

Медицина - 2022

Академик Олег Фиговский (Израиль)

Доступ к медицинскому обслуживанию варьируется в зависимости от стран и сообществ и в значительной степени зависит от социальных и экономических условий и политики в области здравоохранения, проводимой правительствами. Что касается здравоохранения, то главной заботой для людей в стране являются затраты, связанные с его предоставлением и получением. Как страны финансируют расходы на здравоохранение. В большинстве развитых стран здравоохранение финансируется за счет налогов, частного страхования или субсидируется частными организациями. Соединенные Штаты уникально используют все эти способы оплаты в своей системе здравоохранения. Другие страны участвуют в системе единого плательщика, в которой основные расходы на здравоохранение оплачиваются за счет налогов, собираемых в рамках государственных программ. В настоящее время наиболее обновленные данные о расходах на здравоохранение по странам относятся к 2021 году. Тем не менее, как и в прошлые годы, Соединенные Штаты тратят на здравоохранение значительно больше, чем любая другая развитая страна. Несмотря на этот факт, результаты здравоохранения для жителей не заметно отличаются от других развитых стран. Есть несколько причин, которые могут повлиять на более высокие расходы на здравоохранение в США, от высоких затрат на лекарства до больших административных сборов. Факт остается фактом: Соединенные Штаты тратят на здравоохранение на душу населения как минимум на 40% больше, чем любая другая страна в мире.

В топ-10 стран с самыми высокими расходами на здравоохранение входят:

Соединенные Штаты - 12 318 долл.

Германия - 7 383 долл.

Швейцария - 7 179 долл.

Норвегия - 7 065 долл.

Австрия - 6 693 долл.

Дания - 6 384 долл.

Швеция - 6 262 долл.

Нидерланды - 6190 долл.

Канада - 5 905 долл.

Ирландия - 5 836 долл.

Россия – 3135 долл.

Поскольку пандемия COVID-19 все еще не собирается заканчиваться, кризис стал причиной принятия определенных действий в ответ на возникшие проблемы. В целом, это приводит к тому, чтобы перенести точку оказания медицинской помощи туда, где находится пациент. По мере того, как все больше инвестиций и научных исследований будет направляться в соответствующие области, это поможет генерировать больше инноваций в этих областях. Давайте посмотрим на 5 областей, в которых стоит ожидать медицинских инноваций и разработок уже в этом году.

Голосовые биомаркеры: выявление заболеваний по разговору

Когда вы слышите фразу: "Компьютер, проведи диагностику здоровья по моим голосовым данным", может показаться, что она взята из сценария фильма Star Trek, но мы уже близки к тому, чтобы вести такие разговоры с нашими компьютерами. С помощью методов, основанных на технологиях искусственного интеллекта (artificial intelligence, AI), программное обеспечение для проверки симптомов может обнаружить так называемые "голосовые биомаркеры". Анализируя запись голоса человека, алгоритм может выявить различия между голосовыми паттернами, характерными для определенных заболеваний. Именно эту технологию использует стартап Sonaphi в своем приложении, цель которого - выявить потенциальные инфекции COVID-19 на основе голосовых особенностей человека. Ранее, во время пандемии, американские исследователи и инженеры изучали такой потенциал в рамках инициативы "Кашель ради лечения".

Японские исследователи из университета в Осаке и Института науки и технологии в Наре разработали основанный на использовании компьютера метод диагностики деменции, при котором пациент отвечает на вопросы, а программа при этом тщательно контролирует его реакции. По мере того, как пациент отвечает на вопросы, программное обеспечение идентифицирует различные параметры речи, такие как тон, скорость интонацию, а также употребление глаголов и существительных. В это же время программа с помощью камеры отслеживает выражение лица пациента и измеряет ряд визуальных параметров. Другие организации, такие как Кембриджский университет, университет Карнеги-Меллона и британский медицинский стартап Novoic, также, как сообщается, работают над подобными проектами. Таким образом, в этом году мы можем увидеть больше подобных голосовых приложений, которые потенциально могут помочь в выявлении заболеваний, выходящих за рамки COVID-19. Они могут предложить быстрые, точные и экономичные дистанционные обследования, облегчая нагрузку на больницы.

AI в диагностике как помощник врача

Пандемия высветила потенциал решений на базе искусственного интеллекта в здравоохранении, и эта технология будет продолжать вносить свои революционизирующие усилия в этой области. В 2022 году можно ожидать более широкого применения AI в диагностике, помимо выявления COVID-19 путем анализа кашля. Например, с помощью таких дерматологических приложений, как MiiSkin и Derm Assist от Google, пациенты смогут отслеживать свои поражения кожи, получать регулярные напоминания о необходимости следить за подозрительными образованиями и получать рекомендации о том, когда следует обратиться к специалисту для дальнейшего обследования. Врачи также получают инструменты на основе AI для поддержки при постановке диагнозов. Компания PathAI разрабатывает систему, которая использует цифровые патологические слайды с их обработкой системой на основе искусственного интеллекта, чтобы помочь патологоанатомам быстрее и точнее ставить диагнозы. Используя методы глубокого обучения, программное обеспечение компании Enlitic может на более ранних стадиях отмечать на радиологических изображениях места с едва заметными подозрительными признаками, чтобы ускорить рабочий процесс врачей и помочь сэкономить критически важное время для пациентов.

Сейчас даже появились такие компании, как DeepMind, которые используют свои системы на основе искусственного интеллекта для предсказания структуры белков - задачи, которую врачи не могут решить самостоятельно. Такой подход может помочь в разработке новых методов лечения заболеваний, связанных с дефектами белков. Ранее AI-система этой компании помогла предсказать риск развития острого заболевания почек за 2 дня до его проявления, используя данные медицинских карт пациентов и результаты анализов. С таким потенциалом в клинической практике мы не должны удивляться тому, что новые AI-инструменты скоро придут на помощь как врачам, так и пациентам.

Чатботы: новое "место" начального контакта для первичной медицинской помощи

Во время пандемии умные алгоритмы также доказали свою эффективность, помогая медицинским работникам отличать тех, кто мог быть инфицирован COVID-19, от тех, у кого менее опасные заболевания. Такие учреждения, как британская система здравоохранения NHS и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), развернули такие инструменты, чтобы облегчить давление на перегруженные системы здравоохранения. Но эти медицинские "помощники" разрабатывались в течение многих лет, и уже несколько из них доступны на рынке. Они варьируются от приложения для оценки общих симптомов Ada до приложения для мониторинга психического здоровья Youper. В связи с пандемией можно ожидать, что их внедрение будет расти, и мы сможем увидеть больше чатботов, разработанных для более специфических медицинских состояний. В будущем пациенты могут даже обращаться к таким чатботам в качестве первого контакта для получения первичной медицинской помощи. Затем

пациенты будут подключаться к врачу, если автоматизированный "помощник" не сможет уверенно ответить на поставленные вопросы.

