

УДК 620.3

Системы доставки лекарств на основе наноформ

Макарова Мария Павловна^(*)

makarovamp@bmstu.ru

SPIN-код: 4603-7233

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены наиболее распространенные лекарственные наноформы, а именно нанокристаллы, липосомы и неорганические наночастицы; описаны их физико-химические параметры, фармакологические свойства и некоторые особенности взаимодействия с биологическими системами. Приведены международные непатентованные названия лекарственных препаратов, содержащие исследуемые наноформы и наночастицы. Показана важность и дальнейшая перспектива использования и внедрения в фармацевтическую практику лекарственных наноформ.

Ключевые слова: наноформы, системы доставки лекарств, нанокристаллы, липосомы, неорганические наночастицы

Nanoform - based drug delivery systems

Makarova Maria Pavlovna^(*)

makarovamp@bmstu.ru

SPIN-code: 4603-7233

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The most common medicinal nanoforms, namely nanocrystals, liposomes and inorganic nanoparticles, are considered; their physico-chemical parameters, pharmacological properties and some features of interaction with biological systems are described. International nonproprietary names of medicinal products containing the studied nanoforms and nanoparticles are given. The importance and future prospects of using and introducing medicinal nanoforms into pharmaceutical practice are shown.

Keywords: nanoforms, drug delivery systems, nanocrystals, liposomes, inorganic nanoparticles

Введение. К настоящему времени известны около десятка наносистем, в которых наночастица становится активным участником процесса доставки лекарственного вещества, что открывает новые горизонты для управления процессом доставки в патологический очаг препаратов в отличие от классического применения лекарственных средств. Учитывая, что физико-химические свойства экзо- и эндоклеточной среды являются уникальными и могут изменяться по причине различных патологических процессов, сопровождаясь изменениями температуры и кислотно-основного равновесия [1], в данном случае применение наноносителей будет особенно актуальным. Рассмотрим некоторые специализированные наноносители лекарственных веществ и лекарственные наноформы, в том числе внедренные в фармацевтическую практику.

Материалы и методы. Согласно литературным данным [2], нанокристаллы являются одними из самых распространенных лекарственных наночастиц благодаря своим физико-химическим особенностям. Главным преимуществом применения нанокристаллов как лекарственных наночастиц заключается в том, что биодоступность и растворимость лекарственного вещества возрастает при переходе от обычных порошков к нанокристаллам или наносuspensions, так как скорость высвобождения лекарственного вещества будет зависеть от скорости растворения самих кристаллов и их размеров [3].

Следующей наиболее распространенной и перспективной лекарственной наночастицей являются липосомы. Мембрана липосомы выстлана слоем фосфолипидов, их размеры составляют от 20 нм до 50 мкм. Одной из главных особенностей строения является наличие у липосомы двух полостей: во внешней липидной мембране могут быть размещены лекарственные субстанции гидрофобной природы, например, гормоны; во внутреннем объеме могут располагаться гидрофильные соединения с фармакологической активностью, например, дофамин. Системы доставки лекарств на основе липосом были разработаны для увеличения растворимости веществ и биодоступности, так как липосомы имеют сродство к биологическим системам. В то же время липосомы имеют ограниченное применение в доставке лекарств вследствие их захвата ретикулоэндотелиальной системой организма, опсонизации и неустойчивости. Проблема опсонизации может быть решена за счет покрытия или введения в полость водорастворимых полимеров (полиэтиленгликоля) [4, 5].

Неорганические наночастицы оксида железа, серебра, платины или золота могут использоваться в качестве лекарственных препаратов, как средства доставки лекарственных веществ и для диагностики [3]. Оксид железа был выбран для терапии из-за его магнитных свойств, которые позволяют доводить наночастицы в очаг поражения за счет электромагнитного поля. Установлено [5], что наночастицы оксида железа размером 100 нм, покрытые декстраном, уничтожают опухоль вследствие взаимодействия, которого не возникает с наночастицами меньшего размера. Лекарственные препараты с действующим веществом ферумокситол, содержащие супермагнитные наночастицы железа, используются для лечения железодефицитной анемии [2].

Заключение. Адресная доставка лекарственных веществ на основе наночастиц может помочь решить много сложных и важных вопросов в терапии различных заболеваний. В настоящее время уже выпускаются лекарственные препараты, содержащие наночастицы, что дает возможность в перспективе разработать уникальные для каждого пациента лекарственные формы, учитывая генетические особенности, биотрансформацию, распределение, элиминацию и механизмы действия лекарственных веществ. В дальнейшем исследования позволят перейти от генома человека к изучению молекулярных структур, а именно белков, особенностям их взаимодействия и функционирования в живых организмах, что станет основой для решения актуальных задач нанотехнологий и здравоохранения для человечества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Марахова А.И., Жилкина В.Ю., Сацкевич О.А., Станишевский Я.М. Фармация будущего: нанолечения и методы анализа. *Разработка и регистрация лекарственных средств*, 2015, № 1 (10), с. 72–78.
- [2] Belitsky G.A., Kirsanov K.I., Lesovaya E.A., Yakubovskaya M.G. Mechanisms of the carcinogenicity of nanomaterials. *Advances in molecular oncology*, 2022, vol. 9, no 4, pp. 8–23.
- [3] Макарова М.П. Перспективы использования нанохимии в технологии создания лекарственных наночастиц. *Рос. науч.-технол. школы «Программа “Шаг в будущее” — высокотехнологичной России будущего»*: сб. ст. Москва, Актуальные проблемы фундаментальных наук, 2024, с. 182–191. EDN: ATYBUA
- [4] Syroeshkin A.V., Petrov G.V., Taranov V.V. et al. Radiothermal Emission of Nanoparticles with a Complex Shape as a Tool for the Quality Control of Pharmaceuticals Containing Biologically Active Nanoparticles. *Pharmaceutics*, 2023, vol. 15, no. 3, art. no. 966. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030966>
- [5] Petrov G.V., Koldina A.M., Ledenev O.V., Tumasov V.N., Nazarov A.A., Syroeshkin A.V. Nanoparticles and Nanomaterials: A Review from the Standpoint of Pharmacy and Medicine. *Pharmaceutics*, 2025, vol. 17, art. no. 655. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17050655>