

## Новейшие инновационные медицинские технологии

О. Фиговский, В. Гумеров

### Аннотация

Дан обзор новейших инновационных технологий в медицине. Освещается опыт учёных США, Израиля, Великобритании, Испании, Китая и других стран.

*Ключевые слова:* медицинские технологии. 3D-печать, нанотехнологии, нейротехнологии

Ранее в нашей статье о последних достижениях инновационных систем – 3D-печати – уже рассказывалось о приложении этого новейшего направления в науке и технике к древнейшей сфере знаний и практики – медицине. Как было отмечено, нет ничего важнее для человека, чем здоровье, достижения в медицине касаются всех: и тех, с чьей помощью они на свет появляются – учёных с инженерами, и тех, кто ими повсеместно пользуется – лекарей с обывателями. Вряд ли найдётся во всем цивилизованном мире человек, который на протяжении всей своей жизни, и неоднократно, не прибегал к медицинским услугам. Поэтому стоит особо остановиться на достижениях инновационных систем в области медицины.

Начать, пожалуй, следует с прорывных разработок в области медицины, ставших возможными лишь благодаря последним открытиям учёных и изобретениям инженеров, без которых медики лишь мечтать могли о полноценном лечении, а пациенты даже и не помышляли. К примеру, об операции на головном мозге без трепанации черепа.

В Израиле в медцентре Рамбам впервые в истории медицины страны осуществили операцию на головном мозге человека, посредством направленных ультразвуковых волн под контролем магнитно-резонансного томографа. Такое вмешательство стало возможным с помощью инновационной медицинской технологии, разработанной израильской научной компанией «Инсайтек», которая до этого провела свыше ста процедур по своей технологии в Америке, Южной Корее и Швеции. Новая технология делает ультразвуковые волны эффективным медицинским инструментом, способным заменить нож хирурга. Основная инновация данного лечения заключается в том, что оно проводится без наркоза, без необходимости вскрывать череп пациента, без опасности инфицирования пациента, и не требует вообще никакого реабилитационного периода. Пациент может встать на ноги непосредственно после завершения процедуры. «Операция без операции» в медцентре Рамбам была проведена для семидесятирёхлетнего жителя севера страны, последние пятнадцать лет страдавшего от сильнейшего тремора тела. По прибытии в медицинский центр, правая часть тела пациента и в особенности правая рука, сильно дрожала. Пациент не мог писать, удерживать в руках чашку кофе, производить прочие элементарные действия.

«Операция без операции», которая излечила пациента, стала возможной благодаря объединённым усилиям компании «Инсайтэк» и медицинского центра Рам-бам. В операции принимали участие медики из отделения нейрохирургии, директором которого является профессор Менаше Заруар, отделения лечения болезни Паркинсона, директором которого доктор Илана Шлезингер, и нейрорадиологического отделения, под руководством профессора Дорит Гольдшар. «Операция без операции» началась в девять утра и продолжалась два часа. По завершении процедуры пациент сам легко встал с кровати. Он двигался без малейших затруднений и великолепно себя чувствовал. Он заявил врачам, что ощущает себя заново родившимся.

Хирургам, проводящим операции на мозге, давно известно, что такие заболевания, как болезнь Паркинсона, тремор или невропатические боли лечатся удалением крошечных областей мозга, которые заболевание вынуждает к чрезмерному функционированию. Идея, которая лежит в основе метода «операции без операции» компании «Инсайтэк», заключается в слиянии двух технологий. Как давно известно, если направленные ультразвуковые волны касаются тканей организма, с их помощью удаётся удалять или выжигать крошечные кусочки ткани, включая и ткани головного мозга. А чтобы направить данные волны в нужную точку, в компании «Инсайтэк» использовали технологию МРТ позволяющую получить подробное, трёхмерное изображение мозга пациента в реальном времени и указывающую на местное повышение температуры в тканях мозга, соединив её с аппаратом, который выглядит как шлем и выделяет ультразвуковые волны высокой мощности, направленные на одну крошечную точку в мозге пациента. Волны направляются в нужную точку с точностью до десятой доли миллиметра.

Сам пациент в ходе процедуры неподвижно лежит в аппарате МРТ, а оперирующий нейрохирург находится за стеклянным окном в пяти метрах от пациента. Хирург с помощью компьютерной мыши приводит в действие прибор-шлем, который начинает испускать ультразвуковые волны, направленные в точку, которая определяется за несколько секунд до этого с помощью МРТ. Пациент все время процедуры находится в полном сознании, каждые несколько минут врачи спрашивают у него о его самочувствии. Нейрохирург периодически увеличивает интенсивность ультразвуковых волн, а в перерывах между минисеансами излучения неврологи отслеживают состояние здоровья пациента, осматривают его, проверяют его рефлексы и возможность функционирования. Уже через десять минут после начала процедуры наблюдается значительное улучшение. Например, пациент, который не был способен начертить прямую линию, вполне справляется с движениями карандаша.

Настоящее медицинское чудо произошло в госпитале медицинского центра Кармель в Хайфе. После сложнейшей десятичасовой операции сердце 28-летнего молодого человека, которое два года до этого из-за хронической аритмии было заменено на искусственное, вернулось на своё прежнее место. Все это время сердце хранилось в местной лаборатории

под наблюдением специалистов отделения сердечной хирургии, которым руководит доктор Офир Амир. До проведения операции по имплантации искусственного сердца, родное сердце пациента перекачивало лишь 15% общего объема необходимой крови. На удалённом сердце были проведены эксперименты по его восстановлению с последующей эхографией – неинвазивным исследованием процессов с помощью ультразвуковых волн. И оказалось – сердце, прожившее два года вне организма его обладателя, находится в полном порядке и готово к работе. Врачи предложили пациенту вернуть его родное сердце на своё место – сделать то, чего до сих пор никто в мире не делал.

Успех израильских врачей открывает невероятно важную страницу в медицине, в частности, в трансплантации органов. Сегодня этот вид медицины страдает, во-первых, от того, что трудно получить орган, который должен подходить по многим параметрам, во-вторых, велик риск того, что орган не подойдёт. Если разработать методику восстановления работоспособности органа вне организма, то появится возможность временной трансплантации родного для больного органа с его возвратом на прежнее место после «ремонта».

Весьма серьёзное открытие в области трансплантологии сделали исследователи Кембриджского университета, и без 3D-принтера тут не обошлось. Используя лабораторных крыс, учёные впервые напечатали активные клетки центральной нервной системы. Под руководством профессора Кейт Мартин, группе удалось напечатать жизнеспособные клетки сетчатки, используя 3D-принтер. На принтере сначала напечатали слой ганглионарных клеток сетчатки, а затем слой глиальных клеток поверх них, при этом все сохраняло свою жизнеспособность. Таким образом, кембриджская группа доказала, что однажды глаза и их внутренняя структура могут быть просто напечатаны для хирургических целей. Согласно словам Кейт Мартин, даже быстрый процесс печати никак не повлиял на результаты эксперимента. Дело в том, что, оказывается, эти клетки могут лететь на скорости 50 км/час и при этом сохранять свою активность. Это крайне удивило исследователей, в хорошем смысле. Такого они даже не ожидали.

А учёные Принстонского университета разработали бионическое ухо, содержащее чувствительную к радиоволнам антенну и живые клетки. Для создания бионического уха инженеры использовали послойное нанесение материала при помощи обычных 3D-принтеров. Основой искусственного органа стал гидрогель, внутри которого пропечатывали каналы полимера, содержащего частицы металлического серебра. По завершении печати «заготовку» инкубировали с культурой клеток, которые прикреплялись к поверхности бионического уха. Повышенная проводимость и соответствующая форма серебряных каналов делала их чувствительными к радиоволнам, но в разработанном прототипе эту антенну не к чему было подключать. Авторы указывают, что потенциально током таких антенн можно будет возбуждать нейроны напрямую, однако в данной работе это не было продемонстрировано. Основной задачей создателей бионического уха стала

отработка технологии совмещения электрических и биологических компонентов в единой живой ткани. Потенциально такие устройства можно использовать не только для «расширения слухового диапазона в область радиочастот», но и, например, для дистанционного контроля за состоянием протезов.