Домашние лабораторные тесты

Одной из футуристических инноваций в области здравоохранения, которую сейчас легче всего применить на практике, вероятно, является тестирование на дому. С помощью персонального набора для тестирования можно измерить целый ряд параметров здоровья, которые раньше были доступны только в лабораториях. От анализа микробиома до секвенирования всего генома, такие домашние лабораторные тесты предоставляют важнейшую, персонализированную информацию о здоровье в частном и удобном порядке, снимая при этом дополнительное давление на медицинские учреждения. Рост числа домашних лабораторных тестов также вызван необходимостью быстрого и эффективного выявления инфекций COVID-19. В ближайшем будущем эти тесты могут стать такими же простыми и доступными, как тесты на беременность: дешевыми, достаточно простыми для использования в домашних условиях, точными и не требующими никаких технических знаний.

Цифровое медицинское страхование: перестройка отрасли

Благодаря значительному объему персонализированных данных о здоровье, которые предоставляют носимые устройства и персональные сенсоры здоровья, такие цифровые технологии здравоохранения способны изменить медицинское страхование, каким мы его знаем. К лучшему или худшему, компании медицинского страхования смогут больше узнать о людях, в которых они инвестируют, благодаря количественным параметрам здоровья, и смогут перестроить эту отрасль. Некоторые уже используют потенциал цифрового здравоохранения в этой сфере. Страховая компания Oscar Health известна тем, что стимулирует здоровый образ жизни, награждая американских клиентов подарочными картами Amazon за достижение ежедневных целей, измеряемых носимыми устройствами Fitbit. В Германии по меньшей мере шесть медицинских страховых компаний возмещают расходы на цифровое решение от mySugr для лечения диабета, которое включает приложение, подключенное к мониторам глюкозы в крови для более легкого управления своим состоянием; и это уже охватывает 15 миллионов человек. Мы можем ожидать появления подобных проектов в 2022 году. Однако это скользкий путь, поскольку может привести к утечке информации о частной жизни и выборе образа жизни. Получив такие данные, страховые компании могут соответствующим образом изменять планы и льготы, а также взимать надбавки с тех, кто подвержен большему риску некоторых заболеваний или не заботится о своем здоровье должным образом.

Из известных на сегодня 3000 природных и искусственных радионуклидов 140 используют в медицине для диагностики, терапии и профилактики заболеваний.

Только 10 радионуклидов из этих 140 ежегодно используют в 90% процедур ядерной медицины по всему миру, такие как молибден-99 (^{99}Mo), йод-131 (^{131}I), лютеций-177 и -178 (^{177}Lu и ^{178}Lu), кобальт-60 (^{60}Co) и др. Например, технеций-99 (^{99}Tc) (его получают с помощью изотопа ^{99}Mo) используют в 80% визуальной диагностики различных органов человека: локализация опухолей в теле человека, мониторинг кардиофункции после сердечного приступа, картирование движения крови в мозгу и помощь при хирургическом вмешательстве. В мире ежедневно выполняется от 70 тыс. до 100 тыс. сканирований с его помощью. Для диагностической визуализации заболеваний используют РФП с радиоизотопами, излучающими гамма-лучи или частицы, эти излучения улавливаются гамма-камерой или соответствующими сканерами.

Радиоактивные изотопы, особенно на стадии ранней диагностики, могут быть высокоэффективными для лечения пациентов с онкологическими заболеваниями, болезнями легких, костных тканей и других, эффективных методов борьбы с которыми в мире пока не существует. Основными методами диагностики с использованием радиоактивных изотопов является позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) и биохимический анализ. Современная медицина использует РФП не только на этапе диагностики, но и для лечения при ряде заболеваний в так называемой радионуклидной терапии. Этот вид лечения позволяет обеспечить «адресную» доставку. В организм исследуемого пациента непосредственно вводят фармакологический радиоактивный препарат, воздействующий на патологический очаг. Благодаря адресной доставке РФП в очаге происходит поглощение больших доз ионизирующего излучения (до сотен Гр), окружающие ткани при этом остаются практически неповрежденными. Таким образом, преимущества радионуклидной терапии очевидны: селективность; минимизация серьезных побочных эффектов; целенаправленное воздействие.

От глобальных проблем медицины мне хотелось бы перейти к текущим научным достижениям. Ниже привожу только исследования за август 2022 года, опубликованные в ведущих научных журналах мира.

Российские ученые разработали (1) назальную вакцину-кандидата, которая поможет обеспечить длительный иммунитет против коронавируса и вируса гриппа. Этот эффект объясняется тем, что она активирует не только антитела, но и клетки иммунной системы, благодаря чему В- и Т-лимфоциты надолго «запоминают» возбудителя. Ожидается, что предложенная вакцина-кандидат не будет терять своей эффективности против различных штаммов вирусов при их мутировании, а потому окажется перспективной для профилактики сезонных заболеваний. Коронавирус SARS-CoV-2 с начала пандемии в 2020 году унес более шести миллионов человеческих жизней. Высокая заразность и склонность быстро эволюционировать до сих пор приводят к возникновению новых штаммов и многочисленным повторным заражениям. Для борьбы с инфекцией ученые в кратчайшие сроки разработали целый ряд вакцин, большинство из которых в том или ином виде содержит определенный участок шиповидного (S) белка коронавируса, на который специфически реагируют антитела — защитные молекулы, вырабатываемые в ответ на какую-либо инфекцию. Шиповидный белок

интересен тем, что он отвечает за связывание вируса с клетками-мишенями в организме человека и тем самым обеспечивает первый этап развития инфекции.

Антитела связываются со специфическими участками S-белка коронавируса в составе вакцины подобно тому, как ключ подходит к нужному замку, и это взаимодействие дает иммунной системе сигнал, который приводит к наработке новых антител для защиты. В результате, «познакомившись» с S-белком в составе вакцины, иммунная система способна распознать его при последующем заражении. Однако шиповидный белок в качестве мишени для антител оказался не очень удобен, поскольку у различных штаммов коронавируса сайты, узнаваемые этими защитными молекулами, несколько отличаются, что может препятствовать связыванию. Кроме того, концентрация антител после вакцинации со временем снижается, что впоследствии может влиять на уровень защиты. Помимо антител в человеческом организме существует другой важный компонент иммунитета, участвующий в борьбе с коронавирусом, — Т-лимфоциты, или Т-клетки. Они, подобно антителам, связываются с возбудителем и обеспечивают «память» о встрече с ним, причем более долговечную. Поэтому подход с запуском Т-клеточного ответа и, в перспективе, защитой от нескольких штаммов коронавируса одновременно становится более популярным при разработке новых вариантов вакцин.

