

**Часть 3.
МАНБРИК-ТЕХНОЛОГИИ
В ГРЯДУЩЕЙ ЭПОХЕ
САМОУПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ
(2030–2070-е гг.)**

Глава 8. Медицина и медицинские технологии – прорыв к контролю над человеческим организмом*

8.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНЫ В XIX–XX вв.

Медицина – одна из древнейших отраслей человеческой деятельности, а ее развитие неразрывно связано с развитием самого человечества. Рост цивилизаций, населения, развитие технологий, необходимость оказывать помощь раненым во время войн – все это и многое другое способствовало развитию медицины, тем более что уже с древности медицинские услуги были одной из форм платных услуг.

К XIX в. практическая медицина освоила множество приемов, позволяющих точно распознавать болезни, а также выработала способы лечения ряда острых и хронических расстройств; многое было сделано в области практической гигиены и санитарии, что способствовало в XVIII в. уменьшению смертности и росту продолжительности жизни. По сути, начало в Европе демографической революции, которая мощно проявила себя в XIX в., было положено уже в XVIII в. (см., например: Armengaud 1976; Minghinton 1976: 85–89; Cipolla 1976a: 15; Вишневский 1976; 2005). В медицине и физиологии было совершено немало крупных открытий, начиная с открытия кровообращения У. Гарвеем в XVI в. Он же стал основоположником эмбриологии. Французский врач А. Паре создал первые научные основы хирургии.

Однако в качестве относительно зрелой научной дисциплины медицина сформировалась в Европе в XIX в. (до этого она носила описательный характер), когда не только был накоплен обширный материал, но и удалось избавиться от метафизических представлений. Медицина стала делиться на крупные ветви (хирургию, фармакологию, патологию и др.).

Произошел переворот в хирургии, благодаря которому лечение стало идти весьма успешно, а многие операции, которые прежде давали неблагоприятные результаты, стали намного безопаснее. Нельзя не отметить использование наркоза, что позволило значительно облегчить страдания больных и расширить возможности хирургов. Огромных успехов медики добились в области родовспоможения и акушерства. Значительного прогресса достигли и медико-биологические науки, такие как анатомия, физиология, позже – цитология.

С развитием науки и промышленности, быстрым ростом городов, изменением политики государства в области здоровья населения медицина становится важнейшей частью социальной жизни и существенной по объемам частью сферы услуг.

* Часть 3 посвящена МАНБРИК-технологиям, то есть комплексу технологий, которые сыграют ведущую роль в завершающей фазе кибернетической революции. МАНБРИК – это соответственно: медицинские, аддитивные технологии (3D-принтеры), нанотехнологии, биотехнологии, робототехника, информационные и когнитивные технологии.

В период после завершения промышленной революции в медицине произошли очень серьезные изменения, в том числе благодаря тому, что государства стали выделять на нее значительные средства. Развивается гигиена, благодаря чему в передовых цивилизованных странах исчезли многие заразные болезни или их число значительно сократилось. Кроме того, медицина всегда была чрезвычайно восприимчива к различным инновациям. Например, уже в 1896 г., то есть через год после открытия, рентгеновские лучи стали использоваться для диагностики переломов. Общий рост уровня жизни и образования также способствовал развитию медицинской отрасли и внедрению в нее новейших научных и технических достижений (например, электрических механизмов, химических средств и т. п.). В результате в XX в. медицина претерпела значительные изменения. Медицинские производства становились массовыми. С конца XIX в. все активнее происходил переход от изготовления лекарств в аптеках к их промышленному выпуску. Одним из первых начали производить аспирин, когда в 1874 г. удалось получить салициловую кислоту из фенола. В дальнейшем было разработано законодательство, регулирующее тестирование лекарств, сложился процесс их одобрения специальными органами, разделены рецептурные и безрецептурные лекарства.

В XX в. в центре внимания медиков оказались уже не столько массовые инфекционные заболевания, которые удалось победить методом вакцинации, сколько массовые хронические и дегенеративные заболевания, а также инфекции в результате ранений, простуды и т. п. Впервые удалось добиться прогресса в области переливания крови. Важной вехой в 1930-е гг. стало создание первых антимикробных препаратов – сульфаниламидов (стрептоцид, сульфидин и др.), которые произвели переворот в лечении заболеваний, вызванных микроорганизмами.

Большое значение приобрели научные исследования в области функционирования организма и механизмов заболеваний. Стали появляться научные медицинские институты, организовывались масштабные проекты, под эгидой которых объединялось множество специалистов (в отличие от предыдущих веков, когда медицинскими исследованиями занимались в основном врачи-одиночки или отдельные учреждения). Изменились также программы медицинского образования: введено изучение химии, физики, электроники, ядерной физики и генетики. Для XX в. характерно интенсивное развитие системы здравоохранения, производственной, судебной, военной и спортивной медицины, а также врачебных ассоциаций и медицинских страховых компаний. В целом в XX в. медицина начала обретать массовость и общую доступность, быстро росло число врачей, посещение которых стало обыденным делом.

Огромный толчок развитию медицинской науки и практической медицины дали мировые войны, во время которых правительства разных стран мобилизовали на медицинские цели огромные средства.

В целом в последние десятилетия XIX – первой половине XX в. развитие медицины шло по пути обеспечения эпидемиологической безопасности и устранения наиболее массовых причин смертности (связанных с заражением, болезнями, передаваемыми путем контакта, потерей крови и т. п., включая детскую

и женскую смертность)¹. Решив в целом эти проблемы, медицина смогла включиться в кибернетическую революцию уже с новыми задачами: борьбы с болезнями старости и цивилизации, реабилитации и повышения качества жизни; развития специальной медицины.

8.2. МЕДИЦИНА НА НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ (1950–1990-е гг.)

В начальной фазе кибернетической революции, с 1950-х гг., происходит радикальный подъем роли медицины как все более важной и быстрорастущей отрасли экономики и сферы услуг. *При этом рост медицинских услуг шел в общем процессе быстрого роста сферы услуг. Напомним, что сектор услуг по объему вклада в ВВП является ведущим в экономике развитых стран*².

В течение начальной фазы кибернетической революции (1950–1990-е гг.) рождаются новые направления медицины или достигают определенного уровня зрелости те, что зародились ранее. В этот период развиваются, например, электроэнцефалография, электросудорожная терапия, трансплантология, радиобиология, лучевая диагностика и лучевая терапия. Происходит активное использование электроники, лазеров, ультразвука и др. Значительных результатов удалось достичь в области снижения детской смертности, лечения бесплодия, геронтологии, психиатрии, развития методов контрацепции, пересадки органов и создания искусственных органов, смены пола, пластических операций и т. д. Медицина стала делиться на многочисленные отрасли. В настоящий момент, например, только в плане выделения подотраслей для классификации при защите диссертаций существует почти 70 подотраслей медицины или смежных с ней дисциплин. Среди них много новых, таких как, например, биомеханика, биофизика, трансплантология и искусственные органы, аллергология, спортивная, космическая и другие. Фактически же отраслей медицины (и смежных отраслей) существенно больше, чем в классификаторе, поскольку не все новые отрасли уже получили соответствующий статус. В целом благодаря медицине в ряде случаев улучшилась управляемость человеческим организмом.

Стоит дополнительно сказать о важных достижениях в области иммунологии. В 1940 г. К. Ландштейнером и А. Винером было сделано открытие резус-фактора – второй по значимости антигенной системы, играющей важную роль в иммуногематологии. Практически с этого момента во всех странах стали интенсивно изучать антигенный состав крови человека. Кроме уже известных эритроцитарных

¹ Однако, хотя и удалось добиться победы над многими массовыми смертельными заболеваниями (холера, желтая лихорадка, брюшной тиф, столбняк, полиомиелит, коклюш, корь, малярия, дифтерия и др.), во многих развивающихся странах с тропическим климатом и сегодня налицо высокая смертность от инфекционных заболеваний, лихорадок. При этом снижению смертности могут способствовать относительно несложные меры. Так, например, в докладе ВОЗ (2013) говорится, что надкроватные сетки (от москитов) способствуют снижению детской смертности. Обследования, проведенные в 22 африканских странах, показали, что наличие в семье по меньшей мере одной обработанной инсектицидом противомоскитной сетки связано со снижением на 13–31 % смертности детей в возрасте до пяти лет (Там же).

² Впервые этот факт сделал центральным в своей теории Д. Белл, который отметил, что в США в 1950–1970-е гг. произошел переход от преимущественного выпуска товаров к преимущественному оказанию услуг (Bell 1973; Белл 1999; Hartwell 1976). Далее из сектора услуг стал выделяться быстро растущий сектор сложных и квалифицированных услуг (см. подробнее в *Приложении 2*; см. также: Гринин 2012б). Важную часть этих услуг составляют медицинские.

антигенов, в 1953 г. были открыты тромбоцитарные антигены, в 1954 г. – лейкоцитарные, а в 1956 г. выявлены антигенные различия глобулинов крови. Во второй половине XX в. были разработаны способы консервирования крови, внедрены в практику препараты направленного действия, полученные методом фракционирования крови и плазмы. В это же время началась интенсивная работа по созданию кровезаменителей. Благодаря успехам химической науки появилась возможность синтезировать соединения, моделирующие отдельные компоненты плазмы и форменные элементы крови, возник вопрос о создании искусственной крови и плазмы.

Чтобы лучше понять, какие прорывы происходили в медицине в течение начальной фазы кибернетической революции, имеет смысл обратиться также к самой престижной научной награде. В период с 1930-х по 1980-е гг. Нобелевские премии получили авторы открытий в области витаминов, гормонов, антибиотиков, нервной регуляции, ферментов. Все эти открытия быстро стали применяться в фармакологии. После 1958 г. Нобелевские премии начали получать в основном исследователи в области генома.

8.2. МЕДИЦИНА НА МОДЕРНИЗАЦИОННОЙ ФАЗЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ (1990–2020-е гг.)

Общие изменения. Начиная с 1990-х гг. и по настоящее время медицина находится в модернизационной фазе кибернетической революции. Отрасль при этом активно компьютеризируется, особенно в области диагностики, создаются различные автоматические системы управления дыханием, снабжением организма питательными веществами, артериальным давлением, работой некоторых внутренних органов и т. п. Идет стремительное распространение медицинских услуг и препаратов. Активно развиваются направления, зародившиеся ранее. Например, основы таких сложных современных методов диагностики, как компьютерная томография, ядерно-магнитно-резонансная интроскопия, рентгенофлюоресцентный анализ и ряд других (Мирский 2010: 19), появились еще в предшествующие десятилетия (1970–1980-е гг.). В настоящее время в использовании этих методов достигнуты значительные успехи. Как уже сказано, появляются все новые отрасли медицины, среди не упомянутых такие как ударно-волновая терапия, борьба с повышенным холестерином. Отдельно стоит упомянуть исследование стволовых клеток и регеративную медицину (Regenerative Medicine 2006), опирающуюся на возможности целого ряда смежных с медициной отраслей, в том числе биотехнологии, биоинженерии, а также технической инженерии. Активно развиваются направления, зародившиеся ранее, в частности связанные с искусственным оплодотворением, сохранением беременности, принятием родов³ и т. д.

