

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ В СЛОЖНОКОМПОНЕНТНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Челнокова И.А.¹, Стародубцева М.Н.^{1,2}, Байрамуков В.Ю.³, Ронищенко Б.В.⁴

¹*Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь*

²*Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь*

³*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Санкт-Петербург, Россия*

⁴*Институт физико-органической химии НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

В биологических жидкостях возможно одновременное циркулирование наноразмерных частиц биологического происхождения таких, как экзосомы, экзомеры, липопротеины, так и частиц неорганического происхождения таких, как наночастицы серебра, липосомы, нанотрубки, которые могут использоваться в наномедицине. Форма и размеры этих частиц похожи, а их наноразмерность является фактором, затрудняющим их идентификацию в сложно-компонентных биологических жидкостях классическими методами. Одним из методов исследования наноразмерных частиц является атомно-силовая микроскопия (АСМ). К преимуществам данного метода можно отнести возможность изучения объектов биологического происхождения как на воздухе, так и в жидкости, сохраняя естественные для них условия среды. Данный метод позволяет получать трёхмерные изображения и оценивать такие механические свойства, как модуль упругости, силу неспецифической адгезии, энергию диссипации механической энергии и др.

Целью работы являлось установление различия параметров механических свойств наночастиц разной природы, находящихся в биологических жидкостях, с помощью атомно-силовой микроскопии. В работе использовали Bruker Bioscope Resolve АСМ.

Выявлена неоднородность по механическим свойствам популяции наночастиц плазмы крови, выделенных классическими способами выделения экзосом из плазмы крови. Характерными чертами разных типов наночастиц плазмы крови являются различия в параметрах их механических свойств и связи этих параметров с их геометрическими параметрами. Так, наночастицы с размером более 50 нм обладают свойствами везикул с жидким содержанием: они имеют относительно низкий модуль упругости и относительно высокую деформацию в центральной части. Наномеханические свойства двух других типов наночастиц плазмы крови диаметром 50 нм и менее различаются по структуре и механическим свойствам. Везикулы плазмы человека диаметром 30-50 нм можно считать классическими экзосомами. Они имеют более низкий модуль Юнга и более высокую деформацию в сравнении с меньшими немембранными наночастицами диаметром менее 30 нм, которые намного жёстче и которые могут быть экзомерами. В работе обсуждаются также выявленные различия механических свойств экзосом, липопротеинов, липосом и наночастиц серебра. Таким образом, АСМ-исследования позволяют выявить различия параметров геометрических и механических свойств различных по природе наночастиц (экзосом, экзомеров, липопротеинов из биологических жидкостей, наночастиц серебра и липосом) и идентифицировать и различать эти наночастицы при изучении сложнокомпонентных биологических сред с возможным содержанием разных типов наночастиц.

Работа поддержана БРФФИ (проект Б20Р-427, 2020-2022 гг.)