Ученые из Института экспериментальной медицины (Санкт-Петербург) и Биотехнологической компании BIOCAD (Санкт-Петербург) разработали комбинированную вакцину-кандидата против вируса SARS-CoV-2 и вируса гриппа, призванную обеспечить стойкий Т-клеточный иммунитет. Предложенный кандидат вводится в нос в виде спрея и представляет собой рекомбинантный вирус гриппа, в геном которого молекулярными методами дополнительно внесены те участки белков коронавируса, которые распознаются Т-клетками человека. При этом в качестве вирусного вектора использован ослабленный вирус гриппа — компонент отечественной живой гриппозной вакцины (ЖГВ). Интересно, что внесенные участки внутренних белков коронавируса отличаются у разных штаммов значительно меньше, чем у поверхностных белков, против которых формируются антитела, в связи с чем снижается вероятность потери эффективности даже при мутациях вируса. Разработчики проверили безопасность и эффективность предложенного кандидата экспериментально на лабораторных мышах. В первую очередь исследователи доказали, что на третьи сутки после введения вакцины в тканях легких животных не обнаруживаются живые частицы вакцинного вируса. Это говорит о том, что входящие в состав вакцины возбудители действительно не были способны размножаться в нижних дыхательных путях, а потому не могли вызвать заболевание. Далее ученые оценили иммунный ответ, который появляется после вакцинации. Оказалось, что уровень антител и Т-лимфоцитов, специфичных вирусу гриппа, у мышей многократно увеличился по сравнению с нормой. Однако на этой модели не удалось достоверно проследить иммунный ответ, который вызывают встроенные в вирус гриппа участки белков коронавируса. Поэтому авторы провели серию экспериментов на культуре лимфоцитов — защитных клеток крови, взятых у людей, переболевших COVID-

19. Результаты доказали, что целевые сайты SARS-CoV-2 успешно доставляются в организм в составе вакцины и активируют Т-клетки иммунной системы.

Кроме того, авторы проверили работу препарата на более крупных грызунах — сирийских хомяках. Шестнадцати животным ввели вакцину дважды с интервалом в три недели, другая группа грызунов получила вместо препарата плацебо. Еще через три недели после второго этапа иммунизации несколько животных из обеих групп были искусственно заражены коронавирусом или вирусом гриппа. Оказалось, что в обоих случаях вакцинированные хомяки, в отличие от получивших плацебо, не имели клинических проявлений заболевания, и их иммунитет быстро справился с возбудителями. «Предложенная вакцина-кандидат показывает высокую эффективность против коронавируса и вируса гриппа. Создание такого препарата может обеспечить формирование Т-клеточного иммунитета, в разы более долговечного, чем защитное действие антител», — рассказывает руководитель проекта, поддержанного грантом РФФИ, Ирина Исакова-Сивак, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, заведующая лабораторией иммунологии и профилактики вирусных инфекций Института экспериментальной медицины.

Исследователи из Университета Калгари (2) нашли новый подход к лечению бактериальных кожных инфекций. В исследовании, исследовательская группа описала новое открытие, которое может привести к прогрессу в лечении бактериальных инфекций и ран. Ранее исследователи полагали, что нейтрофилы и моноциты (белые кровяные тельца) работают в связке над удалением бактерий с инфицированного участка кожи. Когда эти клетки работают вместе, они действуют как первая линия защиты иммунной системы организма. Но это исследование показало, что моноциты сами по себе способны способствовать более быстрому заживлению ран. Моноциты помогают процессу заживления, регулируя уровень лептина и рост кровеносных сосудов во время заживления ран. Они также вырабатывают грелин, гормон, который помогает ранам заживать быстрее. Гормон грелин вырабатывается желудком, когда вы голодны, а лептин вырабатывается жировыми клетками после того, как вы поели и почувствовали себя сытыми. Этот баланс между грелином и лептином долгое время считался критически важным для обмена веществ и питания, но до сих пор не было известно о его связи с иммунными механизмами и восстановлением тканей.

Используя прижизненную микроскопию, которая позволяет наблюдать живые клетки, ученые визуализировали иммунный ответ на бактерии золотистого стафилококка (*S. aureus*) на животной модели. Золотистый стафилококк — это микроб, который обычно находится на коже или в носу здорового человека. Он может быть катализатором широкого спектра заболеваний, связанных с инфекциями кожи и тканей, таких как абсцессы или фурункулы. В некоторых случаях бактерии могут привести к тяжелым инфекциям, таким как пневмония и эндокардит, опасное для жизни воспаление внутренней оболочки камер и клапанов сердца. После заражения *S. aureus* организм рекрутирует эти полезные иммунные клетки, нейтрофилы и моноциты. Нейтрофилы очищают организм от бактерий, в то время как моноциты помогают восстанавливать ткани. В отсутствие

моноцитов наблюдается повышенная выработка лептина, что приводит к росту кровеносных сосудов при инфекции. Результатом может быть замедленное заживление и образование рубцов. Напротив, моноциты продуцируют грелин в месте инфекции, который блокирует образование избыточного роста кровеносных сосудов, вызванного лептином, что приводит к восстановлению тканей.

Ведущий исследователь Дж. Пол Кубес и его исследовательская группа считают, что это исследование поможет внедрить метаболические гормоны (грелина и лептина) в области иммунологии и микробиологии. «Несмотря на то, что перевод наших исследований в практическую плоскость потребует еще многих экспериментов и задействует модель, более тесно связанную с человеческими заболеваниями, сегодня мы сделали фундаментальное открытие, которое может улучшить восстановление тканей у людей, особенно в трудноизлечимых случаях», — сказал Рэйчел Кратофил, соавтор исследования. Дальше исследователи хотят детальнее изучить функции иммунных клеток, таких как нейтрофилы, во время инфекции. Их интересует, как нейтрофилы очищаются от инфекции и выполняют ли нейтрофилы другие функции в дополнение к очистке от бактерий.

Терапия лейкемии, проводимая пожилому жителю Нидерландов, который на момент ее начала был полностью седым, вернула пигментацию его волос. (3). О необычном клиническом случае сообщили наблюдавшие пациента врачи из Больницы имени Альберта Швейцера в Дордрехте, провинция Южная Голландия. Изредка поседение волос, или ахромотрихия, появляется в силу сторонних причин, таких как дефицит витамина B12, прогерия и некоторые другие наследственные заболевания, хроническое недоедание, прием некоторых химиотерапевтических и противомаларийных препаратов, предположительно ингибирующих рецепторную тирозинкиназу c-kit в пигментных клетках (меланоцитах), заядлое курение и некоторые другие. Такая седина, как правило, появляется преждевременно, и в некоторых случаях обратима при устранении ее причины.

Первичное поседение является нормальным компонентом процесса старения, время его появления обусловлено генетически. Оно связано с гибелью меланоцитов в волосяных фолликулах и в целом считается необратимым. Один казуистический случай спонтанного возвращения пигментации у 38-летнего мужчины описал в 1972 году британский врач Стэнли Комиш (Stanley Comaish). В 2020 году американские исследователи обнаружили молекулярные признаки обратимости седины у 14 добровольцев, однако в этих случаях была показана ее четкая связь с уровнем стресса. Пациент нидерландских врачей, которому на момент обследования был 51 год, за 18 месяцев до этого начал получать терапию хронической миелоидной лейкемии ингибитором тирозинкиназы второго поколения нилотинибом перорально. К тому времени он уже как минимум год был совершенно седым. В ходе планового осмотра мужчина сообщил онкологам, что во время приема нилотиниба стал замечать постепенную репигментацию седых волос, в результате которой к ним практически полностью вернулся натуральный цвет. Пациент выразил свое удовольствие по этому поводу.

