

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЙТРОФИЛЬНЫХ ГРАНУЛОЦИТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИГИДРИТА

© 2019 г. О. А. Коленчукова^{1,3*}, С. В. Столяр^{2,3}, Л. П. Ладынина²

*E-mail: Kalina-chyikova@mail.ru

¹ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН» обособленное подразделение Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, Минобрнауки РФ, Красноярск, Россия;

²ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН» обособленное подразделение институт физики им. Л. В. Киренского, Минобрнауки РФ, Красноярск, Россия;

³ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Минобрнауки РФ, Красноярск, Россия

Поступила: 15.03.2019. Принята: 03.04.2019

Исследование посвящено определению влияния магнитных железосодержащих наночастиц (МЖНЧ) на функциональное состояние нейтрофильных гранулоцитов крови. Объектом исследования являлись нейтрофильные гранулоциты (НГ) (n=34). Было сформировано 3 группы: контрольная (без инкубации с МЖНЧ); во второй группе при воздействии синтетических магнитных железосодержащих наночастиц ферригидрита (СМЖНЧ), в третьей группе – синтетических магнитных железосодержащих наночастиц ферригидрита, покрытых природным полисахаридом – арабиногалактаном (СМЖНЧА). Концентрации наночастиц ферригидрита составляли 5 мг/мл и 20 мг/мл. Исследовали ранний и поздний хемилюминесцентный ответ. Выявлено, что функциональная активность НГ при воздействии разных экспериментальных типов МЖНЧ изменяется в зависимости от концентрации, при увеличении количества воздействующих наночастиц наблюдается однонаправленная реакция со снижением активности клеток.

Ключевые слова: нейтрофильные гранулоциты, магнитные железосодержащие наночастицы, функциональная активность

DOI: 10.31857/S102872210006693-7

Адрес: 660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 3Г, ФГБУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» обособленное подразделение Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, Минобрнауки РФ, Коленчукова Оксана Александровна. Тел./факс: +7(962)0701710.

E-mail: Kalina-chyikova@mail.ru

Авторы:

Коленчукова О. А., д.б.н., доцент, в.н.с. НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия;

Столяр С. В., д.ф.-м.н., доцент, с.н.с. Института физики им Л. В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия;

Ладынина Л. П., н.с. Института физики им Л. В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия.

Наиболее приоритетным направлением использования наноматериалов является медицина. Магнитные железосодержащие нано-

частицы ферригидрита обладают уникальной особенностью – биосовместимость с живыми организмами, поскольку ферригидрит входит в состав и формируется в ядре белкового комплекса – ферритина. Этот белковый комплекс присутствует в органах практически всех живых организмах и участвует в метаболизме железа. Использование магнитных железосодержащих наночастиц ферригидрита в медицине связано с тем, что данные наночастицы могут доставить лекарственные препараты в определенную клетку или ткань с помощью магнитного поля. При этом магнитные наночастицы, используемые в клинических испытаниях, как показывают исследования, могут оказывать не только положительное воздействие, но и отрицательное, которое может выражаться в токси-

ческом, канцерогенном и мутагенном действии на живой организм в целом [1, 2, 3]. Таким образом, целью исследования является определение влияния магнитных железосодержащих наночастиц (МЖНЧ) на функциональное состояние нейтрофильных гранулоцитов крови.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Объектом исследования являлись нейтрофильные гранулоциты (НГ), выделенные из венозной крови относительно здоровых доноров ($n=34$). Было сформировано три группы, одна из которых являлась контрольной (без инкубации с МЖНЧ). Во второй группе нейтрофильные гранулоциты подвергались воздействию синтетических магнитных железосодержащих наночастиц ферригидрита (СМЖНЧ), в третьей группе – синтетических магнитных железосодержащих наночастиц ферригидрита, покрытых природным полисахаридом – арабиногалактаном (СМЖНЧА). Концентрации наночастиц ферригидрита составляли 5 мг/мл и 20 мг/мл. Исследовали ранний (измеряли реакцию непосредственно после внесения МЖНЧ в пробу) и поздний (пробу инкубировали с МЖНЧ в термостате в течение 45 минут) хемилюминесцентный ответ. Статистическую обработку базы данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование воздействия различных концентраций СМЖНЧ и СМЖНЧА на функциональную активность НГ крови показало снижение интенсивности, времени выхода на пик и площади под кривой люминолом и люцигенин-зависимой хемилюминесценции при воздействии 20 мг/мл СМЖНЧ и 5 мг/мл СМЖНЧА относительно контроля, как в спонтанном процессе, так и при зимозан-индуцированной реакции. Обнаружено что функциональная активность НГ в ответ на СМЖНЧ и СМЖНЧА без инкубации выше, чем в пробах после инкубации. Так, происходит увеличение таких показателей ХЛ как, времени выхода на максимум и индекса активации. Таким образом, при исследовании спонтанной и зимозан-индуцированной люминол- и люцигенин-зависимой ХЛ в пробах с добавлением СМЖНЧ и СМЖНЧА в концентрациях 5 мг/мл и 20 мг/мл наблюдается снижение интенсивности свечения относительно контрольной группы. При сравнении раннего ответа

