

**Реферат**

ГОРМОНАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ ЛАКТАЦІЇ І ГИПОГАЛАКТИЯ

Кузнецов В.Г., Макаренко О.М.

Ключевые слова: молочная железа, гипогалактия, гормоны.

Влияние нейрогуморальной регуляции лактационной функции молочной железы описано в аналитическом обзоре. Проведён системный анализ действия основных лактационных гормонов (пролактина, окситоцина) и других малоизученных гормонов стимуляторов лактогенеза, их синергическое действие. На основе экспериментальных и клинических данных отмечено, что изучение роли гормональной регуляции лактации, развития гипогалактии в норме и при сопутствующей патологии в перспективе имеет практическое значение.

**Summary**

HORMONAL REGULATION OF LACTATION AND HYPOGALACTIA (ANALYTICAL REVIEW)

Kuznetsov V.G., Makarenko O.M.

Key words: mammary gland, hypogalactia, hormones.

The influence of neurohumoral regulation of lactation in mammary gland was described in this analytical review. A systematic analysis of the action produced by the main lactation hormones (prolactin, oxytocin) and other less studied hormone stimulating lactogenesis, their synergistic effect were studied in details. Based on the experimental and clinical data, we can suggest that the clear understanding of the role of hormonal regulation of lactation, hypogalactia in normal and comorbid conditions is of great practical value.

УДК 539.2:616-07

**Микитюк О.Ю., Микитюк О.П.**

**НАНОТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ**

Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці

*Сучасні нанотехнології передбачають проведення маніпуляцій з матеріалами на атомному і молекулярному рівні шляхом зміни їх фізичних, хімічних і біологічних властивостей для отримання нових матеріалів, приладів і систем. Наноматеріали володіють чудовими характеристиками, зокрема каталітичною активністю та біосумісністю, які роблять їх придатними для різних варіантів біомедичного використання. Застосування нанотехнологій перспективно може покращити весь процес охорони здоров'я для конкретного пацієнта: з моменту встановлення діагнозу до лікування і подальшого спостереження. Медичний діагноз на основі нанотехнологій забезпечує швидке тестування і ранню діагностику (навіть на рівні однієї клітини). Потенційні внески нанотехнологій в медичній діагностиці можуть покращити традиційні діагностичні інструменти і методи в області клінічного діагнозу, візуалізації і електродіагностики. Наноматеріали і нанотехнології використовують для діагностики різних захворювань: серцево-судинних, онкологічних, діабету, інфекційних, нейродегенеративних, захворювань нирок та ін.*

Ключові слова: нанотехнології, наноматеріали, наночастинки, медична діагностика.

При підозрі на захворювання діагноз є одним з найбільш важливих етапів у медицині. Діагноз є процесом ідентифікації або визначення характеру і причини захворювання або травми в результаті оцінки історії хвороби пацієнта, експертизи та розгляду лабораторних даних. Встановлення медичного діагнозу є вирішальним фактором для лікування хворого. Медичний діагноз повинен бути швидким, надійним, конкретним, точним і звести до мінімуму можливість «помилкових спрацьовувань». Діагностичні методи з високим ступенем чутливості і специфічності є серйозною допомогою в ранньому виявленні захворювань і розладів, проведенні диференційної діагностики і тому можуть забезпечити кращий прогноз щодо одужання хворого. Розвиток технологій для медичної діагностики – одна з важливих галузей прикладної фізичної науки [22].

Медична діагностика включає в себе аналіз симптомів захворювання, біохімічні зміни в організмі, визначення типу тканин при транспланта-

ції органів, встановлення групи крові пацієнта, що вимагає переливання крові і стеження за перебігом захворювання. В даний час діагностика використовує численні аналізи, які менш дієві через деякі обмеження, що виникають в результаті низької специфічності і недостатньої ефективності. Атрибутом швидкої, надійної і ефективною медичної діагностики є нанотехнології, які інтегруються з геномікою, протеомікою і системами з молекулярних машин і забезпечують чутливішу діагностичну платформу [1].

