

Наукові повідомлення

УДК 61:539.24:544.77

Л.Я. Федонюк, Д.І. Остафійчук, М.О. Шаповалов*

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ. СУЧАСНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського МОЗ України», м. Тернопіль
Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці

Резюме. Досягнення в нанотехнології дали можливість працювати з речовинами в нанометрових діапазонах, які характерні для біологічних структур – молекул, клітин. Новітні розробки в медицині з використанням нанотехнологій дають можливість вирішувати проблеми генерації біосистем, органів, тканин, створення

нових перспективних напрямів дослідження, моделювання, діагностики та лікування.

Ключові слова: наномедицина, нанотехнології, наноімплантат, нанопристрій, клітина - наноробот, наносенсор, наночіп.

Перспективи нанотехнології надзвичайно захоплюючі. Медицина, фармакологія, діагностика побачили в нанотехнологіях якісний прорив у діагностиці та лікуванні хвороб. Дана технологія дозволяє працювати з речовиною в нанометрових вимірах, які і характерні для біологічних структур – молекули та клітини.

Основними напрямками застосування нанотехнологій в медицині є:

1. Адресна доставка лікарських речовин у клітини-мішені, що є джерелами розвитку патологічних процесів. Лікарська речовина доставляється своєрідними «контейнерами» -наночіпами фосфоліпідними частинками, ліпосомами. Для адресної доставки лікарських засобів могли б використовуватися бактерії. Доведена можливість трансмембранного транспортування нанорозмірних комплексів у клітинах бактерій, здатних до вибіркового акумулювання колоїдних частинок золота, також визначено молекулярні структури та механізми, що відповідають за даний процес [8].

2. Новітні засоби та методи лікування на нанометровому рівні: прикладом може бути протипухлинна терапія, яка включає:

- можливість молекулярного відображення найменших проявів наночастинок на клітинному рівні;
- механізм молекулярного прицілювання після ідентифікації клітинних маркерів;
- технологія знищення ідентифікованих злоякісних клітин;
- технологія моніторингу отриманого ефекту [9].

Сучасний розвиток нанотехнологій дав можливість конструювати медичні нанороботи, які можуть:

- проводити керовані нанохірургічні втручання в організмі хворої людини;
- проводити контроль рівня глюкози в крові та виробництва інсуліну.
- методами молекулярного моделювання продемонстровано можливість створення штучних еритроцитів [1, 11, 13];

3. Впровадження у практику медичної діагностики нанотехнологічних підходів, новітніх методів діагностики з використанням досягнень нанотехнологій (in vivo) [6], що дозволяє проводити:

- ранню діагностику захворювань;
- виявляти вірусні та бактеріальні інфекції;
- виявляти онкологічні, ендокринні, серцево-судинні захворювання;
- покращувати методи діагностики (молекулярна фізіографія з використанням контрастної речовини з наночастинок для візуалізації хворих тканин) [12].

На даному етапі розвитку діагностики уже використовуються контрастні речовини, особливо наноемульсії перфтокарбону, наночастинок окису заліза;

4. Діагностика із застосуванням інноваційних нанотехнологічних способів вимірювання (in vitro) [7].

У даному напрямі необхідно відмітити використання наночастинок як маркерів біологічних молекул. Розроблено нові діагностичні тести для виявлення онкологічних захворювань, хвороби Альцгеймера, муковісцидозу, встановлено взаємодію між протеїнами і ДНК; проведено експрес-діагностику інфекційних захворювань, зараження крові, запалення легень, де молекули ДНК і протеїни визначають біохімічними методами [2, 4, 6, 9, 10];

5. Медична імплантація з використанням досягнень нанотехнологій (базується на розвитку способів та засобів відновлення, заміщення органів та біотканин). У даному напрямі уже здійснено:

- покриття поверхні імплантів гідроксилосилопатитом, для лікування кісткових дефектів;
- нанокристалічне алмазне покриття, що продовжує функціонування і стабільність імплантів;
- створення нановолокон з їх подальшим використанням при тканинному інженеринзі;
- створення наномолекулярних детекторів для визначення первинної структури геному на основі неорганічних нанопор;

- створення біосумісних наноматеріалів та нових типів перев'язочних матеріалів і штучних організмів;

- розроблена методика відтворення хрящової тканини, відновлення механічних властивостей зубної емалі;

- ведуться розробки у створенні технології обробки поверхонь методом нанонапилення з метою надання антибактеріальних властивостей;

- на основі наночастинок срібла синтезовано нанодезинфіканти, що мають широкий спектр біоцидної, антивірусної активності, високу токсичність до мікробів, вірусів, грибів [14].

Необхідно також виділити фізичні основи нанотехнологій, наноматеріалів та наномедицини. Фізичними основами використання наноструктур в медицині є:

- в організмі людини існує декілька десятків нанорозмірних неорганічних частинок (біомінералів), що мають кристалічну структуру;

- з допомогою різних методів можливо отримання інформації про властивості біомінералів та їх функціонування;

- на основі отриманої інформації можливо створення нових синтетичних наноматеріалів для медицини [3, 5, 14].

