

ИЗМЕНЕНИЕ АДАПТАЦИОННОЙ РЕАКЦИИ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Изучены изменения показателей variability сердечного ритма в течение 30- минут восстановительного периода после субмаксимальной физической нагрузки у испытуемых под воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ). Показано, что превентивное десятидневное действие ЭМИ СВЧ обладает выраженным антистрессовым действием в ответ на субмаксимальной физической нагрузки, а также повышением скорости восстановительных процессов.

Ключевые слова: *variability сердечного ритма, излучение крайне высокой частоты, велоэргометрическая проба, восстановительный период.*

В настоящее время показано, что variability сердечного ритма (ВСР) является эффективным методом оценки функционального состояния организма человека, который позволяет прогнозировать развитие адаптационных процессов к различным факторам внешней среды [1], в том числе к факторам электромагнитной природы.

В наших предыдущих исследованиях было показано [2], что под воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ), у испытуемых происходило значительное изменение ВСР, выраженное в снижении напряженности регуляторных систем организма и повышении активности автономного контура регуляции сердечного ритма (СР). Однако эти данные могут быть существенно дополнены анализом изменения показателей ВСР в восстановительном периоде после физической нагрузки, являющийся в свою очередь идеальным и наиболее физиологичным видом провокации, позволяющим оценить полноценность компенсаторно-приспособительных механизмов организма [3, 4]. В качестве физической нагрузки можно использовать велоэргометрическое тестирование [3].

В связи с этим, **целью** данной работы явилось исследование показателей ВСР в период восстановления после ВЭП в условиях превентивного воздействия 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 ВСР выявила индивидуально-типологические отличия у испытуемых, связанные, в частности, со значениями индекса напряженности (ИН). Согласно классификации Р.М. Баевского [5], 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. Для получения однородной группы в эксперимент были отобраны испытуемые только со средними значениями ИН.

Отобранные в эксперимент испытуемые были разделены на две группы: контрольную ($n=25$) и экспериментальную ($n=32$). Испытуемые экспериментальной группы предварительно подвергались действию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а волонтеры контрольной группы – плацебо-воздействию ЭМИ КВЧ (без включения КВЧ-генератора в сеть).

В течение 10 дней эксперимента ежедневно в одно и то же время (с 10^{00} до 12^{00}) 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 [6].

На 10-е сутки исследования, после проведения курса ЭМИ КВЧ, проводилась велоэргометрическая проба (ВЭП) с помощью велоэргометра "KETTLE-Х1" (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. [4] 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. Критерием прекращения теста являлось достижение испытуемым субмаксимальной ЧСС (пробу заканчивали к моменту истечения текущей минуты).

В качестве метода оценки влияния ЭМИ КВЧ и физической нагрузки на организм был использован математический анализ ВСР (в системе оценок, рекомендуемых стандартами Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [7]).

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) и проводилась ежедневно (с 9⁰⁰ до 11⁰⁰) на протяжении 10-ти дней после воздействия ЭМИ КВЧ, а также до и после ВЭП на 10-е сутки исследования.

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 [5]), которые подробно описаны в литературе и наших предыдущих исследованиях [2].

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 их обсуждение. Проведение ВЭП привело к достоверному изменению значений всех рассматриваемых показателей у испытуемых обеих групп.

Так, у испытуемых контрольной группы к 5-ой мин восстановительного периода значения ИН были на 524% ($p \leq 0,001$) выше относительно значений до ВЭП (рис. 1) В течение последующего времени происходило восстановление значений ИН, однако, к 30 мин восстановительного периода после ВЭП значения ИН оставались на 181% ($p \leq 0,01$) выше значений до ВЭП (рис. 1).

Известно, что ИН отражает уровень напряженности регуляторных систем организма [5, 7]. Для сравнения заметим, что легкая физическая нагрузка сопровождается увеличением ИН в 1,5 – 2,0 раз [8], а эмоциональный предэкзамнационный стресс в 1,1 – 3,9 раза [9], 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" [10].

Таким образом, увеличение ИН более чем в 4 раза, к 5-й 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 с развитием стресс-реакции на физическую нагрузку у испытуемых данной группы.

Полученные данные подтверждаются анализом спектральных характеристик ВСР.

