

УДК. 516.12. - 008.318:613.614.2

**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ИСПЫТУЕМЫХ
В ВОСТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ
ПРОБЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

Чуян Е.Н., Никифоров И.Р., Бирюкова Е. А.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nikiforoir@mail.ru*

Изучена вариабельность сердечного ритма в течение 30-минут восстановительного периода после субмаксимальной физической нагрузки у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции при превентивном воздействии низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ).

Показано, что действие десятикратного ЭМИ КВЧ приводит к увеличению адаптивных возможностей организма, оптимизации регуляторных механизмов, снижению энергетических затрат и повышению скорости восстановительных процессов у испытуемых в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, вариабельность сердечного ритма, восстановительный период, велоэргометрическая проба.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что физическая нагрузка является идеальным и наиболее физиологичным видом провокации, позволяющим оценить полноценность компенсаторно-приспособительных механизмов организма [1, 2], поскольку характер протекания процессов восстановления физиологических функций после физических нагрузок является важнейшим критерием оценки функционального состояния испытуемых.

Ранее в наших исследованиях [3] показана возможность модулирования вариабельности сердечного ритма (ВСР) у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции низкоинтенсивным электромагнитным излучением (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ), которое широко используется в медицинской практике для лечения различных заболеваний, в том числе сердечнососудистой системы (ССС) [4-6].

Однако эти данные могут быть существенно дополнены анализом изменения показателей ВСР в восстановительном периоде после физической нагрузки, в качестве которой эффективно использовать велоэргометрическое тестирование [8, 9].

В связи с этим, целью настоящей работы явилась оценка изменения показателей ВСР в течение 30-минутного восстановительного периода после субмаксимальной

физической нагрузки у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции при превентивном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 52 условно здоровых студента-волонтера женского пола в возрасте 18-21 года в межменструальном периоде. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании.

Предварительная запись ВСП выявила индивидуально-типологические отличия у испытуемых, связанные, в частности, со значениями индекса напряженности (ИН). Согласно классификации Р. М. Баевского [7], ИН отражает активность вегетативной нервной системы (ВНС), при этом испытуемых со средними значениями ИН ($50 \leq \text{ИН} \leq 200$ усл.ед.) относят к нормотоникам, с высокими значениями ($\text{ИН} \geq 200$ усл.ед.) – к симпатотоникам и низкими ($\text{ИН} \leq 50$ усл.ед.) – к ваготоникам. В эксперимент было отобрано равное количество волонтеров всех трех групп (всего 30 человек по 10 человек в каждой группе). Такой отбор позволил сформировать однородные группы испытуемых.

В первые сутки исследования у испытуемых проводили велоэргометрическую пробу (ВЭП) с помощью велоэргометра «KETTLER-X1» (производство «GmbH&Co postfach», Германия) в положении сидя с частотой вращения педалей 40-60 оборотов в минуту по методике ступенчато-возрастающей нагрузки (всего 3 ступени). Динамическая нагрузка продолжалась до достижения частоты сердечных сокращений (ЧСС) 75% от максимального возрастного уровня. Данный метод предложен К. Andersen и соавт. [8] и рекомендован к применению Комитетом экспертов ВОЗ. Продолжительность каждой ступени нагрузки составляла 3 мин, начальный уровень нагрузки (I-я ступень) – 75 Вт, II-я – 100 Вт и III-я – 125 Вт [9]. Критерием прекращения теста являлось достижение испытуемым субмаксимальной ЧСС (пробу заканчивали к моменту истечения текущей минуты) [10].

В последующие 10 дней эксперимента ежедневно в одно и то же время (с 10⁰⁰ до 12⁰⁰) испытуемым проводили сеансы ЭМИ КВЧ с помощью 7-миканального аппарата «РАМЕД ЭКСПЕРТ-04» (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ №783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Технические характеристики генератора: длина волны = 7,1 мм, частота излучения 42,4 ГГц, плотность потока мощности – 0,1 мВт/см². Воздействие осуществлялось в течение 30 минут на области биологически активных точек: GI-15 правого плечевого сустава, на симметричные E-34, RP-6 и GI-4. Выбор этих точек обусловлен их рефлексогенным общеукрепляющим и стимулирующим действием на организм испытуемых [11].

На 10-е сутки исследования после 10-тикатного ЭМИ КВЧ проводилась повторная ВЭП.

В качестве метода оценки влияния ЭМИ КВЧ и физической нагрузки на организм был использован математический анализ ВСП (в системе оценок, рекомендуемых стандартами Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [12]).

Запись ВСР осуществлялась путем регистрации ЭКГ сигнала в первом стандартном отведении с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М» (производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург) до и после ВЭП в 1-е и 10-е сутки исследования, а также ежедневно (с 9⁰⁰ до 11⁰⁰) на протяжении 10-ти дней сразу после воздействия ЭМИ КВЧ.

В работе были использованы показатели, являющиеся маркерами функционального состояния испытуемых и относящиеся к разным методам анализа ВСР: спектральные (HF, LF, TP и LF/HF; мс²) и ИН (усл.ед; метод вариационной пульсометрии по Р. М. Баевскому [7]), которые подробно описаны в литературе и наших предыдущих исследованиях [12-16].

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М», «Статистика 6.0» и «Microsoft Excel». Достоверность различий полученных данных определяли с помощью критерия Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение показателей ВСР испытуемых с разным типом вегетативной регуляции в восстановительном периоде после субмаксимальной физической нагрузки. В результате проведения записи ВСР до воздействия ЭМИ КВЧ были зарегистрированы достоверные различия как в ИН, так и в значениях спектральных показателей у испытуемых разных групп (табл.). Так, у испытуемых с наиболее низкими значениями ИН были зарегистрированы самые высокие значения спектральных показателей (HF, LF, TP), а коэффициент симпато-вагусного баланса (LF/HF) был максимально приближен к единице. У испытуемых-нормотоников, характеризующихся средними значениями ИН, амплитуды рассматриваемых ритмов были значительно ниже, чем у ваготоников, а значения LF/HF свидетельствовали о преобладании активности симпатической регуляции сердечного ритма (табл.). Минимальные значения спектральных показателей и аналогичное с нормотониками преобладание симпатической активности регистрировались у испытуемых симпатотоников, обладающих наиболее высокими значениями ИН. Полученные результаты согласуются с результатами, полученными в наших предыдущих работах [3, 16].