Разрабатывается огромное количество медицинских препаратов, которые становятся более доступными и дешевыми. Развиваются новые направления хи-

³ Роды благодаря новым технологиям проходят не столь болезненно, не так портят фигуру женщины и в целом все более отдаляются от естественного протекания этого процесса. С помощью стимуляторов роды происходят в определенно назначенный день, становятся популярными роды оперативным методом во избежание лишних нагрузок и травмирования матери. Например, в 1950-е гг. в клиниках Франции операцию кесарева сечения делали в 1 % всех родов. В наши дни в КНР, например, путем кесарева сечения рождает каждая вторая женщина, а в Бразилии – более 50 % (в Рио-де-Жанейро – 80 %).

рургии, пересадка органов и замена отдельных участков тела на искусственные⁴, новые методы диагностики заболеваний, восстановительная медицина и т. п.

Борьба с неизлечимыми заболеваниями – важнейшее направление медицины. По данным ВОЗ, в мире наиболее частыми заболеваниями, приводящими к летальному исходу, на 2012-й г. являлись сердечно-сосудистые заболевания; заболевания дыхательных путей; ВИЧ/СПИД; диарейные заболевания (WHO 2014). В развивающихся странах до недавнего времени в связи с худшими условиями жизни, слабым развитием медицины, более молодым населением большую долю занимали инфекционные заболевания. В развитых странах уже длительное время наиболее распространена смертность от ишемической болезни сердца (12–15 %), инсульта и других цереброваскулярных болезней (8,7 %), раковых заболеваний трахеи, бронхов и легких (5,9 %), а в целом смертность от онкологических заболеваний в развитых странах приближается к смертности от ишемической болезни сердца.

Однако в 2012 г., как отмечается в докладе ВОЗ 2013 года, неинфекционные заболевания стали важнейшей причиной смертности также в средне- и слабо-развитых странах. В целом в мире сердечно-сосудистые заболевания стали наиболее распространенной причиной смертности от НИЗ (неинфекционных заболеваний): на их долю пришлось 17,5 млн смертей (46 % от всех смертей, вызванных НИЗ). Из них около 7,4 млн смертей были вызваны инфарктом, а 6,7 миллиона – инсультом (ВОЗ 2014: IX). Если на долю НИЗ приходилось две трети от 57 млн ежегодных смертей во всем мире, то из этих двух третей 80 % смертей (то есть 53 % от общей смертности) приходилось на страны с низким и средним уровнем доходов (ВОЗ 2013: 91)⁵. При этом прогнозируется рост смертности от НИЗ (Там же). Таким образом, болезни старости (неинфекционные) стали доминировать не только в развитых, но и во многих развивающихся странах.

Начиная с 1980–1990-х гг. делаются заметные успехи в области борьбы с наиболее частыми причинами смертности – инфарктом, инсультом, а также с редкими и сложными заболеваниями, в том числе наследственными.

Отличительной чертой современной медицинской науки является ее «биологизация»: широкое применение подходов, базирующихся на методах молекулярной и клеточной биологии. Возникло новое перспективное направление – биомедицина (см. подробнее, например: Стратегия... 2013). Отметим, что рост значения медицины проявляется также в феномене медикализации. Он выражается в том, что многие аспекты проявления человеческого поведения (особенно девиантного) и психики, которые ранее никак не связывались с медициной, начинают описываться в медицинских терминах и требовать медицинского наблюдения и вмешательства (см. подробнее: Юдин 2008). Медикализация, разумеется, активно поддерживается фармакологией и другими заинтересованными корпорациями (см., например: Фукуяма 2004: гл. 3). Кроме того, налицо и стремление тех, кто

⁴ Так, проблему замены закупоренных артерий отчасти помогло решить применение искусственных сосудов, созданных американскими учеными в 1990-х гг. Изготовленные на основе коллагена, они расширяются и сужаются, как настоящие, управляя потоком крови, идущей к сердцу (Грицак 2003).

⁵ В отношении всех смертельных случаев в 2012 г. статистика была следующей: ишемическая болезнь сердца – 13,2 %, инсульт – 11,9 %; заболевания дыхательных путей – 11,1 %, рак трахеи, бронхов и легких – 2,9 %, ВИЧ/СПИД – 2,7 %, диарейные заболевания – 2,7 % (WHO 2014).

отмечается медициной как имеющий ту или иную вновь открытую «болезнь», получить соответствующие льготы и привилегии. Таким образом, социальная и политическая роль медицины в этом плане интенсивно растет. Отметим также, что все более распространяются практики изменения тех или иных характеристик человека (от формы носа до выбора пола).

Подготовка к завершающей фазе кибернетической революции. Как уже сказано, в настоящий момент наиболее заметным трендом является усовершенствование инноваций, многочисленные улучшающие (к базовым) инновации, автоматизация многочисленных процессов и т. п. В то же время в медицине зреют прорывные инновации, которые станут ощутимыми через два-три десятилетия (а некоторые и ранее). Сегодня медицина неразрывно связана с биотехнологиями через фармацевтику, генные технологии, новые материалы и многое другое.

Распространение инноваций. Современный этап является этапом массового распространения инноваций, накопленных за последние десятилетия, поскольку большинство новых технологий построены на улучшении ранее сделанных открытий и изобретений. В этот период также возникли и продолжают появляться многочисленные улучшения и модификации уже созданных технологий, что значительно способствует их популяризации, удешевлению и распространению. Налицо также автоматизация разных процессов и синтез различных новых методов (а мы уже отмечали, что медицина имеет огромные перспективы именно в плане интеграции и синтеза разных направлений). С. В. Петров (2010: гл. 1), указывает, что современный период развития хирургии в начале XXI в. можно назвать периодом технологическим. Это связано с тем, что прогресс хирургии в последнее время определяется не столько развитием каких-то анатомо-физиологических представлений или улучшением мануальных хирургических способностей, сколько более совершенным техническим обеспечением, мощной фармакологической поддержкой. Кроме того, темп внедрения инноваций в разных областях медицины, в том числе хирургии, очень высок, и то, что еще вчера казалось новым и публиковалось только в специализированных журналах, сегодня становится рутинной, повседневной работой. Такая быстрота внедрения также является характерной для модернизационной фазы производственной революции.

Хирургия. «Каковы же самые яркие достижения современной хирургии?» – задают вопрос авторы учебника (Там же). По их мнению, таковыми являются следующие.

Трансплантология. Выполняя даже самые сложные хирургические манипуляции, не во всех случаях удается восстановить функции органа. И хирургия пошла дальше – пораженный орган можно заменить. В настоящее время успешно пересаживают сердце, легкие, печень и другие органы, а операция трансплантации почки стала совсем обычной. Подобные операции еще несколько десятков лет назад казались невыполнимыми. И дело здесь не в проблемах с хирургической техникой выполнения вмешательств. Трансплантология – огромная индустрия. Для того чтобы пересадить орган, нужно решить вопросы донорства, консервации органов, иммунологической совместимости и иммуносупрессии. Особую роль иг-

рают анестезиология, реаниматология и трансфузиология (о транс-плантологии см. также далее).

Кардиохирургия. Разве можно было раньше представить, что сердце, работа которого всегда ассоциировалась с жизнью человека, можно искусственно остановить, исправить внутри него разнообразные дефекты (заменить или видоизменить клапан, ушить дефект межжелудочковой перегородки, создать аортокоронарные шунты для улучшения кровоснабжения миокарда), а затем вновь его запустить? Сейчас такие операции выполняют повсеместно и с весьма удовлетворительными результатами. Но для их проведения необходима хорошо отлаженная система технического обеспечения. Вместо сердца, пока оно остановлено, функционирует аппарат искусственного кровообращения, не только перегоняющий кровь, но и обогащающий ее кислородом. Нужны специальные инструменты, качественные мониторы, следящие за работой сердца и организма в целом, аппараты для длительной ИВЛ и многое другое. Все эти проблемы принципиально решены.

Сосудистая хирургия и микрохирургия. Развитие оптической техники и применение специальных микрохирургических инструментов позволили реконструировать тончайшие кровеносные и лимфатические сосуды, сшивать нервы. Стало возможным пришить (реплантировать) отсеченную в результате несчастного случая конечность или ее часть с полным восстановлением функций. Метод интересен еще и потому, что он позволяет брать участок кожи или какого-то органа (кишки, например) и использовать в качестве пластического материала, соединив его сосуды с артериями и венами в соответствующей области.

Эндовидеохирургия и другие методы малоинвазивной хирургии. Используя специальную технику, можно проводить довольно сложные операции под контролем видеокамеры без выполнения традиционных хирургических разрезов. Так, можно осмотреть полости и органы изнутри, удалить полипы, конкременты, а иногда и целые органы (червеобразный отросток, желчный пузырь и др.). Без большого разреза через специальные узкие катетеры можно изнутри сосуда восстановить его проходимость, а в ряде случаев, например при аневризме, перекрыть сосуд – эмболизировать (эндоваскулярная хирургия). Под контролем ультразвука можно выполнить дренирование кист, абсцессов и полостей. Применение подобных методов значительно уменьшает травматичность хирургического вмешательства (об этом см. ниже). Больные встают с операционного стола практически здоровыми, быстро и легко проходит послеоперационная реабилитация.

Эстетическая и коррекционная медицина. Все дальше по пути вмешательства в человеческий организм. Стремительно развивается эстетическая и косметическая медицина, главной задачей которой является коррекция недостатков и дефектов внешности, а также повышение привлекательности людей. Развитие этих направлений связано с ростом уровня жизни, когда люди тратят все больше денег на уход за собой, и соответственно высокой прибылью. Во всем мире делаются многие миллионы пластических операций, однако лидирует по их числу на душу населения, по некоторым данным, даже не США (у них шестое место), а Корея (Капоситас б. г.). При этом в странах Восточной Азии распространена операция по приданию глазам «западной» формы. По данным *Forbes*, всемирный рынок косметической и эстетической медицины оценивается в 180 млрд долларов (Жохова 2011). Современные достижения помогают изменить форму различных частей лица и тела, избавиться от морщин, обеспе-

чить омоложение кожи лица и тела, убрать лишний жир (так называемая липосакция), имплантировать зубы, пересадить волосы и т. д. Одним из высших достижений пластических хирургов является пересадка лица. Первая операция по пересадке лица была проведена во Франции в 2005 г. пациентке, которая пострадала от укусов собственной собаки. Очень сложная операция была успешно проведена в марте 2012 г. В результате труда врачей в Университете Мэриленда 37-летний Ричард Норрис получил новое лицо – в том числе челюсть, зубы и язык.