Так, к 5-ой мин восстановительного периода значения HF, LF и TP были на 78,9%, 84,8% и 85,3% ($p \leq 0,001$) ниже, а значения LF/HF на 74% (составлял 4,4) выше значений, зарегистрированных до ВЭП (рис. 2). При этом к 30-ой мин восстановительного периода после ВЭП у испытуемых данной группы также были зарегистрированы достоверные различия значений HF, LF, TP (были на 57,1% ($p \leq 0,01$), 30% ($p \leq 0,05$) и 57,4% ($p \leq 0,01$) ниже) и LF/HF (были на 43% ($p \leq 0,05$) выше), относительно значений полученных до ВЭП (рис. 2)

В настоящее время считается установленным [7], что HF-компонента спектра отражает вагусный контроль СР, тогда как LF-составляющая характеризует состояние симпатического отдела ВНС и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса. В свою очередь TP отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР, и характеризует текущее функциональное состояние организма. Также известно, что коэффициент LF/HF отображает относительную активность симпатoadреналовой системы (САС) организма.

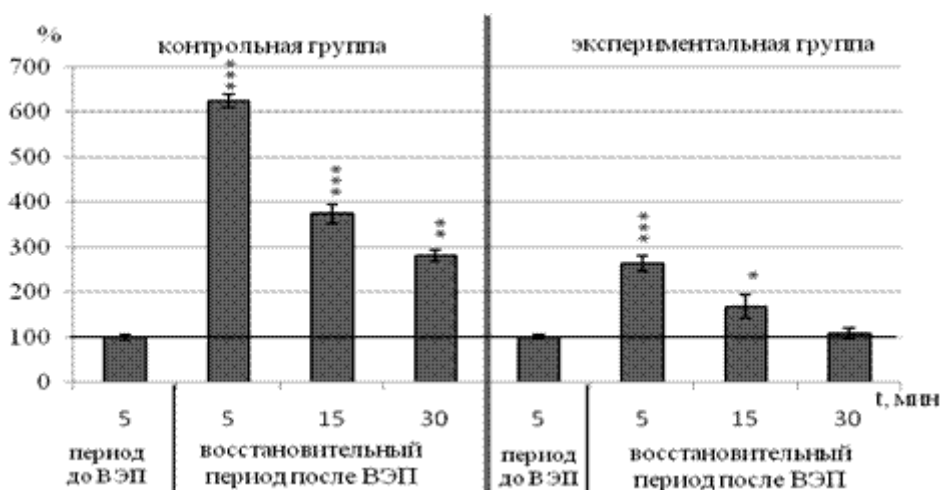
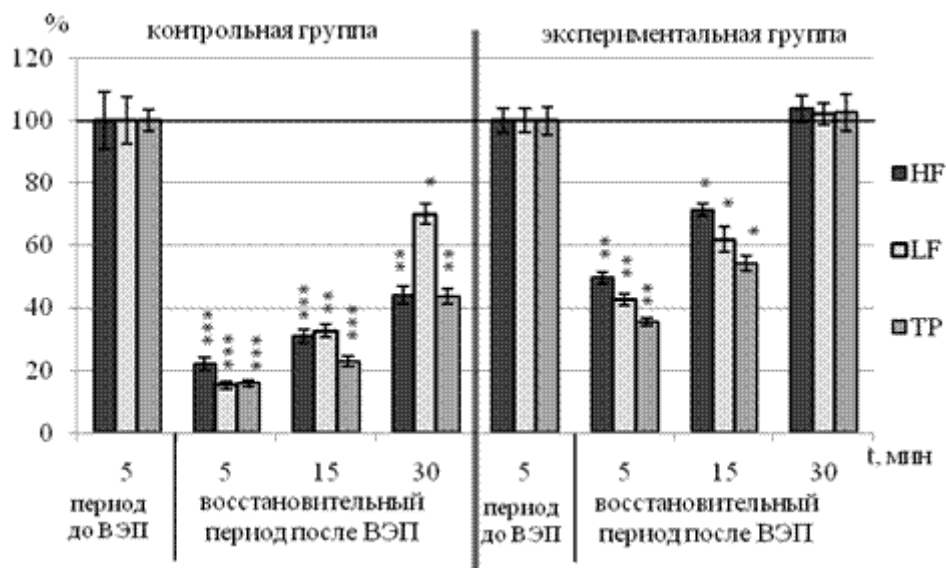


Рис. 1. Изменение значений индекса напряженности в течение 30-ти мин восстановительного периода после ВЭП у испытуемых контрольной и экспериментальной групп в % по отношению к значениям до ВЭП, принятым за 100%.