В том же направлении – создании при помощи 3D-печати не просто муляжей живых органов, а их полнофункциональных аналогов – работала группа американских учёных из пяти университетов, которая произвела каркас для нервов. Конструкция позволяет восстановить сенсорные и моторные функции после травмы. Для эксперимента исследователи при помощи 3D-сканера создали модель седалищного нерва крысы. На основании модели специалисты спроектировали трубчатый каркас, повторяющий форму нерва. После этого каркас в форме буквы Y распечатали из силикона, при этом специальная конструкция принтера в процессе печати позволила имплантировать внутрь каркаса биохимические метки, способствующие регенерации нерва. Каркас вживили крысе, которой предварительно перерезали нерв. По словам исследователей, на сканирование и печать каркаса уходит несколько часов, после этого необходимо несколько недель для успешной регенерации нерва. У подопытной крысы восстановление сенсорных и моторных функций заняло 10-12 недель. Авторы исследования полагают, что технологию можно будет в скором времени применить и для регенерации человеческих нервов. При этом, как отмечает один из исследователей, можно заранее создать библиотеку трёхмерных моделей каркасов для различных нервов. Подобная библиотека поможет врачам, если нерв повреждён слишком сильно и сканирование не принесёт необходимого результата.

Вообще же, с помощью 3D-технологий можно изготовить практически любую копию человеческого органа. Как показали исследования, имплантированные в тела животных части костей, мышцы и хрящи, изготовленные на 3D-принтере, функционируют нормально, что открывает большие возможности использования живых тканей для восстановления повреждённых органов. Врач-профессор Мартин Бирчелл из Лондонского университетского колледжа назвал технологию печати живых органов «гусыней, которая несёт золотые яйца». Идея интегрировать индивидуальные стволовые клетки человека в изготовленную на 3D-принтере точную копию повреждённого органа способна совершить революцию в регенеративной медицине. Заменить сломанную челюсть, изношенную сердечную мышцу или вернуть человеку отсутствующее ухо с помощью такой технологии не составит большого труда.

На сегодняшний день главной проблемой трансплантации искусственно регенерированных органов остаётся сложность поддержания их жизнеспособности – ткани толщиной свыше 0,2 мм испытывают нехватку кислорода и питательных веществ. Проблему может решить методика команды американского медицинского центра Wake Forest, которая позволяет изготавливать при помощи 3D-принтера живую ткань,

пронизанную микроканалами. Ткань имеет губкообразную основу, что позволяет питательным веществам и нейронным сетям проникать в её структуру.

Технология представляет собой интегрированную систему, часть которой отвечает за рост тканей, другая – за изготовление на 3D-принтере точной копии заменяемого органа. Исходный материал состоит из биоразлагаемого пластика, который формирует внешнюю структуру воссоздаваемого органа, и геля на водной основе, который содержит клетки и стимулирует их рост. Испытания на животных показали, что после имплантации пластик постепенно разрушается, а его место занимает естественная структурная матрица из белков, продуцируемых клетками. Кровеносные сосуды и нервы врастают непосредственно в имплантаты.

Как говорит профессор Энтони Атала, ведущий исследователь центра Wake Forest, в настоящее время уже можно печатать и человеческие ткани. «Предположим, к нам поступил пациент с травмой челюсти, часть которой отсутствует. Мы делаем пациенту томографию, затем передаём данные на принтер, и он создаст недостающую часть челюстной кости, которая будет полностью подходить больному», – рассказал Энтони Атала.

Да что там кусочек челюсти. В 2015 году доктора из университетского госпиталя Саламанка в Испании провели первую в мире операцию по замене повреждённой грудной клетки пациента на новый 3D-напечатанный протез. Человек страдал редким видом саркомы, и у врачей не осталось другого выбора. Чтобы избежать распространения опухоли дальше по организму, специалисты удалили у человека почти всю грудину и заменили кости титановым имплантатом.

Имплантаты для крупных отделов скелета производят из самых разных материалов, которые со временем могут изнашиваться. Помимо этого, замена столь сложного сочленения костей, как кости грудины, которые, как правило, уникальны в каждом отдельном случае, потребовала от врачей провести тщательное сканирование грудины человека, чтобы разработать имплантат нужного размера. В качестве материала для новой грудины было решено использовать титановый сплав. После проведения высокоточной трёхмерной компьютерной томографии, учёные использовали 3D-принтер и создали новую титановую грудную клетку. Операция по установке новой грудины пациенту прошла успешно, человек прошёл полный курс реабилитации.

Дальше – больше. Учёные из Северо-Западного университета при помощи 3D-принтера создали искусственные яичники, которые позволили лабораторным животным с хирургически удалёнными ранее парными половыми железами родить живых детёнышей. Исследователи надеются использовать данную технологию для разработки биопротезов человеческих яичников, которые могут в последующем быть имплантированы женщинам

для восстановления их фертильности (способности половозрелого организма производить жизнеспособное потомство). «Мы разрабатываем новые способы восстановления качества жизни пациенток за счёт искусственно созданных биологических имплантатов, чтобы вернуть фертильность и нормальную секрецию гормонов», – сказала ведущий автор исследования Моника Ларонда.

Группа специалистов использовала 3D-принтер для создания специального каркаса, заселённого незрелыми яйцеклетками (ооцитами). Структура данного каркаса была изготовлена из желатина – биологического материала, получаемого из коллагена (животного белка, составляющего основу соединительной ткани организмов). Созданная учёными основа отличалась высокой жёсткостью, упругостью, способностью на протяжении длительного времени сохранять свою структуру. Она обеспечивала будущие яйцеклетки достаточным для их роста пространством, участвовала в формировании кровеносных сосудов. Засеянные фолликулами яичников каркасы представляют собой блоки, содержащие ооциты, работа которых поддерживается гормон-продуцирующими клетками. Всё это и является «биопротезом».

Для тестирования новейшего имплантата учёные удалили яичники у мышей и заменили их на искусственно созданные половые железы. Грызуны смогли беременеть, давать здоровое потомство и выкармливать его. Имплантация биопротеза также восстановила эстральный цикл у лабораторных животных. Учёные считают, что подобный имплантат поможет поддерживать гормональный цикл у женщин, имеющих врождённую или приобретённую дисфункцию яичников. Часто у таких женщин снижена выработка половых гормонов, что может приводить не только к проблемам наступления половой зрелости, но и к различным нарушениям опорно-двигательной и сердечно-сосудистой систем. «Мы надеемся однажды восстановить фертильность и гормональную функцию у женщин, страдающих от побочных эффектов лечения онкологических заболеваний или родившихся со сниженной функцией яичников», – рассказала Моника Ларонда. Специалисты уверены, что их научная работа окажет влияние на другие разрабатываемые в настоящее время методы замены мягких тканей.

Печатью тканей с помощью струйных принтеров занимаются и в Институте межфазной инженерии и биотехнологий Фраунгофера (Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering and Biotechnology, IGB) в Штутгарте. Учёные из IGB достигли значительного успеха в разработке биочернил, пригодных для использования в биопечати. Эти прозрачные жидкости состоят из компонентов природного тканевого матрикса и живых клеток. Новые биочернила основаны на хорошо известном биологическом материале – желатине. Желатин получают из коллагена – основного компонента соединительной ткани. Чтобы адаптировать биологические молекулы для печати, исследователи модифицировали гелеобразующие свойства желатина. В отличие от немодифицированного желатина, быстро образующего гидрогель, биочернила в процессе печати остаются жидкими. Жидкость

превращается в гидрогель только после облучения ультрафиолетовым светом, сшивающим молекулы коллагена. Полимеры из модифицированного желатина, как и природные ткани, содержат огромное количество воды, но остаются стабильными в водной среде и при нагревании до физиологических 37 °С. Химическую модификацию биологических молекул можно контролировать, с тем чтобы получать гели с различными характеристиками прочности и набухания. Это позволяет имитировать свойства разных естественных тканей – от твёрдого хряща до мягкого жира.

В Штутгарте печатаются и синтетические материалы – искусственные заменители внеклеточного матрикса. Примером тому система, которая при отверждении даёт гидрогель, лишённый побочных продуктов, и может быть немедленно заполнена живыми клетками. Но на данный момент наибольшее внимание учёные уделяют «естественному» варианту гидрогелей. «Несмотря на то, что синтетические гидрогели обладают большим потенциалом, нам ещё многое нужно узнать о взаимодействиях между искусственными веществами и клетками или природными тканями. Наши основанные на биомолекулах варианты обеспечивают клетки естественной средой и поэтому могут стимулировать самоорганизацию клеток в модель функциональной ткани», – объяснил доктор Кирстен Борхерс.