Медична діагностика використовує різні форми, зокрема: біопроби, біосенсори і візуалізацію. Обмеження сучасних методів діагностики обумовлені поганою чутливістю, низькою специфічністю і відтворюваністю. Діагностичні методи повинні мати високу чутливість для раннього виявлення захворювання, щоб забезпечити кращий лікувальний прогноз. Традиційні діагностичні методи часто не можуть визначити багато видів раку, хворобу Альцгеймера та інші загрозливі

для життя нозології на ранній стадії, коли ще можна запропонувати хворому ефективне лікування. Нанотехнології, які використовують електроніку та інші області фізичної та інженерної наук, є інструментом вдосконалення медичної діагностики. Ці технології дозволяють будувати інженерні системи на атомному рівні, розробляти наноматеріали, які є надчутливими біомаркерами, здатними виявляти біомолекули в зразку при набагато нижчих концентраціях, ніж при використанні традиційних методів [5]. Потреба в надчутливому виявленні якраз і є важливою для ранньої діагностики захворювання.

Пристроями, які можуть звести до мінімуму обсяги зразка і знизити поріг чутливості, є біосенсори. Ключовим компонентом біосенсорів є механізм трансдукції, який відповідає за перетворення відповіді біоаналітичних взаємодій в електричну форму і використовує для цього перетворення енергію певної біохімічної реакції. Основними компонентами біосенсора є біорецептор, датчик і детектор. Основною функцією біосенсора є відчувати біологічні специфічні матеріали: антитіла, білки, ферменти, імунологічні молекули та ін.

Швидке тестування і точний діагноз на більш ранній стадії стає можливим при проведенні діагностики з застосуванням нанобіосенсорів і нанопроградуваних пристроїв. При цьому зменшуються недоліки традиційної діагностики, її вартість і знижується час до моменту надання медико-санітарної допомоги пацієнту. Особливо важливою рання діагностика є в області онкології, де важливо виявити захворювання на виліковному етапі [8].

Інтегровані пристрої або інструменти для діагностичних цілей можуть обробляти клінічні зразки для різних типів біомаркерів як у централізованих клінічних лабораторіях, кабінетах лікаря, так і на дому у пацієнта. У лікарнях постановка діагнозу ґрунтується на використанні будь-яких великомасштабних автоматичних аналізаторів для біопроб на основі методів антиген-антитіло, які непридатні для надзвичайної ситуації біля ліжка хворого. Щоденний догляд на дому у пацієнтів передбачає самоконтроль у простий і ефективний спосіб.

Отже, технологія біосенсора з новими, розумними і радикально покращеними можливостями виявлення з інтегрованих проб для подолання найбільш поширеної діагностичної проблеми в значній мірі необхідна. Використання біосенсорів може звести до мінімуму обсяги досліджуваного зразка і знизити межу виявлення. Примітно, що такі пристрої можуть бути використані для конкретних біомаркерів, зокрема тромбіну, С-реактивного білка, тропоніну. Це може привести до зниження лікарняних витрат і було б дуже вигідно для лікування пацієнта [4].

В діагностиці захворювань для пошуку симптомів захворювання в межах живої тканини найбільш важливим є формування зображення *in*

*vivo*. Медична діагностична візуалізація включає в себе МРТ, РКТ, акустичну або фотоакустичну томографію та інші методи формування зображень [20].

В медичних дослідженнях використовуються унікальні властивості наноматеріалів для візуалізації в природних умовах. В даний час розробляються нові інструменти та пристрої з використанням наноматеріалів. Нанотехнології важливі в цій області за рахунок розробки агентів молекулярної візуалізації [1]. Наночастинки покращують контрастність тканин при МРТ і при отриманні ультразвукових зображень навіть для однієї клітини до появи будь-яких симптомів [3]. Наноматеріали, які містять контрастні агенти, можуть значно підвищити чутливість інших діагностичних методів візуалізації.

