

ОГЛЯДИ

УДК 621.372.061

НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

*Силаков К.И., студент; Силакова Т.Т., к.ф.-м.н., доцент
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина*

Введение

Прежде чем говорить о возможных рисках и перспективах нанотехнологий в медицине, надо сказать, что же это такое? Для этого понятия не существует исчерпывающего определения. «Нанотехнологии» - это технологии, оперирующие величинами порядка нанометра. Это ничтожно малая величина, в сотни раз меньше длины волны видимого света и сопоставимая с размерами атомов. Развитие нанотехнологии ведется в 3-х направлениях:

- изготовление электронных схем размером с молекулу (атом);
- разработка и изготовление машин;
- манипуляция атомами и молекулами[1].

Что такое наномедицина? «Наномедицина» – это слежение, исправление, конструирование и контроль над биологическими системами человека на молекулярном уровне, используя разработанные нанороботы и наноструктуры (Р. Фрейтас) [2,4].

В настоящее время наномедицины не существует, есть лишь проекты, воплощение которых и приведет к наномедицине. Через несколько лет, когда будет создан первый наноробот, знания, накопленные наномедициной, воплотятся в жизнь. Тогда за считанные минуты вы избавитесь от вируса гриппа или от раннего атеросклероза. Нанороботы смогут вернуть даже очень старого человека в то состояние, в котором он был в молодости. От операции на органах перейдут к операции на молекулах и мы, таким образом, станем «бессмертны» [3].

Наномедицина. Перспективы развития и возможные риски

Ученые утверждают, что настанет тот день, когда с помощью нанотехнологий в кровяные клетки человека можно будет встраивать микроскопические датчики, предупреждающие о появлении признаков радиационного излучения или развития болезни. Прогнозируемый срок реализации – 1-ая половина XXI века[4], а пока журналисты и общественность спорят: могут ли наносенсоры повлиять губительно на организм человека? Ведь неизвестно, как отреагирует организм на введенные в него чужеродные тела? Как выразился Э. Дрекслер: «невидимое оружие всемирного переворота, покрывающие землю «серая слизь» (graygoo)» - крохотная причина конца света[5].

Действительно ли, нанотехнологии могут стать причиной конца света или это всего лишь богатая фантазия некоторых ученых? Упорядоченные одним образом, атомы составляют дома и свежий воздух; упорядоченные другим, они образуют золу и дым. Уголь и алмазы, рак и здоровая ткань: вариации в упорядочении атомов различили дешевое от драгоценного, больное от здорового.

Рассматривая отдельный атом в качестве кирпичика или "детальки" нанотехнологи ищут практические способы конструировать из этих деталей материалы с заданными характеристиками. Многие компании уже умеют собирать атомы и молекулы в некие конструкции. В перспективе, любые молекулы будут собираться подобно детскому конструктору. Для этого планируется использовать нанороботов (наноботов). Любую химически стабильную структуру, которую можно описать, можно и построить. Поскольку нанобот можно запрограммировать на строительство любой структуры, в частности, на строительство другогонанобота, они будут очень дешевыми. Работая в огромных группах, наноботы смогут создавать любые объекты с небольшими затратами, и высокой точностью[5,6].

В медицине проблема применения нанотехнологий заключается в необходимости изменять структуру клетки на молекулярном уровне, т.е. осуществлять "молекулярную хирургию" с помощью наноботов. Ожидается создание молекулярных роботов-врачей, которые могут "жить" внутри человеческого организма, устраняя все возникающие повреждения, или предотвращая возникновение таковых. Манипулируя отдельными атомами и молекулами, наноботы смогут осуществлять ремонт клеток. Прогнозируемый срок создания роботов-врачей, первая половина XXI века[4].

В действительности наномедицины пока еще не существует, существуют лишь нанопроекты, воплощение которых в медицину, в конечном итоге, и позволит отменить старение. Несмотря на существующее положение вещей, нанотехнологии - как кардинальное решение проблемы старения, являются более чем перспективными. Это обусловлено тем, что нанотехнологии имеют большой потенциал коммерческого применения для многих отраслей, и соответственно помимо серьезного государственного финансирования, исследования в этом направлении ведутся многими крупными корпорациями [7].

Наноботы или молекулярные роботы могут участвовать (как наряду с геной инженерией, так и вместо нее) в перепроектировке генома клетки, в изменении генов или добавлении новых для усовершенствования функций клетки. Важным моментом является то, что такие трансформации в перспективе, можно производить над клетками живого, уже существующего организма, меняя геном отдельных клеток, любым образом трансформировать сам организм! [8].