Принтеры в лаборатории в Штутгарте имеют много общего с обычными офисными принтерами, различия обнаруживаются только при ближайшем рассмотрении. Например, нагреватель на чернильном контейнере, с помощью которого устанавливается температура биочернил. Кроме того, у биопринтеров меньше струй и резервуаров, чем у их офисных «коллег». «Нам хотелось бы увеличить их количество, чтобы одновременно печатать разными чернилами с разными клетками и матриксами. Так мы сможем приблизиться к воспроизведению сложных структур и различных типов тканей», – сказал доктор Борхерс.

Большой проблемой на данный момент является создание васкуляризированной ткани. Это означает, что ткань должна иметь свою собственную систему кровеносных сосудов, снабжающую её питательными веществами. Вместе с партнёрами IGB работает над этой проблемой в рамках проекта Arti Vasc 3D при поддержке Европейского Союза. Сутью этого проекта является технологическая платформа для создания мелких кровеносных сосудов из синтетических материалов и первой искусственной кожи с её подкожной жировой клетчаткой. «Этот этап очень важен для будущей печати тканей или целых органов, – комментирует Кирстен Борхерс. – Печать более крупных тканевых структур станет возможной только тогда, когда мы достигнем успеха в получении ткани, которая питается системой кровеносных сосудов».

Создавать «запчасти для организма» можно не только на 3D-принтере, но и в биореакторе – аппарате, моделирующем среду, сходную с внутренней средой организма человека для создания оптимальных условий для деления клеток и строительства костей

или мягких тканей организма. По этому пути пошли врачи больницы «Эмек» в Афуле (Израиль), которые впервые в мире провели пересадку костей, выращенных в лаборатории. Инновационный метод подходит и для жертв аварий, и для раковых больных, и для пожилых. А в будущем с его помощью можно будет увеличить рост. До сих пор подобное было невозможно, и пациенты, лишившиеся фрагмента кости в аварии или в процессе лечения ракового заболевания, были вынуждены проходить через долгий и болезненный процесс трансплантации кости, взятой из другого участка тела.

Израильские врачи нашли способ выращивать недостающие части искусственно. Для этого они взяли у пациента фрагмент жировой ткани, выделили из неё клетки, отвечающие за строительство тканей и кровеносных сосудов, и поместили их в биореактор. Примерно через две недели в биореакторе образуется ткань, пригодная для трансплантации в тело пациента. Живой трансплантат вводится при помощи специального шприца, и ткань продолжает расти уже внутри человеческого тела. Процесс полного формирования недостающего участка кости занимает несколько месяцев.

«Мы создали тысячи крохотных частиц, каждая из которых была живой. Это позволило нам ввести их в те участки тела, где не хватало костной ткани, при помощи инъекций. Там частицы присоединились к живой действующей костной ткани, – объяснил доктор Шай Марицки, генеральный директор компании «Бонус биогрупп», разработавшей этот инновационный метод лечения. – У пациента не хватало фрагмента кости в ноги длиной пять сантиметров. Врач ввёл в этом месте тысячи частиц живых имплантатов, которые мы вырастили в лаборатории, и в течение нескольких дней этот участок начинает заполняться клетками нарастающей ткани. Через два месяца пациент может ходить».

Дани, житель кибуца на севере страны, лишившийся участка кости голени в дорожной аварии, стал первым пациентом, которому была сделана операция при помощи новой технологии. Операцию провёл профессор Нимрод Розен, заведующий ортопедического отделения больницы «Эмек».

«Через шесть недель кость восстановится, и голень станет такой же, как раньше», – сказал после операции профессор Розен. По его словам, подобная операция подходит и пожилым людям, и пациентам с остеопорозом, и раковым больным, которым удалили участок кости из-за опухоли. По мнению профессора Розена, в будущем этот метод можно будет использовать и в эстетической медицине, чтобы помочь низкорослым людям стать выше ростом. «За одну операцию можно нарастить 10 сантиметров. Те, кому это необходимо, смогут сделать серию операций», – рассказал хирург.

Достижения современной инженерии позволяют изготавливать не только отдельные фрагменты конечностей, но и создавать руку или ногу полностью



Так, ещё в 2016 году два первых бионических протеза руки, созданные агентством перспективных оборонных разработок Пентагона (DARPA) совместно с американской компанией Mobius Bionics, были переданы Национальному военному медицинскому центру в Мэриленде. Разрабатывали эти протезы пять лет. Устройство назвали LUKE в честь Люка Скайуокера, одного из главных персонажей серии фильмов «Звёздные войны», потерявшего руку в бою с Дартом Вейдером и получившим взамен высокотехнологичный протез. Также аббревиатура LUKE расшифровывается как Life Under Kinetic Evolution (жизнь при кинетической эволюции).

Бионическая рука управляется электромиографическими электродами, с их помощью контроллер считывает сигналы мышц. Эти сигналы протез преобразовывает в одно из десяти возможных движений: подъем руки над головой, заведение её за спину, подъем и опускание предметов с одновременным сгибанием локтя, захват и удержание предметов (причём даже хрупких, например, куриного яйца). Бионическая рука выполняет множество повседневных операций, например, с её помощью можно почистить зубы или застегнуть молнию на одежде. Протез LUKE защищён от воды и пыли. Испытания устройства проводились более чем на ста людях на протяжении десяти тысяч часов. Пентагон планирует включить этот протез в медицинскую страховку для военнослужащих.

Но мало создать аналог конечности, нужно ещё и наладить её чёткое взаимодействие с мозгом, чтобы действие протеза ничем не отличалось от движений естественной руки или ноги. Налаживанию полноценной работы искусственно созданных конечностей может поспособствовать программа DARPA, направленная на разработку высокотехнологичного имплантата, способного создать своего рода коммуникационный мост между человеческим мозгом и биосовместимыми устройствами. Агентство надеется, что разработка подобной технологии в рамках программы Neural Engineering System Design (NESD) получит очень широкий спектр применения как в исследовательских проектах, так и в медицине. В то время как компьютеры продолжают развиваться огромными шагами, человечество по-прежнему не разработало систему, которая по-настоящему может взаимодействовать со всеми способностями человеческого мозга. Программа DARPA направлена на решение этого вопроса и при успешной реализации существенно повысит возможности сферы нейротехнологий.

«Сегодняшние лучшие представители технологий интерфейсов «компьютер-мозг» скорее походят на то, как два суперкомпьютера пытаются между собой общаться посредством старого 300-бодного модема, – говорит Филип Альвельда, менеджер программы NESD. – Только представьте, что перед нами откроется, если мы сможем модернизировать канал коммуникации между человеческим мозгом и современной электроникой».

Используя в настоящий момент нейроинтерфейсы в самых разных исследовательских программах приходится сжимать огромный объем информации и распределять её передачу по сотне каналов, каждый из которых получает сенсорную информацию, посланную десятками тысяч нейронов. Неудивительно, что это совсем не приводит к выдающимся результатам, а передаваемая информация часто оказывается под воздействием внешних шумов, которые снижают её точность. DARPA считает, что следующее поколение нейроинтерфейсов будет гораздо точнее и в конечном итоге приведёт к разработке имплантируемых систем нейронных каналов передачи, которые будут способны получать данные от одного миллиона нейронов и при этом по своим размерам не превышать одного кубического сантиметра.

Сложности, с которыми придётся столкнуться при разработке подобных интерфейсов, включая всю сложность исследования и проектирования конечного дизайна таких устройств, феноменальны. Согласно агентству, для решения этих вопросов потребуются совершить серьёзный технологический прорыв сразу в нескольких разных научных сферах, начиная от синтетической биологии и нейробиологии и заканчивая разработками в сфере маломощной электроники. Исследователи проекта NESD займутся разработкой новых сложных методов, предназначенных для перекодирования электромеханических сигналов нейронов мозга и передачи их с максимально возможной точностью компьютерным системам. Если программа докажет свою состоятельность, то перед нами откроется широкий набор потенциальных сфер применения данных технологий. Нас ожидают удивительные открытия в нейротехнологиях. Собранную имплантатами сенсорную информацию можно будет использовать, например, для разработки новых технологий, которые позволят улучшить слух и зрение пациентов, а также разработать новые методы лечения различных заболеваний.