Опрос и изучение медицинской карты показали, что во время терапии мужчина не начинал и не прекращал прием других препаратов и не использовал какие-либо средства окраски волос. Помимо возвращения натурального цвета, никаких изменений пигментации волос, кожи и слизистых оболочек не наблюдалось. Обследование показало «выраженный ответ на молекулярном уровне» — какой именно, авторы сообщения не уточняют; речь может идти и о прямом действии нилотиниба, и о продукции меланина в волосяных фолликулах. В итоге пациенту поставили диагноз «медикаментозная репигментация волос, вызванная применением ингибитора тирозинкиназы». Учитывая улучшение по основному заболеванию, пациенту предписали продолжать прием нилотиниба, и сесть снова он не начал. Учитывая, что ранее при приеме ингибиторов тирозинкиназ (сунитиниба, пазопаниба и иматиниба) наблюдали прямо противоположный эффект, случай нидерландского пациента выглядит весьма странно и может считаться ярким примером медицинской казуистики. Можно предположить, что он связан с наследственным полиморфизмом гена тирозинкиназы в меланоцитах волосяных фолликулов, обуславливающим атипичный ответ на нилотиниб, но подтверждений этого нет. В инструкции к препарату описаны такие побочные эффекты как алопеция (облысение) и гиперпигментация кожи, но не устранение седины

В доклинических исследованиях ученые США (4) обнаружили, что корень растения родиола розовая работает против всех основных симптомов диабета второго типа. Примечательно, что эффект достигается за счет изменений в микробиоте кишечника, которые затем последовательно «выправляют» все признаки болезни. Ученые из Калифорнийского университета в Ирвайне показали, что лечение экстрактом корней родиолы розовой может стать эффективной альтернативой медикаментозной терапии сахарного диабета второго типа. Безопасность и значимые терапевтические результаты приближают терапию к клиническим исследованиям. Эксперименты на моделях мышей с ожирением и диабетом показали, что лечение снижало уровень сахара в крови натощак, улучшала реакцию на инъекции инсулина и состав бактерий кишечника, а также снижала несколько биомаркеров воспаления.

Дальнейшие наблюдения установили, что экстракт действует через изменения в составе микробиоты кишечника. Сначала лечение улучшает целостность кишечного барьера и снижает перемещение воспалительных молекул в кровотоки. В итоге это оказывает положительное влияние на массу тела и, следовательно, на реакцию инсулина, объясняют авторы. Теперь они намерены определить все молекулярные механизмы, запускаемые введением экстракта в организм. После этого они планируют проведение клинических исследований

Вакцина от рака добилась 40% случаев ремиссии после опухоли с метастазами(5). Впечатляющий результат объясняется тем, что препарат нацеливается непосредственно на лимфатические узлы, создавая тем самым усиленный иммунный ответ и иммунную память. В лабораторных экспериментах животные оставались здоровыми даже после повторного введения клеток рака в организм. Новая таргетная противораковая мРНК-вакцина создана учеными из

Университета Тафтса. Принцип действия схож с мРНК-вакцинами от COVID-19: мРНК кодирует обнаруженные в раковых клетках антигены, а липидные наночастицы нацеливаются на лимфатическую систему и обучают иммунные клетки атаковать раковые. Именно такое целевое воздействие (в первую очередь, на лимфоузлы) делает иммунный ответ значительно сильнее. «Нацеливания на лимфатическую систему позволило нам преодолеть множество проблем, с которыми обычно можно столкнуться при разработке вакцин от рака», — прокомментировал соавтор работы Цяобин Сюй.

На примере моделей мышей с метастатической меланомой ученые продемонстрировали эффективность лечения. Терапия значительно подавляла рост опухолей, а в 40% случаев полностью излечивала животных без случаев рецидива в долгосрочной перспективе. При повторном введении опухолевых клеток грызуны не развивали рак, что указывает на формирование отличной иммунной памяти, подчеркнули авторы. По их мнению, такой подход перспективен не только в лечении рака, но и в борьбе с вирусами и другими патогенами. Дальнейшие исследования позволят оценить потенциал вакцины против других типов опухолей и универсальность стратегии в целом.

Ученые используют математическое моделирование для управляемой сборки двумерных бактериальных систем с нужными функциями. Биологи из Массачусетского технологического института (6). использовали математическое моделирование для управления генно-модифицированными бактериями кишечной палочки (*E. coli*). Им удалось запрограммировать бактериальные системы для превращения в произвольные двумерные структуры с нужными свойствами. Контролируемый рост модифицированных бактерий позволяет создавать структуры заданной формы.

Исследователи создали набор инструментов для биоинженерии, чтобы контролировать свойства межклеточной адгезии подвижных бактериальных клеток. Генетически модифицированные бактерии выращивают определенные молекулы на своих клеточных стенках, которые действуют как стыковочные шлюзы для подходящих клеток-партнеров. Как в конструкторе LEGO, только клетки с совпадающими молекулами могут соединяться, объясняют ученые. Когда две клеточные популяции с соответствующими молекулами адгезии сталкиваются, они образуют видимую сплошную границу, положение и форма которой определяются начальными позициями посева и концентрациями клеток. С помощью компьютерного моделирования ученые рассчитывают рост и распространение колоний различных вариантов бактерий, чтобы создавать на месте стыка бактерий нужные плоские структуры. В своем исследовании ученые показали, как с помощью управляемого роста можно сформировать плоские живые поверхности, включающие каналы для транспортировки жидкостей. Кроме того, исследователи полагают, что разработка пригодится для создания биосенсоров, чувствительных к различным внешним раздражителям. Биологи продолжают исследовать управляемые живые системы. В будущих экспериментах они хотят перейти к созданию трехмерных структур и систем, производящих в определенных точках различные химические вещества.

Ученые из Университета Дьюка (США) создали первый заменитель хряща на основе геля (7), который еще прочнее и долговечнее, чем настоящий хрящ, Гидрогель изготовлен из водопоглощающих полимеров. Его можно сжимать и тянуть с большей силой, чем натуральный хрящ, и он в три раза более устойчив к износу. Чтобы получить этот материал, команда наполнила тонкие листы целлюлозных волокон поливиниловым спиртом — полимером, состоящим из нитевидных цепочек повторяющихся молекул, — для образования геля. Волокна целлюлозы действуют подобно волокнам коллагена в естественном хряще: они придают прочность гелю при растяжении. Поливиниловый спирт же помогает ему вернуться к своей первоначальной форме. В результате получается желеобразный материал, состоящий на 60% из воды. Он эластичный, но удивительно прочный. Этот материал крепится к титановой основе, которую устанавливают на место поврежденного хряща. Лабораторный хрящ оказался на 26% прочнее естественного хряща при растяжении, и на 66% прочнее при сжатии. Раньше, в попытке создать более прочные гидрогели, ученые использовали процесс замораживания-оттаивания. Он позволял получить кристаллы внутри геля, которые вытесняют воду и помогают удерживать полимерные цепи вместе. В новом исследовании вместо этого применили термическую обработку – отжиг, – чтобы заставить еще больше кристаллов сформироваться в полимерной сетке.

