

профилактики развития артериальной гипертензии и избыточной активации нервной системы. Данные материалы могут послужить для разработки стратегий, направленных на улучшение психологического здоровья и успеваемости учащихся.

### **ВЫВОДЫ**

1. У студентов-медиков с более высоким средним баллом успеваемости отмечалось более значимое повышение АД во время экзаменационной сессии по сравнению с обычной нагрузкой во время учебы в семестре. Причем при повторном измерении АД у данных студентов во время экзаменационной сессии через год было выявлено снижение данного показателя по сравнению с прошлым годом;

2. У исследуемых студентов-медиков вне зависимости от среднего балла успеваемости было выявлено, что ЧСС в период экзаменационной сессии возрастает, причем в большей степени у студентов с низким средним баллом успеваемости;

3. При снижении среднего балла успеваемости АД не демонстрирует значимого прироста в период экзаменационной сессии в динамике за 2 года.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Influence of acute mental stress on blood pressure, heart rate and heart rate variability in male medical students: An experimental study from tertiary care hospital, Nepal / K. R. Pandey, R. Khadka, D. R. Panday [et al.] // Journal of Biomedical Sciences. –2020. – Vol. 7, № 1. –P. 11–17.
2. Blood pressure and heart rate of students undergoing a medical licensing examination / A. Zeller, D. Handschin, N. Gyr [et al.] // Blood Press. – 2004. – Vol. 13, № 1. – P. 20–24.
3. Stress in medical students / F. Nechita [et al.] // Rom J Morphol Embryol. – 2014. –Vol. 55, № 3S. – P. 1263–1266.
4. Hypertension and depression among medical students: is there an association? / H. Alhawari [et al.] // Heliyon. – 2022. – Vol. 8, № 12. – Article ID e12319. – P. 1–5.
5. Effect of Examination stress on heart rate, blood pressure and white blood cells / U. A. Soomro [et al.] // Professional Med J. – 2021. – Vol. 28, № 1. – P. 66–71.
6. Acharya, A. Acute effect of examination stress on cardiovascular parameters / A. Acharya, M. Sharma // International Journal of Medical and Health Research. – 2017. – Vol. 3, № 10. – P. 01–03.
7. Ravindranaik, M. B. K. Blood pressure and pulse rate variability before and after practical examination in medical students / M. B. K. Ravindranaik // University Journal of Pre and Paraclinical Sciences. – 2019. – Vol. 5, № 2. – P. 10–12.

### **Сведения об авторах**

Е.А. Киркалова\* – студент лечебного факультета  
А.А. Новиков – студент лечебного факультета  
Д.А. Александров – кандидат медицинских наук, доцент  
С.Н. Чепелев – кандидат медицинских наук, доцент

### **Information about the authors**

E.A. Kirkalova\* – Student of the Faculty of General Medicine  
A.A. Novikov – Student of the Faculty of General Medicine  
D.A. Alexandrov – Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor  
S.N. Chepelev – Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

elizavetakirkalova30@gmail.com

УДК: 616-006.81;61;537.811

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ (5 Гц): ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КЛЕТЧНОЙ ЛИНИИ МЕЛАНОМЫ**

Кныш Олег Евгеньевич<sup>1</sup>, Эрлиш Дарья Сергеевна<sup>1</sup>, Маклакова Ирина Юрьевна<sup>1,2</sup>, Гаврилова Ксения Андреевна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра нормальной физиологии

<sup>2</sup>Кафедра патологической физиологии

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России  
Екатеринбург, Россия

### **Аннотация**

**Введение.** За последние 50 лет отмечается неуклонный рост заболеваемости меланомой в сравнении с другими видами онкологии. Абсолютное число впервые установленных диагнозов меланомы в период с 2011 по 2021 г. увеличилось в 1,5 раза у мужчин и женщин. Среднегодовой темп прироста составил 2,69% (на 100 тыс. населения), прирост - 31,62%. Однако, современные методы специфической послеоперационной терапии имеют множество побочных эффектов и нежелательных реакций. В связи с этим, необходимо рассматривать

альтернативные методы лечения данного злокачественного новообразования. В ряде исследований выявлено, что электромагнитное поле низкой частоты может ингибировать пролиферацию опухолевых клеток и стимулировать апоптоз, подавляя рост и метастазирование. Некоторыми авторами были исследованы воздействия ЭМП-НЧ на клетки линии меланомы. Однако еще не было задокументировано влияние электромагнитного поля крайне низкой частоты - 5 Гц. **Цель исследования** - выявить влияние электромагнитного поля 5 Гц на функциональное состояние клеток линии меланомы B16-F10 (изучить функциональное состояние клеток линии меланомы при экспозиции электромагнитного поля 5 Гц различной длительности с градуальным изменением силы тока). **Материал и методы.** Осуществлено облучение клеток линии меланомы B16-F10 электромагнитным полем низкой частоты (частота 5 Гц, сила тока 5 А - 20 А - 30 А, одно-, биполярное поле) в течение 1, 2, 3 часов. **Результаты.** Выявлено статистически значимое влияние биполярного электромагнитного поля низкой частоты с силой тока 30 А на клетки меланомы. **Выводы.** Наше исследование доказало, что электромагнитное поле 5 Гц является перспективным терапевтическим подходом к лечению меланомы и требует дальнейших исследований. **Ключевые слова:** ЭМП, ЭМП-НЧ, рак, меланома, 5 Гц.

## LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS (5Hz): CHANGE OF FUNCTIONAL STATUS OF THE MELANOMA CELL LINE.

Knysh Oleg Evgenievich<sup>1</sup>, Erlich Daria Sergeevna<sup>1</sup>, Maklakova Irina Yurievna<sup>1,2</sup>, Gavrilova Ksenia Andreevna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Normal Physiology

<sup>2</sup>Department of Pathological Physiology

Ural State Medical University

Yekaterinburg, Russia

### Abstract

**Introduction.** Over the past 50 years, there has been a steady increase in the incidence of melanoma compared to other types of oncology. The absolute number of first-time diagnosis of melanoma in the period from 2011 to 2021 increased 1.5 times in men and women. The average annual growth rate was 2.69% (per 100,000 population), an increase of 31.62%. However, modern methods of specific postoperative therapy have many side effects and adverse reactions. In this regard, it is necessary to consider alternative methods of treatment of this malignant neoplasm. A number of studies have revealed that low frequency electromagnetic fields can inhibit proliferation of tumor cells and stimulate apoptosis, suppressing growth and metastasis. Other authors have investigated the effects of EMF-LF on melanoma cell lines. However, the effects of extremely low frequency EMF of 5 Hz have not yet been documented. **The aim of the study** was to reveal the effect of 5 Hz EMF on the functional state of melanoma line B16-F10 cells (to study the functional state of melanoma line cells during exposure to 5 Hz EMF of different durations with a graded change in current strength). **Material and methods.** The cells of melanoma line B16-F10 were irradiated with EMF (frequency 5 Hz, current strength 5 A - 20 A - 30 A, single-, bipolar field) for 1, 2, 3 hours. **Results.** A statistically significant effect of bipolar EMF-LF with a current intensity of 30 A on melanoma cells was revealed. **Conclusion.** Our study proved that the 5 Hz EMF is a promising therapeutic approach to the treatment of melanoma and requires further research.

**Keywords:** EMF, LF-EMF, cancer, melanoma, 5 Hz.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время меланома является серьезной патологией, распространенность которой беспрестанно растет. За последние 50 лет отмечается неуклонный рост заболеваемости меланомой в сравнении с другими видами онкологии [1]. Составляя структурно менее 5% всех форм ЗНО кожи, меланома является причиной более 80% смертей, приходящихся на группу новообразований данного органа [2].

Хирургические методы лечения зачастую сопровождаются рядом осложнений после удаления очагов меланомы и ее метастазов [3]. Имеющиеся на настоящий момент методы специфической послеоперационной терапии и профилактики рецидивов имеют множество побочных эффектов и нежелательных реакций.

В связи с этим необходимо рассматривать альтернативные методы терапии данного ЗНО. В настоящее время электромагнитные поля низкой частоты (ЭМП-НЧ) становятся все более популярными в качестве безопасного и неинвазивного подхода. Выявлено, что ЭМП может ингибировать пролиферацию опухолевых клеток и стимулировать апоптоз, подавляя рост и метастазирование онкологии [4]. Некоторыми авторами [5, 6] были исследованы воздействия ЭМП-НЧ на клетки линии меланомы. Однако еще не было задокументировано влияние ЭМП крайне низкой частоты- 5 Гц.

**Цель исследования** – выявить влияние ЭМП 5 Гц на функциональное состояние клеток линии меланомы B16-F10.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Клетки меланомы B16-F10 были закуплены в АТСС. Клетки выращивали на среде DMEM (среда Игла, модифицированная по Дульбекко (Dulbecco's Modified Eagle Medium)) с добавлением 10 мг/мл гентамицина. Для анализа функционального состояния, клетки собирали, промывали фосфатно-буферным раствором. При исследовании клеток (количество апоптозов, митозов, некрозов) использовался метод проточной цитометрии. Выраженность апоптоза определяли с помощью набора красителей аннексин V-FITC/PI, Ki-67. Данный набор позволяет дифференцировать клетки, находящиеся в состоянии апоптоза: % ранних апоптотических (показывают одиночную положительную флуоресценцию: Аннексин V+/PI-) и % клеток на поздней стадии апоптоза (показывают двойную положительную флуоресценцию: Аннексин V+/PI+). Использование Ki-67 обеспечило возможность оценки пролиферативной активности опухолевой клетки.