Работы в недрах DARPA по созданию нейроинтерфейсов будущего лежат в русле исследований созданного в 2014 году Офиса биологических технологий (Biological Technology Office – ВТО), перед которым поставлена задача «разгадать производственные секреты биологии» и «использовать силу биологических систем», в первую очередь в военных целях, разумеется, а если получится, то и в мирных отраслях, прежде всего в медицине. Исследования ведутся в направлении решения проблемы улучшения памяти, симбиоза машин и людей и ускорения обнаружения заболеваний и отклика на них. В 2016 году на это дело ушло 300 миллионов долларов, но в агентстве надеются, что средства не улетят на ветер, а дадут мощную отдачу в работе над нейронными имплантатами для помощи здоровым людям в их повседневной жизни и других технологиях, которые «изменяют правила игры» в медицине.

Директор ВТО, исследователь нейропротезирования Джастин Санчес, так сказал о работе своей конторы: «Мы ведём биологическую работу на стыке биологии и инженерии много лет, но она была разбросана по другим отделам DARPA. Этот офис стал признанием

того, что биологические технологии собираются играть важнейшую роль не только в направлении движения нашей страны, но и других стран, поэтому нам нужно было сосредоточить всеобъемлющие усилия и отправиться вперёд. Эта программа называется «живые литейные» – словно мы собираемся отливать что-то живое. Традиционно мы используем химию для создания новых соединений или новых лекарств. Но в последнее время мы поняли, что микробы вроде дрожжей и бактерий тоже могут производить соединения, а мы можем программировать их для создания этих соединений, сперва поняв, какие химические дорожки они используют. Взять, к примеру, дрожжи. Дрожжи используют сахар для получения спиртов самым разным образом. Если же перепрограммировать эти дорожки, можно было бы заставить их создавать множество других соединений, которые они изначально производить не умели, а мы все так же будем использовать то же исходное сырьё – сахар. Наши команды разрабатывают генетические коды, при помощи которых можно будет перепрограммировать дрожжи. Эта идея может перевернуть наш процесс производства соединений. Перед нами стоит задача произвести 1000 новых молекул на протяжении программы и наши команды хорошо справляются. Я думаю, они уже произвели порядка 100 новых соединений, которые производятся дрожжами. Это как взять биологию и поженить её на инженерных инструментах, а затем создать с их помощью нечто».

Кроме того Джастин Санчес отметил: «Нейротехнологии – это очень большая область в нашем офисе. Мы добились больших успехов по медицинской части, показав, что прямые нейронные интерфейсы (связи между мозгом и устройством вроде нейростимулятора, компьютера или протеза) могут восстанавливать движение, ощущение и здоровье людей с психоневрологическими расстройствами. Что примечательно, при всем уважении ко многим исследованиям, многие люди думают, что можно выделить важную область мозга, простимулировать её и волшебным образом получить ответ. Но это не так. Когда вы создаёте карту происходящего в мозге, то, как выяснилось, если вы не отправите правильные коды в мозг, вы не получите улучшение памяти и даже можете её ухудшить. Но фокус в том, что если вы отправите правильные коды, вы получите существенные улучшения в декларативной памяти. Так что это палка о двух концах. Необходимо углублённое исследование в следующем поколении изучения мозга. Код это несколько вещей. Это точное срабатывание отдельных нейронов. Скажем, у вас есть 100 нейронов, и все они зажигаются в разное время в разных местах, и все эти включения и выключения можно интерпретировать как попытку вспомнить слово «Нэнси» или «дерево». Мы можем понять, что означают эти схемы активации и как они связаны с реальным миром. Все эти нейронные схемы активации вместе производят волны или ритмы мозга, и на этом уровне мы также изучаем мозг. Важно понимать все эти различные клеточки мозга, потому что он так работает. Мы теряем так много из-за того, что не понимаем биологию. Думаю, наше понимание биологии сильно растёт. И наша способность взаимодействовать с биологией, используя технические методы, изменит наше отношение к телу, мозгу и иммунной

системе. Думаю, у нас будет удивительное будущее, ближайшие годы вынесут нам всем мозги».

И мозги действительно выносятся, и уже сейчас. Особенно, когда видишь, как близко мы подошли к созданию новых организмов, по сути посягая на прерогативы Творца. Пока только по части сотворения живого мира, но как знать, что дальше будет, если при том мы сами, по глупости либо по злему умыслу, себя не изничтожим, как ветвь цивилизации, играя в такие игрушки как «конструктор ДНК».

Предпосылки к тому намечаются с появлением новой индустрии – печати на продажу ДНК с помощью 3D-принтеров. Правда, исполнительный директор калифорнийской компании Cambrian Genomics объясняет, что данный процесс лучше всего описывает фраза «проверка на ошибки», нежели «печать». Технология незамысловата, хотя и не дешева – миллионы частей ДНК помещаются на крошечные металлические подложки и сканируются компьютером, который отбирает те цепи, которые в конечном итоге должны будут составлять всю последовательность ДНК-цепочки. После этого лазером аккуратно вырезаются нужные связи и помещаются в новую цепочку, предварительно заказанную клиентом.

Такие компании, как Cambrian, полагают, что в будущем люди смогут благодаря специальному компьютерному оборудованию и программному обеспечению создавать новые организмы просто для развлечения. Конечно же, такие предположения сразу же вызовут праведный гнев людей, сомневающих в этической корректности и практической пользе данных исследований и возможностей, но рано или поздно, как бы мы этого хотели или не хотели, мы к этому придём, считают в компании Cambrian Genomics.

Сейчас же ДНК-печать демонстрирует многообещающий потенциал в медицинской сфере. Производители лекарств и исследовательские компании – вот список первых клиентов таких компаний, как Cambrian.

Исследователи из Каролинского института в Швеции пошли ещё дальше и начали создавать из ДНК-цепочек различные фигурки. ДНК-оригами, как они это называют, может на первый взгляд показаться обычным баловством, однако практический потенциал использования у этой технологии тоже имеется. Например, его можно будет применять при доставке лекарственных средств в организм с помощью нанороботов-транспортёров.

Существенный сдвиг на этом направлении произошёл в 2015 году, когда группа исследователей из Калифорнийского университета в Сан-Диего объявила о том, что провела первые успешные тесты с применением наноботов, которые выполнили поставленную перед ними задачу по транспортировке, находясь внутри живого организма. Живым организмом в данном случае выступали лабораторные мыши.

После помещения наноботов внутрь животных микромашины направились к желудкам грызунов и доставили помещённый на них груз, в качестве которого выступали микроскопические частички золота. К концу процедуры учёные не отметили никаких повреждений внутренних органов мышей и тем самым подтвердили полезность, безопасность и эффективность наноботов.

Дальнейшие тесты показали, что доставленных наноботами частичек золота в желудках остаётся больше, чем тех, которые были просто введены туда с приёмом пищи. Это натолкнуло учёных на мысль о том, что наноботы в будущем смогут гораздо эффективнее доставлять нужные лекарства внутрь организма, чем при традиционных методах их введения.

Моторная цепь крошечных роботов состоит из цинка. Когда она попадает в контакт с кислотной средой организма, происходит химическая реакция, в результате которой производятся пузырьки водорода, которые и продвигают на-ноботов внутри. Спустя какое-то время наноботы просто растворяются в кислотной среде желудка.

Несмотря на то, что данная технология разрабатывается уже почти десятилетие, только в 2015 году учёные смогли провести её фактические тесты в живой среде, а не обычных чашках Петри, как делалось много раз до этого. В будущем наноботов можно будет использовать для лечения различных болезней внутренних органов путём воздействия нужными лекарствами на отдельные клетки.

Например, на клетки мозга. Но прежде чем воздействовать по принципу «не навреди», нужно как следует изучить объект лечения, чтобы знать, куда чего доставлять. Значительных успехов в изучении клеток мозга при лечении болезней, связанных со старением организма, добились учёные из калифорнийского Института Солка в Ла-Холья, когда разработали метод трансформирования клеток кожи в старые мозговые клетки. Зачем именно в старые? – Старые мозговые клетки нужны для изучения болезней Альцгеймера и Паркинсона и процессов старения. Исторически сложилось, что для таких исследований применялись клетки мозга животных, однако учёные в этом случае были ограничены в своих возможностях. Недавно учёные смогли превратить стволовые клетки в клетки мозга, которые можно использовать для исследований. Однако это довольно трудоёмкий процесс, и на выходе получают клетки, не способные имитировать работу мозга пожилого человека, что необходимо для работы над «эликсирами жизни» – препаратами, увеличивающими продолжительность жизни человека, работы над которыми щедро финансируются разного рода денежными мешками. Как только исследователи разработали способ искусственного создания клеток мозга, они направили свои усилия на создание нейронов, которые обладали бы возможностью производства серотонина – химического вещества, участвующего в передаче нервных импульсов через синапс от одного нейрона к другим, влияющего на процесс старения, регулирующего способность к обучению и

память. И хотя полученные калифорнийскими учёными клетки обладают лишь крошечной долей возможностей работы человеческого мозга, они активно помогают в исследованиях и поиске лекарств от таких болезней и расстройств, как аутизм, шизофрения и депрессия.

