УДК 612.2

# ИЗБИРАТЕЛЬНАЯ АКТИВАЦИЯ СТРЕСС-ЛИМИТИРУЮЩЕЙ И СТРЕСС-РЕАЛИЗУЮЩЕЙ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА С ПОМОЩЬЮ МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА «АЛМАГ-01»

**[1]Бяловский Ю.Ю., [2]Булатецкий С.В., [3]Глушкова Е.П., [4]Иванов А.В., [5]Секирин А.Б., [5]Смирнова С.Н.**

*[1]ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, Рязань, e-mail: b_uu@mail.ru;*
*[2]Рязанский филиал Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя, Рязань, e-mail: dr_bsv@mail.ru;*
*[3]МСЧ МВД России по Рязанской области, Рязань;*
*[4]АО «Елатомский приборный завод», Елатьма, e-mail: doc-iv@yandex.ru;*
*[5]ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, e-mail: sekira@inbox.ru*

Проведено исследование, целью которого было изучение ответных реакций стресс-лимитирующих или реципрокно – организованных стресс-реализующих механизмов адаптации на локальное действие импульсного магнитного поля (ИМП). Воздействие проводилось путем наложения индукторов на воротниковую зону или поясничную область, длительность действия ИМП – 5 или 20 минут. В исследовании участвовало 54 человека, средний возраст – 38,6±2,1 лет. Математическая обработка полученных результатов включала исследование внутригрупповых статистических свойств. По результатам анализа определены временные интервалы и область воздействия ИМП от аппарата АЛМАГ-01 и индуцированные им реакции стресс-лимитирующей системы и стресс – реализующей системы механизма адаптации.

**Ключевые слова: импульсное магнитное поле, адаптация**

# SELECTIVE ACTIVATION OF STRESS-LIMITING AND STRESS-REALIZING THE SYSTEM OF THE BODY BY MAGNITOTERAPEVTICAL APPARATUS «ALMAG-01»

**[1]Byalovsky Y.Y., [2]Bulatetskiy S.V., [3]Glushkova E.P., [4]Ivanov A.V., [5]Sekirin A.B., [5]Smirnova S.H.**

*[1]RyazGMU Russian Ministry of Health, Ryazan, e-mail: b_uu@mail.ru;*
*[2]Ryazan branch of the Moscow University of the MIA of Russia named V.Y. Kikot, Ryazan, e-mail: dr_bsv@mail.ru;*
*[3]MSCH Ministry of Internal Affairs of Russia in the Ryazan region, Ryazan;*
*[4]Elatma Instrument Plant, Elatma, e-mail: doc-iv@yandex.ru;*
*[5]Moscow Regional Research Clinical Institute n.a. M.F. Vladimirsky, Moscow, e-mail: sekira@inbox.ru*

The study, whose purpose was to study the responses of stress-limiting or retsi-procne – organized stress adaptation mechanisms to implement local action pulsed mag-magnetic field (PMF). Exposure was carried out by applying inducers on collar area or the lumbar region, duration of UTI – 5 or 20 minutes. The study involved 54 people, average age – 38,6±2,1 years. Mathematical treatment of the results included a study of intra-group statistical properties. According to the analysis defined intervals and on the region of the impact-on the device IMP ALMAG-01 and the induced reactions stress-limiting system and stress – realizing system adaptation mechanism.

**Keywords: pulsed magnetic field, adaptation**

Предыдущими исследованиями установлено, что адаптация человека к действующим факторам внешней среды обеспечивается изменением активности стресс-лимитирующих (сохранительных) или реципрокно организованных стресс-реализующих (защитных) механизмов адаптации [2, 3, 5, 6], а интегральные характеристики жизнедеятельности здорового организма достоверно изменяются под действием магнитных воздействий [1, 4, 8, 12]. Воздействие магнитными полями должно осуществляться по принципу слабых раздражителей, которые вызывают наиболее адекватные физиологические реакции. Ответная реакция организма на магнитное воздействие зависит от силы или амплитуды воздействия, динамических характеристик (длительность воздействия, скорость нарастания, выход на «плато», скорость снижения) и места приложения воздействия. В зависимости от данных факторов формируется системный ответ организма. При локальном действии импульсное магнитное поле (ИМП) избирательно включает в реакции адаптации механизмы двух систем [1, 3, 8], при этом соотношение стресс-лимитирующих и стресс-реализующих механизмов адаптации можно использовать для целенаправленного управления функциональным состоянием организма [1, 2, 4, 8].