Проведение ВЭП привело к достоверным изменениям значений рассматриваемых показателей у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции, заключающимся в повышении ИН и LF/HF и снижении HF, LF и TP (рис. 1).

Так, у испытуемых-ваготоников к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП было зарегистрировано повышение значений ИН на 150% ($p \leq 0,001$) и снижение HF, LF и TP на 44%, 36% и 45% ($p \leq 0,01$) соответственно по отношению к значениям этих показателей до ВЭП (см. рис.1). Кроме этого к 5-ой мин восстановительного периода было зарегистрировано повышение LF/HF на 32% ($p \leq 0,01$; составил 1,3), по отношению к значению до ВЭП.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ИСПЫТУЕМЫХ...

Следует отметить, что к 30-ой мин после ВЭП у испытуемых данной группы было зарегистрировано восстановление значений всех рассматриваемых показателей (см. рис. 1).

**Таблица
Значения индекса напряженности и показателей спектрального анализа
вариабельности сердечного ритма у испытуемых выделенных групп до и
после 10-тикратного КВЧ-воздействия (M±m)**

№ группы	1	2	3	
до КВЧ-воздействия	Ваготоники (ИН≤50 усл. ед.)	Нормотоники (50≤ИН≤200 усл. ед.)	Симпатотоники (ИН≥200 усл. ед.)	
	ИН	42,90±3,6	179,6±16,1 p ₂ ≤0,001	284,6±22,7 p ₂ ≤0,001 p ₃ ≤0,001
	HF	1345,99±95,2	702,0±61,4 p ₁ ≤0,05	501,0±60,1 p ₁ ≤0,05 p ₂ ≤0,05
	LF	1212,80±40,2	964,8±49,0 p ₁ ≤0,05	812,5±63,9 p ₁ ≤0,05 p ₂ ≤0,05
	TP	3355,99±100,7	2236,0±153,6 p ₁ ≤0,05	1544,3±81,6 p ₁ ≤0,05 p ₂ ≤0,001
	LF/HF	0,98±0,03	1,5±0,2 p ₁ ≤0,05	1,6±0,2 p ₁ ≤0,05
после КВЧ-воздействия	ИН	40,90±3,6 p≥0,05	115,4±16,1 p≤0,05 p ₂ ≤0,001 p ₃ ≤0,05	161,3±18,7 p≤0,01 p ₁ ≤0,001 p ₂ ≤0,001 p ₃ ≤0,01
	HF	1704,84±95,2 p≤0,05 p ₃ ≤0,01	992,4±39,4 p≤0,05 p ₁ ≤0,05 p ₃ ≤0,01	836,2±21,08 p ₁ ≤0,05 p ₂ ≤0,05 p ₃ ≤0,01
	LF	1598,87±40,2 p≤0,05 p ₃ ≤0,01	1187,8±64,0 p≤0,05 p ₁ ≤0,05 p ₃ ≤0,05	1125,3±74,4 p≤0,05 p ₁ ≤0,05 p ₂ ≤0,05 p ₃ ≤0,001
	TP	3601,51±100,7 p≤0,05 p ₃ ≤0,05	2611,5±115,9 p≤0,05 p ₁ ≤0,05 p ₃ ≤0,01	2064,3±97,6 p≤0,05 p ₁ ≤0,05 p ₂ ≤0,001 p ₃ ≤0,001
	LF/HF	0,95±0,05 p≤0,05	1,1±0,1 p≤0,05 p ₁ ≤0,05 p ₃ ≤0,05	1,3±0,1 p≤0,05 p ₁ ≤0,05 p ₃ ≤0,05

Примечание: p достоверность различий по критерию Манна-Уитни между значениями показателей до и после КВЧ-воздействия, p₁ – p₃ между значениями показателей в группах испытуемых, обозначенных в таблице 1 – 3.

Аналогичные изменения, выраженные, однако, в большей степени были зарегистрированы у испытуемых-нормотоников после ВЭП. Так, у испытуемых этой группы к 5-ой минуте восстановительного периода ИН увеличился на 509% ($p \leq 0,001$), значения HF, LF и TP снизились на 74%, 54% и 61% ($p \leq 0,001$) соответственно, а коэффициент LF/HF увеличился на 89% ($p \leq 0,001$; составил 2,8) по отношению к значениям данных показателей до ВЭП (см. рис. 1). Кроме этого, необходимо отметить, что у испытуемых-нормотоников ИН был на 918% ($p \leq 0,001$) выше, значения HF, LF и TP на 67% ($p \leq 0,01$), 42% ($p \leq 0,05$) и 51% ($p \leq 0,01$) соответственно ниже, а LF/HF на 139% ($p \leq 0,001$) выше, чем у испытуемых ваготоников к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП (рис. 2).