Описание нанотехнологии может показаться притянутым за уши, воз-

можно потому, что ее возможности столь безграничны, но специалисты в области нанотехнологии отмечают, что на сегодняшний день не было опубликовано ни одной статьи с критикой технических аргументов Дрекслера. Никому не удалось найти ошибку в его расчетах. Между тем, инвестиции в этой области (уже составляющие миллиарды долларов) быстро растут, а некоторые простые методы молекулярного производства уже повсюду применяются. Нанотехнологии могут привести мир к новой технологической революции и полностью изменить не только экономику, но и среду обитания человека. В рамках этой статьи мы рассматриваем лишь перспективность этих технологий для отмены старения людей. Вполне возможно, что после усовершенствования для обеспечения "вечной молодости" наноботы уже не будут нужны или они будут производиться самой клеткой. Для достижения этих целей необходимо решить три основных задачи:

1. Разработать и создать молекулярных роботов, которые смогут ремонтировать молекулы.
2. Разработать и создать нанокomпьютеры, которые будут управлять наномашинами.
3. Создать полное описание всех молекул в теле человека, иначе говоря, создать карту человеческого организма на атомном уровне.

Основная сложность - создание первого нанобота. Существует несколько многообещающих направлений. Одно из них заключается в улучшении сканирующего туннельного микроскопа или атомно-силового микроскопа и достижении позиционной точности и силы захвата. Другой путь к созданию первого нанобота - химический синтез. Можно спроектировать и синтезировать химические компоненты, которые будут способны к самосборке в растворе. Еще один путь ведет через биохимию. Рибосомы (внутри клетки) являются специализированными наноботами, и их можно использовать для создания более универсальных роботов [9, 10].

Группа нанотехнологов из института предвидения заявила, что стремительный рост нанотехнологий выходит из-под контроля, но в отличие от Билла Джойа, вместо простого запрета на развитие исследований в этой области, они предложили установить правительственный контроль над исследованиями. Такой надзор может предотвратить случайную катастрофу, например, когда наноботы создают сами себя (до бесконечности), потребляя в качестве строительного материала все на своем пути, включая заводы, домашних животных и людей.

Рей Курцвейл утверждает, что к 2020 году появится возможность поместить внутри кровеносной системы миллиарды нанороботов размером с клетку. По оценкам Роберта Фрайтаса, ведущего ученого в области наномедицины, это случится не ранее, чем в 2030-2035 году. Эти наноботы смогут тормозить процессы старения, лечить отдельные клетки и взаимодействовать с отдельными нейронами. Так они практически сольются с нами.

Ученые из штата Мичиган утверждают, что с помощью нанотехнологий можно будет встраивать микроскопические датчики в кровяные клетки человека, которые будут предупреждать о признаках радиации или развития болезни. В США, по предложению NASA, ведется разработка таких наносенсоров. ДжеймБейнер представляет себе «наноборьбу» с космическими излучениями так: перед стартом астронавт, используя шприц для подкожных инъекций, вводит в кровяной поток прозрачную жидкость, насыщенную миллионами наночастиц, на время полета он вставляет себе в ухо маленькое устройство (наподобие слухового аппарата). В течение полета это устройство будет использовать маленький лазер для поиска светящихся клеток. Это возможно, т.к. клетки проходят по капиллярам барабанной перепонки. По беспроводной связи информация клеток будет передаваться на главный компьютер космического корабля, а затем обрабатывается. В случае чего будут приниматься необходимые меры[11].

Все это может воплотиться в реальность примерно через 5-10 лет. А наночастицы ученые используют уже более 5 лет. Сейчас, сенсоры тоньше человеческого волоса могут оказаться в 1000 раз чувствительнее стандартных анализов ДНК. Американские ученые, разработавшие эти наносенсоры, полагают, что врачи смогут проводить целый спектр различных анализов, пользуясь лишь одной каплей крови. Одним из преимуществ этой системы является возможность моментально пересылать результаты анализа на карманный компьютер. Исследователи полагают, что на разработку полностью функциональной модели наносенсора, которым смогут воспользоваться врачи в повседневной работе, понадобится около пяти лет. С помощью нанотехнологий медицина сможет не только бороться с любой болезнью, но и предотвращать ее появление, сможет помогать адаптации человека в космосе[12].

Могут ли влиять «устаревшие нанороботы» на человека? Когда механизм завершит свою работу, нанодоктора должны будут удалять нанороботов из организма человека. Поэтому опасность того, что «устаревшие нанороботы», оставшиеся в теле человека будут работать неверно, очень мала. Нанороботы должны будут спроектированы так, чтобы избежать сбоев в работе и уменьшить медицинский риск. А как нанороботы будут удалены из тела? Некоторые из них будут способны к самоудалению из организма человека путем естественных каналов. Другие же будут спроектированы таким образом, чтобы их могли удалить медики. Процесс удаления будет зависеть от устройства данного наноробота[11,12].