Супер-парамагнітні наночастинки широко використовуються в якості МРТ-контрастних агентів, а рідкий перфторвуглець з наночастинками і ліпосомами - як ультразвуковий контрастний агент. Золоті наночастинки, що поглинають оптичне випромінювання, завдяки їхнім люмінесцентним властивостям можуть бути використані в якості контрастного агента для оптоакустоскопії, який продовжує проміжок часу для роботи з зображенням. В той час традиційні флуорофори, такі як органічні барвники і флуоресцентні білки, мають декілька характеристичних проблем, а саме швидке фотознебарвлення (втрата здатності до флуоресценції), виникнення спектрально перехресних перешкод, вузькі профілі збудження, малі яскравість та інтенсивність сигналів. Ці недоліки можуть бути усунуті за допомогою наночастинок оксиду заліза, покритих пептидами, що специфічно зв'язуються з клітинами пухлин і підсилюють МРТ-зображення [2]. Магнітні наночастинки дозволяють неінвазивно, в режимі реального часу проводити кількісну оцінку панкреатичного запалення для діагностики автоімунного діабету.

Електродіагностика – це метод отримання інформації про захворювання шляхом пасивного запису електричної активності частин тіла або шляхом вимірювання їх реакції на зовнішній електричний стимул. Електроди з інтегрованою наноструктурною конформальною антеною використовуються в якості бездротового передавача для передачі даних на будь-який зовнішній пристрій для віддаленого моніторингу стану здоров'я [3].

Відомо, що нанотехнології оперують величинами порядку нанометра. Це мізерно мала величина, порівняна з розмірами атомів. Частинки розміром 1-100 нм та композиції з молекул і таких частинок неорганічної, органічної та біологічної природи мають унікальні властивості, що не притаманні іншим матеріалам, тому їх застосування зумовлює революційні зміни в існуючих технологіях і створенні нових. Нанотехнології створюють нові матеріали з новими властивостями і функціями для різних біомедичних додат-

ків, таких як діагностика, доставка лікарських засобів, терапія, тканинна інженерія, лікування методом гіпертермії та біосенсори [26]. Нанотехнології в області медичної діагностики застосовуються у сферах роботи з зображеннями, вимірювань та маніпуляції речовинами на нанорівні [14].

Недавніми досягненнями в області нанотехнологій є розробка аналізів і платформ, що використовуються для діагностики вірусу папіломи людини, які потенційно дозволяють нові підходи до діагностики [28]. Безпрецедентний рівень знань в області медичних наук поряд з технологічними досягненнями в області мікро- і нанотехнологій зумовили появу пристроїв Lab-on-Chip для *in-vitro* медичного тестування. У поєднанні з смарт-мобільними технологіями лабораторії на чипі створюють можливості кращого діагностування, прогнозування та моніторингу ефективності персоналізованого лікування та надання медичної допомоги в прийнятті рішень [18].

Запобігання розповсюдженню збудників інфекційних захворювань вимагає швидкої і точної ідентифікації інфекційних агентів для належного лікування. Нещодавно розроблені флуоресцентні наночастинки настільки чутливі, що навіть одна з них здатна випромінювати досить сильний сигнал для ідентифікації і це дозволяє раннє виявлення інфекцій [19].

Нанотехнології в урології - це галузь досліджень з різноманітними і клінічно значущими застосуваннями в діагностиці, що швидко розвивається. Розробки включають нові методи візуалізації сечостатевої системи новонароджених, вимірювання простат-специфічного антигену, раннє виявлення мутацій, які є важливими для діагностики полікістозу нирок [12]. Розробку кращих діагностичних інструментів для пошуку біомаркерів, які розпізнають можливі ускладнення ще до їх виникнення, також забезпечують нанотехнології [5].

Властивості наноматеріалів сильно відрізняються від властивостей об'ємних матеріалів завдяки високому співвідношенню поверхні до об'єму. Наноматеріали мають електричну провідність, каталітичні властивості, хорошу стабільність і велику здатність до приєднання біомолекул. Наночастинки можна прикріплювати до біомолекул, сприяючи виявленню біомаркерів захворювань в лабораторному зразку на дуже ранній стадії. Через малий розмір наноматеріали можуть легко взаємодіяти з біомолекулами і отримати доступ до багатьох ділянок людського тіла, що важливо на ранніх стадіях захворювання [8].

Магнітні наночастинки використовуються в декількох галузях, а саме в біосенсорах, при магнітно-резонансній томографії і наноелектроніці та ін. Ці частинки зазвичай складаються з магнітного елемента, напр. такого як залізо, нікель і їх похідних. Вони є універсальним діагностичним інструментом, який керується за допомогою зовнішнього магнітного поля.