Увеличив содержание кристаллов, исследователи смогли создать гель, способный выдерживать в пять раз большую нагрузку от растяжения и почти в два раза большую нагрузку от сжатия по сравнению с методами замораживания-оттаивания. Улучшенная прочность отожженного геля также помогла закрепить его на суставе и заставить его оставаться на месте. Искусственный гидрогель имитирует гладкую, скользкую и податливую природу настоящего хряща. При этом он защищает другие суставные поверхности от трения, когда они скользят по имплантату. Его поверхность оказалась в три раза прочнее поверхности настоящего хряща. Имплантаты из нового материала в настоящее время разрабатываются компанией Sparta Biomedical и тестируются на овцах. Исследователи готовятся начать клинические испытания на людях в следующем году.

Генетики из Кембриджского университета успешно изменили группу крови в почках трех умерших доноров (. Исследование поможет увеличить количество донорских органов, доступных для трансплантации. В своей работе ученые использовали нормотермическую перфузионную машину. Это устройство соединяется с человеческой почкой и имитирует систему кровообращения, чтобы прогнать через орган кровь, насыщенную кислородом. Такая технология позволяет дольше сохранять органы жизнеспособными. Исследователи добавили в кровь специальный фермент. Он действовал как «молекулярные ножницы», удаляя маркеры группы крови (антигены), выстилающие кровеносные сосуды почек, в результате чего орган превратился в наиболее распространенный тип O (I группа крови). Почку от человека с группой крови A (II группа) нельзя пересадить человеку с группой крови B (III группа) и наоборот. Это связано с наличием определенных антигенов: у человека с антигенами типа A иммунитет вырабатывает антитела против антигенов типа B. Но изменение группы крови

почки на универсальную позволит проводить больше трансплантаций, поскольку такие органы можно использовать для людей с любой группой крови без риска отторжения.

Одним из самых больших ограничений в отношении того, кому можно пересадить донорскую почку, является тот факт, что у вас должна быть совместимая группа крови, – Майк Николсон, профессор трансплантационной хирургии Кембриджского университета. Перед тем, как новый метод можно будет использовать в реальных медицинских операциях, ученые исследуют, как «универсальная» почка будет работать в нормальной системе кровообращения пациентов со II и III группами крови. Они планируют провести тестирование с помощью перфузионного аппарата, пропуская кровь различных групп через орган, а затем провести клинические испытания на людях.

Сегодня пациентам для поддержания жизни требуются регулярные переливания крови. Новый препарат Zynteglo требует всего одной инъекции для выздоровления. Согласно данным клинических исследований, ремиссии достигают 89% пациентов. Стоимость Zynteglo составит \$2,8 млн, что делает терапию самой дорогой в мире. Препарат Zynteglo (бетибеглоген аутотемцел) разработан в биотехнологической компании BlueBird Bio и теперь одобрен американским регулятором FDA для лечения взрослых и детей с бета-талассемией — редким наследственным заболеванием крови, наиболее тяжелой формой талассемии. Zynteglo представляет собой продукт генной терапии, который обеспечивает ремиссию у подавляющего большинства пациентов после однократного применения. В настоящее время пациентам требуются пожизненные переливания эритроцитарной массы (обычно такие процедуры проводят каждые 2–5 недель), что помимо значительного снижения качества жизни связано с многочисленными осложнениями на сердце, печень и другие органы.

Новое лечение проводится с применением собственных стволовых клеток костного мозга пациента, которые модифицируются для производства функционального бета-глобина. У пациентов с бета-талассемией мутации бета-глобина вызывают снижение уровня гемоглобина и эритроцитов в крови, приводя к нарушениям в доставке кислорода к органам. Безопасность и эффективность терапии была установлена по результатам клинических исследований с участием взрослых и детей. Они показали, что 89% пациентов добились ремиссии — независимости от переливаний крови для поддержки адекватного уровня гемоглобина — в течение как минимум 12 месяцев. До сих пор самым дорогим препаратом считалась «Золгенсма» для лечения спинальной мышечной атрофии, курс лечения которым стоит \$2 млн. Невероятно высокая стоимость таких препаратов объясняется тем, что цена однократного укола примерно равна затратам на пожизненное медицинское обслуживание пациента. Хотя в клинических испытаниях Zynteglo не было обнаружено серьезных побочных эффектов, в других испытаниях подобных видов генной терапии сообщалось о

случаях рака. На сайте FDA сообщается о необходимости контроля показателей крови на наличие признаков рака в течение как минимум 15 лет. Все последствия новой клеточной терапии еще предстоит выяснить в рамках клинического использования.

Еще один способ применения технологии дополненной реальности придумали в Японии (10) — оказывается, гарнитуры AR могут спасти жизни больным. В ходе только что объявленных испытаний фельдшеры нескольких машин скорой помощи будут носить умные очки Vuzix M400, обследуя пациентов в тяжелом состоянии и транслируя данные врачам в приемном покое больницы. Пока неотложка еще в пути, врачи в клинике смогут обследовать пациента в режиме реального времени, глядя на него глазами фельдшеров. Это позволит им подставить предварительный диагноз и подготовиться к приему пациента. В частности, через очки дополненного зрения врачи увидят показания медицинских приборов — пульс, электрокардиограмму — а также смогут провести визуальный осмотр больного, находящегося в тяжелом состоянии. Кроме того, через очки фельдшеры смогут общаться с коллегами в больнице, спрашивать совета и получать инструкции. По замыслу организаторов эксперимента, это должно быть удобнее, чем разговаривать по телефону или по радиосвязи. Также на основании собранной в пути информации медики в больнице смогут лучше подготовиться к приему больного и быстрее начнут лечение, как только машина прибудет.

Гарнитура Vuzix M400 выпускается для корпоративных клиентов, обеспечивает разрешение картинки 4K при 60 кадрах в секунду. Управлять ею можно при помощи датчиков на оправе, жестами или голосовыми командами. В автономном режиме работают от двух до 12 часов, в зависимости от аккумулятора. Защищены от падения, пыли и жидкости. Если испытания в районе Сунто Ицу окажутся успешными, опыт будет распространен на другие регионы Японии. Организаторами эксперимента выступают Пожарная часть Синто Ицу, Университет Джунтендо и Больница Сицуока, а также производитель устройств расширенной реальности AVR Japan.

Исследователи Седарс-Синайского медицинского центра (11) создали самые био-реалистичные и сложные компьютерные модели отдельных клеток мозга, Исследование подробно описывает, как эти модели помогут ответить на вопросы о неврологических расстройствах и человеческом интеллекте. Их невозможно исследовать с помощью биологических экспериментов. «Эти модели фиксируют форму, время и скорость электрических сигналов, которые нейроны посылают друг другу, что считается основой функционирования мозга, — отметил Костас Анастасиу, научный сотрудник отделения нейрохирургии Седарс-Синайского медицинского центра и старший автор исследования. — Это позволяет нам воспроизводить мозговую активность». По словам Анастасиу, эти модели используют при работе над теориями, для проверки которых в лаборатории потребовались бы десятки экспериментов. Еще одним преимуществом моделей является то, что они позволяют исследователям полностью контролировать условия эксперимента. Это поможет установить, что один параметр, например, белок, вызывает изменение в конкретной клетке и

приводит к эпилепсии. В обычной лаборатории исследователи могут выявить связь, но доказать причину зачастую бывает трудно. «В лабораторных экспериментах исследователь не контролирует все, — говорит Анастасиу. — Многое контролирует биология. Но в вычислительной модели все параметры находятся под контролем создателя. Я могу изменить один параметр и посмотреть, как он влияет на другой, что очень трудно сделать в реальном биологическом эксперименте». Анастасиу и его команда сейчас работают над созданием вычислительных моделей человеческих клеток для изучения функций мозга и заболеваний у людей.

