

УДК 612.015.3+615.849.11+ 615.849.19

## ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПРИРОДЫ НА ТОНИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СОМАТИЧЕСКОГО НЕРВА И ПОКАЗАТЕЛИ ОСНОВНОГО ОБМЕНА У КРЫС

И.Л. Морозова, А.Ю. Нежута, Е.И. Золотухина, В.С. Улащик

Институт физиологии НАН Беларуси, Минск

*В острых и хронических экспериментах на крысах установлено, что воздействие ЭМИ КВЧ и НИЛИ на кожную поверхность лапы крысы вызывает изменения (усиление либо торможение) в паттерне афферентной импульсации n. saphenus в зависимости от параметров предьявляемого излучения. НИЛИ и ЭМИ КВЧ вызывают активацию основного обмена, причем ЭМИ КВЧ с длиной волны 5,6 мм оказывает наиболее выраженное активирующее влияние на обменные процессы, тогда как ЭМИ КВЧ с длиной волны 7,1 мм – ингибирующее.*

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение крайне высокой частоты, низкоинтенсивное лазерное излучение, основной обмен, афферентная импульсация в n. saphenus.

*Acute and chronicle experiments on rats showed that EMI EHF and LILI on skin surface of rat paw caused changes (increase or decrease) in the pattern of afferent impulsation in n. saphenus depending on parameters of the applied irradiation. LILI and EMI EHF activates basic metabolism. EMI EHF with 5,6 mm wave length demonstrates the most pronounced activating effect on metabolic processes, while EMI EHF with 7,1 wave length evokes opposite effect.*

**Key words:** electromagnetic irradiation of extremely high frequencies, low-intensity laser irradiation, basic metabolism, afferent impulsation in n. saphenus.

Среди факторов электромагнитной природы наибольший научный интерес и практическую значимость имеют электромагнитное излучение крайне высоких частот и лазерное излучение. Область исследований биологических эффектов электромагнитного излучения крайне высоких частот (ЭМИ КВЧ) занимает особое место в электромагнитобиологии и является одним из активно развивающихся направлений современной клинической медицины. Установлено, что применение этого физического фактора оказывает выраженное обезболивающее, а также противовоспалительное действие, которое проявляется в уменьшении экссудативного отека, понижении температуры тела, фагоцитарной активности и образования активных форм кислорода [1, 2, 4]. В литературе имеются сведения о том, что ИЭМИ КВЧ вызывает изменения энергетики клеток и активности ферментных систем, что позволяет предположить возможность модулирования основного обмена данным физическим фактором. На показатели основного обмена влияют различные факторы, в том числе и лечебные физиотерапевтические процедуры [3, 5].

Одним из активно используемых физиотерапевтических методов является низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). По энергетическим параметрам его действие играет роль триггера, запускающего цепь биохимических и физиологических изменений в организме. В имеющейся литературе отсутствуют сведения о влиянии такого рода излучения на основной обмен и тоническую активность соматических нервов.

В связи со сказанным выше, целью данного исследования явилось сравнительное изучение влияния ЭМИ КВЧ различных параметров, лазерного излучения красной области спектра на электричес-

кую активность соматического нерва, а также потребление кислорода, выделение углекислого газа и теплопродукцию у крыс.

### Материалы и методы

Эксперименты были проведены на самцах белых крыс. Исходная масса тела животных составляла 200-220 г. Животные, содержащиеся в обычных условиях вивария, предварительно были разделены на 7 групп, по 8 животных в каждой:

- 1 – контрольные животные;
- 2 – животные, подвергшиеся воздействию ЭМИ КВЧ с длиной волны 7,1 мм в непрерывном режиме по 20 минут ежедневно в течение 15 суток;
- 3 – животные, подвергшиеся воздействию ЭМИ КВЧ с длиной волны 5,6 мм в непрерывном режиме по 20 минут ежедневно в течение 15 суток;
- 4 – животные, подвергшиеся воздействию ЭМИ КВЧ с длиной волны 4,9 мм в непрерывном режиме по 20 минут ежедневно в течение 15 суток;
- 5 – животные, подвергавшиеся воздействию импульсного ИЭМИ КВЧ БПМ (длина волны 8,5 мм, рабочая частота 35,27 ГГц, выходная мощность 20 мВт, частота следования импульсов 50 Гц, длительность импульса 800 нс) в течение 10 минут ежедневно в течение 10 суток;
- 6 – животные, которым имитировали воздействие физическим фактором ежедневно в течение 10 суток;
- 7 – животные, подвергавшиеся курсовому (10 суток) воздействию НИЛИ.