Точне визначення білкових біомаркерів і патогенних мікроорганізмів у клінічних зразках має життєво важливе значення для ранньої діагностики захворювань, моніторингу лікування і складання плану для персоналізованої медицини. Загалом, біомолекули характеризуються незначною магнітною сприйнятливістю. Тому магнітні наночастинки підвищують чутливість біосенсора і ефективно зменшують пробопідготовчі вимоги. З цією метою були розроблені магнітні датчики аналізу, магніто-резистивні датчики, датчики релаксації [16].

Супер-парамагнітні наночастинки, виготовлені з оксиду заліза і покриті неорганічними матеріалами, такими як діоксид кремнію, або органічними матеріалами, такими як фосфоліпіди, або природними полімерами, такими як декстран або хітозан, і є універсальним засобом для ранньої діагностики раку, атеросклерозу та інших захворювань. Крім того, вони використовуються як контрастні агенти для МРТ та як додаток для виявлення біомаркерів [10].

Квантові точки (КТ) являють собою сферичні, флуоресцентні нанокристали, що складаються з напівпровідникових матеріалів розмірами між 2-8 нм в діаметрі. Вони мають вузькі спектри випромінювання, широкі спектри збудження, незначне фотознебарвлення, високу чутливість і стабільну флуоресценцію з простим збудженням без необхідності застосування лазерного випромінювання. КТ широко використовуються в якості альтернативи традиційним флуорофорам для конструювання біосенсорів для виявлення таких біомолекул як білки, нейротрансмітери, ферменти і амінокислоти. Біокон'юговані КТ є потенціалом для їх використання в діагностиці раку через яскраве і стабільне флуоресцентне випромінювання світла і чутливість флуоресцентних зображень. КТ є ідеальним кандидатом для застосування біосенсорів для безперервного моніторингу сигналів. КТ можуть бути використані для виявлення ракових пухлин у пацієнтів і для проведення діагностичних тестів в біологічних зразках [11].

Вуглецеві нанотрубки – це матеріали, що найбільш широко використовуються в біосенсорній діагностиці. Вони є довгими, порожнистими циліндричними вуглецевими структурами, що складаються з одного, двох або кількох концентричних шарів графіту, мають унікальні механічні, оптичні і електричні властивості, високу електро- і теплопровідність. Ці властивості мають потенціали для різних варіантів біомедичного застосування, в тому числі при діагностиці раку і інфекційних захворюваннях, враховуючи їх здатність проникати через біологічні мембрани і відносно низьку токсичність [32].

Якщо біомаркер, що знаходиться на поверхні вуглецевої нанотрубки, зв'язується з білком, нанотрубка змінює електричний опір, який може бути виміряний для визначення присутності певного білка, білкових біомаркерів, наприклад си-

рватки, що може вказувати на певні види раку, зокрема, на рак молочної залози [17]. Вуглецеві нанотрубки мають потенціал для збільшення швидкості біологічних датчиків за рахунок скорочення часу відгуку біосенсора [30].

Оксид графену - тонкий шар гібридизованого вуглецю - широко використовується для медичної діагностики в зв'язку з його збуджуючими властивостями. Він має регульовану ширину забороненої зони, високу еластичність, значну механічну міцність, дуже високий при кімнатній температурі квантовий ефект Холла, з великою рухливістю електронів і високою теплопровідністю [7]. Графен є прозорим матеріалом з низькими виробничими витратами і мінімальним впливом на навколишнє середовище; широко використовується в електрохімічних біосенсорах. Листи графену з приєднаним антитілом зв'язуються з раковими клітинами, які внаслідок стають здатними до флуоресценції і спостерігаються в мікроскоп. Так можна виявити від 3 до 5 ракових клітин в одному мл зразка крові [14].