Пока в США изучают болезнь Альцгеймера, в Израиле её уже победили. Впервые в истории мировой медицинской науки израильским учёным удалось одержать победу над самым непредсказуемым и до сегодняшнего дня неизлечимым заболеванием – болезнью Альцгеймера. И хотя разработки эффективного лекарства против болезни Альцгеймера велись уже давно, 99 % клинических исследований препаратов заканчивались неудачно. Израильские же исследователи создали новый препарат, который оказался эффективным даже в небольших дозах.

Согласно данным опубликованного отчёта, созданный израильцами препарат полностью останавливает дегенеративные изменения в мозге. Речь идёт о завершении доклинических испытаний нового препарата, показавшего почти 100-процентное исцеление от этой неизлечимой ранее и наиболее распространённой формы слабоумия. На сегодняшний день новый лекарственный препарат успешно прошёл все стадии доклинических испытаний.

Сначала лекарство было протестировано на высаженных культурах нейронов. Совсем малая доза полученного лекарственного средства смогла предотвратить разрушение нервных клеток, подвергшихся воздействию деструктивных характеристик окислительного стресса (составляющая болезни Альцгеймера) и бета-амилоидных бляшек, считающихся признаком развития этого заболевания.

Затем от болезни Альцгеймера были вылечены все подопытные мыши. Благодаря новому лекарству у подопытных полностью пропали симптомы этого недуга, а их когнитивные способности оказались сравнимы с показателями здоровых животных.

Целью созданной израильскими учёными молекулы являются бета-амилоидные бляшки. Она эффективно разрывает скопление бета-амилоида, повреждающего передачу данных по нервным клеткам, и одновременно активирует специфические белки, обеспечивающие защиту нейронов от различных материалов, характерных для болезни Альцгеймера.

В ходе лабораторных экспериментов учёным на всех уровнях удалось сохранить нейроны, которые бы погибли в условиях окислительного стресса или в присутствии бета-амилоида. «Эти клетки выжили при обработке даже очень низкими концентрациями вещества», – прокомментировала полученные результаты руководитель исследовательской группы, профессор химии Университета Бар-Илан Билха Фишер. Новый препарат она разрабатывала в сотрудничестве с профессором-неврологом Дэниелем Оффеном из Тель-Авивского университета.

«Созданная нами молекула – своего рода универсальный и надёжный медицинский швейцарский армейский нож, – пояснила профессор Фишер. – Формула способна выполнять огромное количество терапевтических задач и одновременно достигать сразу несколько целей».

До нынешнего момента лечение болезни Альцгеймера было крайне затруднено из-за её многомерности и многосложности. Если какой-то прогресс в борьбе с этим заболеванием и существовал, то, в основном, только в области разработки инструментов его ранней диагностики, а также в исследованиях взаимосвязей между изменением образа жизни пациентов и замедлением хода заболевания. Но разработка новых эффективных лекарств в мире по-прежнему значительно отстаёт. «Сегодня существуют препараты, эффективность которых весьма ограничена, – резюмирует ситуацию профессор Фишер. – Они способны помочь лишь 20% пациентам и только в течение одного-двух лет».

Болезнь Альцгеймера, как правило, обнаруживается у людей старше 65 лет. Согласно данным статистики, в 2006 году число заболевших составляло 26 миллионов 600 тысяч человек в мире, а к 2050 году число больных может вырасти вчетверо. На ранних стадиях болезни появляется расстройство кратковременной памяти, позднее происходит потеря и долговременной памяти. Постепенная потеря функций организма ведёт к смерти. На ранних стадиях болезнь Альцгеймера диагностике поддаётся плохо. Средняя продолжительность жизни после установления диагноза составляет около 7 лет, менее 3 % больных живут более 14 лет. Учитывая масштабы, охватываемые болезнью Альцгеймера, полученные в Израиле результаты дают надежду десяткам миллионов больных во всем мире на излечение и, в конечном счёте, на жизнь.

«Необходимо помнить, что болезнь Альцгеймера начинается за 20 лет до того, как будет поставлен диагноз, – подытожила свой рассказ профессор Билха Фишер. – Поэтому я уверена, что вместе с прогрессом в области ранней диагностики, мы с помощью нашего препарата сможем не только замедлять развитие болезни Альцгеймера и лечить её, но и предотвращать. Это станет огромным достижением в борьбе с этим сложным смертельным заболеванием».

Стоит заметить, что в Израиле исследования в области медицины с прицелом на новейшие достижения науки и техники поставлены на широкую ногу. Вот только небольшой перечень достижений израильских компаний в области современной медицины:

– Нанос, изобретенный профессором Hossam Naick из Техниона. Новый израильский диагностический прибор нанос, разработанный на основе нанотехнологий, позволяет по выдыхаемому воздуху диагностировать различные типы рака лёгких с точностью до 95%.

– Nervana – негормональные длительного действия противозачаточные суппозитории. Компания выиграла грант в миллион долларов на развитие от Фонда Билла и Мелинды Гейтс. Это противозачаточные лекарства необходимы для более доступного, дешёвого и социально приемлемого варианта планирования семьи в развивающихся странах, хотя это будет продаваться также в Соединённых Штатах и Европе.

– Vesou нанолейкарства – это наноловушки вирусов, способные захватить и уничтожить вирусы прежде, чем они могут инфицировать клетки. Эта разработка является огромным шагом вперёд по сравнению с противовирусными препаратами и даже вакцинами.

– Agili-C – раствор для регенерации гиалинового коленного хряща разработан в Университете им Бен-Гуриона. Одобрен Европейским союзом и подан на утверждение FDA.

– Oramed – иерусалимская фармацевтическая компания разработала капсулы инсулина для диабета 2 типа, принимаемые внутрь, вместо инъекций. В процессе разработки находятся капсулы для диабета 1 типа.

– Компания Premia Spine разработала и выпустила принципиально новый имплантат для замены позвоночных суставов, позволяет отправить в прошлое тотальное эндопротезирование, как это произошло с коленным и тазобедренным суставами. Он уже доступен к использованию в Израиле, Австрии, Германии, Великобритании и Турции.

– Компания Mari Pharma разработала принципиально новые лекарственные препараты пролонгированного действия для лечения симптомов рассеянного склероза и боли.

– Компания Discover Medical представила принципиально новую маску для страдающих апноэ во время сна. В отличие от имеющихся аналогов, новая маска более удобна и не создаёт нагрузки на сердце.

– Компания Real Imaging, руководимая Арноном Боазом разработала аппарат для диагностики доброкачественных и злокачественных заболеваний молочных желёз. Он работает без радиационного излучения и без контакта с молочной железой. Аппарат анализирует 3D и инфракрасные сигналы, излучаемые из злокачественной и доброкачественной ткани, создавая объективный доклад, который не нуждается в интерпретации.

– Профессор Михаль Шварциз института Вайцмана разработала новый анализ крови для определения ранней стадии болезни Альцгеймера и бокового амиотрофического склероза.

– Доктор Шахар Коэн и его коллеги из израильского университета, расположенного в городе Ариэль в Самарии, разработали прибор, внешне напоминающий ручные часы,



который больные надевают на кисть руки. Прибор позволяет записывать симптомы болезни Паркинсона (непроизвольные дрожательные движения), делая до 300 замеров за секунду, и обеспечивая полную картину симптомов. Большое количество данных позволяют изучить течение болезни и назначить верное лечение. Конечной целью создания такого прибора является разработка методов полного излечения болезни.