Регистрация параметров основного обмена производилась: в группе 1 – в первые и 10-е сутки, в группах 2 – 4 – в первые и 15-е сутки, в группах 5 – 7 – в первые и 10-е сутки применения ЭМИ КВЧ. Показатели основного обмена, в качестве которых были приняты: потребление кислорода ( $VO_2$ , мл/

ч), продукция углекислого газа ( $VCO_2$ , мл/ч), и теплопродукция (ТП, ккал/ч), регистрировали с помощью метода непрямой калориметрии. Указанные параметры регистрировали с помощью системы мониторинга метаболизма MM-100 (Columbus Instr., USA). Активность афферентных волокон в ветвях *n.saphenus* регистрировали на компьютеризированной электрофизиологической установке с помощью биполярных хлорсеребряных электродов. Электрическая активность из аналоговой формы преобразовывалась в цифровую и регистрировалась в виде файлов на диске компьютера. Источником излучения миллиметровых волн служил магнетронный генератор ИЭМИ КВЧ БПМ со следующими параметрами: рабочая частота 35,27 ГГц (длина волны 8,5 мм), выходная импульсная мощность 20 кВт, длительность импульсов 800 нс, частота следования импульсов 5 и 50 Гц. В качестве излучателя использовали открытый отрезок волновода сечением 7,2 x 3,4 мм<sup>2</sup> со стандартным фланцем. В ближней зоне волнового излучателя на расстоянии 5 мм от излучающего торца проводили облучение кожной поверхности стопы задней конечности. Также в качестве источника КВЧ-излучения использовался физиотерапевтический аппарат «КВЧ – НД» (длины волн – 4,9 мм, 5,6 мм и 7,1 мм). Для лазерного воздействия использовался аппарат «Родник-1». Облучению в непрерывном режиме при мощности 21 кВт в течение 1 мин подвергалась наружная поверхность стопы задней конечности.

Статистическая обработка проводилась по *t*-критерию Стьюдента с помощью программы Microsoft Excel. Анализ данных производили с помощью программы Origin 6.1.

#### Результаты и обсуждение

На протяжении всего эксперимента  $VO_2$ ,  $VCO_2$  и ТП у животных контрольной группы (группа 1), и животных, которым имитировали КВЧ-воздействие (группа 6) достоверно не изменялись, по сравнению с исходными значениями.

У животных группы 2, подвергавшихся 10-ти процедурам воздействия ЭМИ КВЧ с длиной волны 7,1 мм, не сопровождалось выраженными из-

