

Снижение продукции активных форм кислорода (АФК) нейтрофилами после инкубации в гипомагнитных условиях

Новиков В.В., Яблокова Е.В., Шаев И.А.

Институт биофизики клетки Российской академии наук - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук»

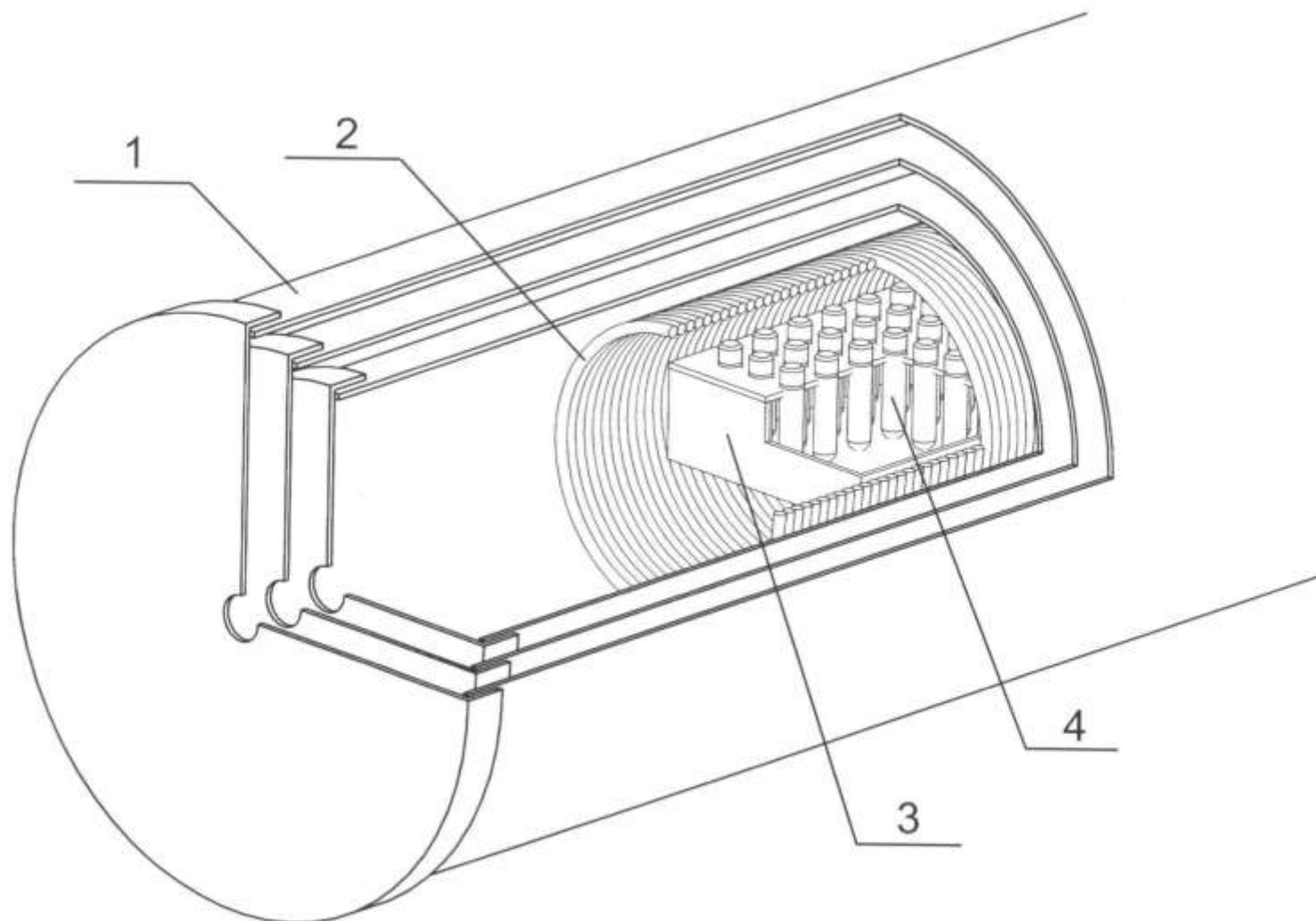
Цель работы

Провести исследование эффектов и молекулярных механизмов действия гипомагнитного поля и слабого постоянного магнитного поля на продукцию свободных радикалов и других активных форм кислорода (АФК) в нейтрофилах. Для определения радикалов и других АФК в работе использованы методы хемилюминесценции (ХЛ) и флуоресцентной спектроскопии.

