

Дерюгина Анна Вячеславовна

д-р биол. наук, доцент

Таламанова Мария Николаевна

канд. биол. наук, старший преподаватель

Хламова Юлия Николаевна

студентка

ГАОУ ВО «Нижегородский государственный

университет им. Н.И. Лобачевского»

г. Нижний Новгород, Нижегородская область

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА НА КРОВЬ

***Аннотация:** в статье исследовано действие электромагнитных волн терагерцового диапазона на кровь крыс *in vitro*. В результате исследования установлено, что электромагнитное излучение терагерцового диапазона мощностью 0,1–20 мВт/см² при непрерывном облучении крови в течение 1 мин вызывало увеличение концентрации 2,3-дифосфоглицерата (2,3-ДФГ) и понижение уровня АТФ, при дробном режиме воздействия увеличение концентрации 2,3-ДФГ было менее выражено, чем при непрерывном режиме воздействия, однако в низком диапазоне мощности наблюдалось увеличение концентрации АТФ.*

***Ключевые слова:** терагерцовый диапазон, электромагнитные излучения, 3-дифосфоглицерат, АТФ.*

На сегодняшний день значительно возрос интерес к действию ТГц-диапазона частот на биологические объекты. Это объясняется широкими возможностями использования ТГц-волн в биомедицине, и, в частности, в медицинской диагностике, и новыми разработками для выявления онкологических заболеваний [4, с. 104]. Кроме того, в настоящее время ведутся поиски новых немедикаментозных методов коррекции нарушений функций организма. Одним из таких методов является низкоинтенсивное электромагнитное излучение терагерцового

диапазона частот (ЭМИ ТГц). При этом набор аппаратуры, спектральный диапазон частот, методика сеансов и диапазон терапевтической дозы не отработаны. Кроме того, не исследовано действие ЭМИ ТГц на метаболизм клеток. В частности, отмечается, что при воздействии на клетку малых доз радиации не работают системы адаптации, поскольку организм способен приспосабливаться лишь к «привычным» воздействиям, лежащим в обычном диапазоне интенсивностей, а это означает, что нарушается управление внутренними и внешними регуляторами, меняются соотношения положительных и отрицательных обратных связей и, в конечном итоге, процессы гомеостаза и развития [1, с. 30; 5, р. 81]. Поэтому для раскрытия физиологических механизмов действия малых доз излучения целесообразным представляется исследование данного вида воздействия в опытах *in vitro*. Целью работы ставилось действие ЭМИ ТГц-излучения на метаболические показатели эритроцитов.

В работе исследовали действие различных режимов ЭМИ ТГц на кровь крыс *in vitro*. В качестве источника ЭМИ ТГц служил автоматизированный микроволновый комплекс на базе гиротрона с рабочей частотой 263 ГГц (производство ИПФ РАН, Нижний Новгород). Генерируемая мощность составляла 0,1–20 мВт/см². Образцы облучались СВЧ 1 мин. Проводили 2 серии экспериментов. В первой серии эритроциты облучали непрерывно в течение 1 мин, во второй серии образцы облучались СВЧ импульсами длительностью 200 мс сериями по 300 импульсов со скважностью $\frac{1}{2}$, таким образом, что суммарное время облучения составляло 1 мин. Контролем служила кровь крыс, не подвергавшаяся ЭМИ-воздействию. При исследовании действия ЭМИ было проведено 10 проб. Содержание 2,3-ДФГ и АТФ в суспензии отмытых эритроцитов исследовали неэнзиматическим методом, определяя неорганический фосфор фотоэлектрокалориметрически в гидролизатах эритроцитов [2, с. 425].

Исследование концентрации АТФ и 2,3-ДФГ в эритроцитах при действии ТГц диапазона выявило, что концентрация АТФ в эритроцитах крови при действии исследуемого диапазона мощности в непрерывном режиме в течение 1 мин

значительно понижалась относительно значений контроля, тогда как концентрация 2,3-ДФГ увеличивалась. При этом дозозависимого эффекта выявлено не было.

При дробном режиме воздействия было выявлено, что сохранялась тенденция к увеличению концентрации 2,3 ДФГ в эритроцитах по сравнению с контролем, однако изменения показателя были менее выражены по сравнению с предыдущей серией. Следует отметить, что в отличие от непрерывного воздействия ТГц в течение 1 мин, при дробном облучении наблюдалось увеличение АТФ в диапазоне мощностью излучения 0,1–1 мВт/см².

Анализируя полученные эффекты, можно предположить, что действие ЭМИ ТГц-излучения на содержание в эритроцитах АТФ и 2,3-ДФГ вызвано модифицирующим его влиянием на метаболизм эритроцитов. При этом вероятно, что при мощности излучения 0,1–20 мВт/см² дополнительно активируются ферменты гликолиза. При увеличении концентрации 2,3-ДФГ в клетке уменьшается степень сродства гемоглобина к кислороду, при этом большее количество кислорода освобождается из оксигемоглобина и передается тканям [3, с. 38]. В свою очередь, повышение уровня 2,3-ДФГ будет способствовать кислородтранспортной функции клеток, что может быть эффективно в качестве компенсаторной реакции организма, связанной с ликвидацией кислородного долга при гипоксических состояниях.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ и Министерства промышленности и инноваций Нижегородской области в рамках научного проекта №15–44–02358 «р_поволжье_a».

Список литературы

1. Бурлакова Е.Б. Действие сверхмалых доз биологически активных веществ и низкоинтенсивных физических факторов / Е.Б. Бурлакова, А.А. Конрадов, Е.Л. Мальцева // Химическая физика. – 2003. – Т. 22. – №2. – С. 21–40.
2. Виноградова И.Л. Метод одновременного определения 2,3-ДФГ и АТФ в эритроцитах / И.Л. Виноградова, С.Ю. Багрянцева, Г.В. Дервиз // Лаб. дело. – 1980. – №7. – С. 424–426.

3. Крылов В.Н. Содержание АТФ и 2,3-ДФГ в эритроцитах при консервации и воздействии озона / В.Н Крылов, А.В. Дерюгина, И.С. Симулис [и др.] // Биомедицина. – 2014. – №2. – С. 37–43.

4. Чекрыгин В.Э. Терагерцовый диапазон на страже здоровья / В.Э. Чекрыгин // Известия южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – Т. 96. – №7. – С. 102–107.

5. Krylov V.N. Apoptotic nature of erythrocyte hemolysis induced by low doses of ionizing radiation / V.N. Krylov, A.V. Deriugina, S.N. Pleskova, V.A. Kalinin // Biophysics. – 2015. – Т. 60. – №1. – P. 79–84.