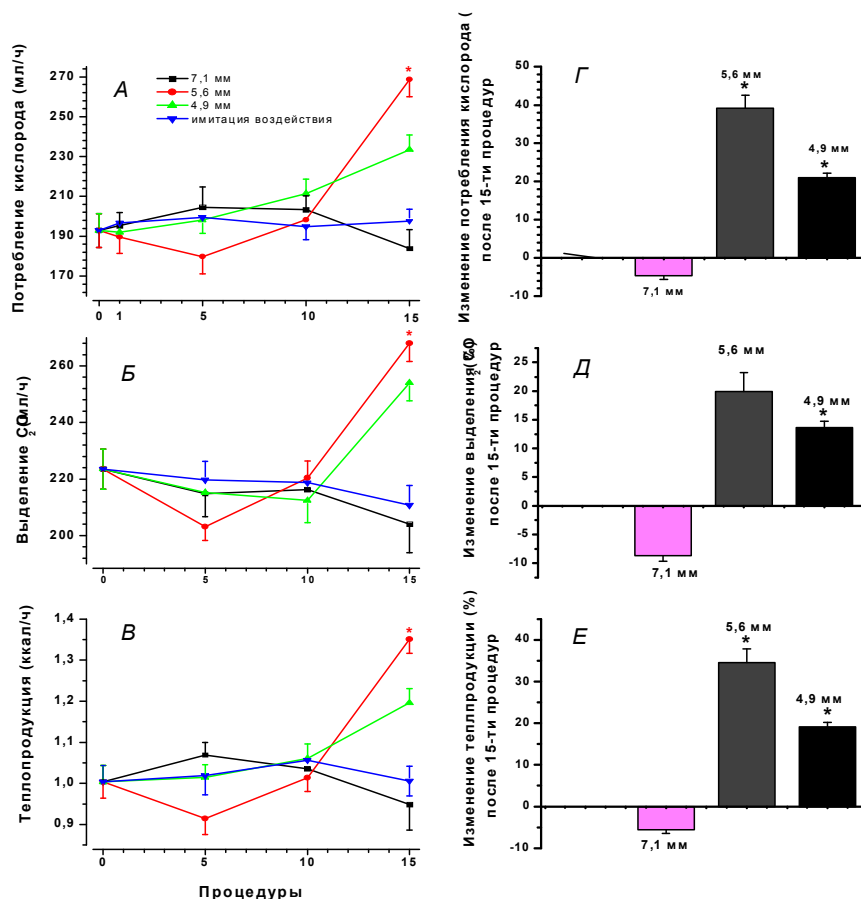


Рисунок 1 – Изменения показателей основного обмена при воздействии ЭМИ КВЧ с различной длиной волны

менениями изучаемых показателей. После 15-й процедуры наблюдался незначительный гипометаболический эффект. Потребление кислорода, выделение углекислого газа и теплопродукция, соответственно, понизились на 4,7%, 8,7% и 5,5% (рис.1, А и Г).

При КВЧ-облучении животных с длиной волны 5,6 мм (группа 3) после 1-й, 5-й и 10-й процедур также не было зарегистрировано достоверных изменений изучаемых параметров основного обмена. Однако после 15-й процедуры отмечался заметный рост потребления кислорода, выделения углекислого газа и теплопродукции: в среднем на 39,2%, 19,9% и 34,6%, соответственно (рис. 1, Б и Д). Полученные данные свидетельствуют о выраженном гиперметаболическом эффекте данного курса процедур.

Сходная динамика изменений показателей основного обмена наблюдалась и при воздействии ЭМИ КВЧ с длиной волны 4,9 мм (группа 4). Изменения приобрели выраженный характер только после 15-й процедуры: увеличение  $VO_2$  составило 21,1%,  $VCO_2$  – 13,6%, ТП – 19,1%. Таким образом, применение курса ЭМИ КВЧ с длиной волны 4,9 мм также оказывает стимулирующее действие на обмен веществ, хотя и менее выраженное, по сравнению с предыдущей группой (рис. 1, В и Е).

У животных группы 5 показатели основного об-

мена возросли в среднем к концу курса на 10,61%, 11,89%, и 10,33%, соответственно, по сравнению с исходными значениями исследуемых параметров. Полученные результаты свидетельствуют, что применение 10-дневного курса ИЭМИ КВЧ БПМ частотой 35.27 Гц оказывает слабо стимулирующее действие на основной обмен.

Динамика изменений показателей основного обмена у крыс, подвергавшихся облучению поляризованным НИЛИ красной области спектра, свидетельствует о достоверном росте потребления кислорода (в среднем на 29%) и теплопродукции (в среднем на 27%) к окончанию курса процедур (рис. 2).

Воздействие НИЛИ красного спектра (21 мВт) в течение 1-й минуты сопровождалось постепенным и пролонгированным угнетением активности афферентных волокон подкожного нерва бедра. Реакция достигала максимума через 60-65 минут после прекращения облучения, когда частота разрядов в афферентных волокнах в среднем была понижена на  $40,1 \pm 4,7\%$ , по сравнению с уровнем фона (рис. 3). Можно полагать, что ингибирующая реакция будет иметь место и по истечении большего времени (например, 2-3-х часов), т.к. в реализацию ответной реакции вовлекается не только нервный, но и гуморальный фактор.