– Израильская компания Beta-O2 Technologies разработала биологическую искусственную поджелудочную железу в качестве потенциального средства исцеления людей больных диабетом. Данная технология создания искусственной поджелудочной железы ставит перед собой цель помочь больным диабетом первого типа (юношеский диабет) прекратить инъекции инсулина. Пациентам вживляют живые бета-клетки, ответственные за выработку гормона инсулина, которые, находясь в теле человека, анализируют уровень сахара в крови. По результатам такого анализа, бета-клетки производят либо инсулин (понижающий уровень сахара), либо глюкагон (повышающий уровень сахара). Такая искусственная железа уже была успешно имплантирована первому пациенту. Наблюдения дали первые результаты: искусственная поджелудочная железа работала надежно, а поскольку была предложена технология, при которой прибор позволяет иммуноизоляции имплантируемых клеток, то больному нет необходимости принимать препараты для подавления иммунной системы, что обычно необходимо при имплантации органов, чтобы предотвратить отторжение инородного тела организмом.

Из того же ряда успешного приложения высоких технологий к медицине, но уже от американцев – Федеральное управление США по контролю за лекарствами (FDA) разрешило использовать лекарство Keytruda для лечения опухолей с генетическим маркером MSI-H. В ходе клинических испытаний препарат доказал эффективность: у 40 % больных, участвовавших в испытании, опухоли уменьшились или исчезли полностью, у 78 % этот эффект сохранялся не менее шести месяцев.

Лекарство предназначено для лечения взрослых и детей на продвинутой стадии рака с метастазами. В Израиле препарат включён в государственную корзину здоровья для лечения меланомы, опухолей головы и шеи и немелкоклеточного рака лёгких NSCLC. Лекарство вводится внутривенно раз в три недели.

После рассмотрения результатов исследований FDA лицензировало средство по ускоренной процедуре (ускоренная процедура лицензирования применяется к лекарствам, спасающим жизнь, при наличии положительных результатов клинических испытаний). Препарат разрешён для лечения 15 видов опухолей, включая опухоли поджелудочной железы, лёгких, простаты, щитовидной железы, толстого кишечника, желудка, мочевого пузыря, слюнных желёз.

Механизм действия Keytruda – выявление «прячущейся» от иммунной системы опухоли. Компания Merck разрабатывала это лекарство в течение 10 лет. Суть действия в том, что препарат делает опухоль заметной для иммунной системы больного, и она атакует её.

Клинические испытания показали отличные результаты при лечении опухолей кожи, головы и шеи, желудка и мочевого пузыря: опухоли уменьшались в размерах, а иногда и полностью исчезали.

В настоящее время в мире проводятся десятки испытаний препарата Keytruda. Специалисты полагают, что в ближайшие годы лекарство будет лицензировано для лечения дополнительных видов рака, и будет создана линия лекарств, основанных на аналогичных принципах борьбы с опухолями.

Значительно усовершенствовать методы лечения рака и других заболеваний, решив одну из основных проблем современной медицины – как быстро, безопасно и эффективно доставить лекарственный препарат в организм пациента – может новая физическая форма белков, разработанная учёными Техасского университета в Остине (The University of Texas at Austin). Стратегию получения белковых препаратов, разработанную преподавателями и студентами Школы инженерии Кокрелла (Cockrell School of Engineering) при Техасском университете в Остине с полным правом можно назвать беспрецедентной: предлагаемый учёными новый универсальный подход к доставке лекарств способен произвести революцию в лечении рака, артрита и инфекционных заболеваний. Американские учёные представили новую физическую форму белков, в которой молекулы упаковываются в высококонцентрированные наноразмерные кластеры (от 50 до 300 нм), легко проходящие через иглу.

Ключевой успех пришёл к учёным в 2004 году, когда профессор химической инженерии Томас Траскетт предположил, что растворы основанных на белках препаратов будут стабильны в ультравысоких концентрациях. В то время профессор химической инженерии Кит Джонстон уже работал с наночастицами концентрированного стабильного белка, но не знал, как получить дисперсии, пригодные для инъекций. В 2009 году учёным удалось получить белковые нанокластеры в воде при помощи корректировки рН (чтобы снизить белковый заряд) и добавления сахара (трегалозы), собирающего вместе молекулы белка. Вскоре был совершен и еще один прорыв: инженер-химик Брайан Вилсон получил прозрачную дисперсию чрезвычайно концентрированного белка, которая, как позже было установлено, была образована нанокластерами.

Как показали биологические и биохимические анализы, при разбавлении дисперсии *in vitro* или подкожной инъекции мышам нанокластеры распадаются на отдельные конформационно стабильные белковые мономеры, полностью сохраняющие биологическую активность. При попадании в кровь белки использованных в экспериментах

дисперсий моноканальных антител 1В7, поликлонального овечьего иммуноглобулина G и бычьего сывороточного альбумина (с концентрацией до 260 мг/мл) адресно атакует клетки и опухоли. При этом фармакокинетика дисперсий неотличима от таковой стандартных растворов этих белков, используемых для внутривенного введения.

«Эта общая физическая концепция образования высококонцентрированных, но стабильных белковых дисперсий является одним из основных новых направлений в науке о белках, – поясняет профессор Джонстон, член Национальной инженерной академии США. – Мы считаем, что открытие новой высококонцентрированной формы белков – кластеров из отдельных белковых молекул – это инновация, способная изменить то, как мы боремся болезнями».

А вот учёные из Университета Дьюка призвали на борьбу с одной из самых опасных форм рака – опухоли мозга – сальмонеллу. Сальмонеллы – род неспороносных бактерий, имеющих форму палочек. Именно эти микроорганизмы становятся причиной более чем одного миллиона пищевых отравлений ежегодно, при этом около 400 человек при этом умирают. Команда исследователей из Университета Дьюка сумела генетически перепрограммировать сальмонеллы таким образом, чтобы они атаковали не желудочно-кишечный тракт человека, а агрессивные формы рака.

Глиобластома – это вам не шутки. Наиболее частая и агрессивная форма опухоли мозга ежегодно уносит жизни тысяч людей. Если диагноз глиобластома поставлен, пациент лишь в 10% случаев проживает до 5 лет, чаще всего жить ему остаётся не более 15 месяцев. Эта форма онкологии устойчива против химиотерапии, и её практически невозможно победить радиотерапией. Хирургическое вмешательство здесь тоже не вариант. Если хотя бы одна клетка опухоли останется внутри мозга, она станет началом нового злокачественного образования.

И вот тут-то на сцену выходит Сальмонелла энтерика или Сальмонелла кишечная. После нескольких генетических штрихов, внесённых учёными в её ДНК, бактерия превращается в ракету с самонаведением, которая целится напрямик в глиобластому. При этом подобная терапия практически безвредна для пациента. Учёные запрограммировали бактерию на постоянный дефицит аминокислот, известных как пурины. Так случилось, что опухоли пуринами набиты просто битком, поэтому и Сальмонелла слетается на них как пчёлы на мёд. После введения бактерий в мозг они проникают глубоко в опухоль, где начинают размножаться.

Команда исследователей также запрограммировала Сальмонеллу на то, чтобы она производила два соединения: *azurin* и *p53* – они активируют в клетках самоуничтожение, но лишь в том случае, когда среда содержит недостаточное количество кислорода, например, внутри опухоли. Таким незамысловатым образом бактерия пожирает клетки

опухоли, а затем погибает от нехватки кислорода. Учёным пришлось отключить естественные токсины Сальмонеллы, чтобы она не спровоцировала активацию иммунитета человеческого организма и могла эффективно бороться с раком. После уничтожения опухоли от бактерий не остаётся никаких следов.

Во время испытаний на лабораторных крысах 20% пациентов прожили 100 дней после уничтожения опухолей, это эквивалентно 10 годам человеческой жизни. Терапия позволит медикам в два раза увеличивать процент выживаемости пациентов, а также значительно продлить срок их жизни. Разумеется, успех лабораторных испытаний на грызунах – это ещё не вся победа, но начало положено неплохое.

Генная инженерия в медицине сулит большие перспективы в лечении неизлечимых на данный момент болезней. Особенно, если генные инженеры объединят свои усилия с нанотехнологами, которым тоже есть что продемонстрировать по медицинской части. К примеру, учёные из Медицинской школы Гарварда и Массачусетского технического института создали мельчайшие частицы, способные прочищать кровеносные сосуды. Учёные назвали своё творение нанобуром. Частицы разработанного вещества проникают в кровеносную систему человека и в буквальном смысле бурят любые новообразования, мешающие кровотоку. Сами частицы вреда сосудам и организму не наносят. В университете, где была разработана технология, отмечают, что новинка отлично заменяет дорогостоящие и малоэффективные по сравнению с наночастицами препараты для чистки сосудов. К тому же использование подобного метода избавляет человека от необходимости делать операцию при возникших проблемах с сердечно-сосудистой системой. «Это превосходный пример использования нанотехнологий в здравоохранении. Частицы вводятся при помощи обычной инъекции», – комментирует преимущество своего изобретения один из авторов разработки нанобура Роберт Лангер, профессор Массачусетского института. Он также добавляет, что никаких побочных эффектов от использования наночастиц пока зафиксировано не было.