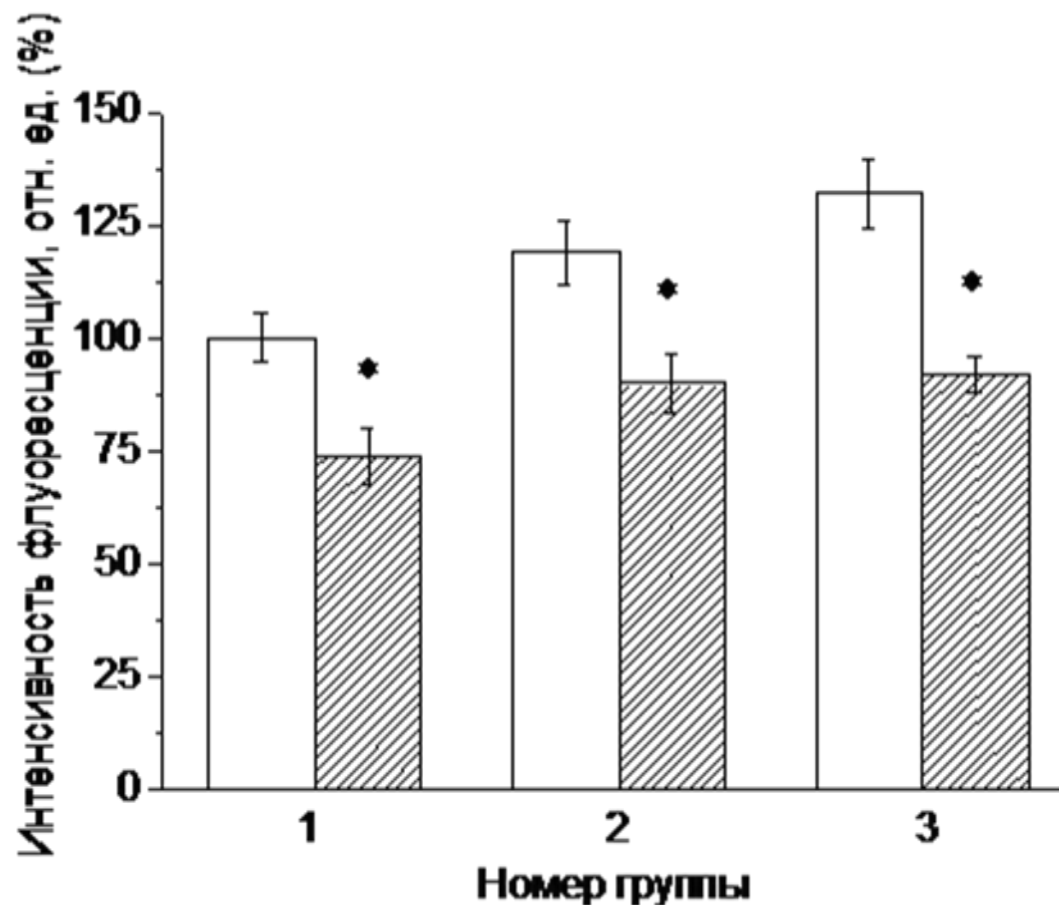
Binhi V.N., Prato F.S. Biological effects of the hypomagnetic field: Analytical review of experiments and theories. *PLoS ONE*, 2017, vol. 12 (6), e0179340.

Zhang B., Tian L. Reactive oxygen species: potential regulatory molecules in response to hypomagnetic field exposure // *Bioelectromagnetics*, 41(8):573-580 (2020).

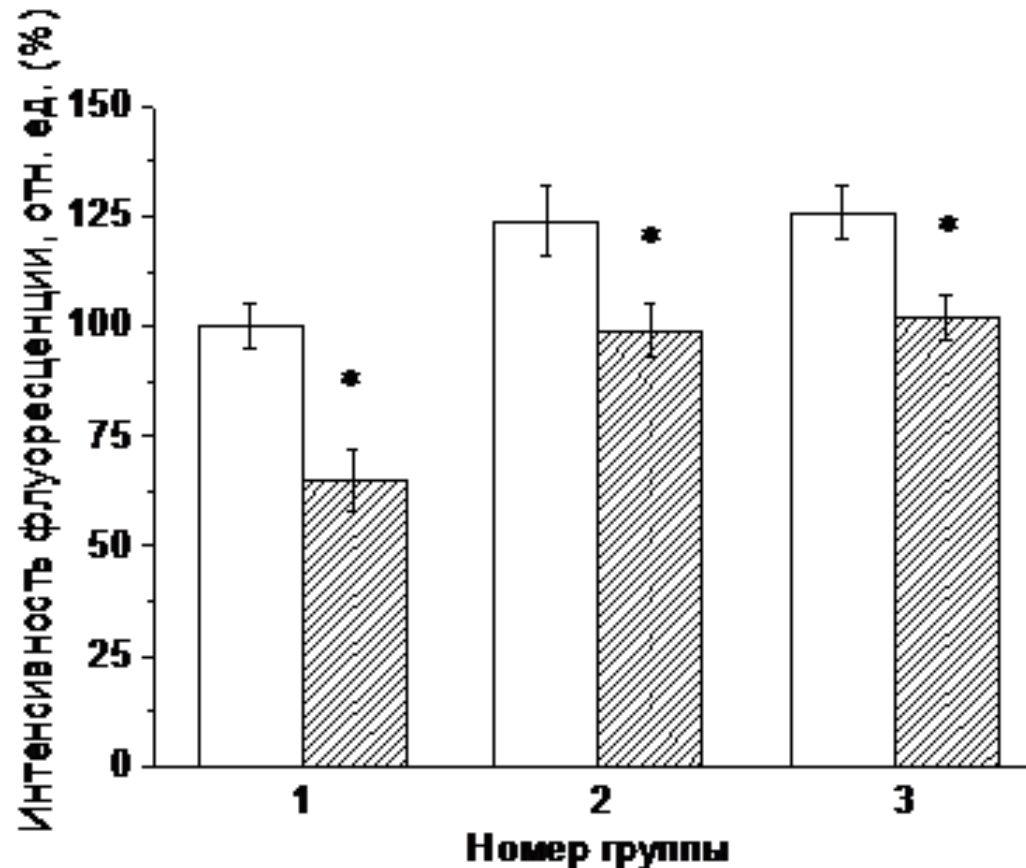
Блок магнитной обработки: 1-магнитные экраны; 2-соленоид; 3-термостабилизированная кювета; 4-экспериментальные образцы