Значною увагою у дослідників користуються золоті і срібні наночастинки. Найбільш привабливими і широко вивченими наноматеріалами в біоаналітичному полі для медичної діагностики є AuNPs, внаслідок простоти синтезу, високої біосумісності і нецитотоксичності. Їх нанорозмір і можливість функціоналізації з біомолекулами означає, що вони забезпечують надзвичайно високу просторову роздільну здатність і специфічність у багатьох маркувальних додатках. Оптичні властивості, сильне поглинання, розсіювання і особливо плазмонний резонанс роблять їх цінними для різноманітних методів на основі світла, включаючи комбіновані схеми, такі як створення фото-термічних або фотоакустичних зображень. Наночастинки золота можуть бути також використані в якості біосенсорів, їх оптичні властивості можуть змінюватися при зв'язуванні з певними молекулами, дозволяючи виявлення і кількісне визначення аналізованої речовини. Внаслідок радикальної зміни спектру поглинання наночастинок золота при взаємодії з нуклеїновими кислотами може бути проведений чутливий аналіз якісного виявлення ДНК [31].

Срібні нанострижні в діагностичній системі використовуються для виявлення окремих вірусів, бактерій та інших мікроскопічних компонентів зразків крові, що дозволяє отримувати чіткіші сигнали при раманівській спектроскопії. Цей метод був продемонстрований для ідентифікації вірусів і бактерій менш ніж за годину [26].

Пористі наноматеріали особливо перспективні для виготовлення оптичних біосенсорів, які володіють широким спектром фізичних характеристик, таких як висока чистота, регульована пористість, нанорозмірне структурування, висока фотохімічна, фізична стійкість і термічна стабільність. Пористі наноматеріали зберігають нативну конформацію і реакційну здатність біомолекул. Найбільш суттєвою особливістю пористих

наноматеріалів є оптична прозорість, що робить їх цінними для створення біосенсорів для медичної діагностики [24]. Новими тенденціями в галузі медичної діагностики є створення біочіпів, мікрочіпів, наноштрих-кодів, лабораторій на чіпі, біосенсорів [20,22,29].

Існуючі і традиційні технології для медичної діагностики досягли межі їх можливостей, в той час як нанотехнології зможуть зробити діагностику захворювань більш чутливою, швидкою і створювати простіші у використанні діагностичні інструменти, що дозволить лікарю раніше виявити захворювання і швидше розпочати лікування. Нанотехнології для медичної діагностики є найбільш інноваційною і вельми специфічною областю, яка буде оновлювати методи охорони здоров'я в найближчому майбутньому для підвищення якості життя пацієнтів.