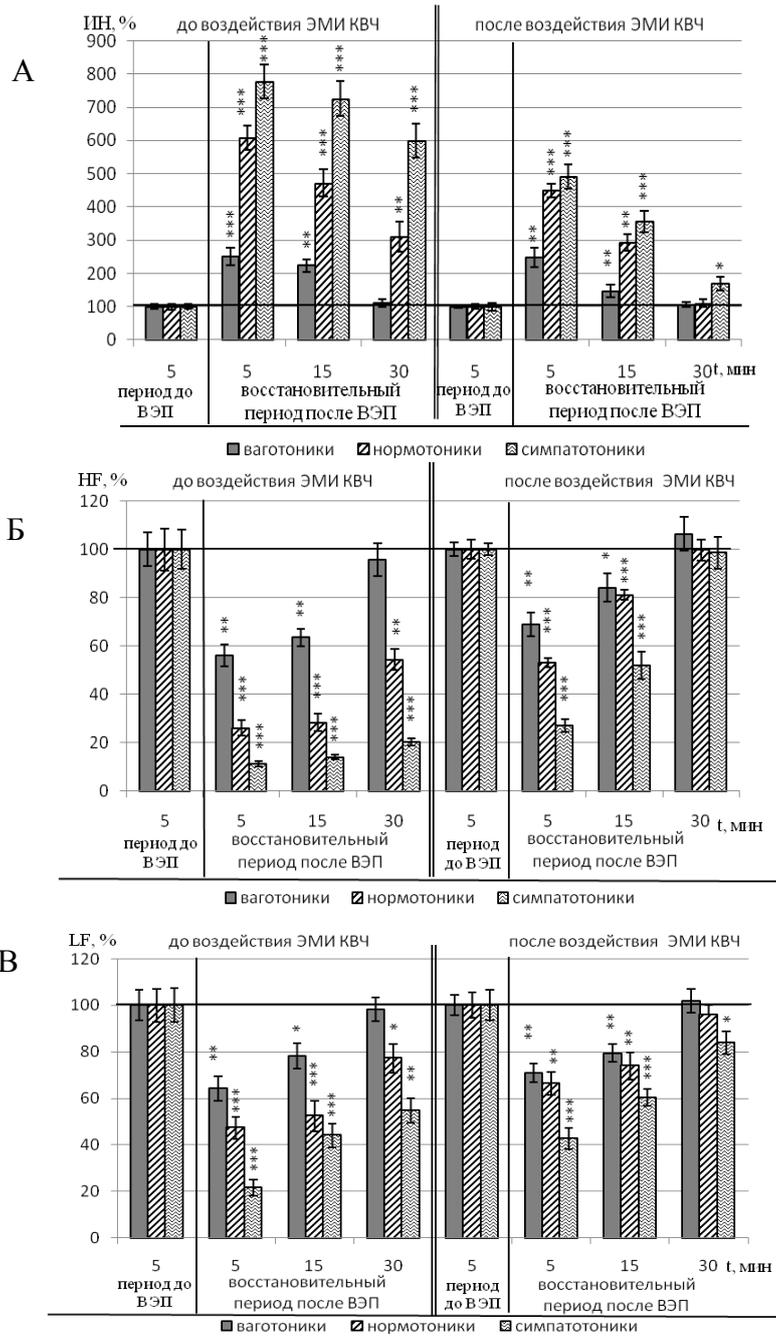
В дальнейшем у испытуемых этой группы наблюдали положительную динамику восстановления значений данных показателей, не достигающих, однако, исходного уровня (см. рис 1). Так, к 30-ой мин восстановительного периода ИН оставался на 210% ($p \leq 0,01$) выше, значения HF, LF и TP на 46% ($p \leq 0,01$), 23% ($p \leq 0,05$) и 29% ($p \leq 0,01$; см. рис. 1) соответственно ниже, а LF/HF на 35% ($p \leq 0,05$; составил 2,0) выше значений, полученных до ВЭП. Кроме этого у испытуемых данной группы ИН был на 1069% ($p \leq 0,001$) выше, значения HF, LF и TP на 71%, 38% и 28% ($p \leq 0,05$) соответственно ниже, а LF/HF на 82% ($p \leq 0,05$) выше значений, полученных у испытуемых-ваготоников к 30-ой мин восстановительного периода после ВЭП (см. рис. 2).

Следует отметить, что максимальные изменения значений изученных показателей после проведения нагрузочного тестирования были зарегистрированы у испытуемых-симпатотоников (см. рис. 1). Так, у этих испытуемых к 5-ой мин восстановительного периода ИН был на 677% ($p \leq 0,001$) выше, значения HF, LF и TP на 89%, 79% и 80% ($p \leq 0,001$; см. рис. 1) ниже значений, зарегистрированных до ВЭП. Вместе с тем, максимальное увеличение LF/HF (на 219% $p \leq 0,001$) по отношению к значениям, полученным до ВЭП, было зарегистрировано к 15-ой мин восстановительного периода, составив 5,2.

Кроме этого у испытуемых данной группы после проведения ВЭП были зарегистрированы наибольшие отличия значений ИН (на 1061%; $p \leq 0,001$ выше) и спектральных показателей (HF на 93%, $p \leq 0,01$; LF на 78%, $p \leq 0,001$; и TP на 82%, $p \leq 0,01$ ниже, а LF/HF на 150%, $p \leq 0,001$ выше) от значений данных показателей у испытуемых-ваготоников (см. рис. 2).

К 30-ой минуте восстановительного периода после ВЭП у симпатотоников регистрировались и максимальные различия значений рассматриваемых показателей по сравнению с таковыми, полученными до ВЭП. Так, значения ИН в эти сроки исследования были на 599% ($p \leq 0,001$) выше, HF, LF и TP – на 80% ($p \leq 0,001$), 46% ($p \leq 0,01$) и 59% ($p \leq 0,001$) соответственно ниже, а LF/HF на 171% ($p \leq 0,001$) выше значений, зарегистрированных до ВЭП (см. рис. 1).

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ИСПЫТУЕМЫХ...