Генератор ЭМП (Рис. 1) представлял из себя два соленоида, вертикально ориентированных друг на друга. Плотность магнитного потока измерялась на целевом объекте с помощью гауссметра. МП на целевом участке представляет собой моно-/биполярные импульсы с индукцией  $100 \pm 10$  мТл. Частота ЭМП составляла 5 Гц. Весь магнитный аппарат располагается в колпаке с регулятором влажности и температуры. В качестве экрана предусмотрено использование пластин из магнитомягкого сплава толщиной  $\sim 0,23$  мм. Контрольные ячейки были помещены в аналогичную аппаратуру, однако воздействию магнитному полю они подвержены не были.



Рис.1 Генератор ЭМП

Были проведены 3 независимых эксперимента с использованием 3 разных режимов ЭМП. Режим 1: однополярный положительный электрический импульс, ток 5 А, продолжительность импульсов и пауз - 100 мс в течение 1-го, 2-х, 3-х часов. Режим 2: однополярный отрицательный электрический импульс, ток 20 А, продолжительность импульсов и пауз - 100 мс в течение 1-го, 2-х, 3-х часов. Режим 3: биполярный электрический импульс, ток 30 А, продолжительность импульсов и пауз - 100 мс в течение 1-го, 2-х, 3-х часов (Рис. 2).

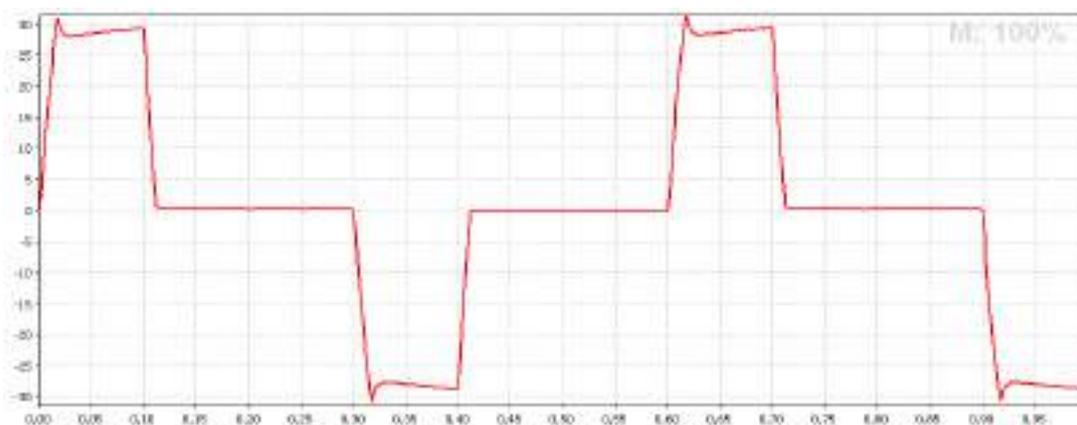


Рис.2 Параметры ЭМП в режиме 3 (ось абсцисс - пакеты импульсов (по 100 мс), ось ординат - сила тока (А)).

Статистическая обработка данных произведена в SPSS Statistics, сравнение данных, не подчиняющихся закону нормального распределения, проводилось с помощью Т-критерия Вилкоксона для зависимых выборок с ненормальным распределением. Нулевой сдвиг учитывался. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Воздействие ЭМП 5 Гц в режимах работы 1 и 2 не оказало математически достоверного влияния на функциональное состояние клеток меланомы (статистически значимого различия в количестве митозов, некрозов, апоптозов выявлено не было: значения находились в зоне незначимости/в зоне неопределенности).

В 3 режиме работы генератора было зафиксировано увеличение количества случаев развития апоптоза в клетках меланомы В16-F10 (Таблица 1).

Таблица 1.

Изменение количества случаев развития апоптоза в культуре, ср. знач (%)

	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Контроль	7,36	7,38	7,38
1 час	Статистически достоверного влияния не выявлено		8,43*; при $T_{эмп}=3$ ( $T_{крит}=10$ )
2 часа			8,22*; при $T_{эмп}=3$ ( $T_{крит}=10$ )
3 часа			9,12*; при $T_{эмп}=1$ ( $T_{крит}=10$ )

Примечание\* - данные считали достоверными при значениях  $T_{эмпирического} < T_{критического}$ , уровень статистической значимости  $T_{критического} p=0,05$ .

### ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно из таблицы 1, увеличение количества случаев развития апоптоза в 3 режиме работы генератора ЭМП обладает высокой степенью значимости, особенно при экспозиции 3 часа. Полученные данные свидетельствуют о наличии статистически достоверного увеличения количества случаев развития апоптоза в экспериментальной группе по сравнению с контрольной.

Обнаруженное влияние ЭМП 5 Гц на В16-F10 может быть связано с модуляцией работы Са-каналов, как следствие – повышение внутриклеточной концентрации  $Ca^{2+}$  [5]. Внутриклеточный кальций является важным вторичным мессенджером в регуляции клеточного цикла, в том числе и апоптотических путей.

Результаты некоторых авторов показывают, что для проявления влияния воздействия ЭМП-НЧ на пролиферацию может потребоваться время ( $> 48$  ч), и эффект связан со временем воздействия [6]. В текущем же исследовании, было изучено изменения функциональной

активности клеток при экспозиции ЭМП 5 Гц в течение 1-3 часов. Полученные в рамках настоящего эксперимента данные, вероятно, являются недостаточными для полноценной оценки влияния ЭМП 5 Гц на клетки меланомы В16-F10. В связи с этим необходимо провести ряд дополнительных исследований:

1-Изучить влияние ЭМП 5 Гц на функциональную активность клеток меланомы при более длительной экспозиции (суммарно более 48 часов). Учитывая факт, невозможности осуществления непрерывной экспозиции ЭМП-НЧ на пораженный участок тела живого человека, необходимо разбить данный временной промежуток на определенные интервалы. Суммарный эффект будет складываться по результатам всех проведенных облучений группы клеток.

2-Изучить механизмы обнаруженного эффекта на клетки меланомы. Потенциально перспективной выглядит концепция изучения интенсивности гликолиза у группы облученных клеток в сравнении с контролем. Также до сих пор не до конца раскрыта причина повышения концентрации внутриклеточного кальция при воздействии ЭМП-НЧ.

### **ВЫВОДЫ**

1. Наше исследование продемонстрировало, что ЭМП-НЧ (5 мкТл, 5 Гц) не оказывают математически достоверного влияния на В16-F10 *in vitro* при воздействии монополярного поля в течение 1, 2, 3 часов при силе тока в 5 А, 20 А.

2. Зафиксированное увеличение выраженности апоптоза в клетках меланомы В16-F10 *in vitro* при воздействии биполярного поля в течение 1, 2, 3 часов (30 А) (Рис. 1) является многообещающим результатом для планирования и проведения дальнейших исследований.

3. В совокупности настоящее исследование доказало, что ЭМП 5 Гц является перспективным терапевтическим подходом к лечению меланомы.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Эберт М. А. и др. Современный взгляд на диагностику меланомы кожи //Вопросы онкологии. – 2019. – Т. 65. – №. 5. – С. 638-644
2. Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена – злокачественные новообразования в России в 2021 году (заболеваемость и смертность)/Под редакцией А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. (2021).
- 3.Титов К. С. и др. Роль хирургии в лечении отдаленных метастазов меланомы кожи //Злокачественные опухоли. – 2016. – №. 3 (19). – С. 25-31.
4. Basile A. et al. Exposure to 50 Hz electromagnetic field raises the levels of the anti-apoptotic protein BAG3 in melanoma cells //Journal of cellular physiology. – 2011. – Т. 226. – №. 11. – С. 2901-2907.
5. Naoran Zhang, Zhe Chen, Aijun Zhang et al. The Role of Calcium Signaling in Melanoma/Internatoinal Journal of Molecular Science, 2022; 23 (3). DOI: 10.3390/ijms23031010
6. Elexpuru-Zabaleta M. et al. A 50 Hz magnetic field influences the viability of breast cancer cells 96 h after exposure //Molecular Biology Reports. – 2023. – Т. 50. – №. 2. – С. 1005-1017.

### **Сведения об авторах**

О.Е. Кныш\* – студент лечебно-профилактического факультета  
Д.С. Эрлиш – студентка лечебно-профилактического факультета  
И.Ю. Маклакова – доктор медицинских наук, доцент.  
К.А. Гаврилова – ассистент кафедры

### **Information about the authors**

O.E. Knysh\* – student of the Faculty of Treatment and Prevention  
D.S. Erlish – student of the Faculty of Treatment and Prevention  
I.Yu. Maklakova – Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor  
K.A. Gavrilova – Department assistant

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

knysh\_oleg4@bk.ru

УДК 612.062

## **ИЗМЕНЕНИЯ ПРОФИЛЯ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У ЖЕНЩИН В ПОСТМЕНОПАУЗАЛЬНЫЙ ПЕРИОД**

Кочерева Алена Андреевна, Усенко Полина Александровна, Каминская Людмила Александровна

Кафедра биохимии