Можно предполагать, что коррекционная, косметическая, эстетическая медицина в течение двух следующих десятилетий получит бурное развитие (хотя это может вызвать довольно серьезные психологические проблемы, в том числе связанные с самоидентификацией личности). Дополнительно этому будет способствовать рост мирового среднего класса. Как мы уже отмечали, чем богаче общество, тем большую часть своего бюджета его граждане тратят на собственное здоровье и красоту. Вероятно, важнейшей задачей коррекционной медицины будущего станет исправление врожденных и приобретенных пороков организма и внешности, когда будут созданы новые технологии на базе достижений хирургии и геной инженерии.

Место медицины в экономике. Важно заметить, что медицина в целом (то есть с учетом государственных и частных расходов) оказывает все более заметное влияние на объем ВВП. Распространение медицинских технологий – дорогостоящий процесс. Несмотря на это, происходит неуклонный рост средств, выделяемых государством на медицину. Пока в целом их рост сравним с темпом роста ВВП.

Так, по данным Мирового банка, с 1995 по 2010 г. расходы на медицину на каждого жителя Земли выросли вдвое – с 454 долларов в год до 950 долларов при довольно заметном росте населения (World Bank 2012b), ВВП на душу населения также вырос почти вдвое – с 5200 до 10 000 долларов на человека (World Bank 2012a). Однако в развитых странах расходы на медицину растут опережающими темпами. Согласно данным по странам ОБСЕ, они уже выросли более чем вдвое на человека, соответственно в 1995 г. – 2102 доллара, а в 2010 г. – 4364 доллара, тогда как рост ВВП на душу населения в 1995 г. составлял около 22 000 долларов США, а в 2010 г. – около 37 000 долларов (*Ibid.*).

С учетом, с одной стороны, того, что расходы на медицину в развивающихся странах на одного жителя в 10–20 раз меньше, чем в развитых, а с другой – прогнозируемого более быстрого темпа роста ВВП в развивающихся странах и ожидаемого быстрого формирования там среднего класса, можно предположить, что в целом расходы на медицину в третьем мире будут расти опережающими по сравнению с развитыми странами темпами (подробнее об этом см. ниже).

Старение населения, о котором шла речь в предыдущей главе, совокупно с ростом благосостояния приведут к тому, что расходы на медицину будут опережать общий рост ВВП. И данная тенденция усилится. Об этом говорит и тот факт, что даже в периоды незначительного роста ВВП расходы на медицину увеличиваются достаточно быстро. В частности, в странах ОЭСР за период кризиса 2008–2010 гг. рост ВВП на душу населения составил всего 3 % (соответственно в 2007 г. –

35 855 долларов, в 2010 г. – 36 994 доллара), а рост медицинских расходов на одного человека вырос на 13 % (соответственно в 2007 г. – 3858 долларов, а в 2010 г. – 4364 доллара [рассчитано по: *Ibid.*]). Уровень развития медицины также значительно влияет на такой популярный показатель благополучия страны, как индекс человеческого развития.

Вклад медицины в экономику также является существенным. В развитых странах значительная часть населения работает в этой сфере. Например, в Германии количество работников медицинского сектора составляет 22 % от всего числа трудоустроенных людей. В то время как, например, доля занятых в автомобильной промышленности ФРГ по этому показателю составляет 2,3 % (Nefiodow L., Nefiodow S. 2014a).

8.3. МЕДИЦИНА В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ. ДВА ДЕСЯТИЛЕТИЯ ДО НАЧАЛА ЗАВЕРШАЮЩЕЙ ФАЗЫ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Общие идеи. С учетом быстрого старения населения потенциальная опасность болезней старости будет возрастать. Тенденция сегодня такова, что по мере роста продолжительности жизни именно онкологические и сердечно-сосудистые заболевания выходят на первое место. И, по прогнозам, смертность от них будет расти. Так, согласно «Всемирному докладу о раковых заболеваниях 2014», за ближайшие 20 лет число новых случаев заболевания возрастет примерно на 70 % (ВОЗ 2015б). Поэтому важнейшей задачей медицины будет борьба с онкологией и другими недугами старости. В плане борьбы с онкологическими заболеваниями есть позитивные изменения, связанные с возможностью раннего диагностирования и роста процента излечения (о них еще будет сказано ниже), однако в решении этой проблемы пока нет кардинальных перемен. Не исключено, что и к 2030-м гг. еще не сумеют победить рак. По-видимому, для этого потребуются очень значительные сдвиги в разных областях биотехнологии и медицины (см., например: Медиавилля 2015). Зато сама победа может стать мощным импульсом для перехода медицины в целом на качественно новый уровень.

Сложность борьбы с неизлечимыми заболеваниями и болезнями старости, связанная с необходимостью влиять на общие клеточные процессы в организме, потребность в качественно новой диагностике и постоянном мониторинге процессов внутри организма (в том числе на микроуровне), рост стоимости лечения вместе с ростом обязательств общества и государства в этом плане, а также демографические процессы старения населения – это и многое другое должно привести к новым решениям в области медицины (что и даст импульс для начала завершающей фазы кибернетической революции). Как мы увидим из следующего раздела, двигаться по прежним траекториям уже становится затруднительно.

Разработка новых лекарственных препаратов. Проблемы фармацевтики и поиски путей выхода. Одним из критериев оценки развития медицины является производство медикаментов, которое в настоящее время достигло невиданного уровня (об этом пойдет речь в следующей главе). Однако вместе со значительными успехами наметился и определенный кризис в фармацевтике и

фармакологии, связанный с рядом причин. Во-первых, разработка новых эффективных лекарств и препаратов стала очень долгим и дорогостоящим делом (цикл разработки и внедрения одного лекарства занимает до 15 лет и стоит до 3 млрд долларов). Во-вторых, очень жесткий контроль со стороны государственных органов делает этот процесс еще сложнее. В-третьих, компании, естественно, стремятся окупить расходы, делая по возможности лекарства наиболее массового применения. Но эффективность новых препаратов оказывается не столь высокой, многим пациентам они не помогают, а ущерб от неправильно подобранных лекарств огромен. Наметилась тенденция к тому, что люди, часто неоправданно, используют слишком много лекарств. Реклама также побуждает людей потреблять их как можно больше. Между тем лекарства в таком объеме далеко не всегда нужны, не говоря уже о том, что они всегда имеют побочные эффекты.

Таким образом, в целом наметился определенный тупик на пути прогресса фармацевтики. Одна из главных причин в том, что в современной фармацевтике слабо развивается такое важнейшее направление кибернетической революции, как индивидуализация/персонализация. Эта отрасль еще не сошла с рельсов массового производства (чему мешает общая организация фармацевтического производства, монополизация и гигантомания). Ряд исследователей (и мы с ними согласны) видят путь выхода из кризиса именно в направлении персонализации. Этим проблемам посвящен параграф в следующей главе.

Движение к управляемости систем и минимизации вмешательства. Рост управляемости систем налицо в разных областях медицины. Некоторые из этих систем уже достигли стадии, близкой к настоящей самоуправляемости, к примеру, системы поддержки жизнедеятельности, искусственные органы. Другие системы находятся на пути к самоуправляемости, при этом неразрывно сочетаясь с минимизацией травмирования пациента и все более «умными» инструментами. В хирургии, например, развивается оперирование с помощью специальных гибких инструментов, с помощью которых можно проникнуть в самые труднодоступные места организма без значительных разрезов внутренней полости. При этом во время операций используются эндоскопы и видеокамеры, при помощи которых изображение передается на монитор со значительным увеличением. Для решения проблемы дрожания человеческих рук применяются специальные установки, заменяющие руку хирурга. Управляя ими, врач контролирует самые мелкие движения инструмента (в том числе лазера или ультразвука). Все активнее в хирургии и других областях медицины применяются роботы (см. об этом дальше). Дело идет к тому, что в относительно скором времени немало операций будет осуществляться без участия хирурга. В 2011 г. прошла первая в мире операция по пересадке поджелудочной железы, полностью проведенная роботом da Vinci SHDI.

8.4. ИЗМЕНЕНИЯ В ХОДЕ ЗАВЕРШАЮЩЕЙ ФАЗЫ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

В течение завершающей фазы кибернетической революции начнется переворот в медицине. Важно понять, что изменения в разных областях медицины будут

проходить неодновременно и весьма неравно: это будет зависеть от многих вещей, в значительной мере от консерватизма структур и областей, а также от действий организаций медиков, которые при угрозе потери части своего влияния или благополучия могут вести себя неоднозначно. Но рано или поздно инновации, конечно, начнут распространяться в самых разных областях медицины и смежных с ней.

Глубокие изменения будут, в частности, связаны с созданием систем, с помощью которых мониторинг состояния здоровья, поддержания организма в нужном состоянии и лечение будут в значительной мере осуществляться автономными системами, которые смогут функционировать в регулярном или даже постоянном режиме. Кроме того, активно продолжится выравнивание условий для пациентов в связи с возможностью стандартизации медицины (за счет более равного доступа к ресурсам) и работы при помощи удаленного доступа (то есть уровень услуг будет в меньшей степени зависеть от квалификации медицинского персонала в конкретном месте, чем теперь). Разовьются идеи единой системы контроля над болезнью (см. в *Главе 9*), точнее, даже над комплексом болезней.

Произойдет рывок в области борьбы с неизлечимыми заболеваниями, но главное – в области повышения качества жизни и продления трудоспособного возраста. Медицина также будет развиваться по пути: а) профилактики и профилактики заболеваний, возникающих в процессе жизнедеятельности; б) возможности контролировать процессы жизнедеятельности и сокращать отклонения организма от нормы; в) максимального учета индивидуальных особенностей организма.

8.4.1. Развитие характеристик кибернетической революции

Создание и синтез новых материалов и систем, переход на более фундаментальные уровни управления, усложнение взаимодействия с окружающей средой и другие характеристики. Даже объем монографии не позволяет системно описать все возможные изменения в соответствии со всеми вышеперечисленными характеристиками и трендами кибернетической революции. Однако в отношении некоторых из них, вероятно, этого и не требуется. Очевиден рост объемов и сложности переработки информации в будущих системах, которые начнут получать данные едва ли не от отдельных клеток. Понятно, что обратная связь между внешней средой в отношении систем (равно как и между ее собственными центрами и периферийными устройствами) усилится и усложнится на порядок. Ниже мы будем постоянно приводить примеры тех или иных «умных» технологий, которые уже имеются и могут появиться. Медицина, как и другие инновационные направления (и благодаря им), все активнее работает на микро- и даже уже наноуровне, влияя на все более фундаментальные элементы (влияние идет реально на клеточном и внутриклеточном уровнях в разных тканях, не говоря уже о геномной инженерии).