Группа исследователей из Германии и США использует бактериальный биосинтез для производства антибиотика, содержащего фтор. Бактерии и грибы часто производят сложные природные соединения, чтобы получить преимущество в росте. Из таких соединений можно получить лекарство, если немного изменить эти вещества, добавив один или несколько атомов фтора. Например, в случае антибиотика эритромицина присоединенный атом фтора дает важные преимущества. Новый эритромицин, полученный с помощью этого процесса, легче усваивается организмом и более эффективен против патогенных микроорганизмов, выработавших устойчивость к этому антибиотику. Тем не менее, современные синтетическо-химические способы введения фтора в природные вещества очень сложны. Это может означать, например, что ученые очень ограничены в выборе позиций, в которые можно присоединить атом фтора.

Немецко-американская команда ученых создала фермент (12), который может производить фторированные антибиотики с помощью нескольких реакций. Ученые ввели атом фтора как часть небольшого субстрата во время биологического синтеза макролидного антибиотика. Для этого они внедрили в бактериальный белок субъединицу фермента — синтазу жирных кислот. Этот фермент естественным образом участвует в биосинтезе жиров и жирных кислот у мышей. Как объясняют авторы работы, синтаза жирных кислот не очень избирательна в обработке предшественников, которые также важны для производства антибиотиков в бактериях. Благодаря продуманному дизайну продукта команде удалось интегрировать субъединицу мышинового фермента в соответствующий процесс биосинтеза антибиотика. «Самое интересное заключается в том, что с помощью эритромицина мы смогли фторировать представителя гигантского класса веществ, так называемых поликетидов, — говорят авторы работы. — Существует около 10 тысяч известных поликетидов, многие из которых используются в качестве натуральных лекарств, например, в качестве антибиотиков, иммунодепрессантов или лекарств от рака. Таким образом, наш новый метод обладает огромным потенциалом для химической оптимизации этой группы природных веществ — в антибиотиках, прежде всего, для преодоления устойчивости к ним».

Китайские ученые (13) создали новый метод кодирования данных в ДНК «in vivo». Технология обеспечивает высокую эффективность перезаписи данных. Ученые из Университета Цинхуа, Чжэцзянского университета и Китайской академии наук разработали алгоритм кодирования информации в ДНК «in vivo»

(внутри живой клетки) и механизм редактирования записанных данных. Система из двух плазмид подходит для хранения, чтения и перезаписи различных типов информации, включая текст, кодовые книги и изображения. В своей работе исследователи использовали систему, состоящую из двух плазмид. Это небольшие молекулы ДНК, обособленные от хромосом и способные к автономной репликации. Ученые ввели две такие молекулы, отредактированные с помощью технологии CRISPR, в клетки кишечной палочки (*Escherichia coli*). Чтобы обеспечить эффективность записи, хранения и надежности перезаписи информации, генетики использовали различные CRISPR-ассоциированные белки (Cas) и рекомбиназу. Они использовали молекулы РНК CRISPR, соответствующие нужной информации, чтобы найти и перезаписать нужную информацию. При этом рекомбиназа реконструировала ДНК, чтобы подготовить ее для кодирования новой информации.

Схема эксперимента. Цифровая информация была закодирована в последовательности ДНК с использованием алгоритма кодирования высокой плотности. Затем последовательности клонировали в плазмиду живых клеток. Перезапись информации осуществлялась с помощью двухплазмидной системы на основе CRISPR-Cas12a- λ Red, кодирующая матрица которой была клонирована в плазмиде. Исходная информация была специально перезаписана путем замены фрагмента ДНК-мишени в инфоплазмиде фрагментом ДНК донора. После проверки переписанная информация была расшифрована путем декодирования последовательности ДНК в новой плазмиде. Эксперименты показали, что с помощью этой технологии оптимизированную последовательность CRISPR РНК легко адаптировать для записи изменения любой сложной информации. Генетики смогли достичь надежности перезаписи в 94%. При этом переписанная информация стабильно сохранялась и усиливалась на протяжении сотен поколений бактерии.

Технология хранения данных ДНК имеет два режима, объясняют авторы работы: «режим жесткого диска *in vitro*» и «режим компакт-диска *in vivo*». Преимущество хранения информации в живых клетках — недорогая и надежная репликация. Благодаря этому этот режим можно использовать для быстрого и недорогого распространения копий данных. Исследователи полагают, что плазмидная система может служить универсальной платформой для перезаписи информации на основе ДНК «*in vivo*». Ее можно использовать в качестве новой стратегии обработки информации и целенаправленной перезаписи больших и сложных данных на молекулярном уровне. При этом тот же подход можно применять и к живому хозяину с более крупным геномом, например, к дрожжам, чтобы хранить большой объем данных.

Ученые из Калифорнийского университета в Сан-Диего (США) успешно модифицировали кишечную палочку, которая жила в кишечных микробиомах человека и мыши, чтобы она могла лечить такие заболевания, как диабет (14). Группа напрямую сконструировала кишечную палочку, полученную от организмов-хозяев. Она является частью микрофлоры кишечника и адаптирована к каждому из нас: к типу продуктов, которые мы едим, к стрессам, которые

испытывает или вызывает наш организм, и к нашему генетическому фону. Микрофлора постоянно меняется — поэтому совсем новым бактериям — например, лабораторным штаммам — было бы сложно прижиться, не говоря уже о лечении болезни. Кишечная же палочка *E. coli*, извлеченная из микробиома организма-хозяина, может выживать во враждебной среде кишечника достаточно долго. «Мы разработали эти бактерии, чтобы они стали «фабриками», которые могут жить в нашем микробиоме и потенциально производить лекарства, — говорит Амир Зарринпар, ведущий автор статьи. — Мы знаем, что кишечная палочка может подхватывать патогенные гены и вызывать заболевания, и теперь мы просто понимаем, что, если мы введем полезный ген, это может помочь нам лечить хронические заболевания — и, возможно, даже вылечить некоторые из них».

Команда выделила кишечную палочку и добавила ей белок-гидролазу BSH. После *E. coli* с BSH ввели мышам — и бактерии обнаруживались по всему кишечнику мышей и сохраняли свою активность в течение всей жизни хозяина. Группа также показала, что активность BSH может замедлять развитие диабета у мышей. Аналогичную модификацию ученые провели и с *E. coli*, извлеченной из кишечника человека. Несмотря на то что результаты оказались успешными, в разработке таких бактерий есть определенные сложности. «Собственные бактерии организма очень устойчивы к модификациям; это часть их врожденного защитного механизма», — говорит Зарринпар. Данные показывают, что вставка гена в такую бактерию имеет примерно в 100 раз меньшую вероятность успеха, чем при использовании бактерий лабораторного штамма, но Зарринпар и его команда оптимизируют этот процесс. «Сейчас доступно много новых инструментов генной инженерии, которые позволят нам более эффективно создавать эти бактерии», — цитируют исследователей в пресс-релизе. Группа планирует использовать эту технологию, чтобы найти способы лечения большего количества хронических и генетических заболеваний.

