

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
кафедра Основ радиотехники

ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

Выпуск 2



*Посвящается 80-летию
Радиотехнического факультета МЭИ*

Москва

2018

РЕДКОЛЛЕГИЯ ВЫПУСКА

Бойко Андрей Юрьевич, магистрант кафедры ОРТ (ЭР-16м-17)

Жихарева Галина Владимировна, к. т. н., доцент, доцент кафедры ОРТ

2018 год – год 80-летия Радиотехнического факультета (РТФ) МЭИ и 20-летия начала подготовки на РТФ МЭИ специалистов по медицинской электронике. За прошедшие 20 лет РТФ выпустил порядка 250 специалистов по медицинской электронике, широкий профиль подготовки которых позволяет им успешно трудиться, как в области медицинской электроники, так и в различных областях радиотехники.

Настоящий выпуск создан научными коллективами студентов-первокурсников группы ЭР-16-18, обучающихся на Радиотехническом факультете МЭИ по направлению бакалавриата «Биотехнические системы и технологии», профилю подготовки «Биотехнические и медицинские аппараты и системы».

Внимание читателя мы предлагаем обзорные статьи по наиболее интересным и перспективным, на наш взгляд, видам медицинских приборов.

Работы выполнены в рамках курса «Введение в медицинскую электронику» и по достоинству оценены на зачетном занятии.

СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛИЗ ДНК: ХОД ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЕ Т.А. Бутырина, И.В. Шарапов, Д.О. Луценко, И.О. Наумов, К.Р. Пузова	4
НЕОНАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИНКУБАТОРЫ М.Н. Орлова, Ю.А. Захарова, К.О. Алексеенко, И.В. Козловская, П.Ю. Гречкина	14
БИОПРИНТИНГ Е.Е. Козлова, О.К. Тарасова, Ю.В. Булгакова, К.Е. Липшиц, В.И. Шаповаленко, А.А. Храмцов	32
КОХЛЕАРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ К.П. Витрук, А.А. Данилов, Ж. Жуманов, И.А. Останин, К.А. Янин, А.В. Хаустова	53
ЭНДОСКОПИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ Ю.Н. Бабой, А.Е. Смолин, Г. Кириллюк, А.И. Костяк, С. Мартиросов, К.С. Воронин	62
ПОРТАТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ПАРАМЕТРОВ ЗДОРОВЬЯ А.А. Миронова, А.С. Ежкова, И. Погорелов, К.Ю. Ванин, Я.С. Пархоменко	76

АНАЛИЗ ДНК: ХОД ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЕ

**Т.А. Бутырина, И.В. Шарапов, Д.О. Луценко,
И.О. Наумов, К.Р. Пузова**

Статья посвящена изучению хода анализа ДНК и необходимой для его проведения технике. Рассматривается история открытия молекулы ДНК, приведены факты биографии изобретателя ДНК-анализа Джеймса Уотсона, значение его открытия в разных сферах жизни человека, процесс ДНК-анализа и используемое оборудование.

Говорится о разных технических приборах, об их назначении, преимуществах и общих технических характеристиках. Рассмотрены основные стадии анализа ДНК и его практическое применение.

Введение

Еще 50 лет назад идея изучения генотипа человека в ходе лабораторной диагностики казалась ученым фантастикой. Они знали, что наследственная информация заключена в молекуле дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которая содержится в клетках нашего тела, однако процесс расшифровки этих данных виделся безгранично сложным, долгим и крайне дорогостоящим. Сегодня ДНК-анализ из высоких научных технологий перешел в разряд повсеместных исследований, доступных каждому пациенту.

Анализ ДНК широко применяют в репродуктивной медицине. Он позволяет узнать, нет ли у плода каких-либо аномалий и предрасположенности к генетическим заболеваниям: синдрому Дауна, гемофилии и другим.

Еще одна сфера применения ДНК-анализа – установление отцовства. Впрочем, этот тест может определить наличие любых родственных отношений.

Подобное исследование стало незаменимым инструментом и в криминалистике – с его помощью можно установить личность человека, опознать тело, выяснить, кому принадлежит биоматериал (например, кровь или волосы), найденные на месте преступления. Этот метод исследования помог раскрыть немало преступлений.

И наконец, анализ крови с целью расшифровки ДНК проводят для того, чтобы выяснить, к каким заболеваниям предрасположен человек. На основе этих данных можно разработать схему питания и рекомендации по образу жизни — эти меры, казалось бы, такие простые, действительно могут снизить риск развития болезни.

ДНК-анализы очень точны. Например, при определении отцовства результат точен на 99,9%. Невозможно дать 100-процентную гарантию результата, так как у предполагаемого отца может (хотя бы теоретически) быть брат-близнец, человек с точно такой же ДНК.

Анализ материала обычно занимает 5-10 рабочих дней, в зависимости от типа анализа, а цена колеблется в среднем от 10 до 70 тысяч рублей в зависимости от вида исследования.

1. Общие понятия

Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Определение генетики подводит нас к понятию «ДНК». ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) – микромолекула, обеспечивающая хранение, передачу наследственной генетической информации.

Структура двойной спирали ДНК была предложена Джеймсом Уотсоном в 1953 году: две спиралевидные цепочки, перекрученные между собой. Благодаря такой форме последовательность информации надежно сохраняется в клетках организма и при необходимости точно копируется для передачи данных. Позже ученый описал весь процесс исследования в своей книге «Двойная спираль» [1]. Примечательно, что молекула была открыта еще в XIX веке, однако ученые посчитали, что она является источником фосфора и не несет в себе большей ценности. [2].

С 1956-1976 годы Джеймс Уотсон был сотрудником Гарвардского университета, также он 25 лет руководил лабораторией в Колд Спринг Харбор, где исследовал генетику рака.

25 октября 2007 года Уотсон был вынужден уйти с поста главы лаборатории в Нью-Йорке, и был выведен из состава её совета директоров после того, как The Times(Таймс) процитировали его слова: «Я, вообще-то,

вижу мрачные перспективы для Африки, потому что вся наша социальная политика строится на допущении того факта, что у них уровень интеллекта такой же как у нас – тогда как все исследования говорят, что это не так». Однако впоследствии Дж. Уотсон в своих лекциях иллюстрировал человеческие пороки, подтверждая их генетическими исследованиями.

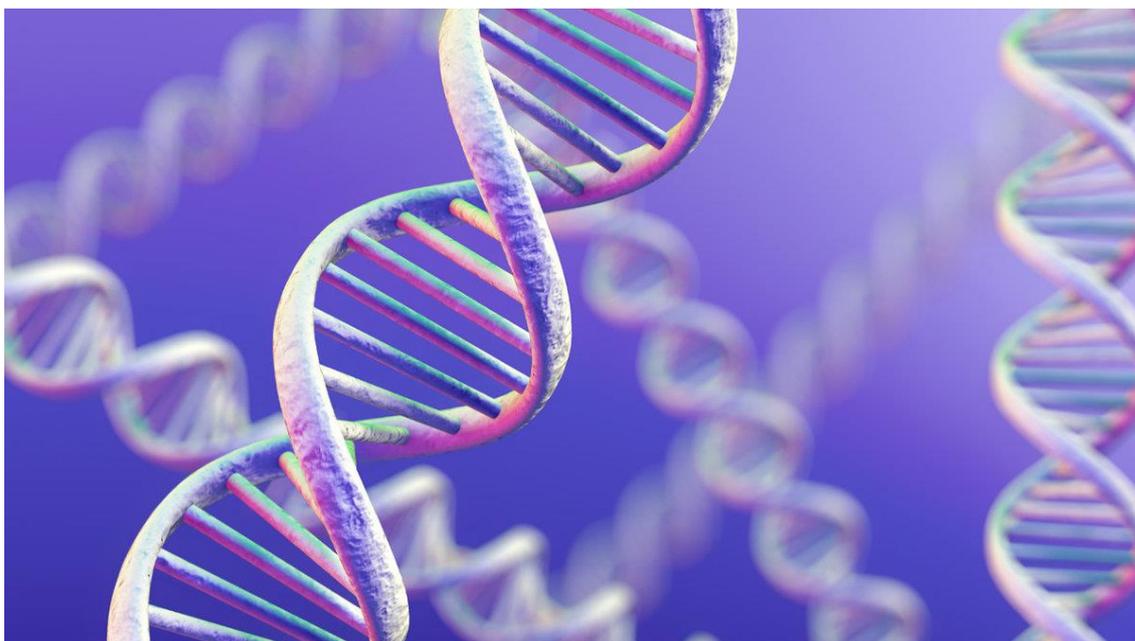


Рис. 1. Компьютерная модель молекулы ДНК

В 2008 году ученый приезжал в Москву, где выступал с публичной лекцией в МГУ. Джеймс Уотсон - первый человек, чей геном полностью расшифрован.

Интересный факт: в 2016 году Дж. Уотсон подписал письмо к ООН и Greenpeace с призывом прекратить борьбу с генетически модифицированными организмами (ГМО) [3].

2. Ход ДНК-анализа

Как происходит процесс исследования ДНК?

Для любого анализа требуется анализируемый объект. Поскольку ДНК содержится в большинстве наших клеток, в качестве материала для исследования могут использоваться различные частицы: буккальный эпителий, кровь, слюна и т.д. Основным критерием материала является

целостность (на частицы исследуемого объекта не оказывали стороннего влияния).

ДНК-анализ состоит из нескольких этапов и требует использования высокотехнологичного оборудования и особых реактивов.

Первым этапом исследования является выделение ДНК. После этого молекулу многократно копируют (секвенируют), а затем делят на мельчайшие кусочки, удобные для анализа. После этих процедур азотистые основания окрашиваются специальным реагентом, благодаря которому “ал-фавит” генетического кода можно будет распознать при просвечивании лазером.

Рассмотрим молекулу ДНК более подробно. Чтобы понять, что представляет собой дезоксирибонуклеиновая кислота, лучше перевести принцип строения молекулы на язык программы. В этом языке всего 4 буквы: «А», «Ц», «Г», «Т». Различная последовательность этих букв и дает генетический код молекулы, благодаря которому в организме синтезируется белок. Внутри генетического кода собраны данные об объекте (человеке), которые определяют все признаки этого объекта (цвет глаз и волос, рост, оттенок кожи, предрасположенность к заболеваниям, возможные реакции организма на лекарства и т.п.)

Некоторые современные методы изучения дезоксирибонуклеиновой кислоты являются аналогами других исследований, например, компьютерной томографии. В ходе данного исследования цепь проходит через нанопору, а программное обеспечение фиксирует зависимость изменения ионного тока от единицы времени, что позволяет изучить генетический код [2].

Современные методы секвенирования заметно ускорили и удешевили процесс исследования ДНК. Некоторые аппараты способны одновременно читать различные участки ДНК-цепи. Также усовершенствованные секвенаторы способны автоматически копировать молекулу.

На сегодняшний день ДНК-анализ представляет собой достаточно трудоемкий процесс, который разбит на отдельные циклы изучения молекулы в различных состояниях.

3. Оборудование для молекулярно-генетических исследований

3.1. Система генетического анализа GenomeLab™ GeXP

Секвенатор GenomeLab™ GeXP (рис. 2) обеспечивает возможность гибкого подхода для решения трудной задачи – анализа неточных, противоречивых данных. Используются современные подходы в химии, а также уникальные реактивы для секвенирования ДНК (определения аминокислотной или нуклеотидной последовательности биополимеров): линейный полиакриламидный (LPA) гель, массив капилляров, обработанный специальным покрытием, изотахофорез (ИТР) и инфракрасные цианиновые красители. В дополнение к этому, непосредственно перед загрузкой в капиллярный массив производится денатурация образцов. Результатом является получение данных, нуждающихся в меньшей коррекции, и более качественный анализ.



Рис. 2. Система генетического анализа GenomeLab™ GeXP

Секвенаторы GenomeLab™ GeXP автоматически заполняют капиллярный массив запатентованным линейным полиакриламидным (LPA) ге-

лем, осуществляют денатурацию и загрузку образцов, выполняют программу проведения электрофореза, анализируют данные. Программные средства позволяют произвести быстрый обзор качества данных и автоматизировать их оценку в соответствии с требованиями оператора. Секвенаторы GenomeLab™ GeXP автоматически выбирают оптимальную последовательность действий для упрощения проведения электрофореза ДНК (разделения фрагментов ДНК по длине).

С приборами GenomeLab™ GeXP можно проводить полный генетический анализ, используя один гель, один капиллярный массив, одно программное обеспечение.

Система GenomeLab™ GeXP с высокой точностью определяет размер ДНК, присваивает метку аллельного гена и автоматизирует просмотр данных. Это усовершенствованный набор инструментов для просмотра и управления данными. Обеспечивается возможность сортировки и фильтрации данных по более чем 100 независимым свойствам.

Особенности секвенаторов GenomeLab™ GeXP:

- Применение линейного полиакриламидного (LPA) геля, дающего максимальную эффективность и разрешение;
- Массив капилляров обработан специальным покрытием;
- Для образцов и буфера используются 96-ти луночные планшеты;
- Одновременное считывание восьми образцов;
- Автоматическое заполнение гелем капиллярного массива;
- Автоматическая загрузка образца и предварительная денатурация;
- Простое задание параметров для проведения ДНК-секвенирования и анализа фрагментов;
- Программное обеспечение разработано для работы в среде Windows XP;
- Работа с двумя 96-ти луночными планшетами одновременно;
- Встроенный считыватель штрих-кода;
- Усовершенствованный программный пакет обработки данных.

3.2. Лабораторная автоматизированная станция Biomek® 4000

Автоматизированная лабораторная станция Biomek®4000 (рис. 3) – это многофункциональный робот-манипулятор, предназначенный для работы с жидкими средами. С его помощью можно полностью автоматизировать рутинные многоступенчатые операции, что существенно ускоряет и упрощает работу в лаборатории. Станция Biomek® идеально подходит для подготовки образцов к анализу и способна подготовить сотни образцов за один день. Дополнительные модули и сменные насадки позволяют увеличить эффективность работы прибора и адаптировать его для выполнения различных задач.