Физиологические, фармакологические и психологические способы коррекции могут применяться с профилактической целью для снижения степени воздействия неблаго-

приятных факторов, а также в ходе профессиональной деятельности для повышения работоспособности и эффективности выполняемых работ [9]. Знание особенностей применения фармакологических и нефармакологических методов коррекции позволяет добиваться их потенцирующего эффекта, особенно если эти методы применяются системно на этапах медицинской реабилитации [10]. Повышение адаптивных возможностей организма и оптимизация функционального состояния может осуществляться, как различными традиционными способами, так и путем избирательного управления параметрами реципрокных стресс-реализующей или стресс-лимитирующей систем организма [1, 4, 5]. При этом следует учитывать, что направленность изменений физиологических и биохимических показателей зависит от используемого аппарата для локального воздействия ИМП, длительности курса и локализации индукторов [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11].

Целью настоящего исследования было изучение ответных реакций механизмов адаптации на локальное действие ИМП.

## Материалы и методы исследования

Изучение направленности ответных реакций на локальное действие ИМП проведено с использованием системы комплексного компьютерного исследования функционального состояния организма человека «Омега-М2» для анализа биологических ритмов человека, выделяемых из электрокардиосигнала в широкой полосе частот. В основу метода положена новая информационная технология анализа биоритмологических процессов – «фрактальная нейродинамика». В интерпретации результатов использованы следующие показатели: RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR интервалов; AMo – число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды, выраженное в процентах от объема выборки кардиоинтервалов; CV – коэффициент вариации полного массива кардиоинтервалов; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции; ИН – индекс напряжения; TP – суммарная мощность спектра; HF – дыхательные волны; LF – медленные волны первого порядка; VLF – медленные волны второго порядка; функциональное состояние (ФС); вегетативная регуляция (ВР); нейрогуморальная регуляция (НР) – психоэмоциональное состояние (ПС); адаптационная система (АС).

В исследовании участвовало 54 человека, средний возраст – 38,6±2,1 лет. Исследование проводилось до и после воздействия аппаратом АЛМАГ-01 (в аппарате в качестве источника магнитного поля используются 4 последовательно закрепленных индуктора-излучателя бегущего импульсного магнитного поля с амплитудным значением магнитной индукции на рабочей поверхности индукторов 20±3 мТл, длительностью импульса – 1,5±2,5 мс и частотой следования импульсов – 6,25 Гц). Воздействие проводилось путем наложения индукторов на воротниковую зону или поясничную область, длительность действия ИМП – 5 или 20 минут. Математическая обработка полученных результатов включала исследование внутригрупповых статистических свойств.

## Результаты исследования и их обсуждение

Изменение значений показателей анализа биоритмологических процессов, как проявление ответной реакция регуляторных механизмов на действие ИМП с разной локализацией индукторов и длительностью воздействия, представлены в табл. 1–4.

**Таблица 1**

Изменение показателей при 5-минутном воздействии аппаратом АЛМАГ-01 на воротниковую зону (1 группа, n=13)

| Показатели | 1. До воздействия | 2. После воздействия | (2–1)/1,% |
|---|---|---|---|
| RMSSD, мс | 24,9±14,5 | 25,9±18,8 | 7,1 |
| AMo, % | 45,7±12,9 | 41,6±12,3 | -7,8 |
| CV,% | 4,4±1,5 | 4,9±1,4 | 18,5 |
| ИВР у.е. | 309,5±193,2 | 238,9±151,8 | -11,5 |
| ПАПР у.е. | 60,5±23,2 | 54,1±21,4 | -8,8 |
| ИН, у.е. | 208,2±143,1 | 158,3±109,8 | -11,1 |
| TP, мс$^2$/Гц | 1302,2±853,8 | 1599,8±1265,0 | 50,0 |
| HF, мс$^2$/Гц | 328,4±438,6 | 371,8±636,0 | 18,7 |
| LF, мс$^2$/Гц | 511,7±309,7 | 627,6±494,5 | 45,4 |
| VLF, мс$^2$/Гц | 462,2±278,0 | 600,5±334,4 | 62,9 |
| Функциональное состояние, % | 45,6±21,5 | 50,2±21,8 | 24,1 |
| Вегетативная регуляция, % | 47,5±27,8 | 55,2±27,2 | 45,7 |
| Нейрогуморальная регуляция, % | 44,8±19,2 | 48,8±21,2 | 15,5 |
| Психоэмоциональное состояние, % | 47,0±18,5 | 51,3±19,8 | 22,0 |
| Адаптационная система, % | 42,7±24,5 | 45,8±25,9 | 19,4 |