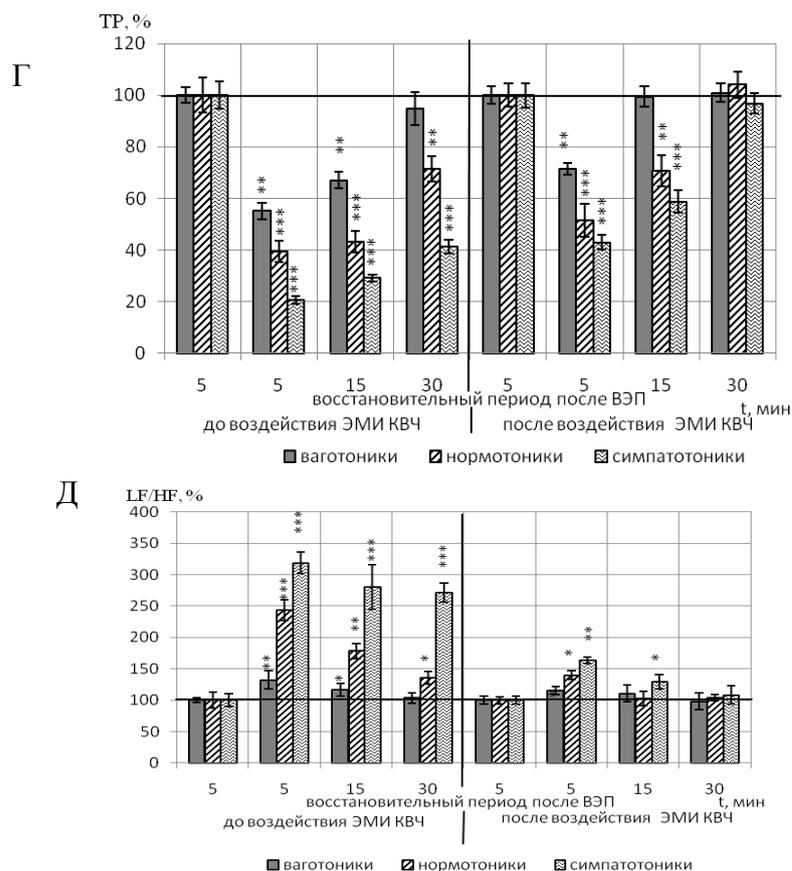
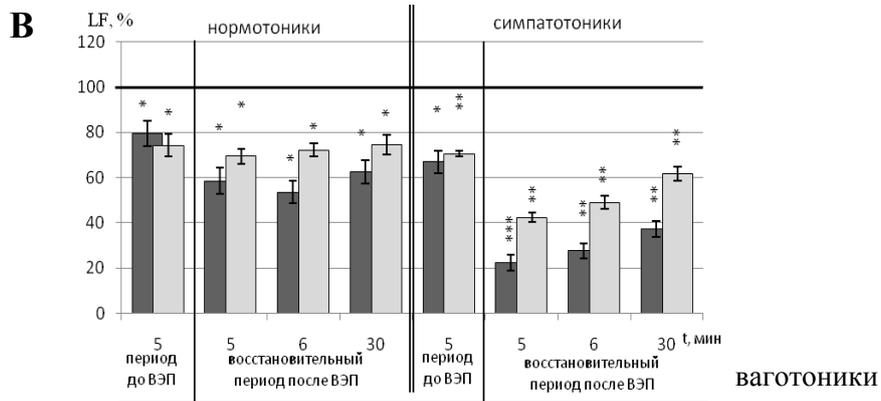
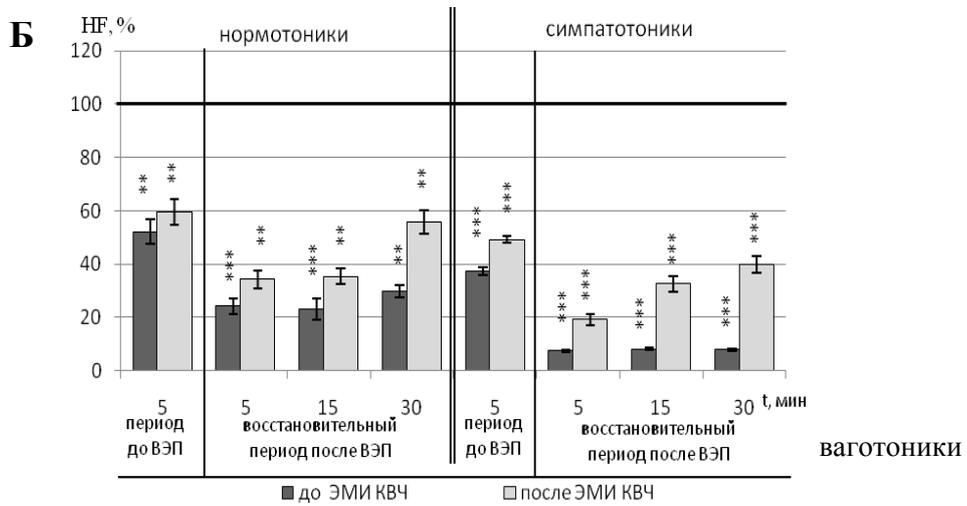
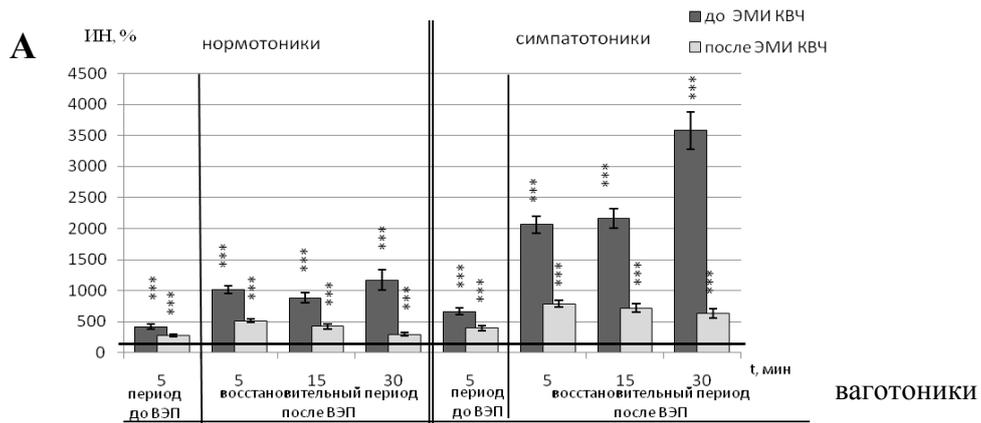


Рис. 1. Изменение значений индекса напряженности (А) и спектральных показателей сердечного ритма (Б – HF, В – LF, Г – TP, Д – LF/HF) в течение 30-ти мин восстановительного периода после ВЭП у испытуемых (в % по отношению к значениям до ВЭП, принятым за 100%) до и после 10-тикратного воздействия ЭМИ КВЧ
 Примечания: * – достоверность различий относительно значений фоновой записи по критерию Вилкоксона: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$.

При этом отмечено, что у испытуемых этой группы на 30-ую минуту после ВЭП значения ИН и LF/HF были на 2581% и 300% соответственно выше, а значений HF, LF и TP на 92% ($p \leq 0,01$), 63% ($p \leq 0,01$) и 71% ($p \leq 0,05$), соответственно ниже, по отношению к значениям этих показателей у ваготоников (см. рис. 2).