Рис. 3. Лабораторная автоматизированная станция Biomek® 4000

Все принадлежности, необходимые для проведения анализа: многолуночные планшеты, штативы с пробирками и наконечниками для пипеток, различные емкости и резервуары, сменные функциональные насадки и т.п. размещаются на «рабочем столе» станции, а расположенный над ним манипулятор, перемещаясь в трех измерениях, точно выполняет заданные

операции. Небольшие размеры позволяют установить лабораторную станцию в ламинарном шкафу.

Лабораторная автоматизированная станция Biomek® 4000 позволяет автоматически:

- дозировать, смешивать, разводить и инкубировать растворы;
- промывать, нагревать, охлаждать и термостатировать 96-луночные планшеты;
- переносить образцы из 96-луночных планшетов на мембрану для блоттинга (переноса определённых белков или нуклеиновых кислот из раствора, содержащего множество других молекул, на какой-либо носитель, например, мембрану из нитроцеллюлозы или нейлона, в целях последующего анализа);
- выполнять математическую обработку результатов измерений;
- регистрировать результаты и сохранять их в памяти компьютера.

Более подробные данные о системе генетического анализа GenomeLab™ GeXP и лабораторной автоматизированной станции Biomek® 4000 и их технических характеристиках приведены в статье [7].

3.3. Лабораторная медицинская центрифуга

Лабораторная центрифуга (рис. 4) – это устройство, главная задача которого заключается в разделении веществ по плотности и консистенции при помощи центробежной силы. Так, жидкость помещают в специальный контейнер, и после включения устройства центрифуга начинает вращаться вокруг своей оси очень быстро. В итоге образуются однородные элементы – составляющие исходной жидкости.

Данное устройство предназначено для разделения таких биологических жидкостей, как кровь, моча, лимфа, материнское молоко. Наиболее часто исследуют, конечно же, кровь человека. При помощи специальных центрифуг можно приготовить препараты крови, получить сыворотку, пригодную для переливания, и многое другое. Кроме того, аппарат предназначен не только для разделения жидких веществ на составляющие, но и для отделения твердых фракций от жидкостей. Жидкости, в состав которых входят частицы разной степени тяжести, легко распределяются на со-

ставляющие при помощи лабораторной центрифуги. Чем больше скорость вращения ротора, тем эффективнее работает устройство.



Рис. 4. Общелабораторная центрифуга

Лабораторные центрифуги с охлаждением или без него классифицируются: на малоскоростные (25 000 оборотов в минуту), скоростные агрегаты (40 000 оборотов в минуту) и сверхскоростные центрифуги (свыше 40 000 оборотов в минуту).

По типу агрегата лабораторные центрифуги делят на общелабораторные, гематокридные и устройства, оснащенные системой охлаждения. Первый тип центрифуги является наиболее востребованным и распространенным. Второй предназначен для того, чтобы проводить исследования крови. Третьи позволяют охлаждать исследуемое вещество в процессе анализа.

Также устройства классифицируются по типу и объему рабочей посуды. Это могут быть: микроцентрифуги (настольные), агрегаты малого объема, центрифуги большого объема [8].

4. Дополнительные сведения

На сегодняшний день наиболее известными методами ДНК-анализа являются:

- Метод Сэнгера (метод терминации цепи).
- Пиросеквенирование (секвенирование путем синтеза).
- Секвенирование на основе лигирования (добавление примесей в состав вещества).
- Секвенирование ДНК одиночных молекул.
- Нанопоровое секвенирование (“ДНК-томограф”)

Интересный факт: ДНК человека содержит около трех миллиардов пар нуклеотидов. При этом у двух произвольных людей отличаться будут лишь три миллиона пар. Из этого следует, что различия внешности и прочих факторов, связанных с ДНК-молекулой, заключены в 0.01%. [4-6].

Литература

1. Джеймс Д. Уотсон. Двойная спираль. Воспоминания об открытии ДНК. М: Издательство «МИР», 1969.
2. Статья о здоровье и медицине. Онлайн-газета «Комсомольская правда». Раздел «Гид потребителя». URL: <https://www.kp.ru/guide/analiz-dnk.html>
3. Уотсон, Джеймс. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Уотсон,_Джеймс
4. Анализ ДНК помогает искать преступников и предупреждать рак. Онлайн-газета «Аргументы и факты». Раздел «Наука» URL: http://www.aif.ru/society/science/analiz_dnk_pomogaet_iskat_prestupnikov_i_preduprezhdat_rak
5. ФГБУН "Федеральный Исследовательский Центр Южный Научный Центр Российской Академии Наук". URL: <http://www.ssc-ras.ru/ru/page805.html/>
6. Оборудование для ДНК тестов. Молекулярно-генетический центр «ДТЛ». URL: <https://dnk-otcovstvo.ru/article/oborudovanie-dlya-dnk-testov/>
7. LabTech. Передовые лабораторные технологии URL: <http://www.labtech.su/catalog/genomics.html>
8. Медицинская лабораторная центрифуга: описание, особенности. Сайт «SYL.ru». URL: <https://www.syl.ru/article/319319/meditsinskaya-laboratornaya-tsentrifuga-opisanie-osobennosti>

НЕОНАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИНКУБАТОРЫ

М.Н. Орлова, Ю.А. Захарова, К.О. Алексеенко,
И.В. Козловская, П.Ю. Гречкина

В данной работе представлен обзор преимущественно неонатологических инкубаторов, а также инкубаторов, применяющихся при экстракорпоральном оплодотворении (ЭКО). Рассмотрена история возникновения неонатологического оборудования. Разобраны устройство и принципы работы современных инкубаторов, а также некоторые модели.

Трудно поспорить с тем, что младенцы уязвимы перед инфекционными заболеваниями и склонны к потере температуры, не говоря уже о детях, родившихся раньше положенного срока, у которых на фоне всего вышеперечисленного наблюдается также существенный недостаток массы. Еще в давние времена люди понимали, что для того, чтобы ослабленный ребенок выжил, ему необходимо обеспечить условия, приближенные к условиям материнской утробы: теплая ткань для поддержания температуры и оливковое масло для предотвращения пересыхания кожи.

Поскольку ребенок – наше будущее, его здоровое развитие и рост есть приоритетная задача для каждой страны. С изобретением инкубаторов для младенцев выживаемость недоношенных детей значительно выросла и на данный момент составляет примерно 70%. На сегодняшний день без подобного медицинского оборудования нельзя представить ни один современный роддом.

1. Общие понятия

1.1. Инкубаторы для новорожденных

Согласно Всемирной организации здравоохранения, во всем мире ежегодно рождается примерно 15 миллионов недоношенных детей. Новорожденный считается таковым, если появился на свет раньше срока в 37 недель. Большинству недоношенным детям необходима интенсивная терапия, которая осуществляется путем помещения их в кувез.

Кувез или инкубатор для новорожденных применяется для проведения экстренных мероприятий по реанимации, а также для поддерживающей терапии для новорожденных. Кувез представляет собой устройство с прозрачными стенками, которое способно поддерживать оптимальный для малыша микроклимат: содержание кислорода – 25-40%, влажность – 85-100%, температура – 33-38°C.

Конструкция инкубаторов сделана таким образом, что доступ к ребенку возможен с обеих сторон, что предусматривает возможность работы двух врачей одновременно; имеется дисплей, через который производится управление параметрами внутри инкубатора, а также система циркуляции воздуха, позволяющая поддерживать показатели в заданном положении. Зачастую неонатологические инкубаторы изготавливаются из органического стекла, материала, который не боится жесткого химического воздействия средствами для дезинфекции. Некоторые модели инкубаторов позволяют перемещать пациента из одного помещения в другое даже с выходом на улицу и при низкой температуре. В связи с этим они оснащены устойчивыми колесиками, а функция температурного контроля осуществляется в усиленном режиме. Кроме этого инкубатор оснащен системой амортизации, что делает переезд более мягким. [1]

1.2. Компоненты системы жизнеобеспечения новорожденного

Современные неонатальные инкубаторы состоят из следующих элементов:

1. Бокс для размещения в нем новорожденного – капсула из органического стекла или других материалов, безопасных для здоровья ребенка. Имеется люк, через который ребенка помещают в бокс, стенках предусмотрены операционные окна, через которые врач получает доступ к новорожденному.

2. Аппаратная часть, отвечающая за функциональные возможности инкубатора, состоящая из нагревательного, фильтрующего, охлаждающего оборудование, устройства для подачи и дозирования кислородных смесей, для увлажнения воздуха и т.д.

3. Оборудование для слежения за жизненными показателями ребенка и контроля над выполнением функций.

Благодаря автоматическим системам контроля кувез выполнять множество функций одновременно и делать это исправно.

Отдельные виды кувезов имеют свои особенности, такие как сервоконтроль температуры тела и воздуха, контроль влажности, встроенные весы и пр.[2]

2. История неонатологических инкубаторов

Первые десятилетия существования неонатологии характеризовались значительными переменами к лучшему. На протяжении веков в медицине мало внимания уделялось младенцам, и ответственность за них перекладывалась на матерей. Однако в 1800-х гг. резко возрос уровень детской смертности в Европе. Боясь, что возникнет недостаток молодых работников и солдат, необходимых для расширения колониальной империи, власти Франции открыли родильные дома и специальные учреждения по уходу за младенцами.

Стефан Тарнье, главный в то время акушер во Франции, признался, что испытывал душевные муки, когда, приходя в парижский родильный дом холодными утрами, видел, что многие “хилые младенцы” коченеют под своими хлопковыми одеяльцами. Будучи восхищенным инкубатором для согревания куриных яиц, увиденном в зоопарке, врач был заинтересован в адаптации данного изобретения для человеческих младенцев.

Так в 1878 году появился аппарат, названный кувезом (франц. *Couveuse* инкубатор). Инкубатор Тарнье был закрытого типа, благодаря чему ребенок был обезопасен от инфицирования окружающей среды. Кувез представлял собой деревянный ящик с двойными стенками, между которыми засыпались опилки для теплоизоляции. В нижней половине находилась нагревательная система (бочки с водой, подогреваемой газовой или керосиновой горелкой), а в верхней, где размещался ребенок, имелись стеклянное окно для наблюдения и вентиляционные отверстия, благода-

ря которым ребенку обеспечивалось дыхание согретым увлажненным воздухом. Увлажнение воздуха осуществлялось влажными губками.

После разработки более совершенных моделей инкубаторов в 1893 году в парижском родильном доме было открыто отделение для недоношенных младенцев. Примерно половина из них умирала, но на тот момент 51% выживаемости был значительным прорывом.

Летом 1896 года в Берлине доктор Мартин Коуни - германский терапевт, ученик французского акушера Пьера Будина, основал «*Kinderbrutanstalt*» - выставка детских инкубаторов, в которых находилось шесть преждевременно рожденных младенцев из соседней больницы. Выставка имела потрясающий успех, и так, в 1904 году она добралась до «*ConeyIsland'sLunaPark*», где над павильоном висела гигантская надпись "ALL THE WORLD LOVES BABIES" (Весь мир любит младенцев). Эта выставка стала одной из самых продолжительных в истории «*ConeyIsland*» и спасла очень много жизней. Абсолютно все больницы Нью-Йорка стали посылать недоношенных детей к доктору Коуни. Результаты были поразительными: выживаемость недоношенных младенцев увеличилась в разы.

Коуни демонстрировал свои инкубаторы на нескольких крупных мировых выставках, включая Всемирную выставку в Нью-Йорке в 1939 году. Многолетний опыт позволил ему усовершенствовать и модернизировать как сами инкубаторы, так и технологию ежедневного ухода за малышами, и сейчас эти нововведения нашли воплощение в большинстве родильных домов. Но если о физическом здоровье новорожденных заботились, как следует, то о психологическом состоянии крошечных недоношенных детей и их родителей, разлученных друг с другом на несколько недель, не задумывались, ни сам Коуни ни кто-либо из его коллег.

Этот странный союз шоу – бизнеса и медицинских изысканий в целом скорее помог зарождавшейся науке неонатологии, чем навредил ей, и Коуни теперь считается первопроходцем в этой области. В гостинице «Холлидей Инн» в Атлантик-Сити до сих пор висит памятная табличка – здесь когда-то был выставлен один из его инкубаторов. [3]

3. Принцип работы и конструкция инкубаторов для новорожденных

Главной задачей инкубаторов для новорожденных (рис. 1-3) является обеспечение постоянства температуры внутри конструкции и конвекционной циркуляции воздуха. Контроллер оснащен вентилятором осевого потока, водяным лотком и нагревательным элементом. Под действием вентилятора увлажненный и подогретый воздух циркулирует в кувезе по направлению слева направо и сверху вниз, благодаря чему уравнивается влажность и температура воздуха. Модели последнего поколения обычно оснащены двойным колпаком и тепловой воздушной завесой. Принцип работы такой завесы сводится к выбрасыванию теплого воздуха снизу и к направлению части циркулирующего воздуха к передней дверце. В итоге ребенок защищён от поступления холодного воздуха. Происходит выброс теплого воздуха маленькой интенсивности при частичном открытии дверцы устройства, а при полном открытии – увеличивается интенсивность выбросов.



Рис. 1. Инкубатор

Современные кувезы почти полностью автоматизированы, если произойдет непредвиденная ситуация или отключится электричество в нем продумана система защиты здоровья ребенка. Такое оборудование постоянно подключено к программному обеспечению, тестирующему и поддерживающему его внутреннюю среду на оптимальном для жизнедеятельности малыша уровне, также оно контролирует состояние здоровья малыша. Если какие-либо показатели жизни ребенка серьезно отклоняются от нормы, то в инкубаторе для новорожденных сработает звуковая и визуальная сигнализация. Специально для мгновенного доступа к ребенку созданы окошки, для проведения лечебных действий доктор может добраться до ребенка, не вынимая его из кувеза. Данное оборудование регулярно обрабатывается ультразвуковыми лучами для защиты от патогенной микрофлоры. [4]



Рис. 2. Инкубатор

Корпус устройства состоит из двух этажей. Детская камера оснащена термостатным куполом, причем продумано удобное извлечение лежа; и двумя отверстиями конвекционной циркуляции воздуха от ног ребенка к голове. В пространстве вентилятора, в котором имеется отверстие со встроенным воздушным фильтром, через которое в устройство поступает небольшой объем наружного воздуха для новорожденных, давление воздуха отрицательное. После очистки достигается необходимый уровень углекислого газа, который не должен превышать стандартной величины.