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



Таким образом, значительное снижение HF, LF и TP, и увеличение LF/HF у испытуемых контрольной группы к 5-ой мин восстановительного периода, а также достоверные отличия этих показателей к 30 мин восстановительного периода от значений до ВЭП, свидетельствует о повышении активности центрального контура регуляции СР, ухудшении функционального состояния, а также о значительном усилении активности САС – одной из основных стресс-лимитирующих систем организма, что согласно литературным данным [3, 11] является типичной реакцией организма испытуемых на стресс.

Проведение ВЭП в экспериментальной группе испытуемых привело к менее выраженным изменениям значений всех рассматриваемых показателей.

Так, значения ИН к 5-ой мин восстановительного периода составили 164% ($p \leq 0,01$) (рис. 1-Б) по отношению к значениям до ВЭП, и ниже на 59% ($p \leq 0,001$), чем у испытуемых контрольной группы в тот же период. К 30-й минуте восстановительного периода произошло полное восстановление значений данного показателя, о чем свидетельствует отсутствие достоверных отличий от значений этого показателя до ВЭП (рис. 1). Таким образом, полученные изменения свидетельствуют о том, что в результате превентивного 10-тикратного КВЧ-воздействия произошло менее выраженное снижение уровня напряженности регуляторных систем организма у испытуемых после проведения ВЭП.

Б

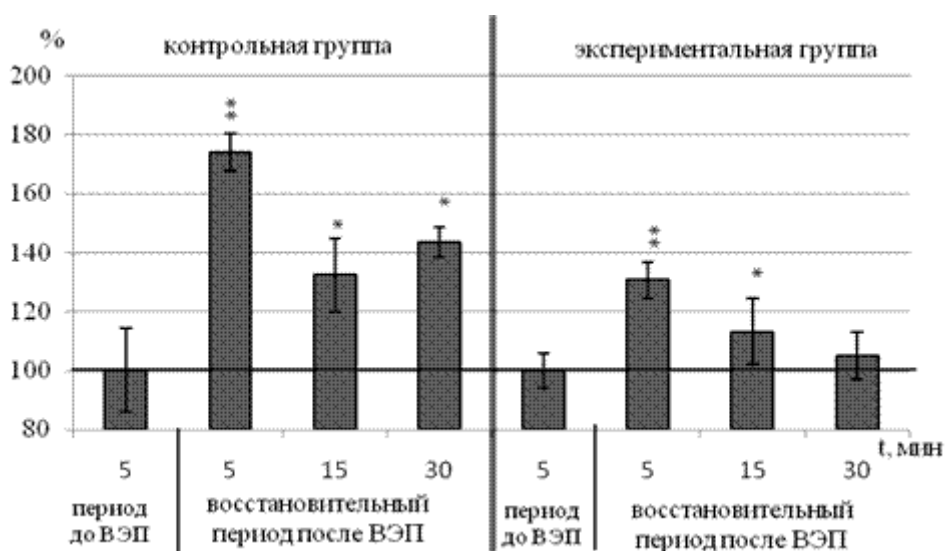


Рис. 2. Изменение значений спектральных показателей (А – HF, LF, TP; Б – LF/HF) сердечного ритма в течение 30-ти мин восстановительного периода после ВЭП у испытуемых контрольной и экспериментальной групп в % по отношению к значениям до ВЭП, принятым за 100%.

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

Менее выраженные изменения были выявлены и при проведении анализа спектральных характеристик ВСР. Так, значения HF, LF и TP к 5-ой мин восстановительного периода были на 50,4% ($p \leq 0,001$), 58,2% ($p \leq 0,001$), 65,1% ($p \leq 0,01$) соответственно ниже, а LF/HF на 30% ($p \leq 0,01$) выше, по отношению к значениям до ВЭП (рис. 2). При этом значения HF, LF и TP были на 514%, 74% и 490% выше ($p \leq 0,05$), а LF/HF на 72% ($p \leq 0,05$) ниже значений у испытуемых контрольной группы, в те же минуты восстановительного периода. К 30-ой мин восстановительного периода было зарегистрировано полное восстановление значений спектральных показателей (рис. 2) у испытуемых экспериментальной группы.

Данные изменения свидетельствуют о том, что превентивное курсовое КВЧ-воздействие привело к менее выраженной централизации СР и незначительному увеличению активности САС в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку.