В сравнительном плане исследовали действие другого фактора электромагнитной природы – КВЧ-излучения миллиметрового диапазона боль-

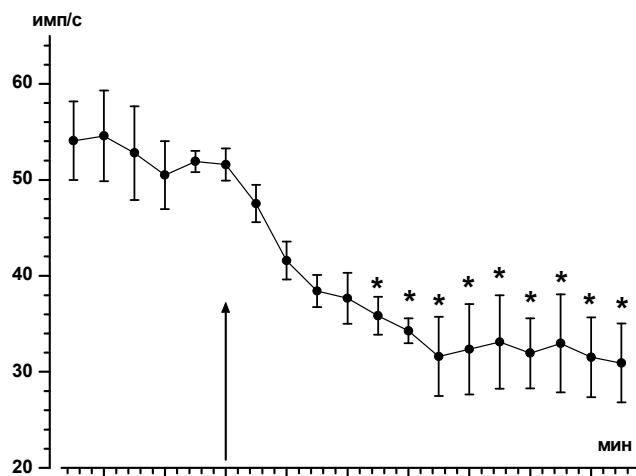


Рисунок 3 – Изменения частоты афферентной импульсации в *p.saphenus* до и после воздействия НИЛИ (21 мВт) в течение одной минуты

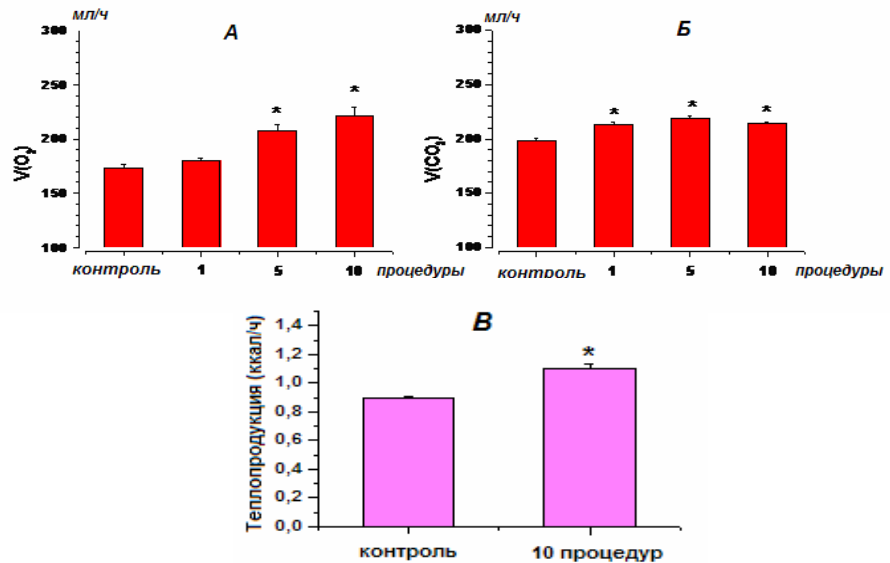


Рисунок 2 – Изменения показателей основного обмена при воздействии НИЛИ красной области спектра

шой пиковой мощности (ИЭМИ КВЧ БПМ) на импульсную активность в кожных нервах, поскольку именно кожа является первой мишенью для ЭМИ, а ее рецепторный аппарат определяет формирование системных реакций организма.

Воздействие ИЭМИ КВЧ БПМ в режиме частотной модуляции 5 Гц и длительности импульса 800 нс, времени экспозиции 10 мин приводит к резкому нарастанию центростремительной импульсной активности (рис. 4,2). На пике реакции частота импульсов достигает  $82,5 \pm 4,5$  имп/с ( $P < 0,05$ ). Сокращение времени экспозиции (5 мин) ИЭМИ КВЧ с сохраненными другими параметрами воздействия изменяет направленность ответной реакции: в первые 25-30 мин после выключения генератора ИЭМИ КВЧ выявлено угнетение частоты афферентных импульсов, а в последующем она возрастает (рис. 4,1).

Изменение частоты следования пачек импульсов с 5 Гц на 50 Гц с неизменной длительностью импульса (800 нс) сопровождается активирующей ответной реакцией чувствительных волокон (рис. 5). Такая направленность изменений сохраняется и при снижении времени экспозиции ИЭМИ до 5 мин.