Медицина (особенно ее новейшие области) дает множество примеров синтеза материалов и характеристик систем разной природы (например, живой и неживой). Биосенсоры, в частности, позволяют преобразовывать биологическую энергию в электрическую, в нейроинтерфейсах возникает эффект преобра-

зования мозгового импульса в энергию мышц, благодаря чему силой мысли инвалид может двигать протезом. Другие способы использования имплантатов (созданных из биологических и небιологических материалов), таких как микрочипы, микрорезервуары, микронасосы и др., также разнообразны. Эти конструкции составляют основу микроимплантируемых устройств, управляемых по протоколам беспроводной связи с помощью внешних приспособлений. Основное их назначение – длительное микродозирование лекарственных средств у людей с хроническими или опасными болезнями (в том числе с ВИЧ-инфекцией) с низкой приверженностью к лечению (то есть с низкой степенью соответствия поведения пациента рекомендациям врача). Ожидается, что решение этой проблемы позволит добиться снижения риска смерти и возникновения жизнеугрожающих осложнений у большего числа людей (Сайгитов 2015). Таким образом, вполне отчетливо просматривается движение в сторону создания транскιбернетических самоуправляемых систем (соединяющих в себе разные типы материалов, энергии и разные принципы действия).

Наконец, медицина вкυпе со смежными направлениями постоянно являет примеры развития такого важного направления кибернетической революции, как создание искусственных веществ и материалов с новыми, неизвестными ранее свойствами. Мы это увидим, в частности, на примере искусственного иммунитета и искусственных органов, но вообще каждое принципиально новое лекарство по определению относится к данному направлению.

В данном параграфе мы остановимся только на некоторых (крайне важных для понимания будущих тенденций) характеристиках кибернетической революции. При этом, чтобы не повторяться, часть относящегося к данным разделам материала будет изложена в следующих параграфах и главах.

Управляемость и контролируемость систем, а также элементы самоуправляемости проявляются во многих областях медицины. Вполне наглядно управляемость может проявиться в том, что курс лечения, операции и последующая реабилитация будут находиться под все более полным контролем полуавтономных и автономных систем. Звено за звеном отдельные функции, процедуры и фазы процесса лечения станут возможным отдавать под наблюдение тех или иных специальных аппаратов, систем, роботов и т. п., пока процесс лечения заболеваний от начала до конца не будет проходить под контролем сложных систем. Это одно из важнейших направлений, которое будет реализовываться в течение 2030–2050-х гг.

Другое проявление управляемости будет основано на влиянии на некоторые системы, а также на ключевые факторы и элементы процессов человеческого организма (через нужные белковые соединения, клетки, антитела, активизацию иммунной системы и т. п.). Другими словами, лечение станет более направленным, а также более локализованным (точечным). Возможности использования управляемой гибели клеток (на базе явления апоптоза), о которых будет сказано в следующем параграфе, могут служить ярким примером такого способа влияния на систему. Суть еще одной инновационной технологии в области так называемой оптогенетики (кстати, еще одной новой области) заключается в том, что в геном встраивают фрагмент ДНК, который кодирует особые мембранные белки. Эти белки под воздействием света (из источника, непосредственно подве-

денного к ткани мозга, либо путем чрезкостного свечения) могут открываться, создавая ток ионов внутрь клетки. Это ведет к ее активации (Сайгитов 2015). Данный пример (инициации нужного процесса путем контролируемого сигнала) хорошо демонстрирует разнообразие возможностей для создания различных управляющих технологий, которые перерастают в возможность формирования и распространения самоуправляемых технологий.

А вот пример «умной» технологии, которая, будучи внедренной, заставляет систему работать нужным образом (исправляя биологическую систему так, чтобы она в нужное время работала, как требуется). Как мы уже говорили, 3D-принтеры сейчас используются во многих сферах (даже в аэрокосмической промышленности). Работают с этими системами и в медицине. Прошла информация о распечатанном на таком принтере участке трахеи, который может изменять форму одновременно с ростом ребенка. На момент публикации информации эта технология уже спасла жизни трем малышам, у которых наблюдались проблемы с дыхательными путями. Причем эти проблемы угрожали жизни детей. Технология создания деталей, которые могут расти вместе с организмом ребенка, – важное достижение медицины. Первый ребенок получил такой имплантат три года назад, и кусочек пластика помог маленькому человеку выздороветь. Речь идет о разновидности трахейной бронхомаляции – относительно редком заболевании, которое приводит к «схлопыванию» дыхательных путей и, соответственно, смерти ребенка. Это заболевание наблюдается у 1 из 2000 детей. Обычно дети перерастают заболевание, достигая трехлетнего возраста. Но в серьезных случаях до трех лет ребенок просто не доживает. Один ребенок не только не мог нормально дышать, но и не был способен принимать пищу. Если бы не врачи, малыш умер бы через несколько дней. Для того чтобы создать имплантат, исследователи внимательно изучали изображения трахей пациентов с последующим моделированием необходимого участка. Сам имплантат создавался по технологии лазерного спекания, при этом на его создание уходило 1–3 дня. Стоимость материала – всего 10 долларов за штуку. Поскольку имплантат не замкнут, пластик давал расширяться трахее по мере роста ребенка. Все три проведенные операции закончились успешно (Morrison *et al.* 2015; см. также: Галайко 2015).

Третье направление может быть связано с развитием системы мониторинга состояния организма, что позволит проводить профилактику болезней и их раннюю диагностику. Все это также обеспечит процесс управляемости лечением. Мониторинг может быть обеспечен использованием биосенсоров и биочипов (технологии, связанные между собой и не всегда легко разводимые).

Биосенсоры – очень перспективное направление медицины и одновременно хороший пример развития в сторону самоуправляемых систем (за счет множества «умных» технологий, соединенных в единую систему), а также и пример индивидуализации. Биосенсоры – это электронные регистрирующие устройства, которые состоят из биологических систем распознавания веществ (включающих различные биохимические маркеры, а также ферменты, клетки, антитела и т. п. [Vo-Dinh *et al.* 2001; Rusmini *et al.* 2007]). Эти системы часто называют также биорецепторами или трансдусерами (то есть приемниками, датчиками) (Ferrari 2006). Биосенсоры способны трансформировать биологическую энергию в электрическую. Таким образом, биосенсорная технология сочетает в себе достижения биологии и современной микроэлектроники. И это один из важнейших способов объединения в единую систему технических и биологических элементов

будущих самоуправляемых систем.

Биосенсор обычно состоит из биологического компонента (клетки, фермента или антитела), соединенного с крошечным преобразователем – прибором, приводимым в действие одной системой и передающим энергию (обычно в иной форме) другой системе. Биосенсоры являются детекторами, действие которых основано на специфичности клеток и молекул и используется для идентификации и измерения количества малейших концентраций различных веществ. При связывании искомого вещества с биологическим компонентом биосенсора преобразователь генерирует электрический или оптический сигнал, мощность которого пропорциональна концентрации вещества (Рябцева 2006). Однако биосенсоры бывают разных типов и разных размеров. Например, бытовым примером биосенсора – глюкометр, прибор для измерения уровня глюкозы в крови, – отнюдь не микроскопических размеров. Некоторые биосенсоры, таким образом, представляют собой измеритель определенных параметров (тот же глюкометр), другие призваны отображать множество показателей. Они активно применяются сегодня для самых разных анализов. Такие биосенсоры используются в производстве для измерений разных параметров: пищевой ценности, свежести и безопасности продуктов питания; составов смесей, обнаружения токсинов, ядовитых газов, определения количества взрывчатых веществ для анализа экологических загрязнений. Для спортсменов биосенсоры сегодня являются инструментами контроля их физиологических показателей для точного расчета нагрузки, и, вероятно, возможности последних в данной области еще больше расширятся⁶. В медицине биосенсоры используют для анализа содержания метаболитов, гормонов, в том числе для экспресс-анализа крови непосредственно у кровати больного. Уже используются биосенсоры и биочипы, позволяющие контролировать изменения, происходящие в организме во время операции. Они дают информацию о состоянии организма и реагируют на критические изменения. Разрабатываются биосенсоры и нанороботы, которые, например, способны отслеживать распространение вируса в крови в онлайн-режиме (Cavalcanti *et al.* 2008). Как уже сказано, одни и те же устройства часто называют как биочипами, так и биосенсорами. Иногда биочипами называют миниатюрные устройства, представляющие собой, по сути, целую лабораторию, которая может диагностировать тысячи одновременных биохимических реакций. Для этого в биочипе используют сотни и тысячи биорецепторов (иногда их также называют биосенсорами). Биочипы помогают произвести быстрый анализ большого числа биологических параметров для разных целей, включая диагностику рака, инфекций и интоксикаций (Fung *et al.* 2001). Технологии биочипов постоянно совершенствуются и удешевляются в производстве (Rusmini *et al.* 2007).

Непрерывный мониторинг здоровья как самоуправляемая суперсистема. Как мы предполагаем, в будущем биосенсоры и биочипы станут частью более сложной самоуправляемой системы, включающей ряд других технологий. Такие самоуправляемые системы могут стать неотъемлемой принадлежностью жизни человека. В частности, они позволят (с помощью встроенных сенсоров и биочи-

⁶ Вот один из таких новейших примеров. Созданы специальные носки с биосенсорами для оздоровительного бега. Три сенсора, которые находятся на подошве, передают данные о давлении, скорости и даже частоте пульса на приложение к смартфону, и уже оно дает рекомендации снизить или, наоборот, увеличить нагрузку (Умная... 2015).

пов) контролировать ход всех жизненно важных процессов, подсказывать время приема и дозировку необходимых лекарств, время занятий физкультурой и необходимую нагрузку с учетом различных обстоятельств, определенную диету и т. п.⁷ Эти мониторинговые системы будут периодически или постоянно сканировать состояние организма или отдельных органов и даже, возможно, передавать их в аналитические (медицинские) центры при возникновении потенциальных угроз либо резком ухудшении самочувствия.

Мы уже движемся в этом направлении. Вот, например, фрагмент из анонса проекта Национальной медицинской системы для Сколково.