ХЛ в двух экспериментальных группах, выявлено, что при добавлении СМЖНЧА в минимальной концентрации – 5 мг/мл, происходит увеличение площади под кривой и интенсивности свечения при снижении времени выхода на максимум относительно проб с СМЖНЧ. Так, при добавлении к НГМЖНЧ в концентрации 5 мг/мл наблюдается повышение времени выхода на пик, интенсивности ХЛ и индекса активации в группе с СМЖНЧ относительно СМЖНЧА. При сравнении показателей функциональной активности НГ двух экспериментальных групп с добавлением МЖНЧ в концентрации – 20 мг/мл обнаружили увеличение интенсивности и площади под кривой в спонтанном и зимозан-индуцированном процессе люминол-зависимой ХЛ при добавлении СМЖНЧА относительно проб с СМЖНЧ. При сравнении позднего хемилюминесцентного ответа при индукции НГСМЖНЧА с концентрацией 20 мг/мл выявлено увеличение интенсивности, площади под кривой и времени выхода на пик, как в спонтанном, так и в зимозан-индуцированном процессах относительно воздействия СМЖНЧ. При этом, такая однонаправленная реакция проявляется как в люминол-зависимой ХЛ, так и в люцигенин-зависимом процессе.

Таким образом, функциональная активность НГ изменяется в зависимости от концентрации разных экспериментальных типов МЖНЧ, при увеличении количества воздействующих наночастиц наблюдается однонаправленная реакция со снижением активности клеток. При инкубации НГ с МЖНЧ отмечено снижение функциональной активности клеток. Сравнительный анализ позволил выявить, что СМЖНЧ, имеющие поверхностное покрытие, оказывают стимулирующее действие на функциональную активность НГ. Активирование НГ СМЖНЧ без полисахаридной капсулы обнаружили только при раннем хемилюминесцентном ответе при воздействии концентрации 5 мг/мл. В других реакциях раннего и позднего хемилюминесцентного ответа НГ проявляли большую активность в ответ на наночастицы покрытые арабиногалактаном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Balaev D. A., Dubrovskii A. A., Bayukov O. A., Stolyar S. V., Iskhakov R. S., Krasikov A. A., Yaroslavlsev R. N., Ladygina V. P. The effect of low-temperature heat treatment on the magnetic properties of biogenic ferrihydrite nanoparticles. *Technical Physics Letters*. 2015, 41(7), 705–709.

2. Balaev D. A., Dubrovskii A. A., Semenov S. V., Bayukov O. A., Stolyar S. V., Iskhakov R. S., Krasikov A. A., Ishchenko L. A., Ladygina V. P. Magnetic properties and the mechanism of formation of the uncompensated magnetic moment of antiferromagnetic ferrihydrite nanoparticles of a bacterial origin // Journal of Experimental and Theoretical Physics. 2014, 119(3), 479–487.
3. Iskhakov R. S., Chekanova L. A., Stolyar S. V., Vazhenina I. G. Spin-wave resonance in multilayer fenip/pd films // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2014, 78(4), 328–329.

THE STUDY OF THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF NEUTROPHILIC GRANULOCYTES WHEN EXPOSED TO IRON-CONTAINING NANOPARTICLES FERRIHYDRITE

© 2019 O. A. Kolenchukova^{1,3*}, S. V. Stolyar^{2,3}, L. P. Ladygina²

*E-mail: Kalina-chyikova@mail.ru

¹Research Institute of Medical Problems of the North, Federal Research Centre «Krasnoyarsk Research Centre», Siberian Division of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia;

²L. V. Kirensky Institute of Physics, Federal Research Centre «Krasnoyarsk Research Centre», Siberian Division of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia;

³Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Received: 15.03.2019. Accepted: 03.04.2019

The study is devoted to determining the effect of magnetic iron-containing nanoparticles on the functional state of blood neutrophils. The object of the study was neutrophil granulocytes (n=34). 3 groups were formed: control (without incubation); in the second group – exposed to synthetic magnetic iron-containing ferrihydrite nanoparticles; in the third group – synthetic magnetic iron-containing ferrihydrite nanoparticles coated with natural polysaccharide – arabinogalactane. The concentration of nanoparticles ferrihydrite was 5 mg/ml and 20 mg/ml. Explored the early and late chemiluminescent response. It was found that the functional activity of cells under the influence of different experimental types of iron-containing nanoparticles varies depending on the concentration, with an increase in the number of acting nanoparticles, a unidirectional reaction with a decrease in cell activity is observed.

Key words: neutrophilic granulocytes, magnetic iron-containing nanoparticles, functional activity

Authors:

Kolenchukova O. A., ✉ MD, PhD, researcher, Federal Research Centre, Scientific Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk, Russia;

660022 Krasnoyarsk, Partizana Zelezniakast. 3G, **E-mail:** kalina-chyikova@mail.ru;

Stolyar S. V., MD, PhD, researcher, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia;

Ladinina L. P., researcher, Federal Research Centre, Krasnoyarsk, Russia.