Что может быть сделано неправильно в течение лечения нанороботами человека? Считается, что первостепенной опасностью для пациента будет некомпетентность лечащего врача. Но ведь ошибки могут происходить и в неожиданных случаях. Одним из непредвиденных случаев может быть взаимодействие между роботами при их столкновении. Такие неисправно-

сти трудно будет определить. Иллюстрацией такого случая может служить работа двух видов нанороботов А и В в организме человека. Если наноробот А будет удалять последствия работы робота В, то это приведет к повторной работе А, и этот процесс будет продолжаться до бесконечности, то есть нанороботы будут исправлять работу друг друга. Чтобы таких ситуаций не позникало, лечащий врач должен постоянно следить за работой нанороботов и в случае чего, перепрограммировать их. Квалификация врача является важным фактором[13].

Как будет реагировать организм человека на нанороботы? Как известно, наша иммунная система реагирует на чужеродные тела. Поэтому размер наноробота играет важную роль, так же как шероховатость поверхности и подвижность устройства. Утверждается, что проблема биосовместимости не очень сложна. Выходом из этой проблемы будет создание роботов на основе алмазоподобных материалов. Благодаря сильной поверхностной энергии и сильной ее гладкости, внешняя оболочка роботов будет химически инертной[14].

Уже сейчас нанотехнологии применяются в медицине. Основными областями ее применения являются: технологии диагностики, лекарственные аппараты, протезирование и имплантанты. Ярким примером является открытие профессора Азиза. Людям, страдающим болезнью Паркинсона, через два крошечных отверстия в черепе внедряют в мозг электроды, которые подключены к стимулятору. Примерно через неделю больному вживляют и сам стимулятор в брюшную полость. Регулировать напряжение пациент может сам с помощью переключателя. С болью удается справиться уже в 80 % случаях. У кого-то боль исчезает совсем, у кого-то затихает. Через метод глубокой стимуляции мозга прошло около четырех десятков людей. Многие коллеги Азиза говорят, что этот метод не эффективен и может иметь негативные последствия. Профессор же убежден, что метод действенен. Ни то ни другое сейчас не доказано.

Еще одним революционным открытием является биочип – небольшая пластинка с нанесенными на нее в определенном порядке молекулами ДНК или белка, применяемые для биохимических анализов. Принцип работы биочипа прост. На пластиковую пластинку наносят определенные последовательности участков расщепленной ДНК. При анализе на чип помещают исследуемый материал. Если он содержит такую же генетическую информацию, то они сцепливаются. Преимущество биочипов - большое количество биологических тестов со значительной экономией исследуемого материала, реактивов, трудозатрат и время на проведение анализа[15].

Выводы

Перспективы развития нанотехнологий очень велики. Применяемые в настоящее время нанотехнологии безвредны. Примером являются наночипы солнцезащитная косметика на основе нанокристаллов[16]. А такие

технологии, как нанороботы и наносенсоры, пока еще находятся в процессе разработки. Разговоры о том, что из-за бесконечного процесса самовоспроизводства нанороботов толстый слой «серой слизи» может покрыть всю Землю, являются пока лишь теорией, не подтвержденной никакими данными. Нанотехнологии являются той областью науки, которая подвергается жесточайшей критике, прежде чем вводит какие-либо новшества. Ученые NASA говорят, что они успешно проводили испытания нанороботов на животных. Но стоит ли этому верить? Каждый решает это сам для себя. Использование, например, таких нанотехнологий, как наносенсоры, может иметь рискованный характер. Ведь любая, даже самая простейшая система может давать сбои, что уж говорить о таких передовых технологиях, как нанороботы? И, кроме того, надо учитывать индивидуальные физиологические особенности каждого человека.

Итак, перспективы развития нанотехнологий велики. В ближайшем будущем с их помощью можно будет не только побороть любую физическую болезнь, но и предотвратить ее появление. Но вот о рисках ученые ничего не говорят. Есть только бесчисленные статьи в желтой прессе о том, что люди под воздействием нанороботов станут неуправляемыми, как зомби. Так что общественности надо больше уделять внимания этому вопросу: чтобы ученые не только рассматривали «обе стороны монеты», но и ставили общество в известность об этом.