Японские ученые предложили двухэтапный механизм регуляции (15), который регулирует распределение центромер при делении клетки. Согласно их исследованию, конфигурация центромер в ядре влияет на целостность генома. Когда клетка делится, к ее противоположным концам подтягиваются особые хромосомные домены – центромеры. Как только этот процесс завершается и ядро новой клетки сформировано, центромеры распределяются в ядре. Если центромеры, стянутые к двум полюсам, так там и останутся, центромеры будут сгруппированы только с одной стороны ядра. Это неравномерное распределение центромер называется конфигурацией Rabl. Если же центромера распределяется более равномерно, говорят о конфигурации не-Rabl). «Биологическая функция и молекулярный механизм конфигурации Rabl или не-Rabl были загадкой на протяжении веков, — сказал автор исследования Сатихиро Мацунага, профессор Токийского университета. — Мы успешно раскрыли молекулярный механизм построения конфигурации, отличной от Rabl».

Исследователи изучили растение резуховидка Таля (*Arabidopsis thaliana*): и образец, который не имеет конфигурации Rabl, и его мутантную форму с Rabl.

Оказалось, что белковые комплексы, известные как конденсин II (CII) и LINC, работают сообща, определяя, как центромерам распределиться во время клеточного деления. То есть «распределение центромер для конфигурации, отличной от Rab1, регулируется независимо комплексом CII-LINC и белком ядерной пластинки, известным как CROWDED NUCLEI (CRWN)», отмечают авторы работы. На первом этапе механизма, который обнаружили исследователи, комплекс CII-LINC опосредует рассеяние центромер от поздней анафазы к телофазе (эти две фазы приходятся на конец клеточного деления). Второй этап процесса заключается в том, что белки CRWN стабилизируют рассеянные центромеры на ядерной пластинке внутри ядра. Затем исследователи проанализировали экспрессию генов резуховидки и у ее «мутанта» со структурой Rab1. Поскольку изменение пространственного расположения центромер также меняет пространственное расположение генов, исследователи ожидали найти различия в экспрессии генов, но эта гипотеза не подтвердилась. Тем не менее, при повреждении ДНК у растения с Rab1 органы росли медленнее, чем у нормального растения. «Это говорит о том, что точный контроль пространственного расположения центромер необходим для роста органов в ответ на повреждения ДНК, и нет никакой разницы в устойчивости к факторам повреждения ДНК между организмами с не-Rab1 и Rab1, — сказал Мацунага. — Это говорит о том, что соответствующее пространственное расположение ДНК в ядре независимо от конфигурации Rab1 важно для реакции на стресс». Далее ученые планируют найти источник энергии, который изменяет пространственное расположение определенных участков ДНК, и механизма, который распознает конкретную ДНК. «Ожидается, что эта технология позволит создавать стрессоустойчивые организмы, а также придавать им новые свойства и функции за счет изменения пространственного расположения ДНК, а не редактирования ее нуклеотидной последовательности», — заключают ученые.

Синтетические эмбрионы из стволовых клеток успешно вырастили без матки. Метод снижает потребность в тестировании на живых животных и станет источником тканей и органов для трансплантации. Исследователи стволовых клеток из Института науки Вейцмана в Израиле (16) создали синтетические мышинные эмбрионы без использования спермы или яйцеклеток. Их вырастили в искусственной матке почти до половины всего периода беременности. В этот момент у эмбрионов уже выросли предшественники органов, включая бьющееся сердце. В конечном итоге технология пригодится, чтобы выращивать органы для трансплантации. Новое исследование израильских ученых основано на двух предыдущих работах группы. Первая работа акцентировалась на перепрограммировании стволовых клеток в «наивное» состояние, которое позволяет им дифференцироваться в другие. Второй эксперимент ученые посвятили разработке устройства, которое позволит эффективно выращивать эмбрионы вне матки. Объединив эти два метода, биологи вырастили одни из самых передовых на сегодняшний день синтетических эмбрионов мышей. Они использовали наивные стволовые клетки мышей, которые несколько лет назад культивировали в чашке Петри. Их разделили на три группы, которые играют ключевую роль в развитии эмбриона.

Одна группа содержала клетки, которые разовьются в эмбриональные органы. Два других типа обработали мастер-регуляторными генами внеэмбриональных тканей — плаценты для одной группы и желточного мешка для другой. Затем три типа клеток смешали вместе в искусственной матке, которая тщательно контролирует давление и кислородный обмен, а также мягко перемещает образцы, чтобы имитировать естественный поток питательных веществ. Оказавшись внутри, три типа клеток слиплись вместе, чтобы сформировать структуры, подобные эмбрионам. Как и следовало ожидать, подавляющее большинство на этом этапе погибло, и только 0,5% — или 50 из примерно 10000 — успешно развивалось дальше. Дальнейшее исследование показало, что форма внутренних структур и паттерны экспрессии генов синтетических эмбрионов соответствуют естественным с точностью до 95%. Их органы также казались функциональными.

О связи сердечно-сосудистых заболеваний и диеты, богатой красным мясом, известно давно, однако до сих пор ученым не удалось точно определить механизм развития болезни на фоне такого питания. Новая работа идентифицировала эти биологические пути. Главную роль в данном механизме играют бактерии кишечника. Исследование американских ученых университета Тафтса (17) охватывает почти 4 тыс. пожилых мужчин и женщин, за которыми наблюдали в среднем около 12 лет. Сначала авторы установили, что повышенное употребление красного и переработанного мяса — около 1 порции в день — повышает риски сердечно-сосудистых заболеваний на 22%. Затем было определен механизм этой взаимосвязи. Оказалось, что красное мясо повышает вероятность болезней сердца и сосудов за счет выработки трех метаболитов, производимых кишечными бактериями из питательных веществ, содержащихся в мясе. Речь идет о N-оксиде триметиламина (ТМАО), гамма-бутиробетаине и кротонобетаине, которые в большом количестве содержатся в красном мясе, объясняют авторы. Для рыбы, птицы и яиц такой корреляции не обнаружено.

«Связь красного мяса, микробиоты кишечника и биоактивных метаболитов, как мы видим, является важным фактором риска и новой терапевтической мишенью для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний», — прокомментировала соавтор работы Мэн Ван. Примечательно, что ранее высокие уровни ТМАО и родственных метаболитов были идентифицированы в качестве биомаркеров риска ранней смертности не зависимо от статуса сердечно-сосудистых и других заболеваний. У пожилых людей они повышали риски смерти на 20–30%. «Хорошая новость в том, что уровни ТМАО можно эффективно корректировать диетой», — заявили ученые.