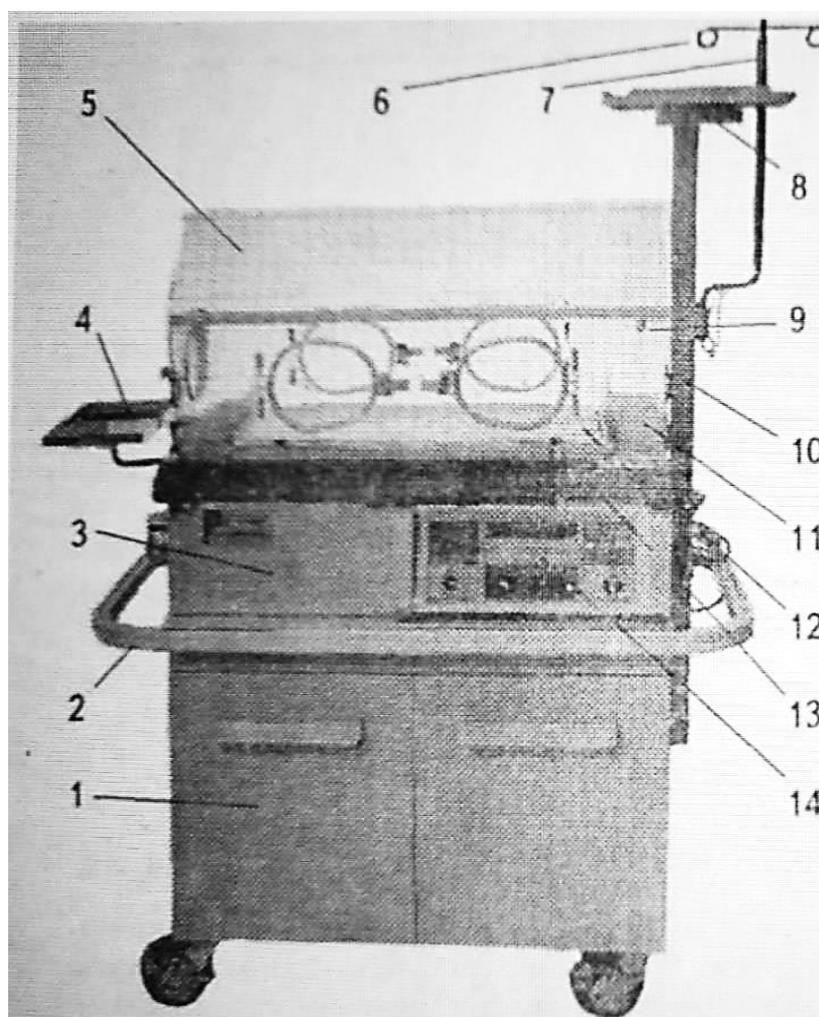


Рис. 3. Инкубатор ИДИ сб1-03 (ИДН-сб1-04)

Общий вид: 1 - транспортная тележка; 2- поручень; 3- корпус детского модуля; 4- инструментальная полка; 5- изолирующий колпак; 6- подвеска флаконов; 7- инфузионная стойка; 8 - поворотная полка; 9-ручка-фиксатор; 10- манжета; 11 - приспособление для формирования воздушного потока; 12 - ложе; 13 - выступ передней панели изолирующего колпака; 14 - электронный блок.

В кувезе применяются два режима автоматического регулирования температуры: по коже ребенка и по воздуху. В первом режиме температура воздуха в инкубаторе автоматически поддерживается приблизительно равной значению, установленному на кодовом переключателе «установка температуры °С воздуха». Во втором режиме температура в инкубаторе автоматически регулируется так, чтобы температура кожи ребенка поддерживалась приблизительно равной значению, установленному на кодовом «переключателе установка температуры °С кожи».

В систему сигнализации входят расположенные на передней панели электронного блока световые индикаторы «сигнализация». При ее срабатывании начинает светиться, соответствующий индикатор, и приблизительно через 15 с. включается звуковой сигнал: прерывистый - в случаях повышения или понижении температуры, непрерывный - в остальных случаях.[5]

4. Виды инкубаторов и их характеристика

4.1. Транспортные инкубаторы

Уход за недоношенными детьми требует особый подход. Транспортировка маленьких пациентов – это сложная задача, которая должна проходить с особой осторожностью. Состояние младенца во время перевозки должно оставаться стабильным, но сложность состоит в том, что ребенок не может сказать о своем самочувствии, поэтому он нуждается постоянном контроле и диагностике.

Для перевозки недоношенных детей используется специальный перемещаемый инкубатор, так называемый транспортный инкубатор (рис. 4), при изготовлении которого используется в основном углепластик. Данный кувез представляет собой прозрачный бокс с несколькими окошками, предоставляющими доступ к пациенту, также предусмотрены мягкие ремни для фиксации или вакуумный матрац, принимающий форму тела ребенка. Транспортные инкубаторы могут быть размещены как в машине скорой помощи, так и в самолете или вертолете.



Рис. 4. Транспортный инкубатор

Функции транспортного инкубатора:

- Поддерживает оптимальную температуру для малыша.
Электронное оборудование контролирует малейшие отклонения температуры тела ребенка;
- При необходимости обеспечивает малыша кислородом. Предусмотрена также дополнительная комплектация инкубатора для новорожденных с вентилятором и монитором.
- Обеспечивает быстрый доступ медицинского персонала к ребенку;
- Способствует безопасной и простой загрузке пациента в транспортное средство.

При организации перевозки больных детей первых месяцев жизни предоставляется все необходимое: оптимальный температурный режим, надежное оборудование, необходимые условия для интенсивной терапии и ухода, безопасность. Транспортные инкубаторы приспособлены для перевозки младенцев даже находящихся в критическом состоянии.[6]

4.2. Стационарные инкубаторы

Стационарные инкубаторы являются незаменимыми в родильных домах, детских больницах, неонатальных центрах. Данные куветы для новорожденных созданы специально для работы с недоношенными или

ослабленными младенцами в условиях интенсивной терапии и реабилитации. Передовые технологии позволяют создать практически идеальные условия для ребенка.

Современный сервоконтроль температуры воздуха и тела позволяет получать медикам необходимую информацию в режиме реального времени. Также много внимания уделено созданию максимально комфортных условий для доступа к младенцу. Двойная воздушная завеса позволяет значительно снизить потери тепла при открытии дверей камеры.

Инкубаторы данного типа имеют следующие функции:

- Увлажнение

Интегрированная антибактериальная система увлажнения с сервоконтролем. С ее помощью достигаются необходимые условия для недоношенных детей. Максимальная степень влажности зависит от регулируемых параметров и внешних условий помещения. В комплекте имеется емкость для жидкости на 3 литра, которой хватает примерно на 1 сутки непрерывного использования

- Контроль подачи кислорода

Кувез оснащен интегрированной системой подачи кислорода в камеру с серво-контролем. В ней есть два кислородных датчика, предназначенные для анализа концентрации кислорода. Границы возможных измерения: 18% -99%. Точность составляет $\pm 3\%$.

- Контроль температуры тела

К инкубатору также прилагаются датчики и дополнительные элементы для отслеживания терморегуляционных процессов на теле недоношенного ребенка, такие как:

- Весы

Автоматизированные, простые в обращении цифровые весы дают возможность медикам следить за изменением веса ребенка.

- Ящик для принадлежностей

Ящики для хранения инструментов расположены с боковых сторон инкубатора, что очень удобно. При необходимости возможно изменение секционного пространства.

- Двойная стенка

Двойные стенки позволяют минимизировать потерю тепла тела младенца через дверки кувеза. Легко снимаются и дезинфицируются. Необходимы при выхаживании сильно недоношенных новорожденных с массой тела от 500 г. [7]

4.3. Классические инкубаторы

Кувез – это реальная необходимость для поддержания жизненных функций организма недоношенного ребенка, который не готов к самостоятельной жизни. У детей, рожденных раньше срока, еще не полностью сформирована система терморегуляции, для этого в кувезе есть возможность создания наилучших климатических условий. Кроме того, благодаря особому устройству кувеза решается проблема с питанием новорождённого – кормление осуществляется с применением зонда или внутривенным способом.

Классические кувезы отличаются стандартным набором функций, довольно часто встречаются в клиниках и роддомах. Они имеют базовые функции: поддержание заданной температуры и влажности воздуха в автоматическом режиме, создание воздушной завесы при открывании манипуляционных окошек, регулировка концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе, возможность установки кассеты для рентгенснимков, изменение наклона матрасика.

Основные технические параметры:

- Система самодиагностики
- Плавное изменение угла наклона ложа
- Непрерывный мониторинг температуры тела, влажности, кислорода
- Автоматическая или ручная система регулировки основных показателей
- Время предварительного нагрева камеры максимум до 45 минут
- Контроль температуры кожи младенца от 34 до 38,5°C
- Контроль температуры воздуха от 20 до 39°C

- Сигналы тревог инкубатора
- Уровень шума до 50 Дб
- Рабочий диапазон взвешивания встроенных весов от 0 до 8000 грамм
- Разъёмы для подключения дополнительного оборудования [8]

4.4. Многофункциональные инкубаторы

Инкубаторы для недоношенных детей представляют собой прозрачный, стеклянный ящик на мобильной тележке, закрытый со всех сторон, оснащенный оборудованием для жизнеобеспечения малыша – нагревательными элементами, увлажнителями воздуха, системой подачи кислородно-воздушной смеси, которой дышит ребенок внутри камеры. Большинство инкубаторов укомплектованы устройствами для реанимации, также осуществляется постоянный мониторинг состояния ребенка по основным показателям – давление, частота пульса и дыхания, температура тела.

Многофункциональные кувезы (рис. 5) – наиболее популярный и удобный вид оборудования. Обеспечивают не только необходимый микроклимат и условия для жизни ребёнка, но и позволяют проводить ряд диагностических и лечебных мероприятий, не извлекая младенца из кувеза. [9]

В медицинских учреждениях преобладают инкубаторы многофункционального типа. Они отличаются наличием стабильного микроклимата и обладают необходимой герметичностью. Поэтому такое медоборудование создает прекрасные условия для любых реанимационных мероприятий, а также удобно для проведения диагностики и лечения. При этом не требуется лишних перемещений, младенец не подвергается риску. Благодаря большому размеру колпака, матраца и двум датчикам температуры инкубатор для интенсивной терапии новорождённых удобно использовать для близнецов.

Многофункциональные инкубаторы помимо стандартных функций обеспечивают такие возможности как реанимационные мероприятия, инфузионная терапия (капельное введение или вливание внутривенно или

под кожу лекарственных средств и биологических жидкостей с целью нормализации водно-электролитного, кислотно-щелочного баланса организма, а также для форсированного диуреза в сочетании с мочегонными средствами), ИВЛ (искусственная вентиляция легких), фототерапия, мониторинг и вывод на дисплей основных параметров жизнедеятельности ребенка, автоматическое выравнивание устройства по горизонтали, наличие портов и полок для дополнительного оборудования и аппаратуры.



Рис. 5. Многофункциональный инкубатор

Особенности и преимущества:

- Постоянная самодиагностика системы
- При отключении питания установки и режим функционирования запоминаются
- Микропроцессорное управление
- Сервоконтроль температуры воздуха и кожи ребенка
- Электролюминисцентный или жидкокристаллический дисплей

- Мультипозиционная панель
- Четырехдверный колпак с четырьмя откидными стенками для удобного доступа к пациенту
- Подходит для близнецов благодаря большому матрасу
- Лоток для рентгенкассет
- Электронная система наклона
- Автоматический возврат в горизонтальное положение [10]

4.5. Инкубатор в эмбриологии

Во всем мире метод ЭКО (экстракорпорального оплодотворения) рассматривается как основной способ лечения бесплодия. Его суть состоит в том, что сперматозоиды встречаются с яйцеклетками в пробирке, а затем их подсаживают в матку бесплодной женщины или суррогатной матери. Непосредственно зачатие проводится врачами-эмбриологами в условиях эмбриологической лаборатории. Через 2-4 дня эмбрионы готовы для следующего этапа.

В данной сфере инкубаторы применяются для хранения эмбрионов и контроля их развития (рис. 6). Подобного рода аппараты снабжены камерой, которая непрерывно фиксирует этапы развития эмбриона с момента его передачи. Это позволяет детально оценить развитие эмбриона для лучшего прогнозирования его развития и имплантации.

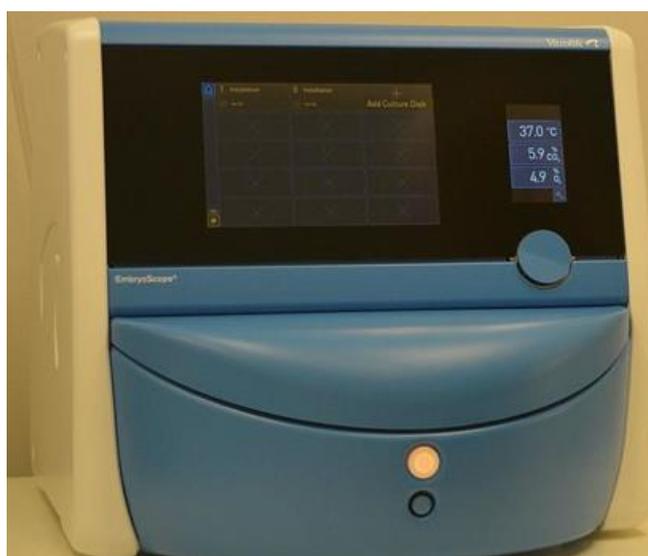


Рис. 6. Эмбриоскоп

5. Современные достижения в разработке неонатологических инкубаторов

В каждом медицинском учреждении одним из самых главных является отделение интенсивной терапии. Именно эти отделения должны иметь лучшее техническое оборудование. Особенно это касается отделений, которые функционируют на территории родильных домов, потому что одно из сложных задач – выводить младенца, который находится в критическом состоянии. Неонатологические инкубаторы – один из видов медицинского оборудования, которое очень востребовано в неонатологии и педиатрии. [11]

Рассмотрим некоторые современные разработки инкубаторов за последние годы.