Влияние «нулевого» магнитного поля (20 нТл) на продукцию активных форм кислорода в нейтрофилах: флуоресценция дихлорфлуоресцеина в отсутствие (1) и в присутствии активаторов респираторного взрыва: fMLF (2) и ФМА (3)

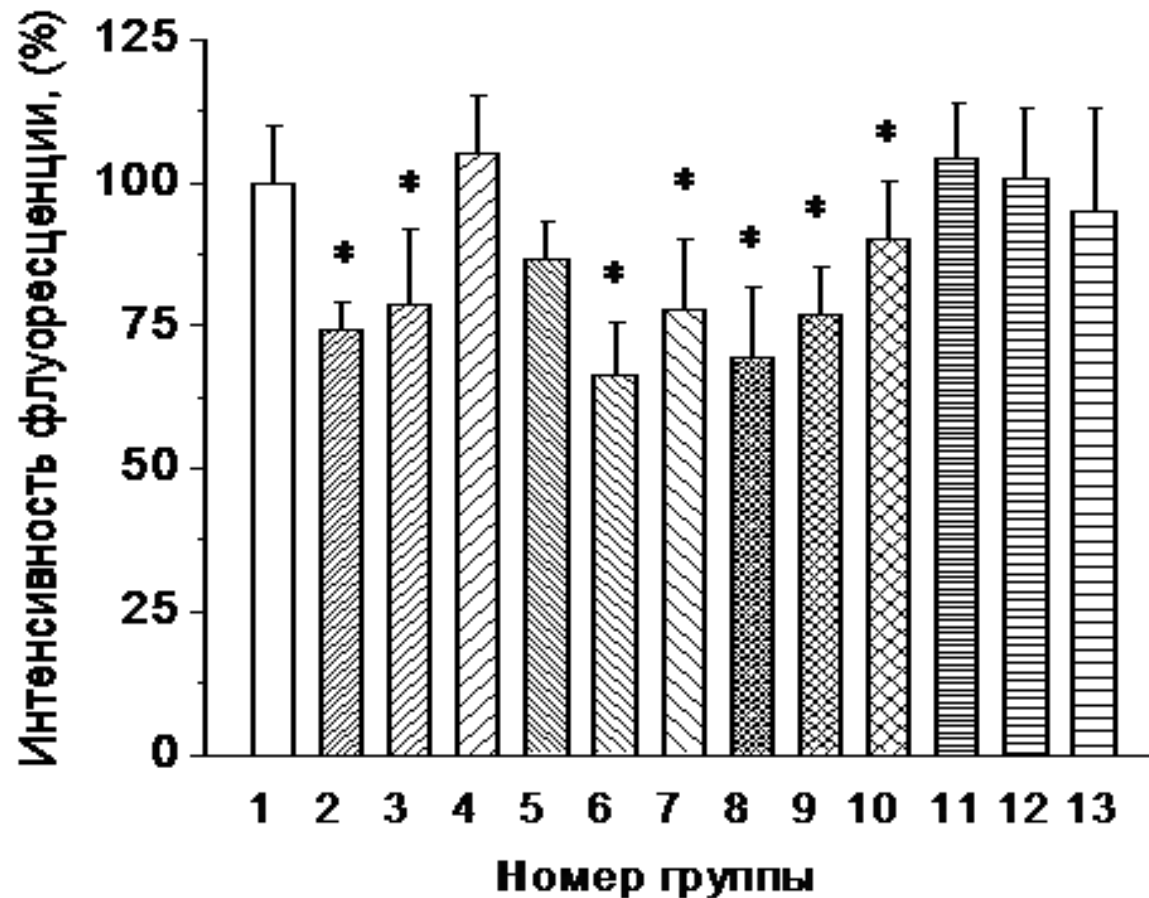


Влияние «нулевого» магнитного поля (20 нТл) на продукцию активных форм кислорода в нейтрофилах: флуоресценция родамина 123 в отсутствии (1) и в присутствии активаторов респираторного взрыва: fMLF (2) и ФМА (3)



Влияние постоянного магнитного поля (ПМП) на интенсивность флуоресценции дихлорфлуоресцеина в суспензии нейтрофилов.