### Література

1. Демченко О. П. Нанобіотехнологія: шлях у новий мікросвіт, створений синтезом хімії та біології / О. П. Демченко, В. І. Назаренко // Біотехнологія. – 2012. – Т. 5, №2. – С. 9-30.
2. Akhtari M. Functionalized magnetonanoparticles for MRI diagnosis and localization in epilepsy / M. Akhtari, A. Bragin, M. Cohen [et al.] // Epilepsia. – 2008. – Vol. 49. – P. 1419-1430.
3. Alzaidi A. Smart textiles based wireless ECG system / A. Alzaidi, Z. Linfeng, H. Bajwa [Electronic resource] // Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), IEEE Long Island. – 2012. - Available at : <https://scholarworks.bridgeport.edu/xmlui/bitstream/handle/123456789/635/86-G.Alzaidi.pdf?sequence=2>
4. Ashtiyani D. An Overview of Nanotechnology Applications in Medical Imaging with Nanoparticle Contrast Agents and Probe Designing / D. Ashtiyani, A. K. Mahdi // Paramedical Sciences and Military Health. – 2016. - Vol. 11, № 2. - P. 37-47.
5. Azzawi M. Nanotechnology for the diagnosis and treatment of diseases / M. Azzawi, A. Seifalian, W. Ahmed // Nanomedicine. – 2016. - Vol. 11, №. 16. - P. 2025-2027.
6. Brian Lam. Nanostructured Electrochemical Biosensors: Towards Point of Care Diagnostics: A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Doctor of Philosophy / Lam Brian. - Department of Chemistry, University of Toronto, 2013. – 122 p.
7. Dresselhaus M.S. Perspectives on the 2010 Nobel Prize in physics for graphene / M.S. Dresselhaus, P.T. Araujo // ACS Nano. - 2010. - Vol. 4. – P. 6297-6302.
8. Fakruddin M. Prospects and applications of nanobiotechnology: a medical perspective / M. Fakruddin, Z. Hossain, H.J. Afroz // Nanobiotechnology. - 2012. - Vol. 10. – P. 31.
9. Gaster R. S. Matrix-insensitive protein assays push the limits of biosensors in medicine / R. S. Gaster, D. A. Hall, C. Neilson [et al.] // Nature Medicine. - 2009. - Vol. 15. – P. 1327-1332.
10. Gobbo O.L. Magnetic Nanoparticles in Cancer Theranostics / O.L. Gobbo, K. Sjaastad, M.W. Radomski // Theranostics. – 2015. - Vol. 5(11). – P. 1249-1263.
11. Ghreera A.S. Quantum dot-based microfluidic biosensor for cancer detection / A. S. Ghreera, C. M. Pandey, A. Ali // Appl. Phys. Lett. – 2015. - Vol. 106. – P. 693-703.
12. Jayasimha S. Nanotechnology in Urology / S. Jayasimha // Indian J. Urol. – 2017. - Vol. 33, Issue 1. - P. 13-18.
13. Jingeng F. Nanoscale Plasmonic Interferometers for Multispectral, High Throughput Biochemical Sensing / F. Jingeng, S. Vince Siu, A. Roelke [et al.] // Nano Lett. – 2012. - Vol. 12. – P. 602-609.
14. Kanchanapally R. Multifunctional hybrid graphene oxide for label-free detection of malignant melanoma from infected blood / R. Kanchanapally, Z. Fan, A. Kumar Singh [et al.] // J. Mater Chem. – 2014. - Vol. B 2. – P. 1934-1937.
15. Kim B.Y. Nanomedicine / B.Y. Kim, J.T. Rutka, W.C. Chan // N. Engl. J. Med. - 2010. - Vol. 363. – P. 2434-2443.
16. Koh I. Magnetic nanoparticle sensors / I. Koh, L. Josephson // Sensors (Basel). - 2009. - Vol. 9. – P. 8130-8145.
17. Leyden M.R. Increasing the detection speed of an all-electronic real-time biosensor / M.R. Leyden, R.J. Messinger, C. Schuman [et al.] // Lab. Chip. – 2012. - Vol. 12 (5). – P. 954-959.
18. Patou F. A Smart Mobile Lab-on-Chip-Based Medical Diagnostics System Architecture Designed for Evolvability / F. Patou, M. Dimaki, W. E. Svendsen [et al.] // DSD. - 2015. – P. 390-398.
19. Qasim M. Nanotechnology for Diagnosis and Treatment of Infectious Diseases / Q. Muhammad, D.-J. Lim, H. Park [et al.] // Journal