5.1. Высокотехнологичный инкубатор компании «BabyBloom»

Голландская компания «BabyBloom» в 2012 году представила новый высокотехнологичный инкубатор (рис. 7), который позволяет матери и ребенку оставаться в контакте. Этот инкубатор можно установить в любой позиции (даже поперек кровати матери). И даже при контакте мамы с ребенком в кувезе не нарушается микроклимат.



Рис. 7. Высокотехнологичный инкубатор

Инкубатор работает довольно тихо (уровень производимого шума не достигает 40 децибел) и не мешает спать ребенку. У данного оборудования есть 4 съемные панели и 4 окошка, которые дают непосредственный доступ к ребенку, также в него вмонтирована камера, позволяющая осуществлять удаленное наблюдение.

5.2. Высокотехнологичный инкубатор «Бонни»

Холдинг «Швабе» к концу 2017 года запустил производство переносного инкубатора «Бонни» (рис. 8). Это первая модель, которая по техническим характеристикам не уступает стандартному транспортному инкубатору, но в разы легче. Малый вес и компактный размер существенно упрощает транспортировку новорожденных.



Рис. 8. Переносной инкубатор «Бонни»

Вес прибора всего 7 килограммов, кроме того у данного инкубатора комфортабельная внутренняя отделка, удобная система фиксации ребенка внутри инкубатора. Мягкий матрас специальной формы, защищает малыша от вибрационных и шумовых нагрузок. Разработка оснащена режимом предварительного прогрева, функцией самодиагностики, а также звуковой и визуальной сигнализацией, которая срабатывает в случае возникнове-

ния различных неисправностей. К инкубатору также можно подключать дополнительное оборудование – аппараты ИВЛ или кислородотерапии, шприцевой дозатор. [12]

Заключение

Изучив материалы данной работы, можно оценить, насколько важны инкубаторы для новорожденных. Сегодня существует много разновидностей куветов, что позволяет обеспечить необходимые условия для жизнедеятельности недоношенных детей. Инкубаторы для новорожденных позволяют максимально сократить смертность детей, снизить риск переохлаждения, осложнений даже у недоношенных младенцев с экстремально низкой массой тела. Нахождение недоношенных и ослабленных младенцев в инкубаторах варьируется от нескольких часов до нескольких недель. За это время ослабленные дети с помощью квалифицированных врачей могут окрепнуть и полностью приспособиться к окружающей среде.

Литература

1. Моя Кроха. Кувет для новорожденных. URL: <http://mykroxa.ru/novorozhdennyj/kyuvez-dlya-novorozhdennyh.html>
2. Инкубатор для новорожденных. ИНФОМЕД. Современное лабораторное оборудование. URL: <http://infomedspb.ru/articles/inkubator-dlya-novorozhdennykh.html>
3. Преждевременные роды неонатологии. URL: [https://www.e-reading.club/chapter.php/1024683/88/Sabbag - Verevka vokrug Zemli i drugie syurprizy nauki.html](https://www.e-reading.club/chapter.php/1024683/88/Sabbag_-_Verevka_vokrug_Zemli_i_drugie_syurprizy_nauki.html)
4. Принцип работы инкубаторов для новорожденных. DIXION. Российский производитель медицинского оборудования. URL: <http://www.dixon.ru/news/useful/printsip-raboty-inkubatorov-dlya-novorozhdennykh/>
5. Войкин Ю. Инкубатор интенсивной терапии для новорожденных ИДН. УОМЗ. Библиотека Ладовед. SCAN. 2010. URL: http://ladoved.narod.ru/medtehnika_PDF/124.IDN.pdf
6. О транспортном кувете. МедЭкспресс. URL: <http://www.medical-express.ru/sanavia/inkubator-dlya-novorozhdennykh>
7. Caleo. Stormoff. URL: <http://www.stormoff.ru/products/caleo/>

8. Инкубатор и его возможности. МедОптима. Оборудование для различных областей медицины. URL: <https://medoptima61.ru/categories/mediczhinskoe-oborudovanie/neonatologiya-pediatriya/inkubatory-dlya-novorozhdennyh.html>
9. Разновидности инкубаторов интенсивной терапии для новорожденных. МЕДИОЛЛ. Продажа медицинского оборудования. URL: <http://medioll.ru/raznovidnosti-inkubatorov-intensivnoi-terapii-dlya-novorozhdennyh.htm>
10. Инкубатор для интенсивной терапии PC-307 NatalCare. МЕДИОЛЛ. Продажа медицинского оборудования. URL: <http://medioll.ru/item/inkubator-dlya-novorozhdennyh-dlya-intensivnoi-terapii-pc-307-natal-care.html>
11. Что такое неонатальный инкубатор? Родим.Ру. Конференции клуба Родим и вырастим. URL: <http://rodim.ru/portal/publ/67-cto-takoe-neonatalnyy-inkubator-kyuvez.html>
12. Холдинг «Швабе» начнет выпуск неонатального инкубатора «Бонни» к концу 2017 года. Узнай больше о жизни города. Icmos.ru. URL: <https://tass.ru/ekonomika/4402677>

БИОПРИНТИНГ

**Е.Е. Козлова, О.К. Тарасова, Ю.В. Булгакова, К.Е. Липшиц,
В.И. Шаповаленко, А.А. Храмцов**

В данной работе представлена основная информация о 3D-биопринтинге: устройство 3D-биопринтеров, способы и методы биопечати, а также подробно рассмотрена история развития биопринтеринга. В результате мы собрали ключевую информацию о такой развивающейся в современном мире отрасли как биопринтинг и изложили найденный материал в нашей работе.

Введение

Развитие технологий не стоит на месте в нашем XXI веке. Это касается всех отраслей жизни человека, включая и медицину. Не секрет, что нехватка донорских органов для пересадки является одной из основных проблем современности и заставляет искать биомедицинские решения, не требующие использования донорского материала. Технологии регенеративной медицины на сегодняшний день считаются наиболее перспективными. К ним относят генную и клеточную терапию и инжиниринг тканей. Но мы обратим своё внимание на одно из направлений регенеративной медицины, получившее бурное развитие в последнее время — 3D-биопринтинг. Суть метода — сборка тканей и органов из конгломератов клеток, подобно конструктору. Процесс трехмерной печати основывается на послойном создании физического объекта, позволяющая создавать сложные структура, которые было бы невозможно построить другими методами. Осуществляют такую сборку, или биопечать, на специально разработанных 3D-биопринтерах, подобно тому как печатают на 3D-принтерах различные детали — послойно, по цифровой (компьютерной) трёхмерной модели.

1. История

Для того что бы понять с чего началось освоение этой области инженерии вернёмся в 1907 год, когда американский морской биолог Петер фон Вильсон (1863—1939) (рис. 1) обнаружил свойство сращивания тканей. Он прово-

дид эксперименты на морских губках и наблюдал, как отдельные измельчённые кусочки морского животного сращивались в единый организм. Эти опыты легли в основу развития биопринтинга. [1]



Рис. 1. Петер фон Вильсон (1863—1939)

Несколько экспериментальных биопринтеров было создано в 2002 году японским ученым профессором Макото Накамура (рис. 2).

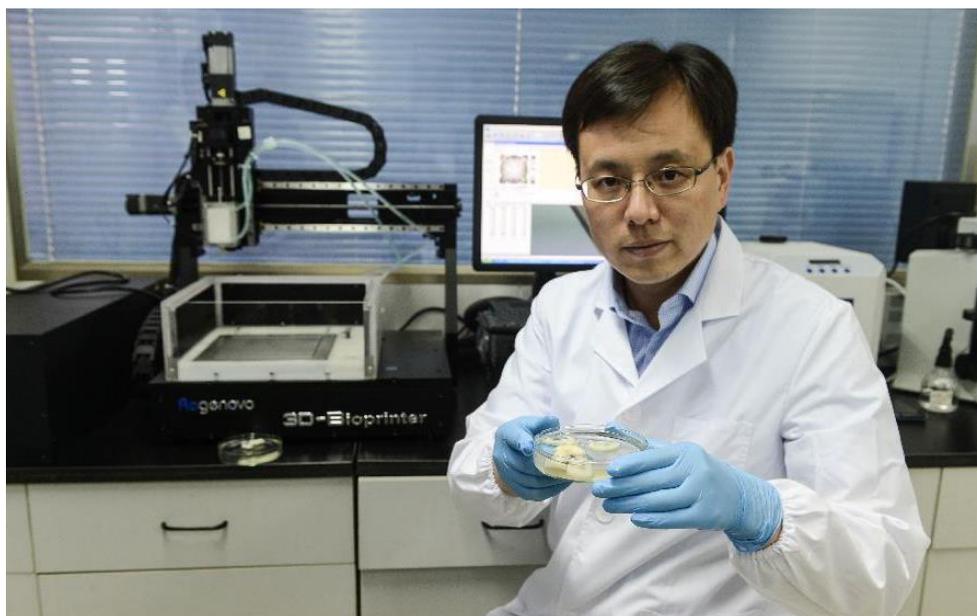


Рис. 2. Профессор Макото Накамура

Он как педиатр, лечивший детей с сердечными пороками, пришел к выводу, что медицина с ее прежними возможностями в отношении многих пациентов бессильна: «Я вынужден был наблюдать, как они умирали, не в силах им помочь». В 36 лет врач прекратил клиническую практику и занялся научными исследованиями. Накамура долго изучал искусственные сердца в лабораторных условиях, но пришел к выводу, что они не могут быть альтернативой донорскому сердцу. Оказалось, что размер человеческих клеток сопоставим с размерами капли стандартных чернил и составляет примерно 10 микрон. В 2002 году Накамура приобрел стандартный принтер Epson и попытался «укомплектовать» его клетками и компания поддержала его идею. В 2003 г. Накамура сообщил, что клетки успешно переживают процесс печатания. Японский ученый одним из первых, создал трехмерную структуру из реальных живых клеток при помощи принтера. В 2008 году он создал рабочую модель биопринтера, которая осуществляет печать биотрубочек, похожих на кровеносные сосуды.

Кровеносный сосуд, полученный методом биопринтинга. На микрофотографиях показаны этапы формирования сосуда из клеточных сфероидов. При сращивании сфероидов объём ткани уменьшается, это важно учитывать при создании копии человеческого органа. [2]

Другим пионером биопечати был биоинженер Томас Боланд, который незадолго до начала разработок Макото Накамуры в 2000-м году первым перенастроил настольные принтеры Lexmark и HP для печати фрагментов ДНК. Исследования показали, что 90% клеток сохраняют жизнеспособность в процессе биопечати. В 2003 году Томас Боланд (рис. 3) запатентовал технологию печати клетками. [3]

Одним из первых российских разработчиков в области биопечати органов и биофабрикации тканей стал Владимир Александрович Миронов (рис. 4), профессор университета Вирджинии (Virginia Commonwealth University, США) и научный руководитель компании «3D Bioprinting Solutions» (Россия). В числе его разработок аппарат для производства тканевых сфероидов и гидрогель для получения объёмных тканевых кон-

структоров. Ему принадлежит первая публикация о биопечати органов, вышедшая в 2003 году. [4]

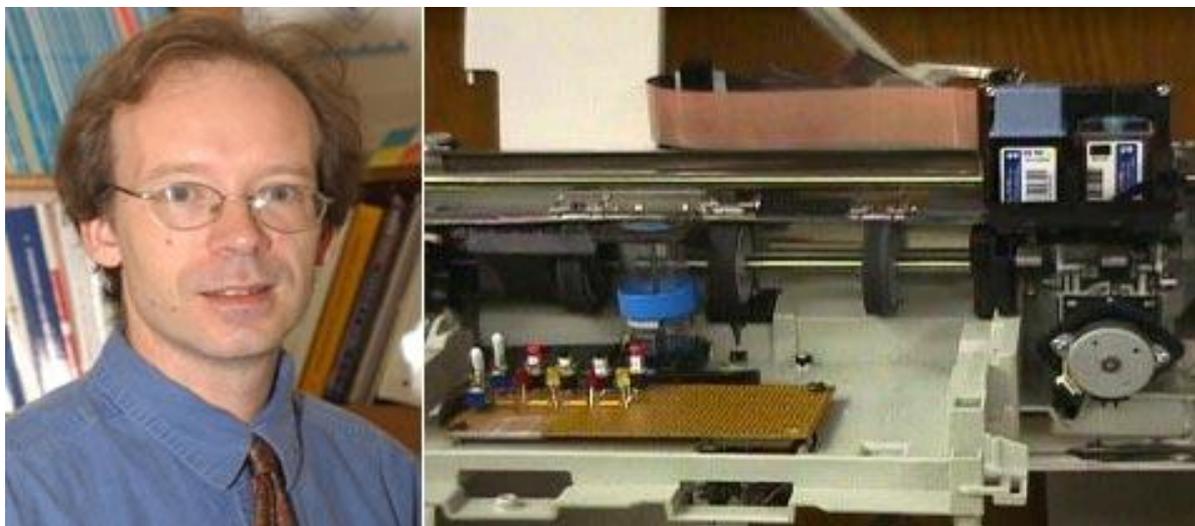


Рис. 3. Томас Боланд и первый биопринтер



Рис. 4. В.А. Миронов

Профессор Владимир Миронов ответил на вопросы читателей на портале журнала «Наука и жизнь»:

“– Как вообще родилась идея «печати» органов?

– Идея биопринтинга пришла ко мне, когда я увидел, что отдельные кольцевые фрагменты сердца эмбриона цыпленка могут сливаться в

трубку. Стало ясно, что живые ткани можно «собирать» из отдельных клеток или их конгломератов”.

Некоторые технологии, необходимые для биопечати, уже существовали. Это, например, технологии быстрого прототипирования и аддитивного мануфактуринга (индустрия с оборотом в 1 млрд долларов), биомедицинский вариант которых и есть биопечать органов – управляемая компьютером послойная роботизированная биофабрикация.

Из лекции, прошедшей в Тюменском государственном медицинском университете:

“Первый вопрос, на который я отвечаю: зачем нужна печать органов? В США, после того как запретили кататься на мотоцикле без шлема, резко снизилось количество доноров. В Китае 1,5 млн пациентов требуется пересадка, – рассказал Владимир Миронов. – Далеко не все нуждающиеся получают донорские органы и могут жить дальше – около 18% пациентов в Европе и около 20% в США умирают, дожидаясь своей очереди на пересадку”.