1 – контроль; 2 – ПМП 0,01 мкТл; 3 - 1 мкТл; 4 - 2,5 мкТл; 5 - 5 мкТл; 6 - 7 мкТл; 7 – 9 мкТл; 8 - 15 мкТл; 9 - 19,5 мкТл; 10- 30 мкТл; 11- 45 мкТл; 12 - 74 мкТл; 13 - 100 мкТл.



Влияние постоянного магнитного поля (ПМП) в диапазоне 0,02 – 44 мкТл на интенсивность флуоресценции дихлорфлуоресцеина в суспензии нейтрофилов

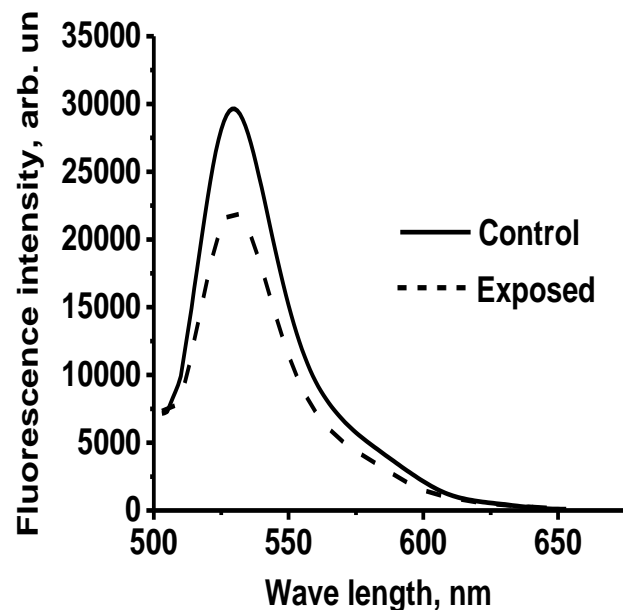


Рис. 1. Спектры флуоресценции дихлорфлуоресцеина в суспензии нейтрофилов после воздействия «нулевого» магнитного поля (СМФ <0,02 мкТл).

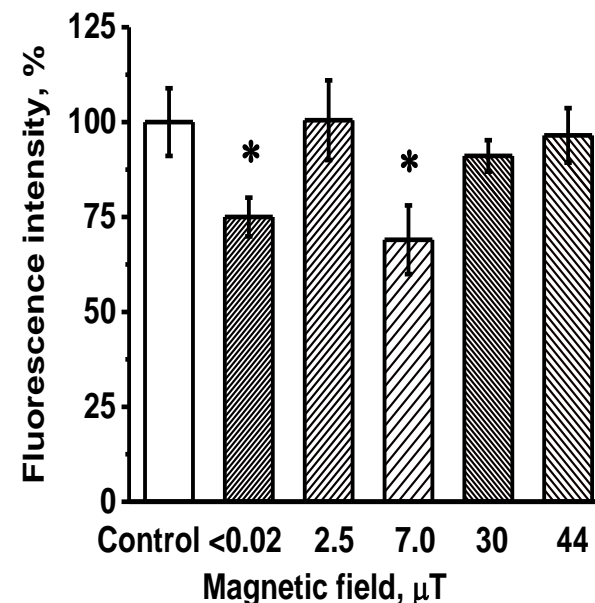


Рис. 2. Влияние постоянного МП на интенсивность флуоресценции дихлорфлуоресцеина в суспензии нейтрофилов. Статистически значимые отличия от контроля отмечены звездочкой ($P < 0,05$).

Влияние постоянного магнитного поля (ПМП) на интенсивность люцигенин-зависимой хемилюминесценции суспензии нейтрофилов

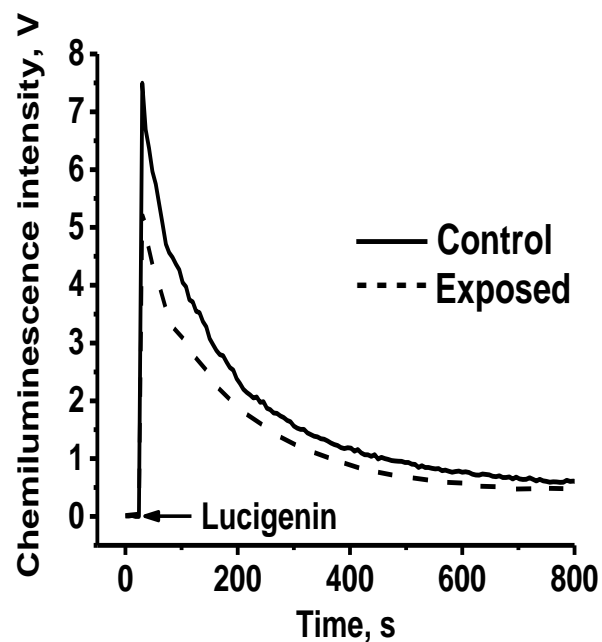


Рисунок 1. Кинетика хемилюминесцентного ответа суспензии нейтрофилов на люцигенин после воздействия «нулевого» магнитного поля (СМФ <math><0,02\text{ мкТл}</math>).