Литература

1. Игами М., Оказаки Т. Современное состояние сферы нанотехнологий: анализ патентов // Форсайт. — 2008.- № 3 (7). — с. 32-43.
2. Robert A. Freitas Jr. [Current Status of Nanomedicine and Medical Nanorobotics](#) // *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*.—2005.— V. 2.— P.1-25.
3. Roco M.C. National nanotechnology initiative: Past, present and future // *Handbook on nanoscience, engineering and technology*. Ed. Goddard, W.A et al. CRC, Taylor and Francis, Boca Raton and London.—2007.— P.3.1-3.26.
4. Robert A. Freitas Jr. // [Nanomedicine, Basic Capabilities](#). LandesBioscience, Austin.— 1999.— V. 1. P.7-20.
5. K. Eric Drexler. *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation*. // *John Wiley and Sons, NY, 1992*.
6. K. Eric Drexler. // [Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology](#).— 1986.— V. 2.— P.17-25.
7. Lipsey R., Carlaw K., Bekar C. Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth. // *Oxford University Press*.—2005.— P. 87, 110, 131, 212-218.
8. Хульман А. Экономическое развитие нанотехнологий: обзор индикаторов // Форсайт. — 2009.— № 1. — с. 31-32.
9. Youtie J., Iacopetta M., Graham S. Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology? // *Journal of Technology Transfer*.— 2008. — V. 33. — P. 315-329.
10. Ратнер М. / М. Ратнер, Д. Ратнер. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. // Пер. с англ. / М.: Вильямс. — 2004. — С. 20-22.
11. Kearnes M. *Chaos and Control: Nanotechnology and the Politics of Emergence* //

Paragraph. — 2006. — № 29. — P. 57-80.

12. Игами М. Библиометрические индикаторы: исследования в области наноауки // Форсайт. — 2008. — № 2. — с. 36-45.

13. Miyazaki K., Islam N. Nanotechnology systems of innovation. An analysis of industry and academiaresearch activities // Technovation. - 2007. - № 27. - P. 661-675.

14. Артюхов И.В., Кеменов В.Н., Нестеров С.Б.// Биомедицинские технологии. Обзор состояния и направления работы. Материалы 9-й научно-технической конференции "Вакуумная наука и техника"-М.: МИЭМ.—2002, с. 244-247

15. Артюхов И.В., Кеменов В.Н., Нестеров С.Б.//Нанотехнологии, биология и медицина. Материалы 9-й НТК "Вакуумная наука и техника"-М.: МИЭМ, 2002, с.248-253.

16. Магия микрочипов. // В мире науки. — 2002. — № 11. — с. 6-15.

Силаков К.И., Силакова Т.Т. Нанотехнологии в медицине. Представлен краткий обзор литературы в области нанотехнологий в медицине. Отмечается, что в настоящее время есть только проекты, воплощение которых в реальность и приведет к наномедицине. Ученые утверждают, что настанет тот день, когда с помощью нанотехнологий в кровяные клетки человека можно будет встраивать микроскопические датчики, предупреждающие о появлении признаков радиационного излучения или развития болезни. Ожидается также создание молекулярных роботов-врачей, которые могут "жить" внутри человеческого организма, устраняя все возникающие повреждения, или предотвращая возникновение таковых. Манипулируя отдельными атомами и молекулами, наноботы смогут осуществлять ремонт клеток. Прогнозируемый срок реализации – середина XXI века.

Ключевые слова: нанотехнологии, наноэлектроника, наноматериалы, нанобиотехнологии, наномедицина, нанодиагностика, нанороботы

Сілаков К.І., Сілакова Т.Т. Нанотехнології в медицині. Представлений короткий огляд літератури в області нанотехнологій в медицині. Відзначається, що в даний час є тільки проекти, втілення яких в реальність і призведе до наномедицини. Вчені стверджують, що настане той день, коли за допомогою нанотехнологій в кров'яні клітини людини можна буде вбудовувати мікроскопічні датчики, що попереджають про появу ознак радіаційного випромінювання або розвитку хвороби. Очікується також створення молекулярних роботів-лікарів, які можуть "жити" всередині людського організму, усуваючи всі виникаючі ушкодження, або запобігаючи виникненню таких. Маніпулюючи окремими атомами і молекулами, наноботи зможуть здійснювати ремонт клітин. Прогнозований термін реалізації - середина XXI століття.

Ключві слова: нанотехнології, наноелектроніка, наноматеріали, нанобіотехнології, наномедицина, нанодіагностика, нанороботи.

Silakov K.I., Silakova T.T. Nanotechnologies of medicine. The brief review of literature is presented in area of nanotekhnologiy in medicine. It is marked that presently nanomedicine while does not exist, there are only projects embodiment of which in reality and will result in nanomedicine. Scientists assert that will come that day, when by nanotekhnologiy in the bloody cages of man it is possible it will be to build microscopic sensors, warnings at appearance of signs of radiation radiation or development of illness. Creation of molecular robots-doctors which can "live" into a human organism is expected also, removing all nascent damages, or preventing an origin such. Manipulating separate atoms and molecules, nanoboty will be able to carry out repair of cages. The forecast term of realization is a middle of XXI age.

Key words: nanotechnology, nanoelectronics, nanomaterial, nanobiotechnology, nanomedicine, nanodiahnostika, nanorobots.