Таким образом, у испытуемых-ваготоников были выделены минимальные изменения ВСР при проведении ВЭП, а отсутствие достоверных различий всех рассматриваемых показателей к 30 мин восстановительного периода после ВЭП с таковыми до нагрузочного тестирования свидетельствует о высокой эффективности восстановительных механизмов у испытуемых данной группы.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ИСПЫТУЕМЫХ...



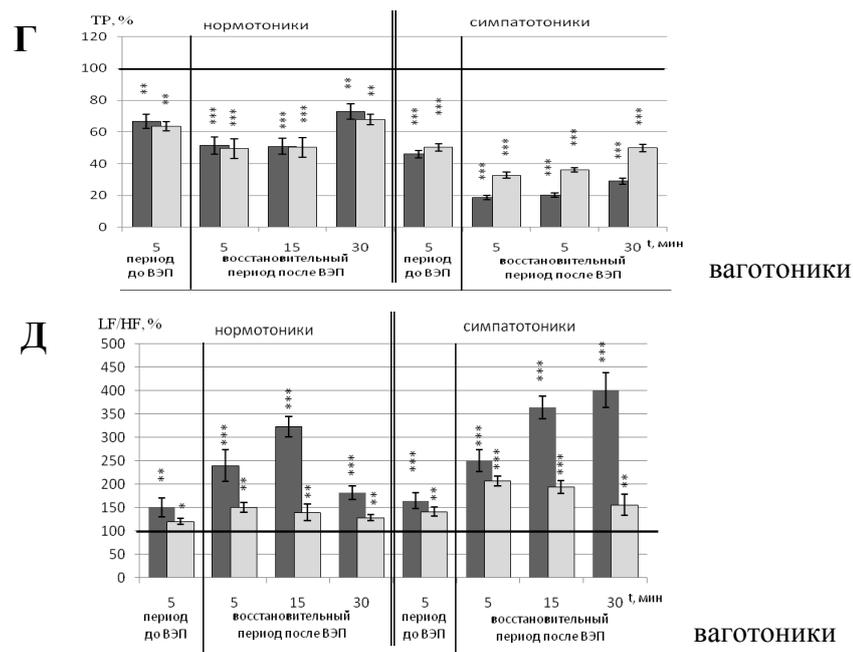


Рис. 2. Изменение значений индекса напряженности (А) и спектральных показателей variability сердечного ритма (Б – HF, В – LF, Г – TP, Д – LF/HF) у испытуемых нормо- и симпатотоников (в % по отношению к значениям у испытуемых-ваготоников принятых за 100%) до и после 10-тикратного воздействия ЭМИ КВЧ.

Примечание: * – достоверность различий относительно значений фоновой записи по критерию Вилкоксона: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$.

Вместе с тем, у испытуемых нормо- и в особенности симпатотоников в восстановительный период после ВЭП было зарегистрировано увеличение ИН более чем в 5 – 6 раз, при этом известно, что ИН отражает уровень напряженности регуляторных систем организма [20]. Для сравнения заметим, что легкая физическая нагрузка сопровождается увеличением ИН в 1,5 – 2,0 раз [17], а эмоциональный предэкзаменационный стресс в 1,1 – 3,9 раза [21], в 1,4 – 1,7 раза у космонавтов во время магнитной бури [22], в 20 – 30 раз у спортсменов, участвующих в соревнованиях по спортивным играм и в единоборствах, что свидетельствует о состоянии сильнейшего функционального напряжения, «на грани срыва адаптации» [23].

Таким образом, значительные увеличения ИН у испытуемых нормо- и симпатотоников к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП и сохранение высоких значений к 30-мин свидетельствует о высоком уровне напряжения регуляторных систем организма, и низкой эффективности восстановительных процессов, что может быть вызвано развитием стресс-реакции на физическую нагрузку у испытуемых данной группы.

Кроме того, к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП у испытуемых нормо- и симпатотоников произошли значительные снижения значений HF, LF и TP, что согласно [19, 24] свидетельствует о повышении активности центрального контура регуляции сердечным ритмом.

При этом известно, что HF-компонента спектра отражает вагусный контроль сердечного ритма, LF-составляющая – состояние симпатического отдела ВНС [12] и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса, а TP характеризует активность вегетативных воздействий на СР и свидетельствует о текущем функциональном состоянии организма [15, 25].

Таким образом, значительное снижение показателей спектрального анализа свидетельствует об ухудшении функционального состояния и усилении активности центрального контура регуляции СР у испытуемых. При этом к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП у испытуемых нормо- и симпатотоников регистрировалось чрезмерное увеличение коэффициента LF/HF (отображающего относительную активность симпатoadреналовой системы (САС) организма [19]) и сохранение его высоких значений в течение последующих 30-ти минут. Следовательно, зарегистрированное увеличение LF/HF после ВЭП у испытуемых данных групп свидетельствует о значительном повышении активности САС после физической нагрузки.

Таким образом, увеличение напряжения регуляторных систем организма (ИН), активности центрального контура регуляции СР (HF, LF), ухудшение функционального состояния организма (TP) на фоне увеличения активности САС (LF/HF), одной из основных стресс-реализующих систем организма, согласно [19, 20, 26] свидетельствуют о развитии стресс-реакции на ВЭП.

Изменение ВСР после ВЭП у испытуемых после превентивного воздействия ЭМИ КВЧ. Десятикратное воздействие ЭМИ КВЧ привело к изменению ВСР испытуемых выделенных групп. При этом у испытуемых-ваготоников изменения касались только значений спектральных показателей (увеличении HF на 26%, LF на 31% и TP на 7%; $p \leq 0,05$), а ИН не имел достоверных различий по сравнению со значениями до КВЧ-воздействия (табл.). У испытуемых-нормотоников регистрировались снижение ИН (на 36%, $p \leq 0,05$), и увеличении HF на 41%, LF на 23% и TP на 16% ($p \leq 0,05$) относительно значений до КВЧ-воздействия (табл.). Максимальные снижение ИН (на 44%, $p \leq 0,01$) и увеличение спектральных показателей (HF на 67%, LF на 38% и TP на 33%; $p \leq 0,05$) по отношению к значениям этих показателей до КВЧ-воздействия наблюдались у испытуемых с симпатотоническим типом вегетативной регуляции (табл.). Полученные данные согласуются с результатами наших предыдущих исследований [27].