Специалисты IBM Research и сингапурского Института биоинженерии и нанотехнологий (Institute of Bioengineering and Nanotechnology, IBM) объявили о том, что их совместные усилия привели к созданию антимикробиологического материала, гидрогеля, способного проникнуть сквозь любую биологическую мембрану и при контакте уничтожить микроорганизмы, стойкие к антибиотикам и другим видам сильнодействующих лекарственных препаратов. Интересен тот факт, что разработка данного материала стала побочным эффектом от разработки новых технологий производства полупроводников, выполняемой специалистами компании IBM Research.

В основе антимикробиологического гидрогеля лежит материал, который учёные с лёгкой руки назвали полимером-ниндзя. Этот полимер представляет собой раствор лёгких наноструктур, способных быстро перемещаться к инфицированным клеткам живого

организма и быстро разрушить их вредное внутреннее содержимое. После этого наноструктуры разлагаются и исчезают, не вызывая разрушительных побочных эффектов и не скапливаясь во внутренних органах организма пациента».

Когда гидрогель наносится на заражённую поверхность, положительный заряд наноструктур заставляет их сблизиться с клетками вредных микроорганизмов, на поверхности мембран которых скапливается отрицательный электрический заряд. Используя активные биологические компоненты, частицы гидрогеля разрывают клеточные мембраны микроорганизмов, нарушая их целостность и препятствуя их дальнейшей жизнедеятельности. Такой материал является весьма действенным оружием против бактерий и микроорганизмов, выработавших иммунитет к лекарственным препаратам. Биоактивные частицы гидрогеля совершенно не вредят клеткам здоровой кожи и других тканей.

Специалисты IBM Research считают, что таким материалом беспрепятственно можно покрывать поверхности внутри помещений медицинских учреждений, медицинские приборы и инструменты, поверхности имплантатов, стены и перегородки офисных и производственных помещений. Гидрогели с немного изменённым составом могут использоваться в качестве протирочных материалов, составов для инъекций и входит в состав средств личной гигиены в качестве дезинфицирующего средства.

Как известно успех лечения многих болезней в сильной мере зависит от того, на какой стадии они были выявлены. Тут работает принцип – чем раньше, тем лучше. А раннее выявление заболевания определяется совершенством средств диагностики. И тут на первый план выходит инженерное оборудование, имеющееся в распоряжении медиков.

Здесь можно привести множество примеров, но в рамках книги ограничимся лишь самыми яркими.

Компания Google Inc. тестирует технологию, которая позволит диагностировать онкологические заболевания на ранней стадии, и сможет сигнализировать о высоком риске инфарктов и инсультов. Речь идёт о таблетке с наночастицами, которые смогут анализировать состав крови и подавать сигналы об изменениях в нем. В случае нарушения нормы соответствующий сигнал будет поступать на специальный браслет пациента или на компьютер. Если разработка Google будет успешно внедрена, это поможет диагностировать опасные заболевания задолго до появления физических симптомов. По словам главы инновационной лаборатории Google X Эндрю Конрада, которая разрабатывает проект, учёные хотят сместить фокус внимания с лечения заболеваний на их профилактику. «Наночастицы позволят исследовать человеческий организм на молекулярном и клеточном уровне», – сообщил доктор Эндрю Конрад. Google разрабатывает несколько наборов наночастиц, которые предназначены для определения различных болезней. Например, один

вид частиц сможет скапливаться возле раковой клетки или повреждённого фрагмента ДНК. Другие частицы будут искать холестериновые бляшки, из-за которых появляются тромбы, и в дальнейшем есть риск получить сердечный приступ или инсульт. В целом можно будет самостоятельно без очередей в клинике изучить полный биохимический анализ крови в любое время.

Группа учёных из университета Бар-Илан разработала новый способ диагностики и лечения атеросклероза: с помощью золотых наночастиц. Это произведёт революцию в профилактике инфаркта и инсульта, утверждает руководитель исследования профессор Дрор Фикслер. Атеросклероз продолжает оставаться главной причиной смерти людей в западных странах. Сейчас его диагностируют с помощью целого ряда обследований – УЗИ, компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Помимо дороговизны, эти обследования связаны с облучением. Группа специалистов под руководством профессора Дрора Фикслера предложила более дешёвый и безопасный метод. Он основан на инъекции наночастиц из золота. Частицы группируются вокруг холестериновых отложений в сосудах и выявляются с помощью специального сканера. По утверждениям израильских учёных, новый метод позволит выявлять атеросклероз на самых ранних стадиях. Если начать лечение на таком этапе болезни, то можно предупредить инфаркт и инсульт, существенно продлив жизнь больного. В будущем нанозолото можно будет применять не только для диагностики, но и для лечения атеросклероза. Соединив наночастицы с хорошим холестерином (HDL), врачи смогут очищать сосуды от жировых бляшек без операции и коронаропластики.

Израильская компания TytoCare разработала и успешно продаёт домашний прибор, позволяющий пациенту самостоятельно провести профессиональный «врачебный осмотр» себе или своему ребенку, отправить данные лечащему врачу и, не выходя из дома, получить грамотные рекомендации и рецепты. Помимо стандартного тонометра, прибор включает электронный стетоскоп для прослушивания шумов в сердце и лёгких, насадки с камерами высокого разрешения для осмотра полости рта, горла, ушей и кожи. Полученные данные отправляются через специальную аппликацию лечащему врачу, который может на их основе проконсультировать пациента дистанционно – задать уточняющие вопросы, направить на очный приём к специалистам, выписать через интернет рецепт и так далее.

Основатель и гендиректор TytoCare Деди Гилад поясняет, что его дочка в раннем детстве часто страдала отитами (воспаление среднего уха), и ему, как и многим израильским родителям, приходилось постоянно ездить по ночам в приёмные отделения больниц. Именно этот опыт бесконечного ожидания в очередях из-за хронической и известной проблемы вдохновил Гилада найти технологическое решение проблемы, позволяющее сократить количество ненужных визитов к докторам.

Как и многие израильские стартапы, TytoCare нашла рынок для своих новаторских разработок в США. Израильские технологии дистанционного обследования, позволяющие значительно сэкономить на визитах к врачам, были сертифицированы FDA. Американская ассоциация телемедицины в 2017 году наградила TytoCare за лучшую разработку в данной области.

Доктор Шахар Коэн и его коллеги из израильского университета, расположенного в городе Ариэль в Самарии, разработали прибор, внешне напоминающий ручные часы, который больные надевают на кисть руки. Прибор позволяет записывать симптомы болезни (непроизвольные дрожательные движения), делая до 300 замеров за секунду, и обеспечивая полную картину симптомов. Большое количество данных позволяют изучить течение болезни и назначить верное лечение. Конечной целью создания такого прибора является разработка методов полного излечения болезни.

Израильская компания Health Watch Technologies одной из первых в мире реализовала на практике идею «одежды будущего», способной следить за состоянием здоровья человека и передавать жизненно важную информацию врачу в режиме реального времени. Датчики пульса, артериального давления, сердечного ритма и температуры тела вплетены прямо в ткань футболок hWear. «Умная одежда» регистрирует также повышенное потоотделение и падения пациента. Футболки hWear, уже получившие одобрение FDA и аналогичного европейского органа, способны снимать электрокардиограмму в пятнадцати отведениях – их ношение заменяет холтеровскую электрокардиографию. И самое невероятное: это чудо можно стирать в стиральной машине вместе с обычным бельем. Такие футболки идеально подходят для людей, недавно перенёсших инфаркты, для находящихся в стационаре пациентов, для пожилых людей, ведущих активный образ жизни, и просто «для спокойствия души» всех, кто подозревает у себя какие-то проблемы со здоровьем. Параллельно с одеждой тель-авивская компания создала специальное программное обеспечение, позволяющее собирать информацию и посылать её на смартфон владельца или врача. Компания продемонстрировала свою продукцию на ежегодной конференции Американской Ассоциации телемедицины (АТА). Гендиректор Health Watch Ури Амир подчеркнул, что одежда hWear, в отличие от изделий других фирм, способных только регистрировать частоту сердечных сокращений, представляет собой настоящий медицинский прибор, фиксирующий важнейшие жизненные показатели, включая правильность сердечного ритма и ишемические изменения на ЭКГ.

