, более частое увеличение систолического давления в легочной артерии (СДЛА) коррелировало с более высокими уровнями СРБ и ФНО- α . Это может указывать на патогенетическую роль системного воспаления в патогенезе легочной артериальной гипертензии у больных с ХОБЛ.

Ключевые слова: ликвидаторы последствий аварии на Чернобыльской АЭС, хроническая обструктивная болезнь легких, легочная артериальная гипертензия, системное воспаление.

Введение

Легочная артериальная гипертензия развивается у значительной части больных с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) в ходе прогрессирования болезни, что приводит к увеличению частоты осложненного течения заболевания и летальности [10]. В прошлое десятилетие были оспорены традиционные представления о гипоксемии и эмфиземе, как основных причинах, вызывающих легочную артериальную гипертензию у больных с ХОБЛ [18]. Действительно, структурные и функциональные изменения в легочных артериях были выявлены у пациентов без гипоксемии в начальных стадиях болезни [14]. У больных с легкой и умеренной степенью тяжести ХОБЛ результаты гистологических исследований [9] показали наличие

воспалительных инфильтратов в стенках легочных артерий. Кроме того, существующие экспериментальные данные позволили предположить, что некоторые воспалительные белки играют важную роль в физиологии и регулировании давления в легочной артерии (СДЛА) [6]. Впоследствии концепция хронического воспаления, как одного из ключевых факторов, вовлеченных в изменения малого круга кровообращения, подтвердилась.

У больных с ХОБЛ, помимо наличия хронического местного воспаления в бронхах и легочной паренхиме, также имеются признаки системного воспаления, проявляющиеся в увеличении уровней С-реактивного белка (СРБ), фактора некроза опухоли альфа (ФНО- α) и интерлейкина-6 (ИЛ-6) в крови. Однако потенциальная роль сис-