

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОСТОЯННЫМ И ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ НА КУЛЬТУРЫ КЛЕТОК

*Фогель О.И., Ямилова А.А., Баранова А.А., Улитко М.В.*

Уральский федеральный университет имени первого президента России

Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

olgafogel013@gmail.com

**Аннотация.** В настоящее время для лечения онкологии ведётся активный поиск альтернативных методов, побочные эффекты от которых минимальны или полностью отсутствуют. В статье приведены результаты исследования по воздействию постоянным и переменным магнитным полем на культуры нормальных и опухолевых клеток *in vitro* с использованием лабораторного стенда стационарной магнитотерапевтической установки. Проведена оценка жизнеспособности и морфологических изменений в культурах клеток. Выявлена избирательность негативного воздействия на опухолевые клетки.

**Ключевые слова:** Магнитотерапия, постоянное магнитное поле, переменное магнитное поле, лечение онкологии, альтернативная медицина, магнитотерапевтическая установка.

## EFFECTS OF A CONSTANT AND ALTERNATING MAGNETIC FIELD ON CELL CULTURES

*Fogel O., Yamilova A., Baranova A., Ulitko M.*

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Currently, for the treatment of oncology, an active search is underway for alternative methods, the side effects of which are minimal or completely absent. The paper presents the results of a study on the effects of a constant and alternating magnetic field on cultures of normal and tumor cells *in vitro* using a laboratory stand of a stationary magnetotherapy device. Viability and morphological changes in cell cultures were evaluated. A selective negative effect of the magnetic field on tumor cells was revealed.

**Key words:** Magnetotherapy, permanent magnetic field, alternating magnetic field, oncology treatment, alternative medicine, magnetotherapy device.

Ежедневно в России выявляют примерно 1500 случаев онкологии. Самым распространённым и эффективным методом лечения на данный момент является лучевая терапия. Но данный метод лечения имеет ряд недостатков, которые приводят к необходимости поиска более безопасных, но не менее действенных

методов лечения рака. В последние десятилетия в качестве такого метода активно изучается применение магнитных полей [1].

Целью исследовательской работы является выявление отклика на воздействие постоянным и переменным магнитным полем на культуры нормальных и опухолевых клеток при использовании портативного стенда магнитотерапевтической установки.

В исследовании Волобуева А.П. разработана стационарная магнитотерапевтическая установка, на которой проводилось исследование по влиянию импульсного магнитного поля на злокачественную опухоль молочных желез у беспородных собак [2]. Авторы проведенного исследования выявили негативную избирательность импульсного низкочастотного поля на раковые клетки.

Для проведения экспериментов на отдельных культурах клеток разработан портативный лабораторный стенд магнитотерапевтической установки, который имеет все блоки, аналогичные стационарной установке [3], но легок и компактен. Мобильность прибора позволяет проводить эксперименты в клеточных лабораториях специалистами без дополнительного обучения.

На данном стенде проводилось исследование по влиянию магнитных полей на нормальные и опухолевые клетки. В результате выявлено, что магнитные поля оказывают преимущественно негативное влияние на клетки *in vitro*, и не было выявлено избирательности воздействия на опухолевые клетки [4].

Необходима дальнейшая апробация портативного стенда для возможности использования его в экспериментах на клеточных культурах. Помимо этого несогласование экспериментов послужило толчком для проведения дополнительных исследований для набора статистических данных и сведения к минимуму влияния на результаты иных внешних воздействий помимо облучения магнитным полем.

Исследование проводилось на дермальных фибробластах человека и клетках линии HeLa при помощи лабораторного стенда магнитотерапевтической установки (Рисунок 1). Исследовались три режима воздействия. Характеристики режимов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики режимов воздействия магнитного поля

Вид	Экспозиция, мин			Форма импульса	Индукция, мТл	Частота, кГц
	2,5	5	10			
Постоянное	2,5	5	10	–	20	21