Первый удачный эксперимент по созданию органов на 3D принтере состоялся в 2006 году. Группа биоинженеров из Wake Forest Institute for Regenerative Medicine разработала и напечатала для семерых подопытных пациентов мочевые пузыри.



Рис. 5. Печать органа

Врачи использовали стволовые клетки пациентов для создания искусственного органа. Образцы донорской ткани в специальной герметичной камере с помощью экструдера нанесли поверх макета мочевого пузыря, нагретого до естественной температуры человеческого тела.

Через 6-8 недель в ходе интенсивного роста и последующего деления клетки воссоздали человеческий орган. [3]

2. Устройство биопридеров

На сегодняшний день под общим названием «биопринтинг» скрываются сразу несколько косвенно связанных технологий биопечати. Для создания органов на 3D принтере могут использоваться фоточувствительный гидрогель, порошковый наполнитель или специальная жидкость.

Стерильность процесса биопечати обеспечивается размещением биопридера в стерильном боксе, оснащем специальными системами для создания оптимальной и комфортной среды для работы с живой тканью. [5]

Рассмотрим устройство биопридера на примере биопридера FABION — первого отечественного 3D-биопридера.

Возможности биопридера FABION:

- Позволяет использовать все известные методы и способы трехмерной биопечати.
- Устройство полимеризации гидрогелей (биобумаги) с использованием УФ-излучения не контактирует со сфероидами и клетками, и соответственно не повреждает ДНК клетки.
- Имеет возможность комбинировать между собой различные вариации методов биопечати, способов нанесения, материалов. Широкий перечень управляемых программным обеспечением параметров биопечати дополняет определение комбинаторности.
- Разрешающая способность печати биопридера соответствует самым высоким требованиям стандартов ISO.
- Система перемещения по осям X-Y-Z выполнена с обратной связью, что позволяет размещать форсунки биопридера с точностью 5 мик-

рометров и тем самым точно воспроизводить заданную цифровую модель.

- Г-образный дизайн печатающей системы настоящего биопринтера обеспечивает достаточное пространство для размещения форсунок.
- Процессы трехмерной печати контролируются в режиме реального времени при помощи цифровой камеры, встроенной в биопринтер.

При кажущейся отдаленности биопринтинга и полиграфии поиски решений в области печати живыми клетками сохраняет аналогию со своей «полиграфической» основой. Технология биопечати включает в себя те же элементы, только аналогом текста выступает цифровая модель органа, чернил — клеточные сфероиды, а бумага заменилась на гидрогели, питательные основы и, наконец, в качестве печатного пресса выступает биопринтер, представленный в последних версиях скорее уже как роботизированный механизм, чем как «пресс», но сохраняющий свое название. [6]

Устройство 3D-биопринтера включает в себя:

- Экструдер, который выдавливает гидрогель;
- 6 головок с клетками, с помощью которых осуществляется печать;
- Рабочая поверхность — платформа, на которой выполняется печать;
- Линейный мотор, который приводит в движение подвижные органы;
- Фиксаторы — датчики, ограничивающие движения подвижных органов, к примеру, когда они подходят к краю рабочей поверхности;
- Рама;
- Картезианский робот — машина, которая способна двигаться в трех направлениях по осям координат X, Y и Z.

Все это управляется при помощи компьютера, который задает величины движений каждого из компонентов.

3. Способы и технология биопечати

А сейчас ближе рассмотрим три главные технологии, используемые для расположения и размещения биологического материала – это струйная, микроэкструзионная и лазерная печать. Различные свойства,

характерные для этих технологий, должны быть учтены в соответствии с важнейшими факторами трёхмерной биопечати – поверхностное разрешение, выживаемость клеток в составе материалов и собственно биологические материалы, задействованные в печати.

3.1. Струйная биопечать

Струйные принтеры – это наиболее распространённый тип принтеров, используемых в печати в целом и в биопечати в частности. Задаваемые программой количества жидкости подаются на определённые области. Струйные принтеры используют акустические или термальные процессы для выброса капель жидкости на субстрат, который поддерживает и формирует конструкцию конечного продукта.

Термальные струйные принтеры действуют так (рис. 6): микроскопический нагревательный элемент в сопле при прохождении электрического тока мгновенно нагревается и образует в жидкости газовые пузырьки, которые вытесняют жидкость из сопла. К преимуществам термальной струйной печати относят высокую скорость печати, низкую стоимость и широкую доступность. Как бы то ни было, угроза вредного теплового и механического воздействия на клетки и ткани, относительно низкая точность выброса капель, их неравномерное распределение в калибрах, частая закупорка сопла и ненадёжная изоляция клеток дают понять о негативных сторонах этого способа печати.

Во многих струйных принтерах используется пьезоэлектрический кристалл (рис. 6), который создает звуковую волну внутри головки принтера для распыления жидкости на мелкие капли с определенной частотой. Под напряжением, пьезоэлектрический кристалл мгновенно меняет форму, создавая давление, необходимое для выбрасывания капель из сопла. Другие струйные принтеры используют звуковое излучение, создаваемое ультразвуковой волной для выброса капель из воздушно-жидкостной системы. Параметры ультразвука, такие как частота, продолжительность и амплитуда, могут быть отрегулированы для контроля размера капель и частоты выброса. Преимущества акустических струйных принтеров включают в себя возможность создания и соблюдения одинакового размера ка-

пель и выбрасывать их, предотвращая воздействие на клетки тепла и давления. Кроме того, избежать вертикального давления, оказываемого на клетку в сопле, позволяет опен-пулл система, лишенная сопла. Это уменьшает вероятность снижения жизнеспособности и функциональности клетки и позволяет избежать проблемы закупорки сопла. Звуковые экстракторы могут быть сформированы в регулируемый блок из нескольких экстракторов, что облегчает постоянную печать разными типами клеток и тканей. Струйные биопринтеры имеют некоторые ограничения по вязкости материалов (в идеале ниже 10), связанные с силой, требуемой для экстракции капель растворов высокой вязкости.

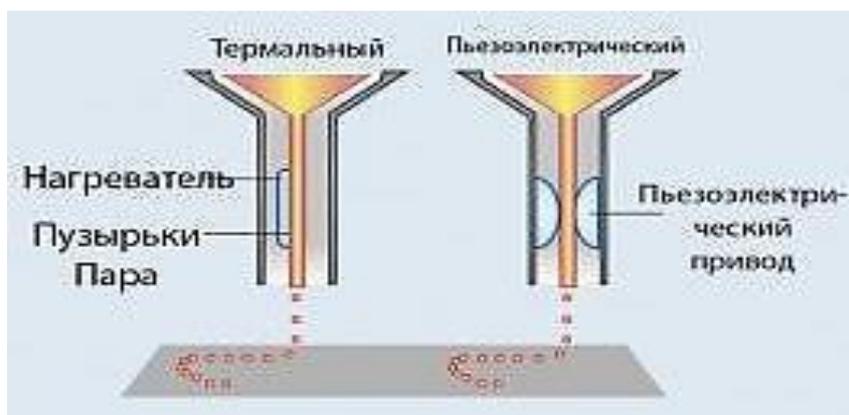


Рис. 6. Схема струйного метода биопечати

Пользователи струйных биопринтеров столкнулись с еще одной проблемой – сложность достижения необходимой биологической плотности клеток. Обычно, низкие концентрации клеток (меньше 10 млн./мл) используются для облегчения образования капель и для предотвращения закупорки сопла. Более высокие концентрации клеток могут также замедлять некоторые механизмы сшивания гидрогеля.

Несмотря на это, недостатки струйных биопринтеров перекрываются преимуществами, включающими низкую стоимость, высокую разрешающую способность, высокую скорость печати и совместимость со многими биологическими материалами. Еще одним преимуществом струйных биопринтеров является способность создавать градиент концентрации клеток, тканей или факторов роста по всей площади 3D структуры, посред-

ством изменения размеров и плотности капель. По причине доступности обычных 2D струйных принтеров, исследователи во множестве лабораторий могут запросто их получить, модифицировать и экспериментировать с 3D биопечатью.

Отдельные образцы струйной биопечати подходят для регенерации полноценных кожных покровов и хрящей. Высокая скорость печати дает возможность непосредственного наложения клеток и материалов на кожу или поврежденный хрящ. Струйный метод облегчает наложение как главных клеток, так и стволовых с однородной плотностью по всему объему поражений и поддерживающих высокий уровень жизнеспособности клеток после печати. Эти исследования демонстрируют возможности применения струйной биопечати для восстановления функциональных систем.

3.2. Микро-экструзионная биопечать

Микро-экструзионные биопринтеры (рис. 7) обычно состоят из нагревательного элемента, системы подачи, одного или двух предметных столиков, способных двигаться по осям x , y и z , оптоволоконного источника света для освещения области печати и/или для фото активации, видеокамеры для x - y - z команд и контроля, а также пьезоэлектрического увлажнителя. Немногие системы используют несколько печатных головок для ускорения серийной печати нескольких заготовок.

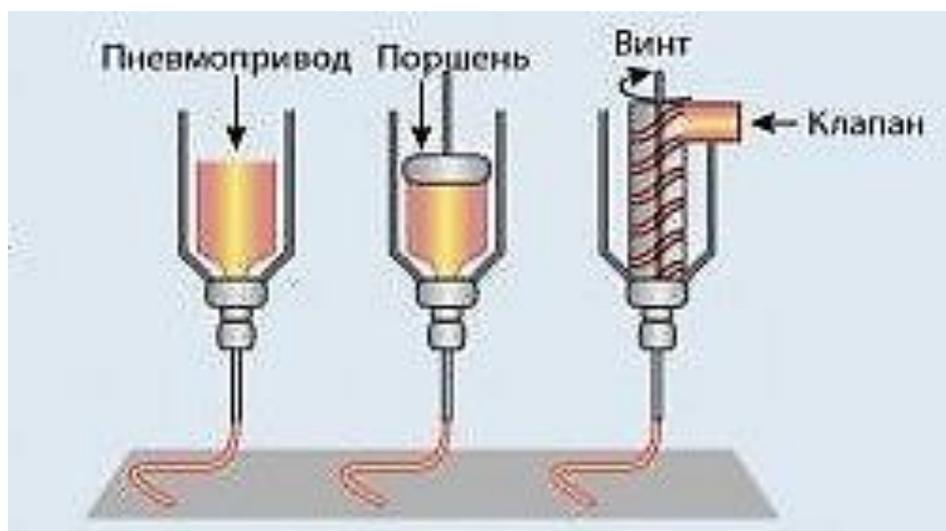


Рис. 7. Микро-экструзионная биопечать

Микро-экструзионные принтеры работают на автоматизированной экструзии материала, которая накладывается на основание при помощи головки-экструдера. Маленькие шарики материала располагаются в двух измерениях; согласно установке CAD-CAM программ, столики или головка микро-экструдера движется по оси z и отлитый слой служит основанием для следующего слоя. Множество материалов совместимы с микро-экструдерами, включая гидрогели, биосовместимые полимеры и клетки-сфероиды. Наиболее распространенным методом для экструзии биологического материала для 3D биопечати являются пневматические или механические системы подачи. Механическая система подачи дает более точный контроль над потоком материала, так как в пневматических системах присутствует задержка выхода сжатого газа. Пневматические принтеры имеют преимущество в простоте системы подачи материала, и их мощность ограничена лишь силой давлений воздуха в системе. Механические системы содержат сложные механизмы небольших размеров, позволяющие оказывать точный пространственный контроль, но в ущерб максимальной мощности.

Метод микро-экструзии технически совместим с широким спектром жидкостей, в том числе со многими биосовместимыми материалами. Доказано, что материалы более вязкие материалы создают структурную опору для напечатанного объекта, а менее вязкие материалы создают подходящие условия для поддержания жизнеспособности и функционирования клеток. Для микро-экструзионной биопечати исследователи часто используют материалы, которые могут сплавляться и/или самоистончаться. Некоторые биосовместимые материалы обладают текучестью при комнатной температуре, что позволяет продавливать вязкий расплав материала вместе с другими биосовместимыми компонентами, но сшиваться в стабильный материал при температуре тела. Материалы, обладающие текучестью при физиологических температурах тела (35—40°C), но сшивающиеся при комнатной температуре, могут быть также использованы для задач биопечати. Высокое разрешение систем микро-экструзии позволяет

биопринтерам точно изготавливать сложные объекты, используя CAD программы и облегчать моделирования многочисленных типов клеток.

Главным преимуществом технологии микро-экструзионной биопечати является возможность наложения клеток с очень высокой плотностью. Достижение физиологической плотности клеток в инженерных органах (ткани) – основная задача в области биопечати. Некоторые группы исследователей использовали, для микро-экструзионной биопечати 3D тканей, растворы, состоящие исключительно из клеток. Сфероиды из клеток накладывались и самоорганизовывались в искомую 3D структуру. Считалось, что тканевые сфероиды обладают свойствами имитировать физические и функциональные свойства внеклеточной структуры ткани. В зависимости от вязкости и эластичности печатаемых объектов, группы клеток сплавляются друг с другом, формируя плотную макроструктуру. Одно преимущество технологии самоорганизующихся сфероидов – это возможность ускорения организации ткани и возможность непосредственного формирования сложных объектов. Самая популярная технология биопечати без использования каркасов – механическая микро-экструзия.

Жизнеспособность клеток после микро-экструзионной биопечати ниже, чем при струйной биопечати; частота выживания клетки находится в пределах 40–86% и уменьшается с увеличением давления экструдора (машина для размягчения материалов и придания им формы путем продавливания их через профилирующий) и калибра сопла.

Увеличение разрешающей способности принтеров и скорости – это вызов для многих исследователей технологии микро-экструзионной биопечати. Небиологические микро-экструзоры способны печатать с разрешением 5–200 мкм на скорости в 10–50 мкм/с. Предстоит увидеть, достижимы ли эти параметры при сохранении жизнеспособности клеток и их функционала. Использование улучшенных биосовместимых материалов, таких как гидрогели, которые крепко связываются во время печати и приобретают вторичные изменения после, могут помочь сохранять жизнеспособность клеток после печати. Также, усовершенствования сопла, пневма-

тических или моторизированных систем могут уменьшить время печати, а также позволить наносить разнообразные материалы одновременно.

