

СТЕРЖНЕВЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ СЕЛЕНА АКТИВИРУЮТ НЕЙТРОФИЛЫ

**И. В. Горудко¹, Д. В. Григорьева¹, В. Е. Реут¹, Е. В. Сак¹, Л. В. Баран¹,
А. С. Барышев², А. В. Симакин²**

¹*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

²*Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия*

Наночастицы селена, жизненно важного элемента в организме человека, находят все более широкое применение в биомедицинских исследованиях благодаря антиоксидантной, иммунорегуляторной, противоопухолевой, нейропротекторной, антимицробной и др. активностям. Традиционно используют сферические наночастицы селена (SeSps), однако в последние годы особое внимание уделяется получению анизотропных форм наночастиц селена с целью улучшения их физико-химических свойств и биологической активности. В этом плане перспективными являются наночастицы селена в виде стержней (SeNrs), которые обладают более пролонгированным действием. Цель работы – исследовать влияние SeNrs на структурно-функциональные свойства клеток крови и сравнить их эффекты с SeSps.

Методы. SeSps (214 нм) и SeNrs (длина 1 мкм и диаметр 100 нм) были получены методом лазерной абляции в деионизированной воде. Морфологию эритроцитов оценивали методом атомно-силовой микроскопии; гемолиз регистрировали по спектрам поглощения гемоглобина в супернатантах эритроцитов, а также турбидиметрическим методом. Жизнеспособность нейтрофилов оценивали методом проточной цитометрии с использованием пропидиум йодида. Дегрануляцию нейтрофилов оценивали методом проточной цитометрии с использованием анти-CD66b-FITC и анти-CD63-APC – маркеров дегрануляции специфических и азурофильных гранул, соответственно. Продукцию активных форм кислорода (АФК) регистрировали в суспензии изолированных нейтрофилов флуоресцентным методом с использованием скополетина, а также методом проточной цитометрии с использованием 2',7'-дихлородигидрофлуоресцеин диацетата.

Результаты. Установлено, что после добавления SeSps или SeNrs в суспензию эритроцитов их морфология сохранялась. Кроме того, в присутствии SeSps или SeNrs эритроциты становились более устойчивы к НОС1-индуцированному гемолизу, в то время как стабилизирующее действие на кислотный гемолиз было выявлено только для SeSps. В присутствии SeSps и SeNrs сохранялась жизнеспособность нейтрофилов. При этом SeSps и SeNrs дозо-зависимым образом стимулировали дегрануляцию, а также продукцию АФК нейтрофилами, которая ингибировалась в присутствии хлорида дифенилениодония – ингибитора сборки НАДФН-оксидазы; вортманнина – ингибитора фосфатидилинозитол-3-киназы; генистеина – ингибитора тирозинкиназ; PP2 – ингибитора Src-киназ, цитохалазина В – ингибитора полимеризации актина. Активирующее действие наночастиц селена на нейтрофилы может быть обусловлено их актин-зависимым эндоцитозом. Более выраженный эффект на функциональные свойства нейтрофилов оказывали SeNrs, что согласуется с данными литературы о том, что стержневые наночастицы легче проникают в клетки.

Вывод. SeNrs не обладают цитотоксичностью по отношению к эритроцитам и нейтрофилам и оказывают выраженное активирующее действие на дегрануляцию и

продукцию АФК нейтрофилами, что может быть использовано для разработки на их основе иммуномодулирующих средств. Следовательно, дальнейшее исследование свойств наночастиц селена в анизотропной форме представляется перспективной для биомедицинских применений.

Работа поддержана грантами БРФФИ (Б24МВ-014 и Б24М-023) и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-15-2022-315 на организацию и развитие Научного центра мирового уровня “Фотоника”).