### Заключение

Подводя итог сказанному выше, можно констатировать, что воздействие ИЭМИ КВЧ БПМ на кожную поверхность вызывает изменения в паттерне афферентной импульсации нерва в зависимости от параметров предъявляемого электромагнитного излучения, а в конкретном случае, вероятно, и от состояния рецепторов кожи. ИЭМИ КВЧ БПМ в зависимости от модальности стимула снижает либо усиливает чувствительность кожных рецепторов, являющихся одним из первых звеньев в цепи

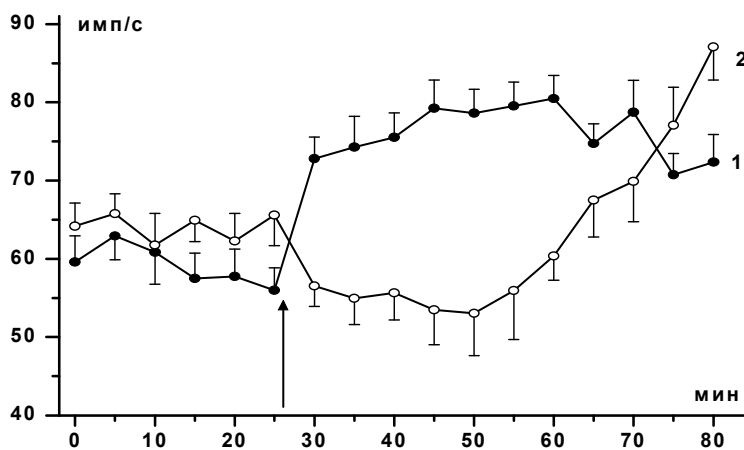


Рисунок 4 – Изменение частоты афферентной импульсации п. *saphenus* при ИЭМИ КВЧ-воздействии (5 Гц, 800 нс) в течение 10 (1) и 5 (2) мин. Представлены усредненные данные 5 опытов. Стрелкой обозначен момент выключения магнетронного генератора.

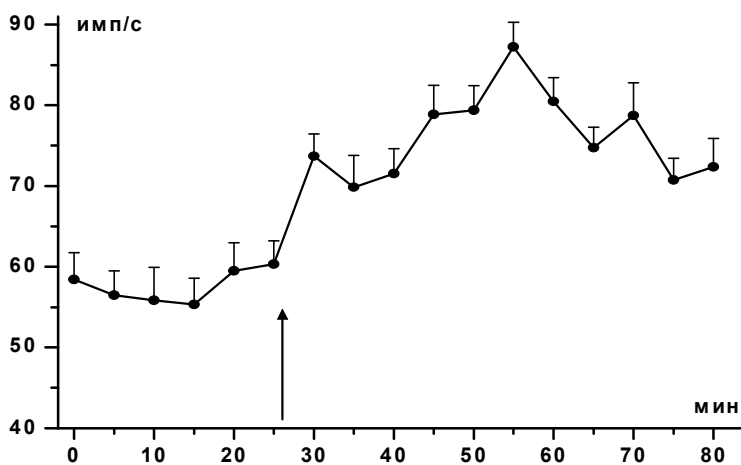


Рисунок 5 – Изменение частоты афферентной импульсации п. *saphenus* при ИЭМИ КВЧ-воздействии (50 Гц, 800 нс) в течение 10 мин. Усредненные данные 5 опытов

системных реакций организма. При воздействии НИЛИ красного спектра с максимальной мощностью регистрируются пролонгированные реакции угнетения активности афферентных волокон в подкожном нерве бедра. Лазерное излучение данного спектрального диапазона вызывает усиление процессов основного обмена. Последнее характеризуется менее выраженными сдвигами показателей основного обмена, по сравнению с таковыми при воздействии ЭМИ КВЧ с длиной волны 5,6 мм, оказывающем самое активизирующее влияние на метаболические процессы. Облучение ЭМИ КВЧ с длиной волны 7,1 мм сопровождалось ингибирующим действием на основной обмен. Полученные данные могут служить основой для оптимизации лечебного применения изучаемых факторов электромагнитной природы при заболеваниях, сопровождающихся болевым синдромом или метаболическими нарушениями.

#### Литература

1. Давыдов А.С. Биология и квантовая механика. – Киев. – 1979. – 202 с.
2. Девятков Н.Д., Голант М.Б. // Письма в ЖТФ. – 1982. – Т. 8, № 1. – С. 39-41.
3. Држевецкая И.А. Основы физиологии обмена веществ и эндокринной системы. – М. – 1994. – 200 с.
4. Улащик В.С., Лукомский И.В. // Очерки общей физиотерапии. – Минск. – 2005. – 512 с.
5. Riggs A.J., White B.D., Gropper S.S. Changes in energy expenditure associated with ingestion of high protein, high fat versus high protein, low fat meals among underweight, and overweight female. // Nutrition J. – 2007. – Vol. 11. – P. 672-678.

Поступила 08.04.09