*Мобильный диагностический прибор для превентивного
персонализированного здравоохранения*

Портативный комплекс превентивного телемедицинского наблюдения, построен на базе модуля неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии, предназначенный для съема, отображения и хранения информации и позволяющий наблюдать за состоянием сердечно-сосудистой системы человека по 20 показателям. Прибор позволяет подключать дополнительные модули: персональную биохимическую лабораторию, кардиорегистратор, пульсоксиметр, глюкометр, спирометр, жиросодержательный анализатор, электронный термометр, а также устройства на основе биосенсоров и биочипов для неинвазивного контроля состояния жизнедеятельности организма, которые будут созданы в будущем (Платформа... 2014).

Во время операции биосенсоры будут контролировать ход нужных процессов и подсказывать врачу ход ее проведения. Реальностью станут программы с индивидуальными рекомендациями конкретным людям, при этом системы смогут отслеживать существенные отклонения в показателях и давать рекомендации относительно образа жизни на короткий период и длительную перспективу.

Словом, такие системы начнут формировать распорядок жизни, рекомендации и рецепты поведения для каждого из нас. Хорошо это или плохо? Естественно, свобода воли людей будет ограничена, тем более что сопротивляться машине иногда сложнее, чем воле человека. Одновременно сформируются определенные императивы в отношении здоровья. По сути, у каждого будет своя электронная нянька (подобно тому как у детей древнегреческих зажиточных граждан был раб-педагог, а у отпрысков дворян-землевладельцев – воспитатель из числа слуг). Впрочем, это может быть особенно важно для наблюдения за маленькими детьми и больными, которые находятся дома. Если к этому позже добавятся еще и двигающиеся, хорошо ориентирующиеся в пространстве роботы, то комфортность жизни людей существенно возрастет (но в то же время уменьшится их самостоятельность).

Соответственно такие мини-системы могут быть объединены в крупную систему, включающую наблюдение за большим количеством людей, например в

⁷ К этому нужно добавить данные о всевозможных природных явлениях, которые также по-разному влияют на различных людей (атмосферное давление, магнитные, солнечные бури и т. п.). С опорой на них могут быть созданы программы оптимального поведения людей для конкретного дня или в течение длительного времени и даже всей жизни.

лечебном учреждении, санатории, гостинице и т. п. Мы уже говорили о сокращении стационарного лечения, а возможности подобного мониторинга и действия по удаленному доступу в режиме онлайн способны существенно разгрузить больницы. Нетрудно представить, что такого рода системы смогут обнаруживать потенциально опасные случаи и быстро реагировать на критические ситуации. Это хороший пример прогностики и пропедевтики проблем. Мы полагаем, что до создания подобных систем пройдет еще достаточно времени. К тому же на пути к такому мониторингу стоят сложные этические и правовые проблемы, поскольку всегда существует опасность, что наблюдающий «Большой брат» станет использовать полученные данные для собственных целей.

Экономия и оптимизация потребления ресурсов. Медицина позволяет экономить наиболее важные ресурсы общества, такие как годы жизни, которые человек живет благодаря правильному лечению, его работоспособность, время, сокращенное за счет меньшей длительности лечения и адаптации и т. д. С другой стороны, это те или иные ресурсы, которые требуются для организации процесса здравоохранения и поддержания нужного состояния здоровья. С позиции первого аспекта, разумеется, всякие подсчеты будут весьма приблизительными, но в любом случае они могут дать общее представление. Например, в докладе ВОЗ 2013 г. (ВОЗ 2013: 58) приводятся достаточно впечатляющие расчеты такой экономии только от научных исследований в области медицины.

В докладе под названием «Разовые отдачи» (Exceptional Returns), подготовленном для сети Funding First в США, приводятся расчеты ощутимых выгод от снижения смертности, особенно от сердечно-сосудистых заболеваний. На основании высокого эквивалента ценности жизни ежегодная отдача в денежном выражении от инвестиций в научные исследования оценивалась на уровне 1,5 трлн долларов США в период между 1970 и 1990 г., причем одна треть от этой суммы была отнесена за счет проведения исследований для разработки новых лекарственных средств и протоколов лечения. Что касается исследований по проблеме сердечно-сосудистых заболеваний, то окупаемость инвестиций была примерно в 20 раз больше, чем ежегодные расходы. Консалтинговая компания Access Economics по итогам проведения аналогичных исследований в Австралии пришла к заключению, что каждый вложенный в научные исследования и разработки в области здравоохранения Австралии доллар принес выгоды для здоровья в среднем в размере 2,17 австралийского доллара (приблизительно 2,27 доллара США).

Экономия в других направлениях также просматривается вполне отчетливо. Можно назвать более точные способы хирургического вмешательства, меньше травмирующие пациентов, все более миниатюрные устройства жизнеобеспечивающих систем, датчиков и сенсоров, все меньшее потребление энергии и рост КПД медицинской аппаратуры, экономии труда персонала и многое другое. Есть продвижения и в смысле экономии лекарств. Как мы уже говорили, сегодня прием лекарств происходит достаточно неэффективно, однако в целом на длительном тренде экономия использования лекарств все же наблюдается. Например, в первом гормональном контрацептиве Enovid, который появился в продаже в 1957 г., содержалось в сотни раз больше гормонов, чем в современных препаратах. И это только один из множества примеров.

Тем не менее есть также масса примеров расточительства и непомерного роста расходов в медицине. Поэтому мы считаем, что настоящий прорыв в плане экономии должен произойти в результате завершающей фазы кибернетической революции. В частности, повышение точности воздействия является очень важным направлением, способным не только перевести лечение заболевания в более управляемый процесс, но и существенно уменьшить расход препаратов. Одним из способов этого может стать точная доставка лекарственных препаратов до нужных клеток. Ключевую роль здесь, возможно, смогут сыграть нанотрубки, речь о которых пойдет в *Главе 10*, посвященной нанотехнологиям. Другие способы более эффективного и экономного лечения – воздействие на иммунную систему, исправление генетических отклонений, изменение технологии хирургических операций за счет более тонких и не травмирующих манипуляций и т. п. Важным также будет индивидуализация методов лечения и лекарств, что сделает их более эффективными. Ниже мы еще скажем о возможностях экономии в медицине будущего.

Медицина развивается в сторону все большей **миниатюризации**. Во-первых, уменьшаются в размерах самые разные приборы и датчики. Например, обычный биочип – это едва видимая на кончике пальца тонкая пластинка $1,5 \times 1,5$ миллиметра (а есть и намного меньших размеров). Но на нее, как уже сказано, наносится очень большое количество реагентов, чтобы одновременно проводить значительное число анализов. Это часто нужно, например, для анализа ДНК. Благодаря общему тренду ИКТ на микроминиатюризацию это наглядно проявляется и в различных медицинских приборах и оборудовании. Во-вторых, применение нано- и биотехнологий позволяет работать уже не только на клеточном и субклеточном, но и на молекулярном уровне в разных направлениях (от генной инженерии до контроля над внутренними процессами). В-третьих, есть надежда, что сами дозы благодаря вышеописанной точной и точечной доставке лекарств станут микроскопическими. В-четвертых, благодаря росту технологий и применению «умных» технологий сокращается масштаб воздействия на органы и ткани во время лечебных действий, при хирургических операциях контакт минимизируется только до необходимого слоя клеток. Например, глазные операции с использованием лазера направлены на удаление ткани толщиной в несколько микрон. После таких операций практически не требуется реабилитации. Хирургу из Миннеаполисского института сердца недавно удалось трансплантировать крошечный (величиной с большую таблетку) кардиостимулятор непосредственно в сердце через катетер, введенный в бедренную вену, то есть без хирургического разреза в груди и создания «кармана» под кожей (Самый маленький... 2014).

В-пятых, одновременно с сокращением зоны воздействия создаются все более миниатюрные инструменты и приспособления. Например, как сообщают новости с сайта робота «да Винчи» (Новости... 2015), для удаления опухоли и проведения операций в тех местах, куда не могут добраться руки хирурга, врачи в настоящее время используют роботические «руки» толщиной 5 мм (!) для доступа к пораженной области малоинвазивным путем. Трансоральная роботическая операция da Vinci позволяет хирургам оперировать через рот. Увеличенное 3D-изображение высокой четкости и инструменты, которые сгибаются и вра-

щаются в гораздо большем диапазоне, чем запястье человека, позволяют хирургам оперировать с чрезвычайной точностью и ловкостью, полностью контролируя ход операции.

Индивидуализация. Выше мы уже сказали о том, что курс развития медицины лежит в направлении индивидуализации (персонализации). Существует значимое число физических параметров, которые индивидуальны у каждого человека: от карты температуры различных частей тела в разные периоды суток и силы инфракрасного излучения до магнитного поля мозга и длины волн, с помощью которых осуществляется транспортировка белков в клетках. Уже сегодня разработана аппаратура, которая способна диагностировать эти индивидуальные различия (см., например: Гуляев 2015; Баграев 2015). Кроме того, индивидуальные отклонения организма в целом или отдельных его частей от нормы по тем или иным параметрам могут служить показателем возможных заболеваний, включая онкологические (Гуляев 2015). Как уже говорилось, современная медицина сталкивается с рядом сложностей, среди которых, в частности, привыкание к лекарствам микроорганизмов и клеток⁸. Таким образом, дальнейший прорыв в фармацевтике и медицине вряд ли возможен без перехода к индивидуализации. Индивидуальная медицина будет отталкиваться от особенностей организма пациента, его истории болезни, наследственности, возраста и т. д. А благодаря тому, что в будущем биосенсоры могут стать неотъемлемой принадлежностью жизни человека, выполняя функцию постоянного сканирования состояния организма или отдельных органов (см. выше), возможности индивидуализации медицины возрастут на порядки (в том числе и за счет развития искусственного иммунитета).

8.4.2. Прогнозы развития отдельных медицинских технологий

Улучшение иммунной системы, искусственный иммунитет. Единого лекарства от всех болезней никогда не будет. Но есть универсальные направления, которые могут переломить исход борьбы со многими заболеваниями. Одно из них – укрепление иммунной системы человека. В организме существует специальный инструмент иммунитета – антитела, молекулы, которые синтезируются для борьбы с чужеродными организмами. Антитела накапливаются и хранятся в течение всей жизни. Таким образом, у каждого человека образуется индивидуальная система защиты, основанная на его «истории болезней». Улучшение иммунитета человека является магистральным путем к повышению уровня здоровья и увеличению продолжительности жизни. И поскольку иммунитет является индивидуальной системой защиты, то медицина в этом направлении будет также идти по пути индивидуализации.

Особенно интересной и перспективной кажется возможность развития искусственного иммунитета (технологии, которая может повлиять на формирование самоуправляющихся систем определенного типа). С помощью различных

⁸ Например, злокачественные опухоли проявили невероятную способность к адаптации: после избирательного воздействия лекарств они мутируют и начинают развиваться с удвоенной силой. В этой связи нобелевский лауреат Х. Вармус считает, что «сопротивляемость [рака] лекарствам, наверное, самая большая проблема, которая перед нами стоит» (Медиавилля 2015).