Появление простого и доступного анализа крови на глиобластомы даст возможность диагностировать этот смертельно опасный вид рака мозга на ранних стадиях и более эффективно. Группа ученых из Англии (18) разработала математические модели оценки современного использования биомаркеров в определении глиобластомы и нашла способ значительно улучшить эти методы диагностики. В рамках междисциплинарного проекта по созданию доступных анализов крови для диагностики рака мозга ученые из Университета Бристолья

разработали математические модели и объединили их с экспериментальными данными, в результате чего было установлено, что в случае биомаркера глиобластомы— глиального фибриллярного кислого белка (GFAP)— снижение порогового значения может служить маркером начала развития заболевания. Также ученые исследовали воздействие характеристик опухолей и особенностей пациентов на диагностику и стратегии излечения.

Получение большего объема экспериментальных данных позволит измерить существующие отличия в опухолевых тканях среди пациентов и дополнить модели, чтобы повысить точность предсказания для различных опухолей. Ученые продемонстрировали, как можно сочетать разработанную ими модель с другими методами диагностики, например, с различными сканированиями, чтобы получить более персонализированную картину и подобрать более эффективное лечение. «Эти математические модели можно использовать для изучения и сравнения новых биомаркеров и анализов на опухоли мозга по мере их возникновения. Мы надеемся, что наше исследование в конечном счете способствует разработке простого анализа крови на рак мозга, который позволит ставить диагноз раньше и с большими подробностями», — заявили авторы статьи.

Технология, разработанная группой из США и Швейцарии (18), может однажды облегчить доставку препаратов через кровотоки для лечения закупоренных сосудов или раковых опухолей. Исследователи изучили потенциал микророботов «плавать» в кровотоке, чтобы направлять лекарства именно туда, где они необходимы. Недостатком этого подхода является то, что свободно плавающие микророботы с трудом преодолевают сложные потоки жидкости, существующие внутри человеческого тела. В результате частицы, которые необходимо доставить, часто рассеиваются. Новые искусственные микротрубочки могут преодолеть это ограничение. Они сделаны по типу микротрубочек в живых клетках, которые являются частью цитоскелета и используют молекулярные моторы, чтобы по ним «проехали» везикулы в разные места клетки. Эти двигатели находят способ справиться с колебаниями потока в кровеносных сосудах и других частях тела. Ученые попробовали воссоздать подобный механизм в искусственной микротрубочке. Ее тонкие волокна, состоящие из шитых полимеров (чтобы микротрубочка были эластичными), были заделаны магнитными пластинами из никеля, расположенными на определенных расстояниях, как ступеньки. Микротрубочки шириной всего 80 микрон могут проскользнуть через узкие кровеносные сосуды. Применение вращающегося магнитного поля вокруг искусственных микротрубочек превращает никелевые ступеньки в магниты, по которым один за другим «едет» груз металлических микророботов.

«Мы помещаем микротрубочки во вращающееся магнитное поле, как в МРТ. Если вы вращаете поле медленно, частицы движутся медленно, а если вращаете быстрее, частицы также ускоряются», — сообщают авторы работы. Ученые обнаружили «золотую середину» в силе магнитного поля. Слишком быстрое вращение заставляло частицы скользить по поверхности и рассеиваться от микротрубочки. В экспериментах исследовательская группа обнаружила, что

микрочастицы могут перемещаться по волокну микротрубочек даже при воздействии сильных потоков жидкости, которые повторяют динамику кровотока. По сравнению с существующими технологиями доставка микрогрузов происходила на порядок быстрее. А точная регулировка магнитного поля обеспечивала точную доставку груза в нужное место даже в сложной сети судов.

Литература:

1. Development of a T Cell-Based COVID-19 Vaccine Using a Live Attenuated Influenza Vaccine Viral Vectorю Irina -Sivak и др. *Vaccines* Volume 10 Issue 7.
- 2.. A monocyte–leptin–angiogenesis pathway critical for repair post-infection. □ Rachel M. Kratofil и др. *Nature* (2022), <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05044-x>
3. Hair Repigmentation Induced by Nilotinib. Camille C.B. Kockerols, и Peter E. Westerwee. *The New England Journal of Medicine* (2022). <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMicm2119953>
4. The impact of *Rhodiola rosea* on biomarkers of diabetes, inflammation, and microbiota in a leptin receptor-knockout mouse model. Mahtab Jafari^{1*}, Jasmin Grace Juanson Arabit и др.- *Nature Scientific reports* (2022) 12:10581
5. Lipid nanoparticle-mediated lymph node–targeting delivery of mRNA cancer vaccine elicits robust CD8⁺T cell response. **Jinjin Chen, Zhongfeng Ye** и др. – *PNAS* - 119 (34) e2207841119
6. 4-bit adhesion logic enables universal multicellular interface patterning. □ Honesty Kim, Dominic J. Skinner - *Nature*, volume 608, pages324–329 (2022)/

7. A Synthetic Hydrogel Composite with a Strength and Wear Resistance Greater than Cartilage. Jiacheng Zhao, Huayu Tong и др. *Advanced Functional Materials*, 2205662
8. Cambridge researchers change donor kidney blood type. Mike Nicholson и Serena MacMillan. <https://www.cam.ac.uk/stories/kidneybloodty>
9. New \$2.8-million gene therapy becomes most expensive medicine in history. Rich Haridy *NEW ATLAS* <https://newatlas.com/health-wellbeing/zynteglo-gene-therapy-fda-most-expensive-medicine>.
10. Japanese EMTs to start using AR glasses while transporting patients. Ben Coxworth *NEW ATLAS*.. <https://newatlas.com/vr/japanese-emts-vuzix-ar-glasse>
11. Single-neuron models linking electrophysiology, morphology, and transcriptomics across cortical cell types Anirban Nandi, Thomas Chartrand и др. *Cell Reports* VOLUME 40, ISSUE 6, 111176, AUGUST 09, 2022
12. Chemoenzymatic synthesis of fluorinated polyketides. □ Alexander Rittner, Mirko Joppe и др. *Nature Chemistry* (2022) <https://www.nature.com/articles/s41557-022-00996-z>
13. In vivo processing of digital information molecularly with targeted specificity and robust reliability. YANGYI LIU. YUBIN REN и др. *SCIENCE ADVANCES*, 5 Aug 2022, Vol 8 Issue 3
14. Intestinal transgene delivery with native E. coli chassis allows persistent physiological changes. Baylee J. Russell, Steven D. Brown и др. *Cell*. VOLUME 185, ISSUE 17, AUGUST 18, 2022
15. Two-step regulation of centromere distribution by condensin II and the nuclear envelope proteins. □ Takuya Sakamoto, Yuki Sakamoto и др. *Nature Plants* volume 8, pages 940–953 (2022)
16. Post-gastrulation synthetic embryos generated ex utero from mouse naive ESCs. Shadi Tarazi, Alejandro Aguilera-Castrejon и др. *Cell*. Published: August 01, 2022 <https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674%2822%2900981-3#%20>
17. Research Links Red Meat Intake, Gut Microbiome, and Cardiovascular Disease in Older Adults. Kim Thurler *Tufts Now*. <https://now.tufts.edu/2022/08/01/research-links-red-meat-intake-gut-microbiome-and-cardiovascular-disease-older-adults>.
18. Artificial microtubules for rapid and collective transport of magnetic microcargoes. Hongri Gu, Emre Hanedan и др. *Nature Machine Intelligence* (2022), https://www.nature.com/articles/s42256-022-00510-7#auth-Bradley_J.-Nelson