Превентивное воздействие ЭМИ КВЧ привело к изменению ВСР после ВЭП.

Так, у испытуемых-ваготоников к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП на 10-е сутки исследования значения HF, LF и TP были на 55%, 45% и 39% ($p \leq 0,05$) соответственно выше, LF/HF на 18% ($p \leq 0,05$) ниже, а ИН не имел достоверных различий ($p \geq 0,05$) по отношению к значениям данных показателей,

полученных после проведения ВЭП до КВЧ-воздействия. При этом максимальные различия значений ИН (на 38%, $p \leq 0,05$ ниже), HF (на 67%, $p \leq 0,01$ выше) и TP (на 59%, $p \leq 0,01$ выше) были зарегистрированы к 15-ой мин, а значений LF (на 47%, $p \leq 0,05$ выше) и LF/HF (19% $p \leq 0,05$ ниже) к 10-ой мин восстановительного периода после ВЭП, по отношению к значениям этих показателей в те же сроки восстановительного периода до КВЧ-воздействия. Вместе с тем, было зарегистрировано восстановление всех рассматриваемых показателей в более ранние сроки после ВЭП. Так, к 20-ой мин восстановительного периода было зарегистрировано полное восстановление значений ИН и HF, а значений LF, TP и LF/HF не имели достоверных различий ($p \geq 0,05$) к 25-ой, 15-ой и 10-ой мин соответственно по сравнению со значениями, полученными до ВЭП (см. рис.1).

Аналогичные изменения, выраженные, однако, в большей степени были зарегистрированы у испытуемых-нормотоников (см. рис. 1).

Так, к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП на 10-е сутки исследования значения ИН были на 53% ($p \leq 0,05$) ниже, значения HF, LF и TP на 192% ($p \leq 0,01$), 72% и 52% ($p \leq 0,05$) соответственно выше, а LF/HF на 43% ($p \leq 0,05$) ниже значений этих показателей после ВЭП до КВЧ-воздействия (см. рис.1). При этом к 15-ой мин восстановительного периода после КВЧ-воздействия были зарегистрированы наибольшие изменения значений как ИН (на 61%, $p \leq 0,01$ ниже), так и спектральных показателей (HF на 314%, $p \leq 0,001$; LF на 74% и TP на 91%, $p \leq 0,05$ выше, а LF/HF на 45%, $p \leq 0,05$ ниже) относительно значений после ВЭП до КВЧ воздействия (см. рис. 1).

Кроме того, у испытуемых-нормотоников также зарегистрировано восстановление всех рассматриваемых показателей в более ранние сроки восстановительного периода по сравнению с 1-ми сутками наблюдения. Так, к 25-ой мин восстановительного периода после ВЭП было зарегистрировано полное восстановление значений ИН и TP, а восстановления значений HF, LF и LF/HF регистрировались к 20-ой, 30-ой и 15-ой мин восстановительного периода, до уровня значений этих показателей до ВЭП (см. рис. 1).

Следует отметить, что с 5-ой по 30-ю минуту восстановительного периода произошло уменьшение различий как ИН (с 413% до 195%; $p \leq 0,001$) так и значений HF (с 67%; $p \leq 0,01$ до 45%; $p \leq 0,05$), LF (с 31% до 26%; $p \leq 0,05$), TP (с 51%; $p \leq 0,01$ до 33%; $p \leq 0,05$) и LF/HF (с 50%; $p \leq 0,001$ до 28%; $p \leq 0,05$) по отношению к значениям, полученным в те же минуты у испытуемых-ваготоников (см. рис. 2).

Максимальные изменения реакции изученных показателей на ВЭП после 10-тикратного КВЧ-воздействия были зарегистрированы у испытуемых симпатотоников (см. рис 1). Так, к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП на 10-е сутки исследования значения ИН были на 65% ($p \leq 0,05$) ниже, значения HF, LF и TP – на 299%, 175% и 177% ($p \leq 0,05$; рис. 4) выше, а LF/HF на 25% ($p \leq 0,05$) ниже значений данных показателей, полученных после ВЭП до проведения КВЧ-воздействия. При этом к 30-ой мин регистрировалось наибольшее отличие как ИН (были на 85%, $p \leq 0,001$ ниже), так и значений спектральных показателей (были HF на 600%, $p \leq 0,001$; LF на 294% и TP на 213%, $p \leq 0,05$ выше, а LF/HF на 67%, $p \leq 0,05$ ниже), по отношению к значениям после ВЭП до воздействия ЭМИ КВЧ. Кроме

этого, после КВЧ-воздействия было зарегистрировано полное восстановление значений HF, TP и LF/HF к 30-ой мин после ВЭП.

Вместе с тем, у испытуемых-симпатотоников с 5-ой по 30-ю мин регистрировалось уменьшение различий в значениях как ИН (с 685% до 532%; $p \leq 0,001$) так и спектральных показателей HF (с 81% до 61%; $p \leq 0,01$) LF (с 58% до 39%; $p \leq 0,01$) TP (с 68%; $p \leq 0,01$, до 53%; $p \leq 0,05$) и LF/HF (со 106% до 56% $p \leq 0,001$) по отношению к значениям, полученным в те же минуты у испытуемых-ваготоников.

Таким образом, в результате превентивного КВЧ-воздействия у испытуемых всех трех групп ответная реакция ВСР на физическую нагрузку была менее выраженной (см. рис. 1). При этом увеличение ИН в два – четыре раза (см. рис. 1) у испытуемых всех групп после ВЭП на фоне 10-тидневного КВЧ-воздействия является адекватной ответной реакцией на субмаксимальную физическую нагрузку [20, 28].

Кроме этого превентивное 10-тикратное КВЧ-воздействие привело к менее выраженному снижению спектральных показателей (HF, LF и TP) (см. рис.1) в ответ на ВЭП, значения которых оставались в пределах нормы или незначительно выходили за ее границы, что свидетельствует об увеличении вагусных воздействий и оптимизации барорефлекторной регуляции, а, следовательно, и большей активации вегетативного контура регуляции СР по сравнению с данными, полученными до воздействия ЭМИ КВЧ.