Таким образом, изменения ВСР, полученные в результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ у испытуемых экспериментальной группы, привели к тому, что в результате проведения ВЭП не происходило значительного снижения активности вегетативных воздействий на СР и чрезмерного напряжения регуляторных систем организма у испытуемых экспериментальной группы. При этом незначительные изменения баланса между отдельными компонентами вегетативной нервной системы и быстрое его восстановление к уровню до ВЭП, свидетельствует об отсутствии гиперактивности САС организма.

Полученные данные подтверждаются и нашими ранее проведенными исследованиями на животных, в которых было показано, что ЭМИ КВЧ обладает антистрессорным действием, и приводит к подавлению чрезмерной активации САС, а, следовательно, отсутствию развития стресс-реакции на физическую нагрузку и увеличению активности стресс-лимитирующих систем, причем как при предварительном, так и комбинированном со стресс-фактором действии [12].

Вместе с тем, проведенное исследование дополняет вышеизложенные данные и свидетельствует о стресс-лимитирующем действии ЭМИ КВЧ при проведении субмаксимальной физической нагрузки у испытуемых экспериментальной группы.

Выводы. 1. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ приводит к изменению значений показателей variability сердечного ритма у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции в восстановительном периоде после велоэргометрической нагрузки.

2. Изменение рассматриваемых показателей (снижение HF на 78%, LF на 85%, TP на 81% ($p \leq 0,01$) и увеличение ИИ на 424% и LF/HF на 84% ($p \leq 0,001$)) у испытуемых контрольной группы к 5-ой мин восстановительного периода после ВЭП, а также отсутствие их полного восстановления к 30 мин, свидетельствует о развитии стресс-реакции в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку.

3. Проведение велоэргометрической пробы у испытуемых прошедших 10-тикратное КВЧ-воздействие привело к менее выраженному изменению рассматриваемых показателей на 5-ую мин восстановительного периода (значения HF, LF и TP были на 61%, 67% и 45% ($p \leq 0,01$) ниже, а значения ИИ и LF/HF на 182% и 12% ($p \leq 0,001$) и к полному их восстановлению к 30 мин восстановительного периода после ВЭП, что свидетельствует об отсутствии развития стресс-реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка variability ритма сердца и электрофизиологических свойств миокарда у больных с острым коронарным синдромом без элевации сегмента ST: значение для определения ближайшего и отдаленного прогноза / А. Н. Пархоменко, Я. М. Лутай, А. В. Шумаков [и др.] // Укр. кардіол. журн. – 2003. – № 1. – С. 15-23.
2. Чуян Е.Н. Изменение показателей variability сердечного ритма под влиянием низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, И.Р. Никифоров, М.Ю. Раваева, Е.А. Бирюкова, О.Д. Богданова // Физика живого, 2009. – Т. 17. – №2. – 206-213 с.
3. Михайлов В.М. Variability ритма сердца: опыт практического применения / В.М. Михайлов. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
4. Fundamentals of exercise testing / [K. Andersen, R. Shephard, H. Denolin H. et al.]. – Geneva, 1979. – 320 p.
5. Бавский Р. М. Оценка функционального состояния организма на основе математического анализа сердечного ритма: метод. рек. / Р. М. Бавский, Ж. Ю. Барсукова. – Владивосток: ДЦО АН СССР, 1989. – 40 с.
6. Мачерет Б. Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк. – Киев: "Вища школа", 1984. – 304 с.
7. Variability сердечного ритма: Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Рабочая группа Европейского кардиологич. об-ва и Североамериканского об-ва стимуляции и электрофизиологии // Вестник Аритмол. – 1999. – №11. – С. 53-78.

8. *Баевский Р.М.* Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин // Вестник аритмологии. – 2001. – Т. 24. – С. 66-85
9. *Щербатов Ю.В.* Вегетативные проявления экзаменационного стресса: автореферат дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 2001. – 12 с.
10. *Агаджанян Н.А.* Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям вариабельности сердечного ритма / Н.А. Агаджанян, Т.Е. Батоцurenova, Ю.Н. Семенов // Теория и практика физической культуры. – 2006. – №1.- С. 2-4.
11. *Баевский Р.М.* Математический анализ сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кирилов. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
12. *Чуян Е.Н.* Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: дис. доктора биологических наук / Е. Н. Чуян. – Д., 004. – 417 с.

Подано до редакції 09.07.12