Микро-экструзионные биопринтеры использовались для создания многих типов тканей, включая клапаны аорты, разветвленные сосудистые системы и модели фармакинетики, а также модели опухолей. Хотя на изготовление сложных объектов в высоком разрешении может уходить много времени, технология позволяет создавать ткани с размерами от используемых в клинике до микро-тканей в микро жидкостных камерах.

3.3. Лазер-опосредованная биопечать

Лазер-опосредованная биопечать (рис. 8) основана на принципах прямого лазер-индуцированного переноса.

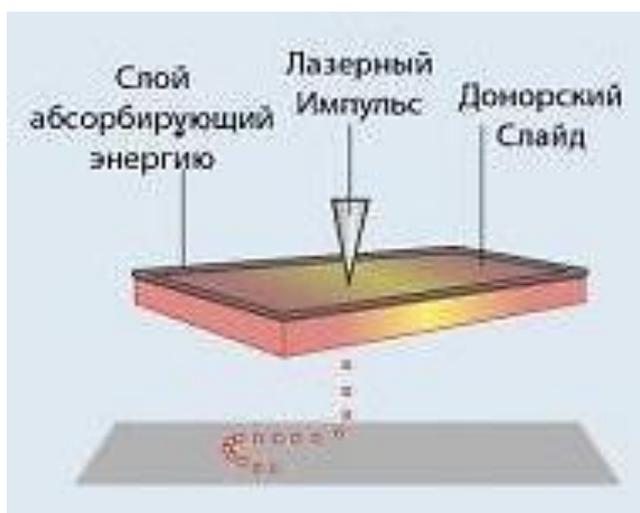


Рис. 9. Лазерная биопечать

Изначально разработанная для переноса металлов, технология прямого лазер-индуцированного переноса была успешно применена для биологического материала: пептиды, ДНК и клетки. Хотя реже, чем струйная или микро-экструзионная биопечать, LAB всё чаще используется для ткане- и органно-инженерных приложений. Типичное LAB-устройство состоит из импульсного лазерного луча, фокусирующей системы, «ленты», имеющей донор транспортного обеспечения, как правило, из стекла, покрытого лазер-поглощающим слоем (например, золото или титан) и слоем биологического материала (например, клетками и / или гидрогелем), при-

готовленного в виде жидкого раствора, и принимающего субстрата перед лентой. LAB функционирует с помощью сфокусированных лазерных импульсов на поглощающем слое ленты для создания пузыря высокого давления, который продвигает вперед вещества, содержащие клетки, по направлению к подложке коллектора.

Разрешение LAB зависит от многих факторов, в том числе от: плотности потока лазера (энергии, приходящейся на единицу площади), поверхностного натяжения, смачиваемости подложки, воздушного зазора между лентой и субстратом, а также от толщины и вязкости биологического слоя. Поскольку при LAB не используется насадка, сопло удастся избежать проблемы засорения клетками или материалами, которые мешают при других технологиях биопечати. LAB совместим с жидкостями различной вязкости (1-300 мПа /с) и может печатать клетки млекопитающих с незначительным воздействием на жизнеспособность и функциональность клеток. LAB может размещать клетки с плотностью до 10⁸ кл/мл с разрешением микрошкалы 1 клетка на каплю с помощью лазера с частотой импульсов 5 кГц, со скоростью до 1600 мм / с.

Несмотря на эти преимущества, высокое разрешение LAB требует быстрой кинетики гелеобразования для достижения высокого качества формы, что приводит к относительно низкой скорости потока в целом. Приготовление каждой индивидуальной ленты, которая часто требуется для каждого из печатаемых типов клеток или гидрогеля, отнимает много времени и это может стать обременительным, если несколько типов клеток и / или материалов должны быть расположены вместе. Из-за характера клеточного покрытия ленты может быть трудно точно направить клетки и задать их позицию. Некоторые из этих проблем можно преодолеть, используя технологию распознающего клетки сканирования для того, чтобы лазерный луч выбирал одну клетку за импульс. Эта так называемая «aim-and-shoot» (целься и стреляй)-процедура может гарантировать, что каждая печатаемая капля будет содержать заданное число клеток. Тем не менее, статичная клеточная печать может быть достигнута с использова-

нием ленты с очень высокой концентрацией клеток, устраняя тем самым необходимость в такой специфической их ориентации.

Лазерная 3D-печать была использована для изготовления медицинских устройств, таких как индивидуальные, неклеточные, биоразлагаемые шины трахеи, которые могут быть имплантированы пациентам детского возраста с локализованной трахеобронхомалацией. В будущем в исследованиях возможно использование материалов, которые можно будет непосредственно интегрировать в ткани пациента. Кроме того, включение собственных клеток пациента может облегчать применение этих типов конструкций, внося свой вклад как в структурные, так и в функциональные компоненты тканей. [7]

4. Материалы

4.1. Необходимые свойства материала для биопечати

Выбор соответствующих материалов для использования в биопечати и их эффективность в конкретном случае зависит от нескольких особенностей:

Пригодность для печати.

- Свойства, которые облегчают обработку и осаждение со стороны биопринтера могут включать вязкость, методы гелеобразования и реологические свойства.

Биологическая совместимость.

- Материалы не должны вызывать нежелательные местные или системные реакции со стороны реципиента и должны активно и контролируемо влиять на биологические и функциональные компоненты конструкции.

Структурные и механические свойства.

- Материалы должны быть выбраны на основе требуемых механических свойств конструкции, начиная от жестких термопластичных полимерных волокон для прочности до мягких гидрогелей для клеточной совместимости.

Биомимикрия материалов.

- Инженерия желаемых структурных, функциональных и динамических свойств материалов должна быть основана на данных об эндогенных материалах, специфичных для отдельно взятой ткани.

4.2. Материалы и каркасы (скаффолды)

Первоначально технологии 3D печати были разработаны для небиологического применения, такого как осаждение металлов, керамики и термопластичных полимеров, и обычно включали использование органических растворителей, высоких температур или связывающих агентов, которые не совместимы с живыми клетками и биологическими материалами. Таким образом, одной из основных проблем в области 3D биопечати был поиск материалов, которые не только совместимы с биологическими материалами и процессом печати, но и могут обеспечить требуемые механические и функциональные свойства тканевых конструкций.

Материалы, используемые в настоящее время в медицине для восстановления и регенерации, преимущественно создаются либо на основе материалов природного происхождения (в том числе полимеров альгината, желатина, коллагена, хитозана, фибрина и гиалуроновой кислоты, часто выделенного из животных тканей), либо из синтетических молекул (полиэтиленгликоля). Преимуществом природных полимеров для 3D биопечати и других приложений для тканевой инженерии являются их сходство с человеческим межклеточным матриксом и свойственная им биологическая активность. Преимуществом синтетических полимеров является то, что они могут быть адаптированы по специфическим физическим свойствам в соответствии с конкретными приложениями. Проблемы при использовании синтетических полимеров включают плохую биосовместимость, токсичные продукты распада и потерю механических свойств при распаде. Тем не менее, синтетические гидрогели, которые являются гидрофильными и абсорбирующими, подходят для 3D биопечати, используемой в интересах регенеративной медицины, благодаря легкости контроля за их физическими свойствами в процессе синтеза. Так как разнообразие биологических материалов для медицинских приложений увеличи-

вается, список желательных черт для печатных материалов становится более конкретным и сложным.

4.3. Биологическая совместимость

С развитием тканевой инженерии цель биосовместимости также сменила акценты: от разработки имплантируемого материала, способного сосуществовать с эндогенными тканями без создания нежелательных локальных или системных эффектов в организме реципиента, до создания материалов, что не только не будут препятствовать нормальному функционированию организма, но и смогут активно влиять на физиологические показатели. Биосовместимость для процесса биопечати означает активный и контролируемый вклад компонентов в функциональность всей конструкции. Это может проявляться во взаимодействии с тканями организма или иммунной системой, поддержании необходимой клеточной активности и позитивном воздействии на молекулярные или механические сигнальные системы — все это крайне важно для успешной трансплантации и функционирования модели.

4.4. Структурные и механические свойства

Если материал необходим для поддержания трехмерной структуры (обеспечивая сопротивление или, наоборот, выполняя роль опорной точки при механическом давлении), то важным является и поддержание свойств материала. Они должны выбираться очень осторожно, основываясь на требуемых от печатной модели механических свойствах. В то же время, требования будут разными для различных тканей, начиная от кожи и печени, и заканчивая костной тканью. Одним из подходов к решению этой проблемы является применение абляционных (теплозащитные материалы) материалов, что обеспечат необходимые структурные и механические свойства в течение нужного времени. Такие материалы могут использоваться как во время печати (чтобы способствовать необходимому уровню сшивания в модели), так и на готовой модели (путем введения в конструкцию и функционированием до того времени, пока продукты эндогенного синтеза сами не смогут выполнять эту функцию). Учитывая этот подход, необходима разработка материала с особыми структурными и де-

градиционными свойствами при отсутствии токсичных продуктов распада и не иммуногенности.

5. Методы биопечати

5.1. Биомимикрия

Такой подход к 3D-биопечати подразумевает изготовление идентичных копий клеточных и внеклеточных компонентов ткани или органа (рис. 9). Этого можно достичь путем создания определённых клеточных компонентов ткани или биоматериалов, физиологически соответствующих данной ткани. Для того, чтобы достичь результатов при использовании данного метода, необходима репликация биологических тканей уже на микроскопическом уровне. По этой причине важно точное понимание строения и функционирования микросреды (включая специфическое микроокружение основных и поддерживающих клеток), градиентов растворимых и нерастворимых факторов, строения внеклеточного матрикса, природы биологических явлений, которые возникают внутри клетки. Получение новых данных в этой сфере обуславливает необходимость различных исследований в области инженерии, биоматериалов, клеточной биологии, биофизики и медицины, что нужно для получения продуктивных результатов при использовании данного подхода.



Рис. 9. Биомимикрия

5.2. Автономная самосборка

Еще одним подходом к воспроизведению биологических тканей является использование стратегии развития органов в эмбриогенезе как базовой основы. Так, ранние клеточные компоненты развивающейся ткани производят свои собственные элементы внеклеточного матрикса, приобретают сигнальные системы, организацию и характеристики, обуславливающие желаемую микроархитектуру и функции (рис. 10). «Бескаркасный» вариант этого подхода включает использование самособирающихся клеточных сфероидов, которые будут подвергаться расплавлению и клеточной реорганизации для воссоздания развивающихся тканей. Принцип автономной самосборки основывается на том утверждении, что клетка как основной стимулирующий фактор гистогенеза управляет структурной организацией, локализацией и основными свойствами ткани. Применение этого подхода требует глубоких знаний механизмов развития тканей в эмбриогенезе, а также разработки методов управления микроокружением ткани для регулирования механизмов клеточной дифференцировки в готовой печатной модели.

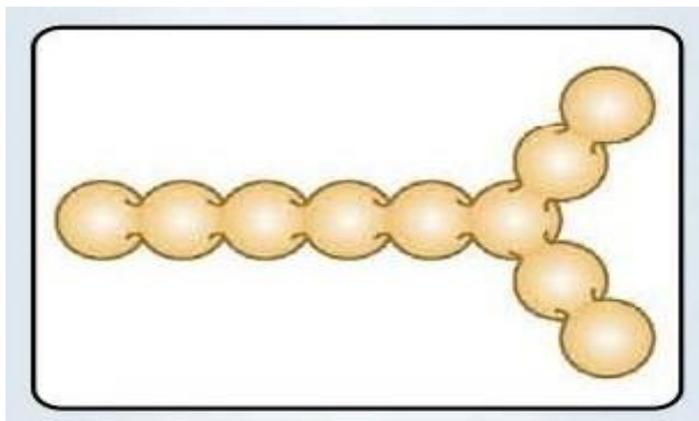


Рис. 10. Автономная самосборка

5.2. Мини-ткани

Концепция мини-тканей уместна для обеих вышеупомянутых стратегий трехмерной биопечати. Органы и ткани будут состоять из небольших функционирующих блоков, так называемых «мини-тканей» (рис. 11) –

наименьших структурных и функциональных компонентов ткани. Мини-ткани могут быть объединены в конструкции большего размера как оптимальным предварительным размещением, так и без стороннего вмешательства. Не исключается и комбинация этих методов. Таким образом, существуют две основные стратегии. Первая – самособирающиеся клеточные сфероиды, которые будут объединены в ткани с помощью физиологического размещения. Вторая – полученные тканевые единицы будут сами собираться в функционирующую ткань без каких-либо вмешательств извне.

Скорее всего, для печати мультифункциональной комплексной трехмерной структуры будет необходимо комбинировать вышеупомянутые стратегии. Главные этапы печати, общие для всех методов, таковы: создание образа и оформление, проектирование, выбор материалов и клеток, печать тканевой конструкции. Далее печатная конструкция трансплантируется (иногда после созревания *in vitro*) или подвергается анализу в лабораторных условиях. [8]

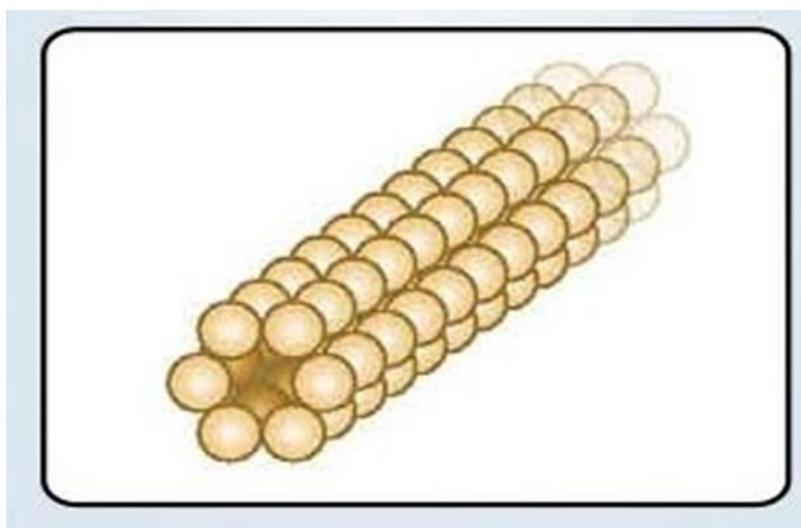


Рис. 11. Мини-ткани

Заключение

В настоящее время биопечать развивается стремительными темпами. Мы надеемся, что рост этих темпов будет стремительно увеличиваться, и через пару десятков лет биопечать поможет человечеству избавиться

от большинства проблем различного рода, и, в целом, делает жизнь людей проще.