Также следует обратить внимание на то, что увеличение коэффициента LF/HF к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП на фоне КВЧ-воздействия не выходило за пределы нормы, что, согласно исследованиям В.М. Михайлова свидетельствует о незначительном увеличении активности САС и отсутствии развития стресс-реакции у испытуемых всех трех групп.

Кроме того, после КВЧ-воздействия восстановление изученных показателей после физической нагрузки происходило в более ранние сроки, по сравнению с данными, полученными до воздействия ЭМИ КВЧ, что свидетельствует о повышении эффективности восстановительных механизмов, под влиянием этого физического фактора.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об оптимизации функционального состояния испытуемых с разными типами вегетативной регуляции, увеличении адаптивных возможностей организма к физической нагрузке, увеличении скорости адаптивных процессов. Однако в большей степени восстановление изученных показателей ВСР происходило у испытуемых, исходно характеризующихся симпатическим типом вегетативной регуляции.

Кроме этого на протяжении восстановительного периода было зарегистрировано приближение значений рассматриваемых показателей у испытуемых симпато- и нормотоников к значениям испытуемых-ваготоников (см. рис.2), что можно объяснить действием закона «начальных значений» Вильдера-Лейтеса, основной смысл которого состоит в «стягивании исходно различных значений показателя к единому уровню. Этап реакции, состоящий в уменьшении

дисперсии признака, формируется чаще в зоне средних значений физиологической нормы» [29].

Такие изменения у испытуемых под влиянием ЭМИ КВЧ согласуются как с нашими [30, 31], так и с литературными данными [32, 33], свидетельствующими о том, что эффекты, получаемые от действия ЭМИ КВЧ на организм человека и животных, зависят от исходного функционального состояния испытуемых.

Таким образом, превентивное 10-кратное воздействие ЭМИ КВЧ имеет выраженное антистрессорное действие, которое проявляется в повышении резистентности организма к физической нагрузке и эффективности восстановительных механизмов. При этом выраженность эффектов ЭМИ КВЧ зависит от типа вегетативной регуляции испытуемых.

ВЫВОДЫ

1. Превентивное 10-кратное воздействие ЭМИ КВЧ имеет выраженное антистрессорное действие, которое проявляется в повышении резистентности организма к физической нагрузке и эффективности восстановительных механизмов. При этом выраженность эффектов ЭМИ КВЧ зависит от типа вегетативной регуляции испытуемых.
2. В результате курсового КВЧ-воздействия к 5-ой минуте восстановительного периода у испытуемых-ваготоников наблюдались наименее выраженные изменения спектральных показателей (HF, LF и TP были на 55%, 45% и 39% выше, а LF/HF на 18% ниже) и отсутствие различий индекса напряженности по отношению к значениям этих показателей до КВЧ-воздействия, что связано с наиболее высокими значениями спектральных показателей и низкими значениями индекса напряженности до физической нагрузки. При этом восстановление значений данных показателей после нагрузки происходило на 15 – 20 минут раньше, чем до КВЧ-воздействия.
3. У испытуемых-нормотоников под превентивного 10-тикратного ЭМИ КВЧ к 5-ой минуте восстановительного периода наблюдались более выраженные изменения спектральных показателей (HF, LF и TP на 192%, 72% и 52% соответственно выше, а LF/HF на 43% ниже) и индекса напряженности (на 53% ниже) по отношению к значениям этих показателей до КВЧ-воздействия. При этом восстановление значений данных показателей после нагрузки происходило на 5 – 10 минут раньше, чем до КВЧ-воздействия.
4. У испытуемых-симпатотоников в результате превентивного 10-тикратного воздействия ЭМИ КВЧ к 5-ой минуте восстановительного периода происходили максимальные изменения спектральных показателей (HF, LF и TP на 299%, 175% и 177% соответственно выше, а LF/HF на 25% ниже) и индекса напряженности (на 65% ниже) по отношению к значениям этих показателей до КВЧ-воздействия, что связано с изначально наибольшим отклонением значений изученных показателей от нормы. При этом к 30-ой минуте регистрировалось наибольшее отличие как индекса напряженности (на 85% ниже), так и значений спектральных показателей (HF на 600%, LF на 294% и TP

на 213% выше, а LF/HF на 67% ниже), по отношению к значениям после ВЭП до воздействия ЭМИ КВЧ.

5. Превентивное 10-тикратное воздействие ЭМИ КВЧ привело к уменьшению межгрупповых различий у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции, как в состоянии покоя, так после велоэргометрической пробы.
6. Превентивное 10-тикратное воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ обладает антистрессорным действием на субмаксимальную физическую нагрузку у испытуемых с разным типом вегетативной реакции.

Список литературы

1. Аронов Д.М. Функциональные пробы в кардиологии / Д.М. Аронов, В.П. Лупанов. – Изд. 2-е – М., 2003. – 296 с.
2. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine / D.P. Zipes [et al.] – 7-th ed. – Philadelphia, 2005, p. 107-136.
3. Особенности variability сердечного ритма у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции при воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / [Е.Н. Чуян, И.Р. Никифоров, Е.А. Бирюкова и др.] – Ученые записки Таврического национального университета, сер. «Биология. Химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4, – С. 280-289.
4. Крайневысокочастотная терапия в медицине / [А.А. Соломаха, Д.А. Соломаха, В.В. Якунин и др.] – Вестник службы крови России. – 2009. – № 3 – 34-36 с.
5. Бецкий О.В. Применение низкоинтенсивных миллиметровых волн в биологии и медицине / О.В. Бецкий, Н.Н.Лебедева // Биомедицинская радиоэлектроника – 2007. – № 8. – С. 6-15.
6. Головачева Т.В. Некоторые патогенетические аспекты применения ЭМИ ММД у больных стенокардией / Т.В. Головачева, В.Ф. Киричук, В.Ф. Петрова – Применение низкоинтенсивных лазеров и излучения миллиметрового диапазона в эксперименте и клинике. – Саратов, 1994. – С. 210-213.
7. Баевский Р.М. Оценка функционального состояния организма на основе математического анализа сердечного ритма: метод. рек. / Р. М. Баевский, Ж. Ю. Барсукова. – Владивосток: ДЦО АН СССР, 1989. – 40 с.
8. Fundamentals of exercise testing / [K. Andersen, R. Shephard, H. Denolin H. et al.]. – Geneva, 1979. – 320 p.
9. Аронов Д.М. Функциональные пробы с физической нагрузкой / Под ред. Е.И. Чазова – Болезни сердца и сосудов: руководство для врачей: Т. 1 / – М., 1992. – С. 292-311.
10. Проведение пробы с физической нагрузкой с использованием пакета программ «КардиоКит»: метод. рекомендации. – СПб: Биосигнал, 2003. – 24 с.
11. Мачерет Б.Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк – К.: Вища шк., 1984. – 304 с.
12. Variability сердечного ритма: стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Рабочая группа Европейского кардиологич. об-ва и Северо-Американского об-ва стимуляции и электрофизиологии // Вестник Аритмол. – 1999. – №11. – 53-78 с.
13. Heart rate dynamics during human sleep / [Cajochen C., Pischke J., Aeschbach D. et al] – Physiol. Behav. – 1994. – V. 55, № 4.– P. 769.
14. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
15. Михайлов В.М. Variability сердечного ритма: опыт практического применения / В.М. Михайлов – Иваново: Нейрософт, 2000. – 200 с.
16. Индивидуальный профиль функционального состояния организма студентов с различным типом вегетативной регуляции / [Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева] – Ученые записки Таврического национального университета, сер. «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), №2. – С.152 – 165

17. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рек. / Р. М.Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 1-23.
18. Покровский В.М. Формирование ритма сердца в организме человека и животных / В. М. Покровский. – Краснодар, 2007. – С. 63–71.
19. Михайлов В.М. Variability ритма сердца: опыт практического применения. / В.М. Михайлов / Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
20. Баевский Р.М., Математический анализ сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кирилов / – М.: Наука, 1984. – 220 с.
21. Щербатых Ю.В. Вегетативные проявления экзаменационного стресса: автореферат дис.... д-ра биол. наук. – СПб., 2001. – 12 с.
22. Григорьев А.И. Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине / А.И. Григорьев Р.М. Баевский / – М.: Ф-ма «Слово», 2001. – 96 с.
23. Агаджанян Н.А. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям variability сердечного ритма / Н.А. Агаджанян, Т.Е. Батоцыренова, Ю.Н. Семенов / Теория и практика физической культуры. – 2006. – №1. 2-4 с.
24. Применение спектрального анализа variability сердечного ритма для повышения диагностической значимости нагрузочных проб / Гриднев В. И., Киселев А. Р., Посненкова О.М. [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета, Сер. 11 – 2008. – Вып. 2.– С. 435
25. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика / Р. М. Баевский / Клин. информат. И Телемед. – 2004. –№1. 54 -64 с.
26. Похачевский А.Л. Функциональное состояние и адаптационные резервы организма / А.Л. Похачевский, В.М. Михайлов, А.А. Груздев, А.В. Садков / Вестник новг. гос. Университета, 2006. – № 35., 11-15 р.
27. Особенности variability сердечного ритма у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции при воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / [Е.Н. Чуян, И.Р. Никифоров, Е.А. Бирюкова и др.] – Ученые записки Таврического национального университета, сер. «Биология. Химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4, – С. 280-289.
28. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям variability сердечного ритма / Н. А. Агаджанян, Т. Е. Батоцыренова, Ю. Н. Семенов [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 1. – С. 2-4.
29. Плеханов Г.Ф. Зависимость реакции биосистемы на раздражитель от ее исходного значения / Г.Ф. Плеханов, Н.В. Васильев, Т.И. Козлова // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1989. – № 2. – С. 83-86.
30. Чуян Е.Н. Variability сердечного ритма после физической нагрузки в условиях превентивного воздействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты / Е.Н.Чуян, И.Р. Никифоров // Ученые записки Таврического национального университета, сер. «Биология, химия». – 2011. – Т. 24(63), №2. – С. 321-331.
31. Чуян Е.Н. Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: дис доктора биологических наук: Е. Н. Чуян – Д, 004. – 417с.
32. Бецкий О.В. Применение низкоинтенсивных миллиметровых волн в медицине (ретроспективный обзор) / О.В.Бецкий, Н.Н. Лебедева, Т.И. Котровская – Миллиметровые волны в биологии и медицине – 2005. –№2 (38) г. – С. 23-39.
33. Локшина О.Д. Состояние гемодинамики и изменения сократительной функции миокарда у больных стенокардией в процессе лечения КВЧ / О.Д. Локшина, Т.Б. Реброва – Сб.: Миллиметровые волны в медицине и биологии. - М. - 1989. - С. 41-42.

Чуян О.М. Варіабельність серцевого ритму випробовуваних у відновному періоді після велоергометричної проби під дією низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання над високої частоти / О.М. Чуян, І.Р. Нікіфоров, О.О. Бірюкова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 3. – С. 240-255.

Вивчена варіабельність серцевого ритму протягом 30-хвилин відновного періоду після субмаксимального фізичного навантаження у випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції під впливом керованого електромагнітного випромінювання (ЕМВ) надвисокої частоти (НВЧ).

Показано, що десятиденне ЕМВ НВЧ призводить до збільшення адаптивних можливостей організму, оптимізації регуляторних механізмів, зниження енергетичних витрат і підвищення швидкості відновних процесів у випробовуваних у відповідь на субмаксимальне фізичне навантаження.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, варіабельність серцевого ритму, відновний період, велоергометрична проба.

Chujan E.N. Heart rate variability at examinees in regenerative period after bicycle ergometric test under the electromagnetic radiation extremely high frequency / E.N. Chujan, I.R. Nikiforov, E.A. Birukova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 3. – P. 240-255.

Heart rate variability within 30-minutes regenerative period after the electromagnetic radiation (EMR), extremely high frequency (EHF) influence..

It is shown that ten-day EMR EHF to increase in adaptive capability of an organism, optimization of regulating mechanisms, decreasing in power expenses and increasing of regenerative speed processes at examinees in answer to the submaximum physical activity.

Keywords: electromagnetic radiation, extremely high frequency, heart rate variability, the regenerative period, bicycle ergometric test.

Поступила в редакцію 22.09.2012 г.