технологий вырабатываются антитела с определенными свойствами, которыми они ранее не обладали. Напомним, что создание искусственных веществ и материалов (а в данном случае – искусственных биологических систем) с новыми свойствами является важнейшим направлением кибернетической революции.

Важным направлением здесь явились моноклональные антитела. За их открытие в 1984 г. Цезарь Мильштейн и Георг Кёлер удостоились Нобелевской премии. Ученые вводили определенные чужеродные вещества в организм мыши и выделяли антитела из ее селезенки, в результате чего удалось получить отдельно выделенные антитела, которые клонировались, образуя многочисленные копии самих себя. Такие антитела назвали моноклональными. Выработанной методикой можно получить антитела к определенному веществу или микроорганизму (антигену), а после ввести их в организм пациента, где антитела будут активно бороться с антигеном, против которого их вырастили. Сейчас получают нужные антитела и другими способами (Schirhagl *et al.* 2012).

Антитела уже широко используются в лечении болезней, различных тестах, например на беременность, в диагностике многих заболеваний, лабораторных опытах.

Помимо этого, идут работы по созданию антител небиологического происхождения, например так называемых хеморецепторов – рецепторов, способных улавливать определенные химические соединения и выдавать специфический ответ на них (Dickert *et al.* 2001). Это еще один из множества примеров создания нового типа искусственных веществ и материалов. *Мы предполагаем, что в ходе завершающей фазы кибернетической революции удастся добиться заметных успехов в создании искусственных антител и их приживления в организме.* Безусловно, успех в создании искусственных антител приведет к прорыву в медицине. Их перспективы огромны – в профилактике и лечении многих тяжелых болезней, предотвращении отторжения пересаженных органов и др. В целом искусственный иммунитет позволит *управляемо влиять на прежде недоступные контролируемому вмешательству процессы.* Большие перспективы для искусственного иммунитета открывают нанотехнологии. Уже сейчас делают нанороботов, способных путешествовать по крови и отслеживать различные параметры (Cavalcanti *et al.* 2008). Нанороботы могут поглощать чужеродные организмы, переваривать их, а составляющие органические веществ (белки, жиры, углеводы) использовать для нужд человеческого организма.

Компания Google анонсировала на ближайшее десятилетие проект так называемых нанороботов Google X – это наноструктуры, которые функционируют в крови человека и отслеживают различные параметры: злокачественные клетки, бляшки в сосудах, уровень кальция и др. Нанороботы принимаются с таблеткой, и, поскольку обладают магнитными свойствами, могут в любой момент быть собраны вместе и выведены из организма (Barr, Winslow 2014). Но скорее всего, такие прогнозы на ближайшее десятилетие слишком оптимистичны, что-то подобное сможет реализоваться лишь существенно позже (и, возможно, совсем в ином виде).

Управление запрограммированной гибелью клеток – путь к самоуправляемым системам излечения? Иммунитет – орудие борьбы против чу-

жеродных веществ и организмов, вид природной самоуправляемой подсистемы. Но что делать, если вред наносят собственные клетки организма? Иммунитет против них бессилён. Ответ на этот вопрос существует. В науке еще с 60-х гг. XX в. открыт механизм самоуничтожения клеток – апоптоз. Это один из очень перспективных способов победить сложные заболевания, в том числе, возможно, рак. При этом апоптоз – довольно частое явление в природе. Например, у микроскопического червя нематоды эмбрион перед рождением из яйца состоит из 1090 клеток, но затем часть из них погибает, оставляя взрослый организм ровно с 959 клетками (Raff 1998; Ridley 1996; Ридли 2011). Таким же механизмом редуцируется остаток хвоста у человека до его рождения. Механизм апоптоза связан с работой сигнальных молекул и специальных рецепторов, которые, принимая сигнал, запускают процессы морфологических и биохимических изменений, ведущих в итоге к гибели клетки. Главная роль процесса апоптоза в том, что он придает клетке способность к саморазрушению в тех случаях, когда она, «захваченная врагом», становится опасной для организма в целом, например, зараженная вирусом или ставшая злокачественной. Когда клетки иммунной системы обнаруживают такую клетку, они связываются с ее поверхностью, подавая сигнал митохондриям разрушить клетку. Сигнал к самоуничтожению (апоптозу) подается также в случае необходимости уничтожения лишних клеток, которые уже выполнили свою задачу и становятся не нужны. Таковы, например, большинство Т-лимфоцитов после того, как опасность инфекции миновала (см.: Грей, Рэй 2014: 82, 207 и др.).

Обретение возможности давать клеткам, провоцирующим заболевания, команду о самоуничтожении способно сделать борьбу с заболеванием управляемой. Кроме того, это обеспечивает быстрое выздоровление без длительного этапа реабилитации, необходимого после операционного вмешательства, химиотерапии или облучения (это пример экономии энергии, сил и времени больного в будущем). Также и наоборот, отключение механизма самоуничтожения клеток поможет спасти организм от некоторых заболеваний и, возможно, управлять процессом старения (см. об этом ниже).

Мы предполагаем, что в ходе завершающей фазы кибернетической революции медицина сумеет продвинуться в этом направлении, а на зрелых этапах научно-кибернетического принципа производства – контролировать значительное количество процессов. В данном случае, как и в случае с искусственными антителами, продвижение в область создания самоуправляемых систем будет происходить на основе воздействия на ключевые элементы этих подсистем организма, с тем чтобы использовать их определенные функции и потенциальные возможности для решения конкретных задач. То есть в одних случаях можно будет искусственно вызывать смерть ненужных клеток, а в других – блокировать механизм умирания нужных.

Прорывы в управлении человеческим организмом. Органозамещение: на пути к биотехническим системам высшего уровня. Важное направление медицины связано с регенерацией и пересадкой органов и частей человеческого тела, о чем мы уже неоднократно упоминали. В настоящее время проводятся операции по пересадке сердца, легких, печени, поджелудочной железы, почки

и т. д. Однако человеческие донорские органы – очень редкий материал, его распространение без специальных согласований во всем мире подлежит уголовному преследованию. Тысячи и десятки тысяч таких операций, к сожалению, совершенно недостаточное число в сравнении с потребностями. Например, известный специалист в области регенеративной медицины из США Энтони Атала говорит, что лишь 35 % ожидающих пересадки почки имеют шанс получить донорский орган в течение пяти лет (Атала 2015). Но думается, что это еще оптимистические цифры. В любом случае, везет в этом плане лишь небольшой доле больных, а так, как Дэвиду Рокфеллеру, которому пересадили сердце в шестой раз, и вовсе может повезти только миллиардеру, и даже среди них – лишь единицам.

Миллиардеру-филантропу Дэвиду Рокфеллеру пересадили шестое (!) сердце в 99 лет! Первая операция по пересадке состоялась в 1976 г., после автомобильной аварии, которая привела к сердечному приступу и потребовалась срочная трансплантация, которая была проведена через 24 часа. Через неделю после операции Дэвид уже совершал пробежки трусцой. И вот шестая пересадка в 99 лет! Операция длилась 6 часов и была сделана командой частных хирургов в его главной резиденции, в любимом родовом имении в Покантико Хиллз, Нью-Йорк. Через 36 часов после операции Рокфеллер дал интервью журналистам, где он, в частности, сказал: «Каждый раз, когда я получаю новое сердце, как будто глоток жизни прокатывается по моему телу. Я чувствую, что я активизировался и еще жив». На вопрос о секрете своего долголетия Дэвид ответил: «Люди часто задают мне этот вопрос, и я всегда отвечаю одно и то же: любить жизнь. Жить простой жизнью, играть со своими детьми, наслаждаться тем, что вам нравится, проводить время с хорошими верными друзьями». «Я сделал много денег в своей жизни, но я отдал большую часть из них. Нет смысла их иметь, если вы не можете поделиться», – закончил короткий брифинг миллиардер-филантроп. Кстати, в 1988 и 2004 гг. он перенес операции и по пересадке почек. Рокфеллер часто шутит, что собирается дожить до 200 лет. Кто знает, с таким набором запчастей, пожалуй, это возможно (Петров 2015).

Таким образом, сегодня только очень богатые (и очень здоровые) люди могут «ремонттировать» себя периодически. Но с появлением искусственных органов такая возможность явно расширится.

Решение проблемы недостатка органов осуществляется разными способами.

1. Выращивание нового органа на основе стволовых клеток, которые могут делиться бесконечно и которые можно заставить специализироваться.
2. Пересадка органов крупных животных.
3. Регенерация, с помощью которой поврежденный орган может восстановиться самостоятельно.
4. Разработка различных органозамещающих инженерных и биоинженерных конструкций.
5. Нарращивание («печатание») органов с помощью 3D-биопринтеров и других методов биопринтинга.
6. Используется также и сочетание перечисленных возможностей, особенно четвертого и пятого способов (см. ниже).

О направлениях и сложностях путей регенеративной медицины рассказывает Э. Атала:

При стратегии создания большинства тканей принимается в расчет то, что у клеток уже есть «генетическая пространственная инструкция». Мы разделяем воспроизводимые структуры человеческого организма на четыре «архитектурных» типа: плоские – например, кожа; трубчатые – кровеносные сосуды; полые органы – мочевого пузыря; плотные, или солидные, органы, к которым относят печень и почки. Первые три типа структур мы уже успешно пересаживаем пациентам и в этом добились определенных успехов. А вот солидные органы – самые сложные. Мы пытаемся их создавать, но пока ни один из них не был трансплантирован в человеческий организм. Что касается биоинженерной почки человека, пока у нас в лаборатории получен только прототип. Недавно мы опубликовали результаты этой работы. Нам удалось сделать миниатюрную почку, которая производит мочу и сохраняет все метаболические функции, присущие обычной почке. Мы судим об этом по уровням витамина D и эритропоэтина. В биоинженерной ткани миниатюрного органа воссоздаются и структура, и все элементы нефрона. Но проблема заключается в том, как сделать полноразмерную почку. Чем больше орган, тем больше требуется кровеносных сосудов, снабжающих его кровью. На сегодняшний день эту проблему пока не удалось преодолеть. Мы возлагаем надежды на метод биопринтинга. Биопринтинг – по сути, 3D-печать, где используется «каркас», децеллюляризованный матрикс органа, в который по аналогии с чернилами из картриджа поступают живые клетки. Так создается трехмерная живая структура. С помощью иглы мы брали кросс-секционную биопсию почки живого пациента. В этот биоптат попали клетки капсулы и почечной паренхимы из коркового и мозгового слоев. На то, чтобы вырастить одну искусственную мини-почку, уходит шесть-восемь недель.