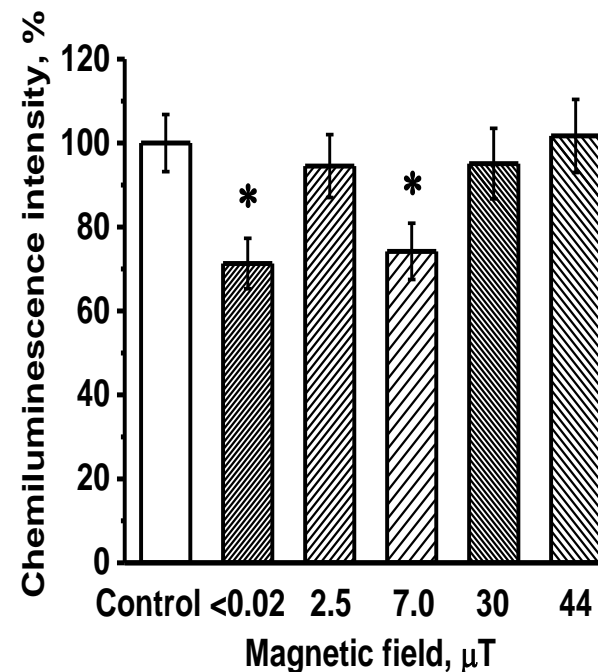
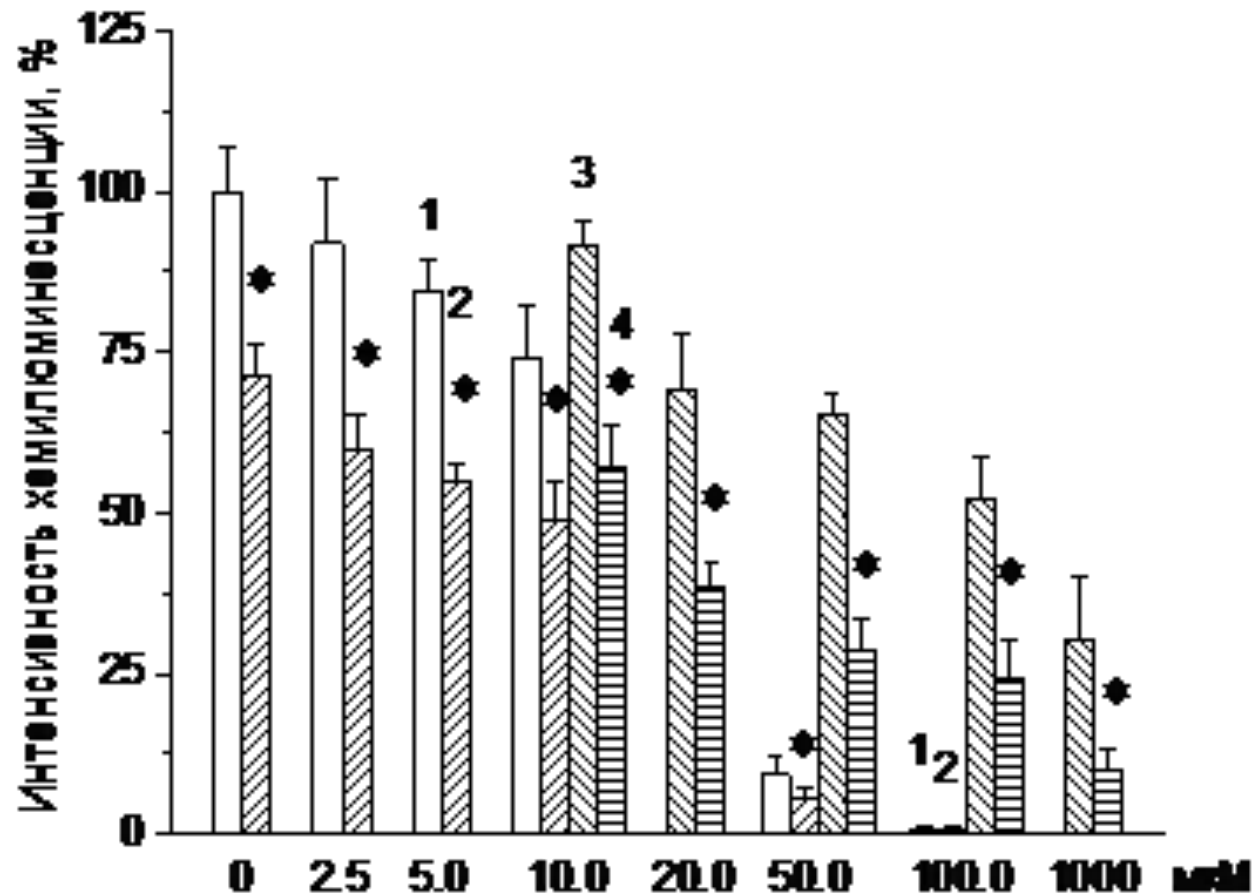