**Таблица 2**

Изменение показателей при 5-минутном воздействии аппаратом АЛМАГ-01 на поясничную область (2 группа, n=14)

| Показатели | 1. До воздействия | 2. После воздействия | (2–1)/1, % |
|---|---|---|---|
| RMSSD, мс | 28,8±18,1 | 27,2±20,8 | -8,1 |
| AMo, % | 36,4±16,4 | 37,4±14,5 | 8,8 |
| CV,% | 6,1±2,2 | 5,8±2,2 | -2,4 |
| ИВР у.е. | 207,4±166,6 | 277,0±412,1 | 18,5 |
| ПАПР у.е. | 50,6±31,2 | 52,1±30,9 | 8,9 |
| ИН, у.е. | 150,3±147,0 | 221,0±403,4 | 20,5 |
| TP, мс$^2$/Гц | 2371,9±1745,3 | 2386,6±2015,3 | 2,0 |
| HF, мс$^2$/Гц | 407,8±646,2 | 373,7±669,3 | -5,6 |
| LF, мс$^2$/Гц | 1021,1±968,0 | 1079,5±1100,3 | 15,7 |
| VLF, мс$^2$/Гц | 943,4±693,6 | 933,5±558,9 | 18,2 |
| Функциональное состояние, % | 61,0±24,7 | 58,1±27,4 | -5,3 |
| Вегетативная регуляция, % | 65,9±31,9 | 63,5±31,7 | -3,6 |
| Нейрогуморальная регуляция, % | 60,3±23,1 | 59,5±25,7 | 3,5 |
| Психоэмоциональное состояние, % | 62,8±19,5 | 58,4±25,4 | -7,7 |
| Адаптационная система, % | 55,1±27,9 | 51,0±29,9 | -12,8 |

**Таблица 3**

Изменение показателей при 20-минутном воздействии аппаратом АЛМАГ-01 на воротниковую зону (3 группа, n=13)

| Показатели | 1. До воздействия | 2. После воздействия | (2–1)/1, % |
|---|---|---|---|
| RMSSD, мс | 27,8±16,5 | 26,7±14,1 | 0,7 |
| AMo, % | 42,1±15,8 | 38,1±11,2 | -5,7 |
| CV,% | 4,8±1,7 | 5,1±1,5 | 8,3 |
| ИВР у.е. | 249,6±145,9 | 210,1±150,6 | -7,9 |
| ПАПР у.е. | 54,8±25,9 | 47,8±17,1 | -6,2 |
| ИН, у.е. | 164,4±108,7 | 132,8±103,3 | -7,6 |
| TP, мс2/Гц | 1828,8±1965,7 | 1614,2±910,8 | 16,9 |
| HF, мс2/Гц | 399,9±486,0 | 341,1±373,1 | 4,1 |
| LF, мс2/Гц | 681,5±724,0 | 581,5±401,4 | 18,1 |
| VLF, мс2/Гц | 747,5±943,9 | 691,6±393,6 | 43,6 |
| Функциональное состояние, % | 52,1±19,9 | 52,9±18,6 | 3,4 |
| Вегетативная регуляция, % | 54,8±28,5 | 62,5±24,7 | 27,0 |
| Нейрогуморальная регуляция, % | 48,7±18,1 | 49,5±18,0 | 8,8 |
| Психоэмоциональное состояние, % | 56,7±16,2 | 53,2±16,8 | -5,1 |
| Адаптационная система, % | 48,2±25,7 | 47,0±21,6 | 2,6 |

**Таблица 4**

Изменение показателей при 20-минутном воздействии аппаратом АЛМАГ-01 на поясничную область (4 группа, n=14)

| Показатели | 1. До воздействия | 2. После воздействия | (2–1)/1, % |
|---|---|---|---|
| RMSSD, мс | 30,5±18,9 | 31,5±20,3 | 5,7 |
| AMo, % | 40,6±14,7 | 37,9±12,3 | -4,9 |
| CV,% | 5,2±1,7 | 5,4±2,3 | 7,5 |
| ИВР у.е. | 243,7±170,9 | 213,0±131,3 | -1,8 |
| ПАПР у.е. | 53,6±26,3 | 47,3±19,6 | -8,5 |
| ИН, у.е. | 166,5±134,5 | 136,0±93,1 | -6,2 |
| TP, мс$^2$/Гц | 2066,4±1767,2 | 2315,1±2021,6 | 26,8 |
| HF, мс$^2$/Гц | 485,1±682,0 | 467,9±588,1 | 29,3 |
| LF, мс$^2$/Гц | 857,9±887,3 | 972,6±1023,2 | 53,1 |
| VLF, мс$^2$/Гц | 723,4±659,1 | 874,9±684,9 | 72,2 |
| Функциональное состояние, % | 57,8±23,7 | 58,4±25,1 | 2,4 |
| Вегетативная регуляция, % | 57,9±30,4 | 62,3±30,1 | 21,0 |
| Нейрогуморальная регуляция, % | 58,1±21,6 | 57,7±24,6 | -0,1 |
| Психоэмоциональное состояние, % | 59,7±19,2 | 59,5±21,4 | 1,8 |
| Адаптационная система, % | 55,3±27,1 | 53,9±26,7 | 10,7 |