Мы параллельно работаем сразу над пятью стратегиями. Первая заключается в создании «кассетных тканей». Это очень актуально, поскольку большинство солидных органов имеют высокий запас функциональной прочности и окончательно выходят из строя, если повреждено примерно 90 % их тканей. Поэтому мы видим возможность улучшить функцию поврежденного органа с помощью таких небольших «кассет». С помощью «кассет» можно будет «до-страивать» органы, расширяя их функцию. Такую стратегию мы уже используем для трех первых типов структур, о которых упоминалось выше (плоские, трубчатые и полые структуры). Вторая стратегия состоит в следующем: берем донорскую почку, по определенной методике растворителями вымываем из нее все клетки, а оставшийся «каркас» органа, матрикс, засеваем клетками почки пациента. Третья стратегия – биопринтинг. Четвертая стратегия – использование клеток для терапии. И именно четвертая стратегия наиболее перспективна и пройдет клинические испытания в первую очередь. Пятая стратегия – заставить почку регенерировать самостоятельно. Если говорить, какие направления регенеративной медицины наиболее актуальны, то много усилий уходит на то, чтобы заставить орган регенерировать самостоятельно. Мы используем малые молекулы и белки, чтобы направить стволовые клетки на путь специализации. Если бы удалось добиться того, чтобы поврежденный орган смог восстановить свои ткани самостоятельно, наверное, была бы достигнута самая главная цель регенеративной медицины (Атала 2015).

В настоящее время уже создано много искусственных органов: сердце, легкое, печень, почки, мочевого пузыря, матка, глаза и др. Но, как мы видели из вышеприведенного материала, медицина здесь еще только в самом начале пути.

Активно разрабатывается и технология искусственного выращивания тканей. У пострадавших больных берут поврежденные клетки (чаще кожи или хрящей) и культивируют их. Получив достаточное количество клеток, их имплантируют в специальную среду, которые управляют их ростом. В этих структурах клетки разрастаются, как в естественной среде. После получения нужной ткани ее пересаживают пациенту. Японские ученые нашли другой способ получения такой ткани – перепрограммирование функций клеток одного организма. Например, клетки кожи перепрограммировали и заменили ими больные клетки глаза (Костина 2013).

Использование для выращивания тканей и органов собственных клеток больного имеет ряд преимуществ. Дело в том, что пересадка органов и тканей от других людей, животных либо искусственных биологических наталкивается на отторжение иммунитетом организма больного. Можно прогнозировать, что прорывом в трансплантации станет нахождение возможности «обмануть» механизм иммунного подавления чужеродных клеток. Здесь опять же наблюдается возможность управления процессами путем воздействия на ключевые элементы, в данном случае выключая бдительные системы иммунной защиты (подобно тому, как отключается болевой синдром при операции).

Генная терапия – перспективная форма коррекции организма. Генная терапия занимается исправлением генетической информации различными медицинскими способами. Со времен открытия генома накоплен огромный пласт информации о функциях генов и принципе их работы. Значительный вклад в развитие генотерапии внес проект «Геном человека», цель которого – расшифровка последовательности человеческой ДНК (Stein 2004; Brown 2000). Однако путь от исследования структуры генома до понимания его функций столь огромен, что при всем объеме накопленного материала наука едва сделала свои первые шаги на этом пути.

Различают фетальную генотерапию, при которой чужеродную ДНК вводят в оплодотворенную яйцеклетку или эмбрион на ранней стадии развития – при этом ожидается, что введенный материал будет передаваться по наследству, и соматическую генотерапию, при которой генетический материал вводят только в соматические (то есть неполовые) клетки, и гены не передаются по наследству.

Существует и третий подход – активация или деактивация собственных генов организма. Это позволяет исправлять мутации и повреждения генетического материала даже у взрослых людей. Таким образом уже лечатся некоторые наследственные болезни, например серповидноклеточная анемия (тяжелая наследственная болезнь, при которой образуется мутационный гемоглобин, что ведет к кислородной недостаточности организма и заболеваниям костного мозга).

В настоящее время генная терапия имеет внушительный арсенал приемов работы с генетическим материалом. В этом проявляется одна из важных характеристик кибернетической революции – выбор оптимальных режимов в рамках конкретных целей и задач. И несмотря на то, что исторически генная терапия нацеливалась на лечение наследственных генетических заболеваний, умение

манипулировать генами дает потенциальную возможность лечения большого спектра ненаследственных болезней, в том числе инфекционных.

В связи с тем, что технология редактирования генома уже достигла значительного совершенства (к этому мы еще вернемся в следующей главе), некоторые исследователи считают, что редактирование генома является наиболее перспективной технологией обозримого будущего. Постоянно проходят сообщения о новых важных продвижениях. В частности, китайские исследователи опубликовали данные по редактированию генома мартышек. При этом речь шла не о редактировании отдельных клеток, которые потом трансплантируются в организм. Исследователям удалось «отредактировать» геном на уровне зиготы – зародышевой клетки (см.: Сайгитов 2015). Не исключено, что в этом случае можно говорить о настоящем прорыве, поскольку сделан шаг в направлении возможности менять геном, в том числе начиная с генома ребенка.

Другая характеристика кибернетической революции, проявляющаяся в генной терапии, – *индивидуализация*. Каждому пациенту на основе его генетических данных в будущем станут подбирать наиболее подходящее лечение, и при необходимости исправлять дефектные гены. Предположительно генотерапия проявит себя раньше всего в спортивной медицине, поскольку, во-первых, в нее вкладываются колоссальные средства и привлекаются лучшие умы (в США, например, зарплата спортивного врача в среднем составляет около 200 000 \$ в год [Physician... 2015]), во-вторых, это может стать новым способом, позволяющим обойти антидопинговые комитеты, а в-третьих, в профессиональном спорте есть огромный спрос на увеличение способностей спортсменов, врожденных генетических данных которых становится уже недостаточно для рекордного результата.

Также возможно использование генотерапии при выборе особенностей будущего ребенка (цвета его глаз, кожи и т. д.). Более того, не исключено, что в дальнейшем качества ребенка будут подбираться родителями еще до его рождения. Если, конечно, генетики все-таки найдут «гены» таких свойств, как благородство, агрессивность или самооценка и даже уровень интеллекта, и с помощью этого знания создадут «улучшенный» вариант ребенка. То есть это будет что-то вроде «младенца на заказ» или «совершенного ребенка» (“the perfect babies”) [см.: McGee 1997, цит. по: Фукуяма 2004]. Возможно, в чем-то такое генетическое улучшение будет напоминать вариант улучшения лица или фигуры путем пластической операции. Иными словами, невозможно будет сделать из любого ребенка гения или чемпиона, но не исключено, что улучшить его данные станет возможным. Аналогично тому, как возможно сегодня путем различных методик «подтянуть» посредственные данные детей (спортивные, интеллектуальные, музыкальные и другие). В известной мере такое улучшение будет также напоминать то, что делается в сельскохозяйственной биотехнологии: растениям и животным встраивают гены, которые в итоге значительно повышают выход полезного продукта.

И все же насколько такой ребенок будет «совершенным» и какие проблемы здесь могут возникнуть, конечно, сказать трудно. Ясно одно: свободный выбор качеств вполне может привести к диспропорциям и проблемам. Например, возможность узнать пол будущего ребенка в Китае, Индии и Южной Корее привела к существенной диспропорции между мальчиками и девочками в пользу первых.

Здесь было бы кстати подчеркнуть, что сам Ф. Фукуяма призывал принимать будущие достижения «биотехнической революции» с большой осмотрительностью (Фукуяма 2004; Fukuyama 2002). В частности, он не исключал сценариев возникновения различий между богатыми и бедными уже на генетическом уровне (если первые смогут активно использовать достижения биотехнологии для улучшения генетических качеств своих детей), а также возникновения «генетической гонки вооружений», когда улучшения в геноме детей в одних семьях потребует аналогичных изменений в других. Мы полностью согласны, что здесь возможны различные болезненные перекосы. И вполне естественно существуют опасения, что развитие технологии редактирования генома приведет к неконтролируемым результатам, этичность которых еще только предстоит оценить. Данная проблематика начала активно обсуждаться в научной среде. Не исключено, что технология редактирования генома может быть запрещена, как в свое время было запрещено клонирование, до тех пор, пока эτικο-правовые вопросы не будут решены (см.: Сайгитов 2015).

Изменение репродуктивных возможностей человека – особая важная область медицины. Все больше сужается круг не поддающихся лечению недугов, в результате которых люди не могут иметь детей. Тем не менее для части таких пациентов единственная возможность – использовать варианты искусственного либо внутриматочного оплодотворения. Кроме того, с развитием медицины растет желание иметь детей после прохождения детородного возраста. Стоит отдельно отметить технологии, направленные на искусственное выращивание плода вне матери. Становится возможной трансплантация репродуктивных органов, и уже проведены удачные операции (Woman... 2014). Исследователи также работают над созданием искусственной матки, которая может быть пересажена женщине с нарушенной способностью к деторождению, либо даже мужчине, что в принципе может коренным образом изменить понятие пола (McKie 2002), создав новые этические сложности. Уже зафиксированы удачные эксперименты с выращиванием искусственных маток и пересадкой их пациенткам. В книге Фукуямы (2004, со ссылкой на: Silver 1998: 233–247) также довольно много внимания уделено будущим возможным технологиям оплодотворения *in vitro*⁹. Предполагается, что в будущем можно будет сделать несколько таких зародышей, из которых путем генетического скрининга врачи отберут вариант с наилучшими генами (как сейчас при экстракорпоральном оплодотворении отбирают наилучшую яйцеклетку на глаз). В этом случае, по мнению Фукуямы, опять же богатые люди смогут получить существенные преимущества в плане генетического улучшения своего потомства. Насколько это будет реально, пока сказать сложно.

Перспективное направление в медицине – замедление старения организма. Старение организма является многофакторным процессом. Существуют разные мнения по поводу того, что является ведущим фактором старения – естественный износ тканей и органов (включая влияние так называемых свободных радикалов, клеточного и внеклеточного мусора, слипания белков и др. процессов) или это запрограммированный процесс. Есть сторонники первого подхода,

⁹ Или экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО). Этот метод состоит в оплодотворении яйцеклетки посредством микроинъекции сперматозоида в ее полость. После оплодотворения яйцеклетка превращается в зиготу, который переносится в матку для его дальнейшего развития.