- of Nanoscience and Nanotechnology. - 2014. - Vol. 14, № 10. - P. 7374-7387.
20. Rajshri K.S. A silica-dextran nanocomposite as a novel matrix for immobilization of horseradish peroxidase, and its application to sensing hydrogen peroxide / K.S. Rajshri, S.S. Rohiwal, A.V. Raut // *Microchimica acta*. - 2014. - Vol. 181. - P. 71-77.
21. Sanavio B. On the slow diffusion of point-of-care systems in therapeutic drug monitoring / B. Sanavio, S. Krol // *Front. Bioeng. Biotechnol.* - 2015. - V. 2. - P. 1-15.
22. Sassolas A. Immobilization strategies to develop enzymatic biosensors / A. Sassolas, L.J. Blum, B.D. Leca-Bouvier // *Biotechnol. Adv.* - 2012. - Vol. 30. - P. 489-511.
23. Satvekar R.K. Emerging Trends in Medical Diagnosis: A Thrust on Nanotechnology / R.K. Satvekar, B.M. Tiwale, S.H. Pawar // *Med chem.* - 2014. - Vol. 4. - P. 407-416.
24. Satvekar R.K. Influence of Silane Content on the Optical Properties of Sol Gel Derived Spin Coated Silica Thin Films / R.K. Satvekar, M.R. Phadatar, V.A. Karande [et al.] // *International Journal of Basic and Applied Sciences*. - 2012. - Vol. 1. - P. 468-476.
25. Sengupta A. Introduction to Nano: Basics to Nanoscience and Nanotechnology / A. Sengupta, S.K. Sarcar. - Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. - 226 p.
26. Shanmukh S. Identification and classification of respiratory syncytial virus (RSV) strains by surface-enhanced Raman spectroscopy and multivariate statistical techniques / S. Shanmukh, L. Jones, Y.P. Zhao // *Anal. Bioanal. Chem.* - 2008. - Vol. 390 (6). - P. 1551-1555.
27. Shi J. Nanotechnology in drug delivery and tissue engineering: from discovery to applications / J. Shi, A.R. Votruba, O.C. Farokhzad [et al.] // *Nano Lett.* - 2010. - Vol. 10. - P. 3223-3230.
28. Tasoglu S. Advances in Nanotechnology and Microfluidics for Human Papillomavirus Diagnostics / S. Tasoglu, H.C. Tekin, F. Inci [et al.] // *Proceedings of the IEEE*. - 2015. - Vol. 103, Issue 2. - P. 161-178.
29. Turner A.P. Biosensors: sense and sensibility / A.P. Turner // *Chem. Soc. Rev.* - 2013. - Vol. 42. - P. 3184-3196.
30. Vashist S.K. Advances in carbon nanotube based electrochemical sensors for bioanalytical applications / S.K. Vashist, D. Zheng, K. Al-Rubeaan [et al.] // *Biotechnol. Adv.* - 2011. - Vol. 29 (2). - P. 169-188.
31. Vinhas R. Gold nanoparticle-based theranostics: disease diagnostics and treatment using a single nanomaterial / R. Vinhas, M. Cordeiro, F.F. Carlos // *Nanobiosensors in Disease Diagnosis*. - 2015. - Vol. 4. - P. 11-23.
32. Zhang Y. Functionalized carbon nanotubes for potential medicinal applications / Y. Zhang, Y. Bai, B. Yan // *Drug Discov. Today*. - 2010. - Vol. 15. - P. 428-435.

### Реферат

#### НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Микитюк О.Ю., Микитюк О.П.

Ключевые слова: нанотехнологии, наноматериалы, медицинская диагностика.

Современные нанотехнологии предусматривают проведение манипуляций с материалами на атомном и молекулярном уровне путем изменения их физических, химических и биологических свойств для получения новых материалов, приборов и систем. Наноматериалы обладают превосходными характеристиками, в частности каталитической активностью и биосовместимостью, которые делают их пригодными для различных биомедицинских применений. Применение нанотехнологий перспективно может улучшить весь процесс здравоохранения для конкретного пациента: с момента установления диагноза до лечения и дальнейшего наблюдения. Медицинский диагноз на основе нанотехнологий обеспечивает быстрое тестирование и раннюю диагностику (даже на уровне одной клетки). Потенциальные вклады нанотехнологий в медицинской диагностике чрезвычайно широки и могут улучшить традиционные диагностические инструменты и методы в области клинического диагноза, визуализации и электродиагностики. Наноматериалы и нанотехнологии эффективно используются для диагностики различных заболеваний: сердечно-сосудистых, онкологических, диабета, инфекционных, нейродегенеративных, заболеваний почек, опорно-двигательного аппарата и др.

### Summary

#### NANOTECHNOLOGIES IN MEDICAL DIAGNOSIS

Mykytiuk O.Yu., Mykytiuk O.P.

Key words: nanotechnology, nanomaterials, medical diagnostics.

Modern nanotechnology involves manipulation of materials at the atomic and molecular level by altering their physical, chemical and biological properties for new materials, devices and systems. Nanomaterials have excellent characteristics, including catalytic activity and biocompatibility, which makes them suitable for various biomedical purposes. Application of nanotechnology can improve prospectively the whole process of health care for an individual patient, from the moment the disease has been diagnosed to the treatment and follow-up. Medical diagnosis based on nanotechnology provides rapid testing and early diagnosis (even at the level of a single cell). The potential contribution of nanotechnology in medical diagnosis is extremely extensive and can enhance traditional diagnostic tools and methods in the field of clinical diagnosis, imaging and electro diagnosis. Nanomaterials and nanotechnologies are used effectively in diagnosis of various diseases including cardiovascular diseases, cancer, diabetes, infectious, neurodegenerative and kidney disease, musculoskeletal pathologies, and others.