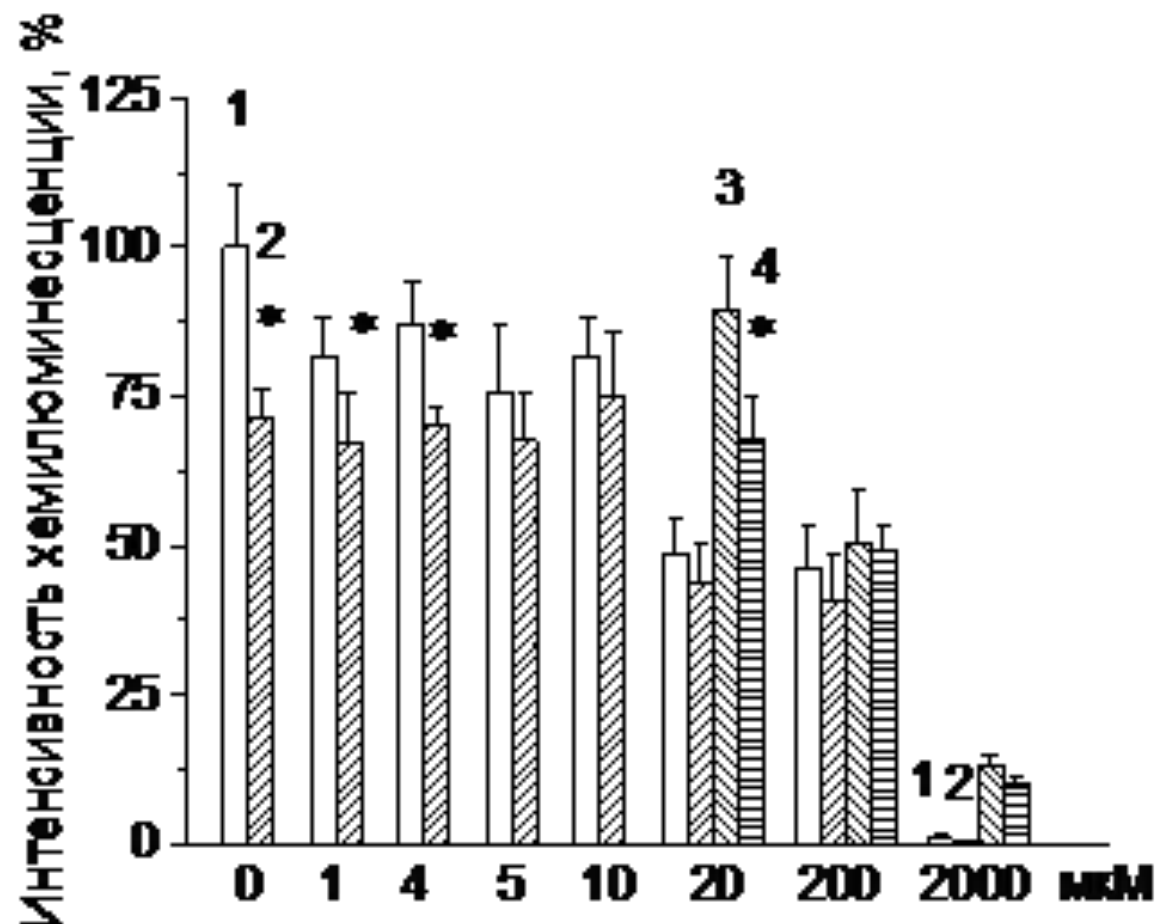