Саймон Черри и Рамси Бадауи в университете Калифорнии в Дэйвисе занимаются созданием первого в мире ПЭТ-сканера для сканирования всего организма. В отличие от рентгена и МРТ-сканирования, при помощи которых получают структурные изображения организма, позитронно-эмиссионный томографический сканер позволяет получить изображения на молекулярном уровне. По утверждению Саймона Черри, профессора радиологии и биомедицинской инженерии в Университете Калифорнии в Дэйвисе, при

помощи таких изображений учёные смогут рассказать о том, как именно функционируют клетки организма человека. К примеру, можно будет узнать, как активно происходит клеточный метаболизм или их деление. Такие данные будут весьма полезны при диагностике онкологических заболеваний, например, для уточнения, помогает ли вводимый препарат понизить метаболизм раковой опухоли. Новый сканер отличается своими размерами: современные ПЭТ-сканеры способны выполнять изображения лишь отдельных частей организма, тогда как Explorer сможет выполнить изображение всего организма.

Как верно подмечено, болезнь лучше предупредить, чем потом лечить. Тут на помощь приходят современные средства профилактики. Один из методов профилактики болезней – заблаговременное уничтожение болезнетворных бактерий. Особенно на больничном белье и одежде врачей.

Учёные из Бар-Иланского университета (Израиль) разработали нанопокрытие для больничных простыней и халатов, при соприкосновении с которыми гибнут бактерии, устойчивые к антибиотикам. Антибактериальное покрытие для ткани появилось в результате работы над проектом по созданию «не вонючих» армейских носков. По словам профессора Аарона Геданкена, чудо-носки пока не созданы, однако, использовавшаяся при их разработке идея пригодилась для создания антибактериального покрытия для тканей. Достоинством этой разработки является то, что покрытие из наночастиц может наноситься на любую тканевую поверхность. При этом простыня с покрытием ни внешне, ни на ощупь не будет отличаться от обычной простыни. Технология была опробована на текстильных предприятиях Румынии и Италии. А результаты проведённых опытов свидетельствуют: в результате соприкосновения с тканью выживают лишь 1 из 100 тысяч микробов. По словам учёных, ткань сохраняет свои свойства после 65 стирок при температуре 95 градусов.

Супербактерии являются бедой современных больниц. Ежегодно они уносят жизни сотни тысяч пациентов. Против них не помогают ни обычные средства гигиены, ни дезинфекция. Согласно отчёту Минздрава Израиля, только в 2010 году в израильских больницах было зарегистрировано 3700 случаев заражения крови в результате осложнений, вызванных так называемыми супербактериями. Согласно медицинской статистике, в 40% случаев подобное заражение заканчивается летальным исходом. Это означает, что только в 2010 году супербактерии убили около 1500 израильтян, на 7% больше, чем в 2009 году.

Немаловажно в профилактике заболеваний определение качественного состава пищи, отравления являются одной самых распространённых «рукотворных болезней». Здесь интересен уникальный смартфон, который представили в Университете Тель-Авива. Как утверждают эксперты, новый гаджет может стать настоящим прорывом. Устройство оборудовано специальной камерой, работающей в гиперспектре: камера улавливает лучи, невидимые для человеческого глаза, и определяет состав продукта. По словам учёных, при



походах в магазин новинка может стать столь же необходимым предметом, как и кошелёк. Покупатель сканирует продукты, узнавая, из чего они состоят, и нет ли в них вредных компонентов, например, остатков пестицидов.

Учёные пояснили, что каждое вещество обладает собственным электромагнитным отпечатком и скрыть его присутствие невозможно. Разработал гиперспектральную камеру профессор тель-авивского университета Д. Мендловиц. Небольшое устройство идеально подходит для смартфонов. Разработчики уверены, что технологию можно смело применять в массовом производстве, просто совмещая гиперспектральную камеру с основной камерой смартфона. Чтобы начать сканировать продукты, пользователю придётся загрузить на устройство приложение. Установка осуществляется стандартным образом. Базовую модель смартфона-детектора представили на выставке MWC в Испании. Учёные из Тель-Авива при разработке технологии пользовались биотехническими системами компании Ramot Tech. В будущем планируется оборудовать гиперспектральными камерами все смартфоны, чтобы человек мог понять, из чего сделана котлета, которую ему принесли в ресторане.

Как у всего в этом мире, у медицинских инноваций есть и обратная сторона, на что обратила внимание здравоохранительных органов команда учёных испанского Университета Ровира и Вирхилий. По данным организации экономического сотрудничества и развития, наночастицы присутствуют сейчас в 1300 коммерческих продуктах, от косметики и пищевых продуктов до строительных материалов, красок, масел, электроники и фармацевтики. Испанские исследователи напомнили, что некоторые виды наночастиц способны проникать внутрь липидного слоя, защищающего клетки организма. При этом мы не знаем, как они могут воздействовать на человека, животный мир и окружающую среду – надёжные инструменты измерения объектов наномасштаба отсутствуют. В ходе компьютерной симуляции учёные из Испании впервые создали так называемый «идеальный двойной слой» липидов, при помощи которого провели эксперимент и увидели, что наночастицы размером около 5 нм (равно толщине мембраны) застревают в ней, а супергидрофобные наночастицы не только проникают в мембрану клетки, но и могут произвольно выходить оттуда. «Обычно считается, что чем меньше объект, тем проще ему проникать сквозь барьеры. Здесь мы видим обратную ситуацию: наночастицы размером больше 5 нм могут произвольно проходить через двойной слой», – говорит доктор Владимир Баулин, руководитель исследования. А наночастицы меньшего диаметра застревают. Возможность быстрого перемещения крошечных наночастиц через защищающие клетку липидные барьеры указывает на необходимость пересмотреть нормы безопасности наноматериалов, поскольку они могут оказывать воздействие на здоровье потребителей.

В заключение немного про нанороботов. Наномедицина у многих сейчас на слуху, но стоит отметить, что в общеустоявшемся понимании, особенно среди обывателей, наномедицина ассоциируется не столько с лечебными формами, содержащими

лекарственные средства в виде нанокапсул, что сейчас с успехом применяется, а с медицинскими нанороботами, наноботами и прочими нанолекарями, что покуда существуют лишь в головах исследователей да в публикациях продвинутых журналистов. Направление мысли в общем-то верное, в будущем оно так, наверно, и будет – диагностика и лечение будут осуществляться с использованием «умного» наноразмерного инструментария, который мы именуем «нанороботами», а потому стоит показать на наглядных примерах, как нас будут лечить невидимые простым глазом помощники медиков. Не беда, что картинки эти весьма условны, главное они доходчиво демонстрируют принцип действия такого сложного лечебного механизма как нанороботы.

Для выполнения поставленной перед ним задачи медицинский наноробот, прежде всего, должен добраться до места назначения – пораженных, больных, умерших клеток. Для этого ему необходим движитель и система навигации по организму. Для распознавания объекта своей миссии наноробот должен быть снабжен сенсорами, мониторящими окружающую среду и выделяющими среди всех прочих объектов цель. Для доставки на место лекарственных препаратов нанороботу требуются грузовые отсеки или транспортные манипуляторы для захвата и транспортировки груза. Для работы на месте нанороботу надо иметь рабочие манипуляторы. При работе наноробота в составе команды нанороботов он должен иметь систему связи с другими членами команды.

В планах ученых – совместить в нанороботах терапию с диагностикой. Такая методика лечения называется тераностикой – областью медицины, сочетающей в себе терапию и диагностику, когда врачи используют одну технологию и для диагностики, и для лечения заболевания в ходе общей процедуры. В наномедицине эту процедуру выполняют специализированные нанороботы.

Нанороботы – лишь малая часть огромного массива передовых медицинских технологий, которые либо уже вошли, либо в будущем войдут в жизнь рядового обывателя. Какими будут эти технологии сейчас даже представить затруднительно. Одно очевидно – главенствующую роль в этом процессе играют инновационные системы, от их развития в разных странах будет зависеть скорость вхождения в нашу жизнь современной медицины.