Оскільки біомінерали в організмі людини представлені в основному фосфатами, карбонатами, окислами і гідрокситами заліза, то на основі аналізу будови і властивостей біологічних тканин появилася наукова база для створення наноматеріалів із заданими властивостями.

Прикладом створення подібних наноматеріалів є матеріал «Синтекоств», який містить у своєму складі гідроксіапатити, трикальційфосфати, сульфат кальцію, біоактивні ситали, які використовуються у вигляді структурованих, спеціально підготовлених форм і використовуються в ортопедії, нейрохірургії, отоларингології, щелепнолицевій хірургії, стоматології.

На даний час нанотехнології використовуються в усіх галузях медицини, особливо широко їх використовують генетика, гематологія, гігієна, мікробіологія, фармакологія (швидкорозчинні вітаміни, нанокапсули, для доставки лікарських речовин), хірургія (мікро і нанопристрої, зондові мікроскопи, наноінструменти, наноманіпулятори), дерматологія, токсикологія (нанотоксикологія включає розробку нових лікарських засобів з метою пониження токсичності). У цьому напрямі необхідно відмітити дослідження властивостей нанодисперсного кремнезему. Доведено, що кремнезем знижує токсичність нітрату натрію, фториду натрію, диксорубіцину, протитуберкульозних препаратів за рахунок зв'язування білків, мікроорганізмів, зниження перекисного окиснення, знезараження низькомолекулярних токсинів. Напрями використання напористого аморфного нанодисперсного кремнезему показано при гострих кишкових захворюваннях; вірусних гепатитах; атеросклерозі; гострій нирковій недостатності, інтоксикаціях різного генезу; алергічних

реакціях; гнійно-септичних проявах; у стоматології – для лікування гінгівітів, стоматитів, парадонтиту [8, 12, 13].

Ми підійшли до можливості створення нового напрямку медичних досліджень, який називається наномедицина. Наномедицина – один із наукових напрямів медичної науки, який активно розвивається і має за мету спостереження, виправлення, генетичну корекцію та контроль біологічних систем організму людини на молекулярному рівні, використовуючи нанопристрої, наноструктури та інформаційні технології.

Наномедицина та нанотехнології докорінно змінюють наші уявлення про людину, вирішують проблеми регенерації біосистем, органів, тканин. Революція під назвою наномедицина намічається вже сьогодні.

Наномедицина – новий перспективний науковий напрям, в основі якого лежить точковий вплив на організм людини на атомному і молекулярному рівнях із використанням нових фізичних принципів, нанороботів, нанокомп'ютерів [10].

Основою нанороботів можуть бути бактерії, які вільно рухаються в біорідинах, джерелом енергії для такого наноробота міг би служити кисень та глюкоза, що вільно дифундують у середину клітини із навколишнього середовища.

У даний час вже активно використовуються віруси, як нанороботи, для внесення до клітин нового генетичного матеріалу. Такий вірус-наноробот розпізнає змінену клітину нового типу, вводить у неї необхідні молекули ДНК і РНК – аж до повної зміни пошкодженого генетичного матеріалу.

Клітини-нанороботи здатні цілеспрямовано переміщуватися, вбудовуватися у пошкоджені клітини.

Нанотехнологічні сенсори та аналізатори – це одні з пристроїв, створені на основі нанотехнологій, здатні виявляти окремі молекули, що може бути використано при визначенні послідовності основ ДНК або амінокислот, для виявлення генетичних чи онкологічних захворювань [12].

Наносенсор розміщений на поверхні шкіри або введений в організм, може отримувати певні дані про стан середовища та сигналізувати про будь-які зміни. На одному наносенсорі можливо розмістити до сотні флуоресцентних датчиків, які призначені для експрес-виявлення штаму збудника.

Значний поштовх розвитку наномедицини дали медичні застосування скануючої зондової мікроскопії, що дозволяє розглядати окремі атоми і молекули, не руйнуючи їх, що важливо з точки зору медико-біологічних досліджень.

Скануючі мікроскопи деяких типів дозволяють також маніпулювати окремими атомами і молекулами, використовуючи так званий наноманіпулятор.

Наноманіпулятор – пристрій, призначений для маніпуляцій з нанооб'єктами (наночастинами, молекулами, атомами). Як наноманіпулятор використовуються дві вуглецеві нанотрубки

діаметром 50 нм, розташовані паралельно на сторонах скляного волокна діаметром близько 2 мкм. При подачі на них напруги нанотрубки розходились і сходились, як пінцет.

В іншому випадку, як маніпулятори використовувалися молекули ДНК, які змінюють свою геометрію при конформаційних переходах [6, 7].

Наночіпи – ще одне досягнення в наномедицині, які використовуються до атомно-силового мікроскопа і використовуються для діагностики інфекційних та соматичних захворювань. Метод атомно-силової мікроскопії заснований на моніторингу сил Ван-дер-Ваальса між вимірювальним елементом (чутливість якого до 10 нм) і сканованою поверхнею макромолекули. Аналіз взаємодії дає можливість отримати зображення макромолекули, визначити її розміри, виявити комплекс молекул зондів із маркерами захворювань (білок-партнер, антиген-антитіло).