Рис. 2. Влияние постоянного МП на интенсивность люцигенин-зависимой хемилюминесценции в суспензии нейтрофилов. Статистически значимые отличия от контроля отмечены звездочкой ($P < 0,05$).

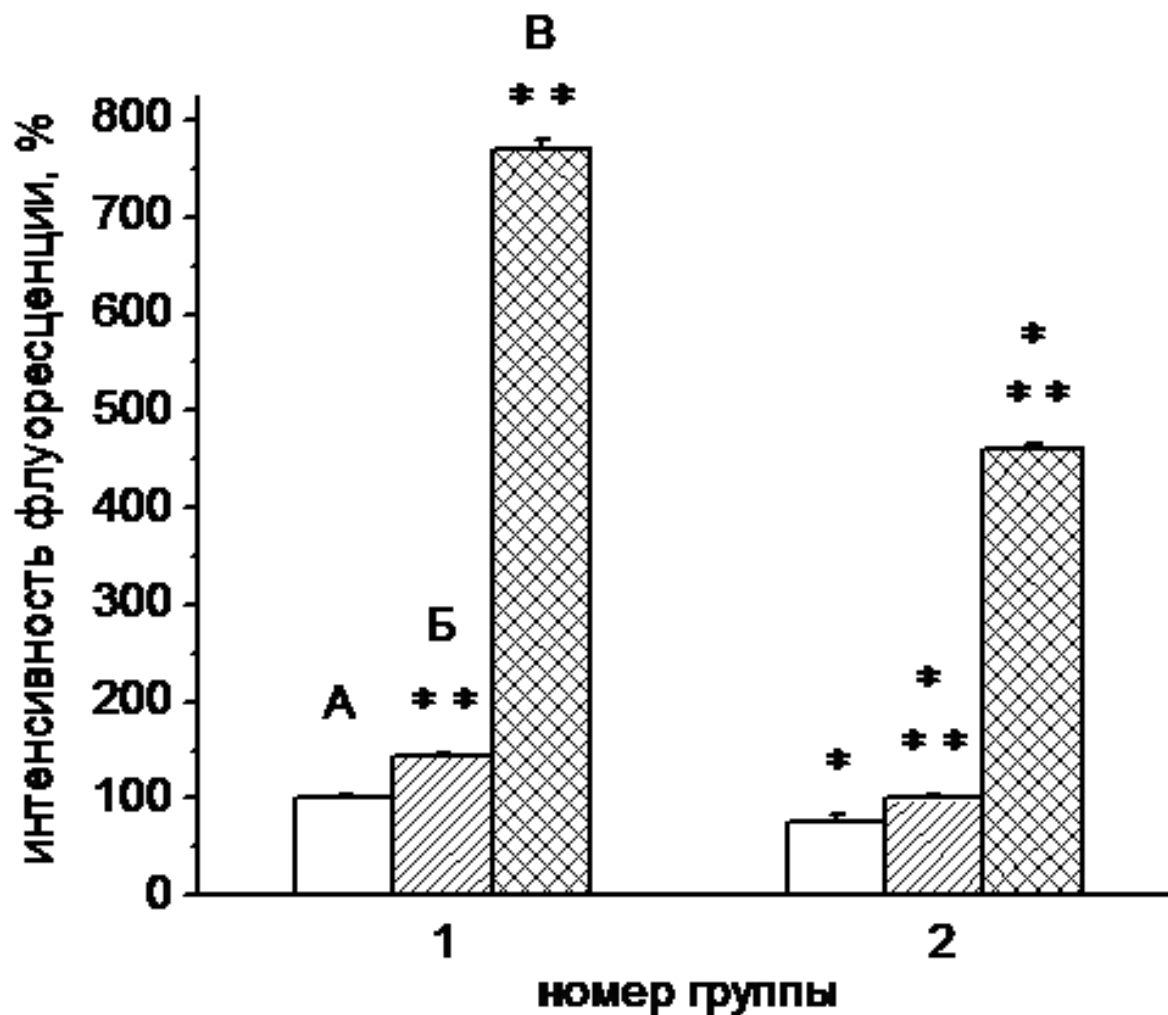
Влияние дифенилйодония на интенсивность люцигенин-зависимой хемилюминесценции суспензии нейтрофилов после действия «нулевого» МП. 1 – контроль, добавка дифенилйодония перед инкубацией 2 – опыт, добавка дифенилйодония перед инкубацией 3 – контроль, добавка дифенилйодония после инкубацией 4 – опыт, добавка дифенилйодония после инкубацией.