Импульсное однополярное	5	10	Меандр		
Импульсное биполярное	5	10	Прямоугольн ый		

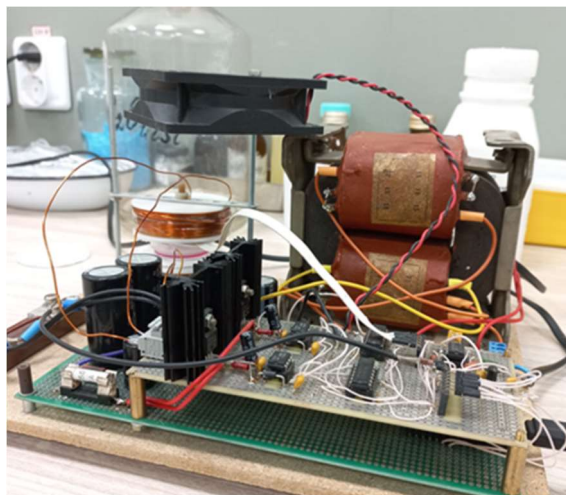


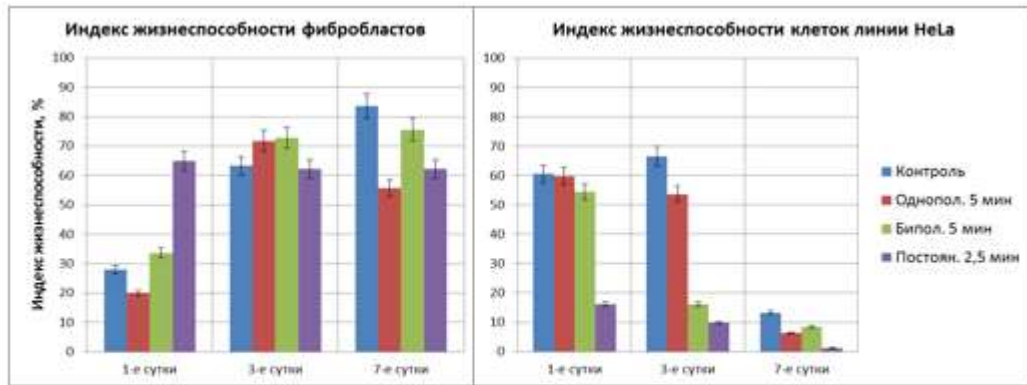
Рисунок 1– Лабораторный стенд магнитотерапевтической установки

Проведены эксперименты при одинаковых значениях экспозиции для сравнения ответной реакции нормальных и опухолевых клеток. Ряд экспериментов проведены при значениях экспозиции в два раза больших для анализа ответной реакции нормальных клеток (Таблица 2).

Таблица 2 - Описание экспериментов

№ эксперимента	Тип клеток	Экспозиция, мин		
		Постоянное	Однополярное	Биполярное
1	Фибробласты	2,5	5	5
2	HeLa	2,5	5	5
3	Фибробласты	5	10	10

Оценка влияния магнитного поля на культуры клеток проводилась с учетом индекса жизнеспособности (Рисунок 2) и морфологических изменений клеток (Рисунок 3).

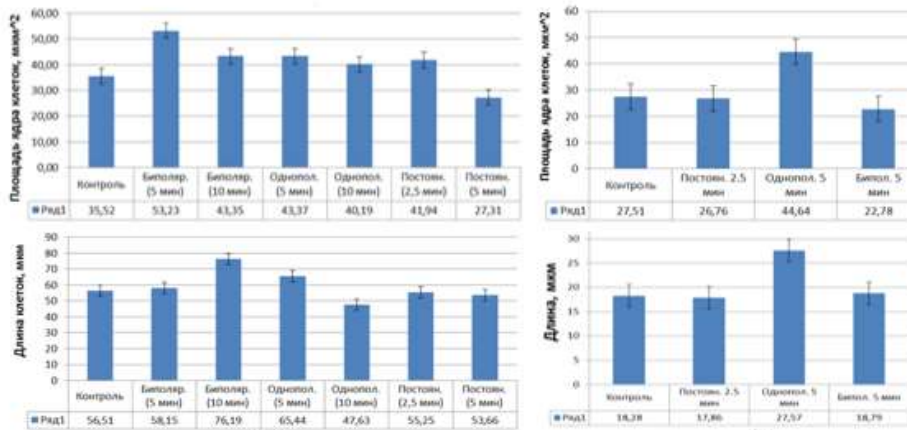


(1)

(2)

1 – Индекс жизнеспособности фибробластов, 2 – Индекс жизнеспособности HeLa

Рисунок 2 – Индексы жизнеспособности культур клеток



(1)

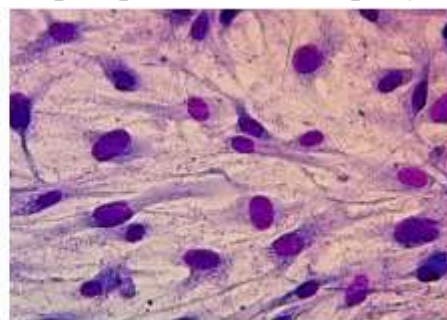
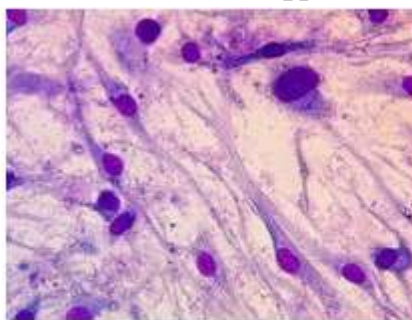
(2)

1 – Дермальные фибробласты человека, 2 – Клетки линии HeLa

Рисунок 3 – Морфологические изменения культур клеток

Рисунок 3 – Морфологические изменения культур клеток

Внешний вид клеток на цифровой камере представлен на рисунках 4-5.