На даний час ведуться роботи по створенню більш досконалих систем діагностики широкого спектра дії на основі використання так званих «живих нанокомп'ютерів», що працюють на нових фізичних принципах, з високим ступенем захисту.

Література

1. Вплив іонного та колоїдного золота на АТФ-гідролазні ферментні системи в мембрані мікроорганізмів *Bacillus sp B4253* та *Bacillus spB4851* / Г.В. Данилович, Т.Г. Грузина, З.Р. Ульберг [та ін.] // Укр. біохім. ж. – 2012. – № 5. – С. 58-62.
2. Ідентифікація та каталітичні властивості Mg²⁺ – залежної АТФ-гідролази плазматичних мембран *Bacillus sp B 4253*, здатних до накопичення золота / Г.В. Данилович, Т.Г. Грузина, З.Р. Ульберг [та ін.] // Укр. біохім. ж. – 2004. – № 16. – С. 45-51.
3. О силах взаимодействия микроорганизмов и минеральных частиц в природных дисперсных системах /

Ф.Д. Овчаренко, В.Р. Эстрела-Льопис, А.И. Гаврилюк [та ін.] // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. – К.: Наукова Думка. – 2001. – Вып. 17. – С. 3-14.

4. Ульберг З.Р. Коллоидно-химические свойства биологических наносистем. Биомембраны / З.Р. Ульберг, Т.Г. Грузина, Н.В. Перцов // Коллоидно-химические основы нанонауки. – К.: Академперіодика, 2005. – С. 199-237.
5. Ульберг З.Р. Определение локализации и выделения фактора, связывающего коллоидные частицы золота / З.Р. Ульберг, В.И. Карамушка, Т.Г. Грузина // Биотехнология. – К., 2006. – № 1. – С. 65-68.
6. Boisseau P. Nanomedicine, nanotechnology in medicine / P. Boisseau, B. Loubaton // Comptes Rendus Physique. – 2011. – № 12 (7). – P. 620.
7. Freitas R. What is Nanomedicine? / R. Freitas // Jr. Nanomedicine: Nanotech. Biol. Med. – 2004. – № 1 (1). – P. 2-9.
8. In vivo cancer targeting and imaging with semiconductor quantum dots / X. Gao, Y. Cui, R. Levenson [et al.] // Nat. Biotechnol. – 2004. – № 22. – P. 969-976.
9. Liu W.T. Nanoparticles and their biological and environmental application / W.T. Liu // J. Biosci. Biomed. – 2006. – № 102. – P. 1-7.
10. Lipid Nanotechnology / S. Mashaghi, T. Jadidi, G. Koenderink, A. Mashaghi // Int. J. Mol. Sci. – 2013. – № 14. – P. 4242-4282.
11. Medical application of functionalized magnetic nanoparticles / A. Ito, M. Shinkai, H. Honda, T. Kobayashi // J. Biosci. Bioeng. – 2005. – № 100. – P.1-11.
12. Nanotechnology based devices and applications in medicine: An overview / B. Martis, A. Elvis, T. Badve [et al.] // Chronicles of Young Scientists 3. – January 2012. – P. 68-73.
13. Nabok A. Organik and Inorganik Nanostructures / A. Nabok // Artech House, Inc. – 2005. – P.268.
14. The emerging nanomedicine landscape / V. Wagner, A. Dullaart, A.K. Bock, A. Zweck // Nat. Biotechnol. – 2006. – № 24 (10). – P. 1211-1217.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ. СОВРЕМЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Л.Я. Федонюк, Д.И. Остафійчук, М.О. Шаповалов*

Резюме. Достижения в нанотехнологии дали возможность работать с веществами в нанометровых диапазонах, которые свойственны для биологических структур – молекул, клеток. Современные разработки в медицине с использованием нанотехнологий дают возможность решать проблемы генерации биосистем, органов, тканей, образования новых перспективных направлений исследования, моделирования, диагностики и лечения.

Ключевые слова: наномедицина, нанотехнологии, наноимплантат, наноустройство, клетка-наноробот, наносенсор, наночип.

NANOTECHNOLOGY IN MEDICINE. PRESENT AND PROSPECTS

L.Ia. Fedoniuk, D.I. Ostafichuk, M.O. Shapovalov*

Abstract. Advances in nanotechnology have made it possible to work with substances in the nanometer range, which are characteristic of biological structures - molecules, cells. The latest developments in medicine using nanotechnology make it possible to solve the problems of generating biological systems, organs, tissues, creating new promising areas of research, modeling, diagnosis and treatment.

Key words: nanomedicine, nanotechnology, nanoimplantant, nanodevice, cell – nanorobot, nanosensor, nanochip.

Higher State Educational Institution of Ukraine «I.Ya. Gorbachevskiy Ternopil State Medical University, the Ministry of Public Health of Ukraine» (Ternopil)
Higher State Educational Institution “Bukovinian State Medical University” (Chernivtsi)

Рецензент – проф. В.Ф. Мислицький

Buk. Med. Herald. – 2015. – Vol. 19, № 3 (75). – P. 267-269

Надійшла до редакції 21.06.2015 року