Литература

1. Библиотека «Элементы» https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/4
2. Авдеенко Г.Ю., Галкина А.В. Биопринтеры в медицине. Луганск: Луганский государственный медицинский университет, 2013.
3. Биопечать органов на 3D принтере, как это работает. MAKE 3D. <https://make-3d.ru/>
4. Журнал «Наука и жизнь». Выпуск 11-2013. <http://www.nkj.ru/interview/>
5. Филатова О. Печать будущего: биопринтинг. Часть 2. Печатник.com, 2016. URL: <https://pechatnick.com/articles/pechat-bydyshego-bioprinting-chast-2>
6. Биопринтер FABION. 3dbio (3D Bioprinting Solutions). URL: <http://www.bioprinting.ru/investors/projects/fabion/>
7. 3D Биопечать органов и тканей. Medach. URL: <http://old.medach.pro/innovations/bioinzheneriya/3d-bioprinting-of-tissues-and-organs/>
8. 3D bioprinting of tissues and organs. Nature Biotechnology, 2014. Vol. 32, pp. 773–785.

КОХЛЕАРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ

**К.П. Витрук, А.А. Данилов, Ж. Жуманов, И.А. Останин,
К.А. Янин, А.В. Хаустова**

В данной работе представлена основная информация о кохлеарной имплантации и ее перспективах развития. Целью нашей работы стало изучение принципа действия кохлеарного импланта, а также физиологических особенностей слуховой системы. Кроме того, в статье уделено особое внимание истории кохлеарной имплантации и современным разработкам в этой области. В результате нам удалось систематизировать найденный материал и изложить его в доступной форме.

Введение

На сегодняшний день в России насчитывается более 12 миллионов человек с нарушением слуха, в том числе детей и подростков. Ежегодно рождаются около 1500 глухих детей. [1] Ухудшение слуха или полная глухота осложняет повседневную жизнь человека. Поэтому лечение и профилактика потери слуха очень важна, особенно для детей на раннем периоде жизни, так как потеря слуха может стать причиной задержки в речевом развитии и ухудшении интеллектуальных способностей.

Большинство людей, у которых отмечается снижение слуха, используют слуховые аппараты. Но не во всех случаях это является панацеей. И тогда заходит разговор о кохлеарной имплантации, как наиболее эффективного метода восстановления функции слухового нерва. Однако операция по установке импланта – это только малая часть процесса. Пациентам потребуется долгий и сложный период реабилитации, чтобы вновь научиться слышать и распознавать звуки.

Как одно из самых молодых направлений в России, кохлеарная имплантация усиленно развивается и с каждым годом количество успешных операций по вживлению импланта растет.

1. История создания и развития кохлеарной имплантации

Один из первых экспериментов влияния электрического тока на слуховую систему был проведен в XVIII веке физиком Алессандро Вольта.

Приложив к ушам металлические проводники, подключенные к электрической цепи, он ощутил звук кипящей воды. Данный эксперимент был повторен неоднократно другими учеными, но не один из них не мог дать точного объяснения механизма стимуляции слухового нерва электрическим током.

Тем не менее, в первой половине XX века различные исследования доказали существенную связь между электрической стимуляцией и возникновением слуховых ощущений. Так например, в 1950 году учеными Андре Джурно и Шарль Ирэ было проведено прямое стимулирование слухового нерва электродами. [2] Во время операции они прикладывали провода, подключенные к электрическому току, к слуховым нервам, в результате чего пациенты ощущали звук в виде шума колеса или треска.

С появлением материалов, которые не отторгаются человеческим телом при внедрении во внутреннее ухо, а также с разработкой систем, способных преобразовывать звуковой сигнал в электрические стимулы, развитие кохлеарного имплантирования ускорилось. В 50-х годах стали появляться первые образцы кохлеарного импланта, правда их размеры не позволяли пациентам носить их с собой.

В 1957 году доктором *Charles Eyries* была проведена первая операция введения в улитку уха одноканального (одноэлектродного) импланта. Особенность одноканального импланта заключается в его способности передавать информацию только о наличии и громкости звука. [3] Спустя какое-то время имплант был поврежден, а повторная операция не дала результатов. Другими учеными также пытались повторить подобную операцию, но и они не увенчались успехом.

В 1961 году Уильям Хаус, вдохновившись работами Джурно, создает слуховой аппарат, который оборачивается неудачей из-за отторжения импланта организмом. Работа Хауса подверглась сильной критике со стороны физиологов и хирургов, но он продолжал работать в этом направлении. В 1969 году Хаусу удается создать работающую модель одноканального импланта, которая помогала пациентам лучше читать по губам. [4]

В 1970 году другой ученый Грэм Кларк занимается созданием аппарата искусственного уха, который он впервые испытывает на своем глухом отце. В 1978 году Кларк успешно вживляет первый многоканальный кохлеарный имплант.

В 1991 году при участии профессора Эрнста Ленхардта и доктора Моники Ленхардт в Москве были проведены две первые операции по установке импланта. В том же году в России была начата программа многоканальной кохлеарной имплантации под руководством Георгия Таварткиладзе, к которой подключились многие научно-исследовательские институты России. [5] С тех пор кардинально изменились критерии отбора пациентов для кохлеарной имплантации, так и условия проведения реабилитационных мероприятий.

2. Физиология слуха

Слух это способность организма воспринимать звуки – явление, которое возникает при колебании каких-либо предметов с определенной частотой. Звуки в свою очередь характеризуются по громкости и частоте колебаний. Единицей измерения громкости является децибел. Чем громче звук, тем больше число децибел. Единицей измерения частоты является герц (1 колебание за секунду). Чем больше частота звука, тем более высоким он слышится.

Слуховая система состоит из двух отделов – периферического и центрального. В периферический отдел входят ухо и слуховой нерв. Центральный отдел состоит из слуховых центров. Функциями слуховых центров мозга являются обработка и анализ звуков.

Рассмотрим общее строение уха. Оно состоит из 3-частей: наружного, среднего и внутреннего (рис. 1).

Наружное ухо включает в себя ушную раковину и слуховой проход. Именно здесь происходит сбор звуков и передача полученных сигналов в кору головного мозга. Звук при попадании в слуховой проход вызывает колебание барабанной перепонки, находящейся в среднем ухе. С барабан-

ной перепонкой связаны слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремечко, которые передают колебания во внутреннее ухо, усиливая их.

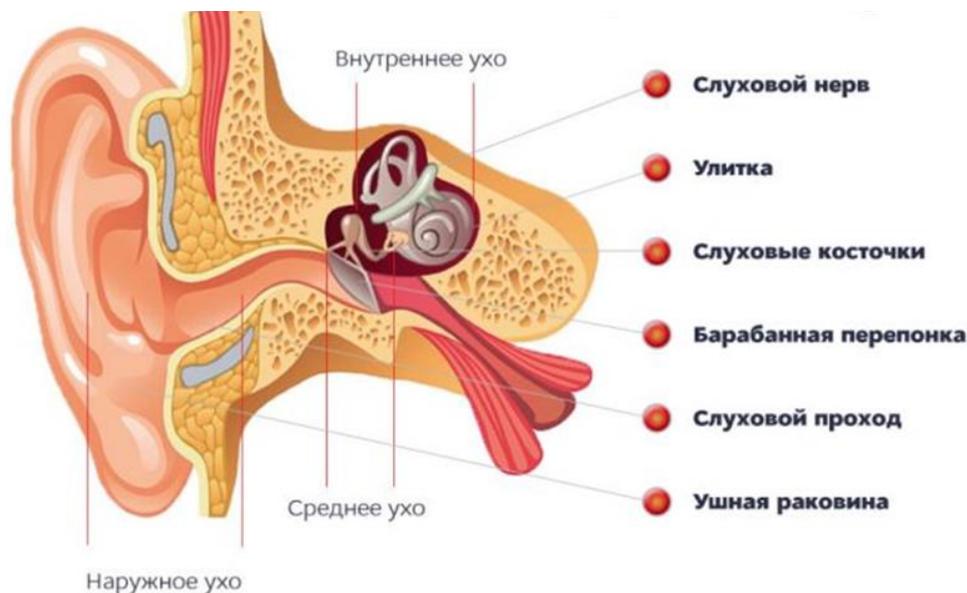


Рис. 1. Строение уха

Внутренняя часть уха самая важная. Она своим видом напоминает лабиринт, откуда и берет свое название. В нее входит слуховой нерв и улитка, заполненная жидкостью. Полученные колебания передаются жидкости, которая стимулирует слуховые рецепторы — волосковые клетки. В результате они создают слабые электрические сигналы, которые передаются по слуховому нерву к слуховым центрам мозга. Каждая волосковая клетка отвечает за звук определенной частоты, поэтому когда одна из них погибает человек перестает слышать звуки той частоты, за которую эта клетка отвечала.

Нарушение слуха – это полное (глухота) или частичное (тугоухость) снижение способности обнаруживать и понимать звуки. Глухота может быть как врожденной, так и наследственной. При повреждении наружного и среднего уха возникает кондуктивная тугоухость, а при повреждении частей внутреннего уха возникает сенсоневральная тугоухость, которая связана с дефектом волосковых клеток. Волосковые клетки не восстанавливаются. [6]

В зависимости от степени снижения слуха выделяют I, II, III, IV степени снижения слуха (тугоухости) и глухоту (табл. 1).

Таблица 1.

Слуховое восприятие при различной степени потери слуха

Степень снижения слуха	Средние пороги слуха на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц	Восприятие разговорной и громкой речи	Восприятие шепотной речи
Норма	0 — 25 дБ	>10 м	6 м
I	26 — 40 дБ	6 — 3 м	2 м — у уха
II	41 — 55 дБ	3 м — у уха	Нет — у уха
III	56 — 70 дБ	Громкая речь у уха	Нет
IV	71 — 90 дБ	Крик у уха	Нет
Глухота	>91 дБ	Нет	Нет

В случае малой степени потери слуха бывает достаточно слухового аппарата или медикаментозного лечения для того, чтобы человек вновь стал ясно слышать. Однако при тяжелой тугоухости или полной глухоте может потребоваться серьезное хирургическое вмешательство. В конечном итоге любое лечение потери слуха строго индивидуально.

Стоит понимать, что кохлеарная имплантация – это не просто операция, а целая система мероприятий. Сначала проводится диагностическое обследование, чтобы исключить возможные патологии органа слуха, и только после того, как убедятся в необходимости проведения операции – проводится процедура по введению импланта во внутреннее ухо. Затем наступает самый сложный период – реабилитация, где пациента учат воспринимать и различать звуки.

3. Устройство и принцип работы кохлеарного импланта

Основная задача кохлеарного импланта – восполнить функцию поврежденных волосковых клеток при сенсоневральной тугоухости, восстанавливая при этом работу преобразования звуковых колебаний в электрические сигналы. Кохлеарный имплант состоит из 2-ух основных частей — внутренней и наружной (рис. 2).

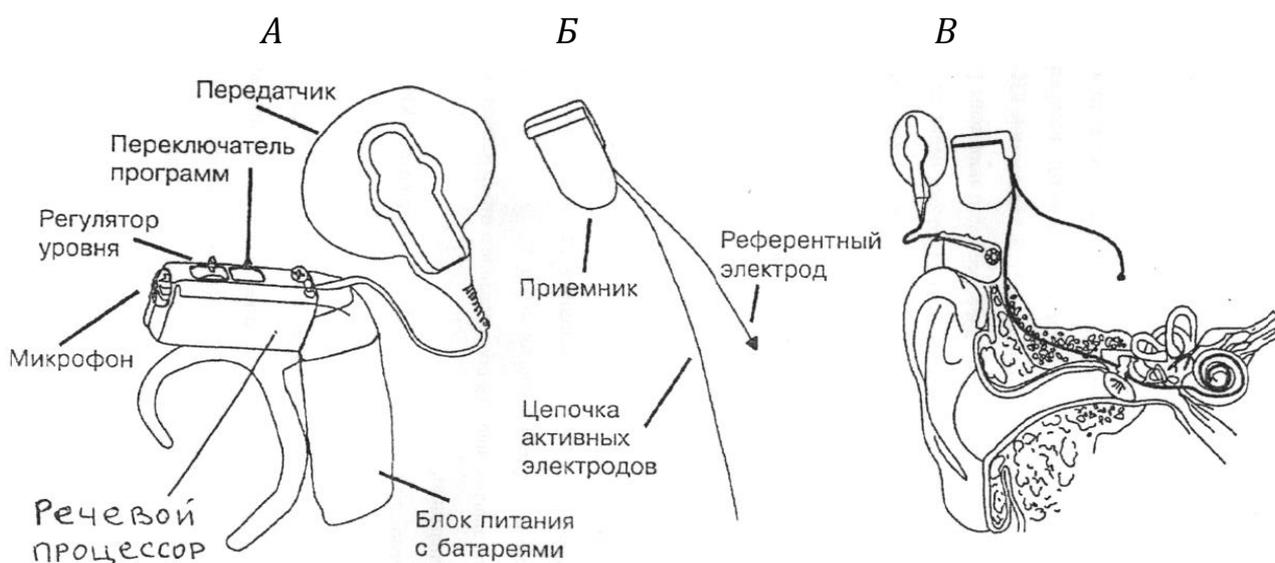


Рис. 2. Устройство кохлеарного импланта. А – наружная часть, Б – внутренняя (имплантируемая) часть, В – схема расположения кохлеарного импланта на голове пациента.

Внутренняя (имплантируемая) часть содержит приемник с электродами, которые размещаются в улитке. Наружная часть состоит из микрофона, передатчика с магнитом и речевого процессора.

Основной принцип работы кохлеарного импланта:

1. Микрофон речевого процессора воспринимает звуки.
2. Речевой процессор анализирует звуки и кодирует их в последовательность электрических импульсов.
3. Радиопередатчик передает электрические импульсы через кожу головы к приемнику импланта.
4. Имплант передает электрические импульсы на электроды в улитке.

5. Слуховой нерв воспринимает эти импульсы и посылает их в слуховые центры мозга.
6. Мозг распознает переданные сигналы как звук. [7]

4. Современные разработки

На современном этапе можно выделить две выдающиеся разработки в области кохлеарной имплантации: бинауральную имплантацию и комбинированную электроакустическую стимуляцию (ЭАС).