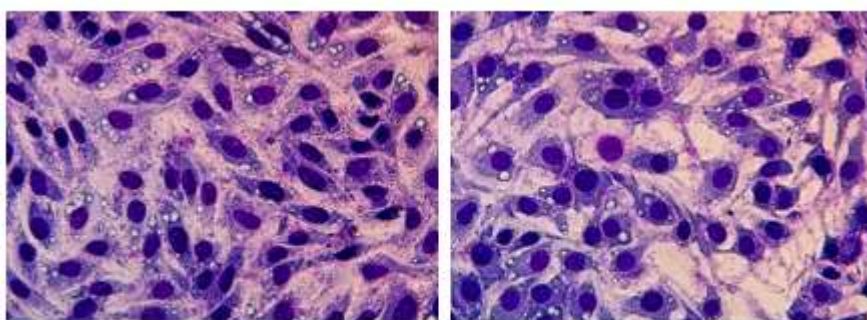


(1)

(2)

1 – Контроль, 2 – Постоянное магнитное поле 2.5 мин.

Рисунок 4 – Внешний вид дермальных фибробластов человека



(1)

(2)

1 – Контроль, 2 – Постоянное магнитное поле 2.5 мин.

Рисунок 5 – Внешний вид клеток линии HeLa

Разработанный стенд магнитотерапевтической установки позволяет создавать регулируемые в широком диапазоне импульсы низкочастотным магнитным полем. Поставленная серия экспериментов, позволяет однозначно утверждать о следующих особенностях воздействия магнитного поля на культуры клеток:

- Для нормальных клеток при значениях экспозиции 2.5 и 5 мин наблюдается стимулирующий эффект от воздействия, при значениях экспозиции 5 и 10 мин – деструктивный эффект. Наблюдение стимулирующего эффекта согласуется с результатами исследования Улитко М. В. [5]. Деструктивный эффект на нормальные клетки при значениях экспозиции более 10 мин наблюдался также в исследовании Мирошник Д. Б. [6].

- На опухолевые клетки воздействие магнитного поля производит к деструктивному эффекту. Данный вывод согласуется с результатами исследования Порханова В. А. [7].

- На морфологию культур клеток влияет как постоянное, так и импульсное магнитное поле. Импульсное магнитное поле, как у нормальных, так и у опухолевых клеток, приводит к увеличению размеров ядер и длины клеток, а постоянное – к уменьшению размеров ядер.

- Выявлена избирательность воздействия магнитного поля на опухолевые клетки, что согласуется с результатами исследования Волобуева А. П. [3].

Согласованность с ранее проведенными исследованиями подтверждает возможность использования лабораторного стенда в качестве более простого и мобильного аналога магнитотерапевтической установки в экспериментах с отдельными культурами клеток.

### **Библиографический список**

- 1 Новиков В. Д. и др. Возможные осложнения у пациентов, получающих лучевую терапию //Смоленский медицинский альманах. – 2019. – №. 3. – С. 112-115.
- 2 Волобуев А. П. Результаты воздействия инфранизкочастотного импульсного электромагнитного поля на животных с онкопатологиями. – 2006.
- 3 Лелягин Д. К. Установка для воздействия на биологические объекты импульсным магнитным полем //12.03.04 Биотехнические системы и технологии. – 2021.
- 4 Малых С. В. Влияние постоянного и переменного электромагнитного поля на морфофункциональные параметры клеток в культуре //06.03.01 Биология. – 2021.
- 5 Улитко М. В. и др. Исследование воздействия низкочастотных импульсных электрического и магнитного сигналов от автономного физиотерапевтического аппарата «Тилайн ЭМ» на жизнедеятельность клеток в культуре //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – №. 5-6. – С. 16-21.
- 6 Мирошник Д. Б., Кузнецов К. А. Влияние магнитного поля на жизнеспособность клеток буккального эпителия человека //Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Т. 1. – №. 1. – С. 88-93.
- 7 Порханов В. А. и др. Сфероидообразование, пролиферативная активность, апоптоз клеток рака лёгкого при воздействии вихревого магнитного поля *in vitro* //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2012. – №. 1. – С. 126.
- 8 Фогель О. И. Воздействие постоянным и переменным магнитным полем на культуры клеток //12.03.04 Биотехнические системы и технологии. – 2022.