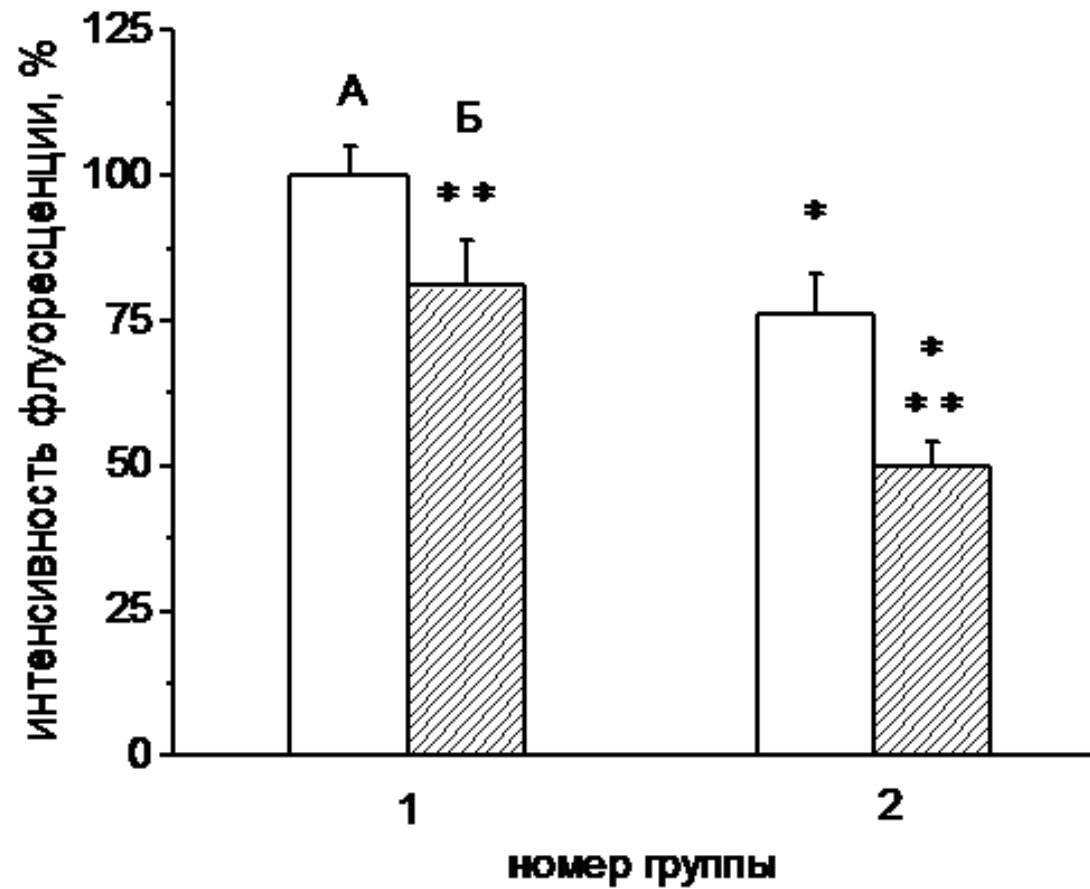
Влияние динитрофенола на интенсивность люцигенин-зависимой хемилюминесценции суспензии нейтрофилов после действия «нулевого» МП. 1 – контроль, добавка динитрофенола перед инкубацией 2 – опыт, добавка динитрофенола перед инкубацией 3 – контроль, добавка динитрофенола после инкубацией 4 – опыт, добавка динитрофенола после инкубацией.



Влияние гипомагнитного поля на интенсивность флуоресценции дихлорфлуоресцеина в суспензии нейтрофилов в отсутствии и в присутствии апоцинина. 1 – контроль 2 - опыт а – без добавок, б – добавка 20 мкМ апоцинина, в – добавка 500 мкМ апоцинина.



**Влияние гипомагнитного поля на интенсивность флуоресценции дихлорфлуоресцеина в суспензии нейтрофилов в отсутствии и в присутствии ротенона. 1 – контроль 2 - опыт.
а – без добавок, б – добавка 1 мкМ ротенона.**



Выводы

- Гипомагнитное поле снижает продукцию АФК в нейтрофилах.
- При увеличении постоянного магнитного поля (ПМП) в диапазоне 0,02-44 мкТл наблюдается полиэкстремальный характер ответа нейтрофилов на это воздействие: минимумы продукции АФК приходятся на 0,02 мкТл и 7,0 мкТл. Они чередуются со значениями 2,5 мкТл и 30 мкТл, при которых используемая тест-система не реагирует на воздействие ПМП. Этот результат получен двумя разными методами - люцигенин-зависимой хемилюминесценцией и флуоресцентной спектроскопией. Выявленная анизотропия реакции биологической системы на воздействие слабым ПМП может быть информативна для анализа физических механизмов неспецифической магниторецепции.
- Ингибиторным анализом показано, что вероятным источником АФК в нейтрофилах, реагирующим на действие «нулевого» и слабого ПМП являются митохондрии.

Литература

- В.В. Новиков, Е.В. Яблокова, Е.Е. Фесенко. Влияние «нулевого» магнитного поля на продукцию активных форм кислорода в нейтрофилах // Биофизика, 2018, Т. 63, № 3, с. 484-487.
- Новиков В.В., Яблокова Е.В., Валеева Э.Р., Фесенко Е.Е. К вопросу о молекулярных механизмах действия «нулевого» магнитного поля на продукцию активных форм кислорода в неактивированных нейтрофилах // Биофизика, 2019, том 64, № 4 , с. 720-725.
- Новиков В.В., Яблокова Е.В., Шаев И.А., Фесенко Е.Е. Влияние слабого постоянного магнитного поля в диапазоне величин от «нулевого» поля (0,01 мкТл) до 100 мкТл на продукцию активных форм кислорода в неактивированных нейтрофилах // Биофизика, 2020, том 65, № 2, с. 524-529.
- Новиков В.В., Яблокова Е.В., Шаев И.А., Фесенко Е.Е. Снижение продукции супероксидного анион-радикала в нейтрофилах в результате действия «нулевого» магнитного поля // Биофизика, 2020, том 65, № 4, с. 735-740.
- Новиков В.В., Яблокова Е.В., Шаев И.А., Фесенко Е.Е. Кинетика продукции активных форм кислорода нейтрофилами после инкубации в гипوماгнитном поле // Биофизика, 2021, том 66, № 3, с. 551-555.

Спасибо за внимание