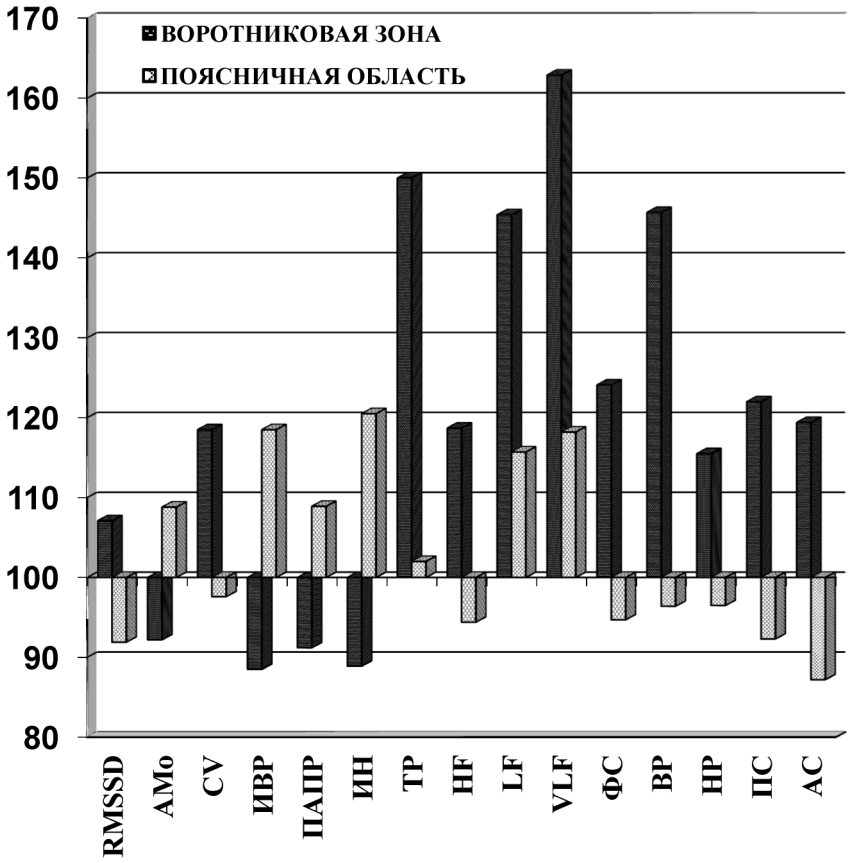
**Обсуждение полученных результатов.** Анализ представленных в таблице результатов показывает, что в группах с 20-минутной экспозицией динамика исследуемых показателей незначительна, а наиболее выраженные ответные реакции организма на действие ПеМП выявлены в группах со следующими параметрами воздействия: 5 мин на воротниковую зону (1 группа) и 5 мин на поясничную область (2 группа), причем, активность стресс-лимитирующих и стресс-реализующих механизмов в этих группах была диаметрально противоположной.

В 1 группе действие ИМП вызвано повышение тонуса парасимпатического отдела (увеличением значений показателей RMSSD, CV) и снижение симпатической активации (снижение значений показателей AMo, ИВР, ПАПР, ИН) автономной нервной системы (АНС). Данные изменения вегетативного тонуса свидетельствуют о тенденции к росту трофотропных изменений в организме, об уменьшении централизации и повышении автономности регуляции ритма сердца. Кроме того, у испытуемых 1 группы ИМП вызвало достаточно выраженное улучшение функционального состояния (на 24,1%), вегетативной регуляции (на 45,7%), нейрогуморальной регуляции (на 15,5%), психоэмоционального состояния (на 22,0%) и повышение возможностей адаптационной системы (на 19,4%). Во 2 группе эффект был прямо противоположный – снижение функционального состояния (на 5,3%), вегетативной регуляции (на 3,6%), нейрогуморальной регуляции (на 3,5%), психоэмоционального состояния (на 7,7%), возможностей адаптационной системы (на 12,8%).Динамика спектральных показателей свидетельствует о том, что в 1 группе произошли более выраженные изменения в сторону улучшения состояния системы кровообращения (↑TP на 50,0% против ↑ на 2,1% во 2 группе), повышения вагусной (парасимпатической) активности (↑HF на 18,7% против ↓ на 5,6% во 2 группе), усиления активности систем регуляции сосудистого тонуса (↑LF на 45,4% против ↑ на 15,7% во 2 группе) и метаболическими процессами (↑VLF на 62,9% против ↑ на 18,2% во 2 группе). Более наглядно процентные изменения исследуемых показателей при 5-минутном воздействии в 1–й и 2–й группах испытуемых с разной локализацией индукторов аппарата АЛМАГ-01 представлены на диаграмме.