которые считают, что старение – это своего рода болезнь, которую можно лечить и в принципе научиться вылечивать (см., например: Грей, Рэй 2014). Но более распространены теории, согласно которым старение неизбежно и его можно только затормозить. Популярной является, в частности, теория о том, что за старение отвечают особые структуры клеток, необходимые для деления, – *теломеры*. Выяснилось, что каждый раз после копирования хромосомы число теломер на ее концах уменьшается. Это одна из причин, почему клетки определенных типов стареют и умирают по достижении организмом определенного возраста¹⁰. Возможно, по этой же причине стареет и наше тело, хотя это только предположения (Slagboom *et al.* 1994). За открытие защитных механизмов хромосом с помощью теломер Э. Блэкберн, К. Грейдер и Дж. Шостаку в 2009 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине.

Вполне вероятно, что генетическими методами удастся значительно продлить жизнь человека в будущем¹¹. Динамику увеличения средней продолжительности жизни мы отчетливо видим в настоящее время, в некоторых странах она достигла 80 и более лет. И, по общему мнению, будет расти и далее (прогнозы см. в *Главе 7*). Правда, в модернизационной фазе кибернетической революции наибольшим будет рост продолжительности жизни в развивающихся и среднеразвитых странах, где она значительно отстает от этого показателя в развитых государствах. В последних же пока продвижение будет не особенно значительным. Прорыв в области медицинских технологий произойдет несколько позже, как мы говорили, в 2030–2050-е гг. Тогда, вероятно, будет наблюдаться новый рывок и в плане увеличения продолжительности жизни, примерно на 5–15 лет. Продление жизни к тому же – одна из возможностей сохранения опыта в поколениях. Ведь каждый человек в течение жизни приобретает бесценный опыт.

Усовершенствования естественных способностей человека. Все вышеописанные технологии направлены пока на восстановление утраченных функций человека. Это не исключает того, что в будущем откроется возможность продвинуться в данном направлении и в плане усовершенствования естественных физических и интеллектуальных способностей сверх отпущенного природой (некоторые варианты мы рассматривали в связи с возможностью искусственного генетического отбора и усовершенствования при оплодотворении). Возможно, процесс здесь пойдет так же как и в области пластической хирургии. Сначала она была создана для восстановления поврежденных тканей, но затем стала целой индустрией красоты, с помощью которой лицу и телу придают самые разные формы. Тем не менее стремление стать сверхчеловеком может таить в себе неведомые опасности, и относиться к этому следует с осторожностью, поскольку приобретение одних качеств может стать причиной деградации других. Кроме того, все растущее число технических и

¹⁰ Но клетки кожи, костного мозга, слизистой оболочки кишечника и др. могут удлинять теломеры и продолжать делиться. Раковые клетки в результате мутаций также приобретают возможность увеличивать теломеры и неограниченно делиться. Собственно запрет на рост теломер в большинстве клеток связан с защитной функцией организма против «несанкционированного» деления клеток (о теломерах и их связи с онкологическими заболеваниями см.: Грей, Рэй 2014).

¹¹ Но исследования в области омоложения клеток, тканей и организма, а равно и замедления старения ведутся в разных плоскостях. В частности, пытаются активизировать митохондрии клеток (своего рода клеточных электростанций, которые вырабатывают АТФ) веществом под названием никотинамид-аденин-динуклеотид (НАД). Это дает надежду добиться омоложения мышечной ткани (Йегер 2013).

иных средств и без того очень заметно повышает уровень человеческого восприятия мира.

Мы полагаем, что реальное продвижение в плане существенного развития человеческих способностей в любом случае может произойти не раньше конца XXI в.

Нейроинтерфейсы. Определенных успехов в лечении болезней, связанных с дегенерацией мозговых тканей или отклонением в их функционировании, а также в отношении адаптации инвалидов удалось достичь с помощью особых технологий, создающих взаимодействие между нервной системой человека и внешними устройствами. Такие технологии называют нейроинтерфейсами (“Brain-Computer Interface”). Нейроинтерфейсы могут стать одной из самых прорывных областей кибернетической революции. См. о них и о когнитивных технологиях в *Главе 11*.

8.5. Заключение. Изменения в медицинских профессиях и рост компетенций пациентов

Стремительное внедрение ИКТ в медицину, появление новых технологий, невероятное увеличение объема информации, удешевление важных процедур, которые могут давать основу информации для медицинского анализа состояния здоровья потенциального больного¹², легкость нахождения такой информации независимо от расстояния, – все это и многое другое предопределяют идущие и грядущие изменения в профессии медиков. Возникают все новые возможности получения, размещения и предоставления информации о своем организме (в частности, появилась информация о трехмерной модели организма)¹³. Отсюда ожидается быстрый рост информационной базы, что дает возможность анализировать большие объемы информации.

Таким образом, пациенты благодаря размещаемой информации о себе могут выбирать медицинские учреждения и специалистов. И наоборот, медики таким образом сумеют значительно расширить свою клиентуру. Уже сегодня много объявлений о найме медиков-фрилансеров для удаленной работы. Таким образом, консультации и даже предварительное обследование можно проходить на расстоянии, а новые медицинские коллективы будут работать в команде, не собираясь вместе. Следовательно, резко уменьшается привязка пациента к определенным территориально расположенным медицинским организациям и докторам. В этом же направлении будет действовать и удаленная медицина: роботы телеприсутствия, удаленные хирургические роботы, приложения для диагностирования. Это позволит медицине развитых стран стать доступной для удаленных уголков планеты (Крафт 2012). Словом, ситуация очень напоминает изменения в области библиотечного дела, архивов и образования; возможность удаленного доступа существенно ограничивает монополию, ведет к уменьшению различий в

¹² Один из примеров — снижение стоимости и доступность генетических исследований для населения в целом, что приведет к резкому увеличению количества практической информации и серьезным прорывам в медицине (Крафт 2012).

¹³ В Нижнем Новгороде создана компьютерная программа, способная осуществить прорыв в общемировой врачебной практике. Проведя томографию организма человека, программа строит его трехмерную модель, пользуясь которой, врач может изучить любой орган больного в любое время как в послойном срезе, так и в объеме (Калугин 2015).

уровне получения услуг (связанной с близостью к центрам), пропускная способность центров значительно возрастает. Правда, и проблемы могут быть схожи с проблемами образования. У врача будет «меньше общения один на один с пациентом. Сложнее дать пациенту понять, что ты заботаешься о нем, понимаешь его проблемы, сопереживаешь, когда ты далеко от него, нежели, если традиционным способом он находится в одном с тобой помещении» (Там же). Так или иначе все это, несомненно, скажется на положении медиков уже в ближайшем будущем, но еще значительно – в отдаленном, когда начнется завершающая фаза кибернетической революции. Возрастет объем аутсорсинга в медицинских услугах, одновременно появится больше возможностей для развития унификации стандартов, рецептов, правил получения медицинских услуг (со всеми минусами и плюсами).

Существенный вклад в такие перемены будет вносить и то, что целый ряд функций врача смогут выполнять сами пациенты с помощью обслуживающих их аппаратов и систем. Анализ важных показателей (таких как кровяное давление, содержание сахара в крови, тесты на беременность, анализ мочи, который можно сделать в японских или корейских конструкциях унитазов) есть возможность уже сегодня осуществить без врача с помощью соответствующих приборов, равно как определять норму и отклонение от нее по результатам анализов. Вполне возможно, что в скором времени диагностика из специализированных учреждений будет перенесена в мобильные устройства на основе наночипов, не требующих участия специалистов (см. также выше). Уже достигнут заметный прогресс в этой области, появляются и новые аппараты, и новые проекты.

По прогнозам журнала *Scientific American*, уже в ближайшем будущем появятся медицинские устройства размером с почтовую марку. Их достаточно будет наложить на рану. Такое устройство самостоятельно проведет анализ крови, определит, какие медикаменты необходимо использовать, и впрыснет их в кровь (Рыбалкина 2005: 46). Маловероятно, что такой аппарат может появиться в ближайшем будущем (с учетом, что прогнозу о его «скором» появлении уже более десяти лет), и к тому же подобные устройства, скорее всего, будут достаточно узкого спектра действия. Тем не менее наличие подобных прогнозов весьма симптоматично, так как показывает движение в направлении развития самоуправляющихся систем. Так или иначе, но уже сейчас компания Applied Digital Solutions предлагает прибор под названием “Digital Angel” для дистанционного контроля над пациентами. А специалисты из Калифорнийского университета в Беркли приспособили iPhone под определение паразитов крови за три минуты. Это важно для бедных районов Африки, где посещение гематолога – весьма сложное дело, недоступное для многих людей. CellScope Loa, по сути, 3D-коробка, на которой можно расположить смартфон, рассматривающий пятисекундные видео с образцами крови. Затем приложение будет искать признаки движения микроскопических червей, которые при отсутствии лечения могут стать причиной «речной слепоты» и «слоновой болезни» (Ученые превратили... 2015).

В целом идеи «лаборатории в кармане» развиваются уже более двух десятилетий. В настоящее время, помимо работы в области электронных «микроработаторий», уже распространены такие «микроработатории на бумаге». Их печатают на современных принтерах, создавая послойную упаковку нужных реагентов. Размером такая «микроработатория» со спичечный коробок или кредитную

карту. Рынок подобных «лабораторий в кармане» весьма велик, но это, естественно, ведет к уменьшению случаев обращения в медицинские учреждения.

Но и это далеко не все направления, которые потенциально уменьшают потребность обращения к медикам и специалистам. Мы полагаем, что в будущем меньше станет применяться стационарное лечение, так как операции будут максимально направленными, а период реабилитации – минимальным. Больше людей сможет лечиться дома, поскольку не исключено развитие удаленного лечения, когда врач наблюдает за показателями пациента онлайн и делает нужные предписания.

Таким образом, профессия врача и – шире – медика в современном ее виде может потерять ряд нынешних атрибутов, во-первых, благодаря удаленным технологиям, во-вторых, за счет передачи части функций различным умным системам, в-третьих, за счет расширения компетенций пользователей, благодаря различным умным системам и быстрому получению информации. Сегодня такая метаморфоза происходит со многими услугами (такими как фотография, набор и верстка, дизайн, подбор интерьера, покупка путевок, выбор маршрутов и т. п.). Сокращения грозят и водителям в связи с возможностью внедрения самоуправляемого автомобиля, и поварам (о чем выше уже шла речь), а также и многим другим профессиям. Разумеется, одновременно станут возникать потребности, которые будут обеспечивать медики. Но будут ли они в массе своей столь же велики, чтобы обеспечить работой нынешнее или возросшее число медиков, это вопрос. Поскольку, если потребуются на порядок увеличить число врачей, совершить технологический рывок будет сложно из-за проблем подготовки кадров и их стоимости. Нам представляется, что после определенного пика численности занятых в этом секторе количество медицинских работников начнет сокращаться. Возможно, это особенно скажется сначала на среднем и младшем медицинском персонале (кстати, наиболее дефицитном).