## Выводы

1. При 5-минутном воздействии ИМП аппарата АЛМАГ-01 на воротниковую зону происходит активация стресс-лимитирующей системы и торможения стресс-реализующей. При 5-минутном воздействии ИМП на поясничную область наблюдается противоположный эффект в виде активации стресс-реализующей системы и торможения стресс-лимитирующей, т.е. организм реагирует на магнитное воздействие по реципрокному принципу.

2. Выбор пространственно-временных параметров воздействия ИМП должен осуществляться с учетом вызываемых изменений активности стресс-реализующих и стресс-лимитирующих механизмов.




*Динамика показателей при 5-минутном воздействии ПеМП на воротниковую зону и поясничную область (в %)*

**Список литературы**

1. Булатецкий, С.В. Динамика неспецифических адаптационных механизмов как критерий оптимизации магнитных воздействий / С.В. Булатецкий, Ю.Ю. Бяловский, Е.П. Глушкова // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова, 2013. – № 2. – С. 49–53.

2. Булатецкий, С.В. Физиологические механизмы успешности профессиональной подготовки курсантов образовательных учреждений МВД России: Автореф. … дис. докт. мед. наук. – Рязань, 2008. – 48 с.

3. Бяловский, Ю.Ю. Вариабельность сердечного ритма и фрактальная нейродинамика в условиях локальных вибромагнитоакустических воздействий / Ю.Ю. Бяловский, С.В. Булатецкий, Ж.В. Сучкова // Физиология человека, 2005. – Т. 31. – № 4. – С. 50–60.

4. Бяловский, Ю.Ю. Вариабельность сердечного ритма как критерий оптимальности локальных физиотерапевтических воздействий / Ю.Ю. Бяловский, С.В. Булатецкий, Е.П. Глушкова // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова, 2007. – № 4. – С. 91–96.

5. Бяловский, Ю.Ю. Неспецифические адаптационные механизмы в оптимизации тренирующих и реабилитационных мероприятий / Ю.Ю. Бяловский, С.В. Булатецкий, А.Н. Абросимов. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет, 2006. – 384 с.

6. Бяловский, Ю.Ю. Фрактальная нейродинамика в условиях локальных физиотерапевтических воздействий / Ю.Ю. Бяловский, С.В. Булатецкий // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова, 2008. – № 1. – С. 21–26.

7. Глушкова, Е.П. Динамика неспецифических адаптационных механизмов в условиях изменения частотных и силовых характеристик локальных магнитных воздействий: Дис. ... канд. мед. наук. – Рязань, 2009. – 133 с.

8. Глушкова, Е.П. Избирательность действия переменного магнитного поля на активность стресс-лимитирующей и стресс-реализующей систем / Е.П. Глушкова, С.В. Булатецкий // Российский научный журнал. – 2015. – № 6 (49). – С. 355–361.

9. Достовалова, О.В. Влияние физиобальнеотерапии на адаптационные возможности организма участников вооруженных конфликтов: Автореф. дис. ... канд. мед.наук. – Томск, 2004. – 21 с.

10. Фудин, Н.А. Системные механизмы реабилитации лиц, подвергшихся неблагоприятным техногенно-экологическим и стрессорным воздействиям / Н.А. Фудин. С.Я. Класина // Тр. Науч. совета по экспериментальной и прикладной физиологии. – 2007. – Т. 14. – С. 174–190.

11. Сучкова Ж.В. Динамика вариабельности сердечного ритма при разной локализации и длительности магнитных воздействий / Ж.В. Сучкова, Ю.Ю. Бяловский, С.В. Булатецкий // Реабилитология: Сб. научных трудов. – № 2. – М.: Изд-во РГМУ, 2004. – С. 195–198.

12. Сучкова, Ж.В.Моделирование методами дисперсионного факторного анализа влияния локальных вибромагнитоакустических воздействий на неспецифические адаптационные механизмы / Ж.В. Сучкова, Ю.Ю. Бяловский, С.В. Булатецкий // Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Серия Медицина. – 2003. – № 5 (581). – С. 84–85.