Бинауральная или двусторонняя имплантация – это установка кохлеарного импланта на каждое ухо. Главное преимущество бинауральной имплантации – более естественное восприятие звука. У пациента повышается способность локализовать звук и различать речь в шумной обстановке. [8]

–Комбинированная электроакустическая стимуляция — разработка, предназначенная для больных с частичной потерей слуха. Она позволяет вместе с кохлеарным имплантом применить усилитель звука, который обеспечивает более четкое и ясное звучание. [9]

5. Перспективы развития

Сегодня основное внимание уделяется развитию научных исследований и новых технологий для улучшения эффективности кохлеарной имплантации.

Доктор медицинских наук, профессор, основатель Российского научно-практического центра аудиологии и слухопротезирования Георгий Таварткиладзе в своем докладе выделил следующие направления развития кохлеарной имплантации:

- Разработка прототипа кохлеарного импланта, где электроды располагаются максимально близко к месту стимуляции;
- Разработка новых методов стимуляции, например, оптическая стимуляция;

- Оптимизация стратегий кодирования сигналов и других аспектов бинауральной имплантации и электроакустической стимуляции, все еще находящихся на начальных стадиях развития;
- Дальнейшая разработка хирургических подходов и медикаментозной стимуляции с целью сохранения остаточного слуха во время и после имплантации;
- Дальнейшая разработка стратегий, обеспечивающих приближение к сложным и взаимодействующим процессам обработки информации, происходящим в нормальной улитке.
- Генетические исследования, предусматривающие разработку методов генной терапии, заключающейся в искусственной экспрессии РНК. [10]

Заключение

За последние 25 лет в России был достигнут значительный прогресс в области кохлеарной имплантации. На сегодняшний день совершается более 1300 операций в год. В 2015 году Россия заняла 4-ое место в мире по количеству операций по кохлеарной имплантации для глухих детей. [11] А уже в 2017 году было успешно запущено промышленное производство речевых процессов в Московской области, что в свою очередь должно помочь снизить цену и стоимость обслуживания из-за отсутствия необходимости закупки зарубежных деталей. [12]

Тем не менее, кохлеарная имплантация остается довольно дорогостоящей операцией, которую себе может позволить не каждый человек. Также существуют спорные моменты в сообществе глухонемых о необходимости проведения данной операций детям, так как ребенок впоследствии не сможет проходить магнитно-резонансную томографию без повторной операции по извлечению магнита из импланта, которая может повлечь за собой осложнения. Все это свидетельствует о том, что работа с кохлеарной имплантацией в России еще далека от завершения.

Литература

1. Алексеева Н.С., Азнабаева Л.Ф., Антонив В.Ф. и др. Оториноларингология: национальное руководство / под ред. В.Т. Пальчуна. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.
2. Рылев Ю. 6000 изобретений XX и XXI веков, изменившие мир. М.: ЭСКО, 2012.
3. Королева И.В. Кохлеарная имплантация глухих детей и взрослых (электродное протезирование слуха). СПб.: КАРО, 2012.
4. Таварткиладзе Г.А. История кохлеарной имплантации // Альманах Института коррекционной педагогики. 2017. Альманах №30. [Электронный ресурс] <https://alldef.ru/ru/articles/almanac-30/the-history-of-cochlear-implantation>
5. Denworth Lydia. I Can Hear You Whisper: An Intimate Journey through the Science of Sound and Language. USA: Penguin Group, 2014.
6. Королева И.В. Кохлеарная имплантация и слухоречевая реабилитация детей и взрослых. СПб.: КАРО, 2009.
7. Что такое кохлеарная имплантация? [Электронный ресурс] <http://slishim.ru/cochlear-implantation/chto-takoe-koxlearnaya-implantacziya/>
8. Бинауральная имплантация. [Электронный ресурс] <http://www.ramtec.ru/kohlearnyeimplanty/cochlear-implantation-step-by-step/bilateral-and-binaural-implantation/binaural-implantation.aspx>
9. Электроакустическая стимуляция ЭАС. [Электронный ресурс] <http://www.azimut.spb.ru/catalog/otorinolaringologia/implantants/eas.html>
10. Таварткиладзе Г.А. Современные достижения кохлеарной имплантации. Медицинские аспекты // Альманах Института коррекционной педагогики. 2015. Альманах №21 [Электронный ресурс] <https://alldef.ru/ru/articles/almanah-21/sovremennyye-dostizheniya-koxlearnoj-implantaczii.-mediczijskie-aspekty>
11. Российская Федерация занимает четвертое место в мире по числу операций по кохлеарной имплантации для глухих детей. [Электронный ресурс] <https://www.rosminzdrav.ru/news/2015/08/27/2508-rossiyskaya-federatsiya-zanimaet-chetvertoe-mesto-v-mire-po-chislu-operatsiy-po-kohlearnoy-implantatsii-dlya-gluhih-detey>
12. "Исток Аудио" запустил производство кохлеарных имплантов во Фрязино. [Электронный ресурс] <http://social-tech.ru/novosti/istok-audio-zapustil-proizvodstv-koxlearnix-implantov-vo-fryazino.html>

ЭНДОСКОПИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Ю.Н. Бабой, А.Е. Смолин, Г. Кирилюк, А.И. Костяк,
С. Мартиросов, К.С. Воронин

В данной статье рассмотрены эндоскопические методы исследования, как способ осмотра, диагностики и лечения заболеваний некоторых внутренних органов при помощи эндоскопов. Особое внимание будет уделено видам эндоскопии. Разобрано, как устроены эндоскопы. А также будут проанализированы перспективы развития эндоскопии.

Введение

В своем развитии эндоскопия прошла через несколько стадий, характеризовавшихся совершенствованием оптических приборов и появлением новых методов диагностики и лечения. До определённого времени осмотр внутренних органов без хирургического вмешательства был невозможен.

Первые попытки применения эндоскопии были предприняты уже в конце XVIII века, но это были опасные и неосуществимые попытки. Только в 1806 году Филипп Боззини (рис. 1), считающийся в настоящее время изобретателем эндоскопа, сконструировал аппарат для исследования прямой кишки и полости матки. Аппарат представлял собой жесткую трубку с системой линз и зеркал, а источником света была свеча. Этот прибор ни разу не был использован для исследований на людях, поскольку автор был наказан медицинским факультетом «за любопытство».

В последующем, свечу в эндоскопах сменила спиртовая лампа, а вместо жесткой трубки вводился гибкий проводник. Однако, главными осложнениями обследования оставались ожоги, от которых медики частично избавились только с изобретением миниатюрных электроламп, которые укреплялись на конце вводимого в полость аппарата. В закрытые полости, не имеющие естественной связи с внешней средой, аппарат вводился через создаваемое отверстие (прокол в стенке живота или грудной клетки). Тем не менее, до появления волоконно-оптических систем эндоскопическая диагностика не получила широкого применения.



Рис. 1. Филипп Боззини

Возможности эндоскопии существенно расширились со 2-й половины XX века с появлением стеклянных волоконных световодов и на их основе – приборов волоконной оптики. Осмотру стали доступны почти все органы, увеличилась освещённость исследуемых органов, появились условия для фотографирования и, появилась возможность записи на видеоманитфон чёрно-белого или цветного изображения

Документирование результатов эндоскопического исследования помогает объективно изучать динамику патологических процессов, происходящих в каком-либо органе. [1]

1. Виды эндоскопии

1.1. Жесткая эндоскопия

Эндоскоп – медицинский инструмент для осмотра внутренних полостей тела. Существуют приборы с жестким и гибким зондом. Жесткие эндоскопы - эффективное оборудование для эндовидеохирургии и диагностики.

Жесткий медицинский эндоскоп. Лапароскопический эндоскоп состоит из металлической трубки, линз и видеокамеры. Устройство проходит через небольшой разрез или естественное отверстие в теле. Линзы дают увеличенное изображение пораженных зон (тканей, органов, полостей). Для того, чтобы врач мог увидеть область исследования, производители предусмотрели галогеновый осветитель, встроенный в прибор. Через внутренний канал проходят тонкие инструменты, и оборудование используют не только для диагностики, но и для хирургических (лапароскопических) операций. По сравнению с гибким, жесткий эндоскоп для лапароскопии имеет более простую и надежную конструкцию. Назначение Жесткие эндоскопы используют для таких процедур, как биопсия подозрительной ткани, исследование источников кровотечения, осмотр полостей сустава во время операции, а также скрининг и удаление полипов и опухолей; в урологии, гинекологии, артроскопии, при оперативных вмешательствах на позвоночнике и в общей хирургии. Существуют также жесткие эндоскопы для ЛОР-операций и диагностики. Во время хирургических операций трубку вводят через небольшой разрез. В канал вставляют лапароскопическое оборудование, с помощью которого врач может захватывать и разрезать ткань, отсасывать жидкость и брать биопсийную пробу. Лапароскопический эндоскоп многофункционален и упрощает работу хирурга: прибор увеличивает, освещает, снимает внутреннюю полость, и через него можно проникнуть к внутренним органам без больших разрезов. Благодаря этому ускоряются заживление раны и реабилитация пациента.

Подготовка к операции с применением эндоскопа. Перед введением эндоскопа для лапароскопии пациент принимает седативный препарат. Если речь идет об оперативном вмешательстве, анестезиолог делает наркоз или местную анестезию. Перед диагностикой с применением жесткого эндоскопа может потребоваться и дополнительная подготовка. Вид подготовительных процедур зависит от типа диагностики и рекомендаций врача.

Выгоды от использования эндоскопов. С помощью жестких эндоскопов хирурги могут тщательно осмотреть пораженные ткани. Диаметр ка-

нала достаточно большой, через него смогут пройти оборудование и инструменты для лапароскопического оборудования. Жесткий медицинский эндоскоп тщательно обрабатывают, а рабочую часть (трубку) держат в стерильном боксе или на специальной стойке. Правильная обработка и применение осуществляется в соответствии с регламентами. [2]

1.2. Гибкая эндоскопия

В гибких эндоскопах (рис. 2) визуальная система и система передачи света состоят из волоконной оптики, смонтированной внутри гибкой трубки с управляемым дистальным концом.

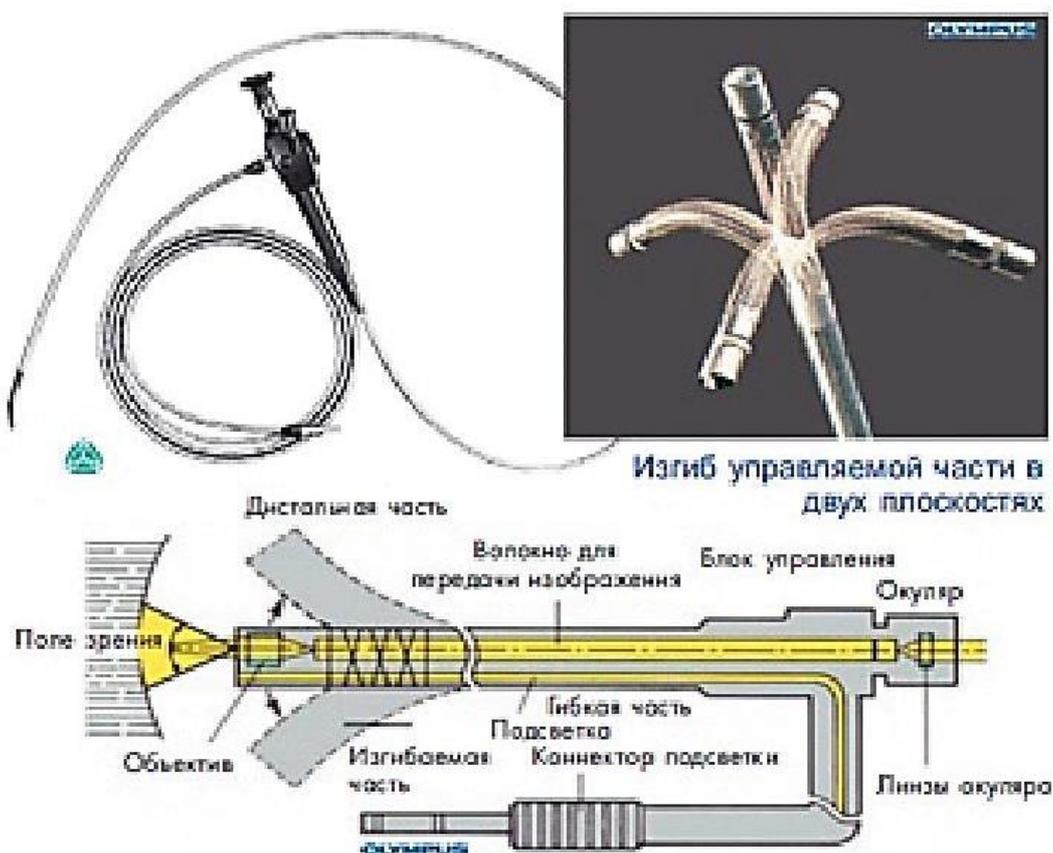


Рис. 2. Гибкий эндоскоп

Канал для передачи изображения представляет собой линзовый объектив, который строит изображение исследуемого объекта на торце кабеля для передачи изображения. Далее изображение передается по ка-

белю, состоящему из большого числа волокон толщиной 10-12 мкм. Расположения торцов волокон на входе кабеля точно должно соответствовать их расположению на выходе, т. е. должна быть регулярная укладка. Изображение, полученное на конце кабеля, рассматривается через окуляр, имеющий диоптрийную подвижку для подстройки под глаза.

Канал для передачи света представляет собой, как правило, светорассеивающую линзу, клеенную в головку прибора, световолоконный жгут с нерегулярно уложенными волокнами толщиной 2S мкм. Конец световолоконного жгута вмонтирован в специальный наконечник, подключающийся к осветителю.

Гибкие эндоскопы имеют управляемый дистальный конец, изгибающийся в одной или двух плоскостях. Как правило, это определяется диаметром рабочей части. Обычно в эндоскопах малого диаметра (6 мм и менее) изгиб осуществляется в одной плоскости, а в более крупных - в двух.

В эндоскопах различных производителей угол изгиба равняется 180°. К тому же эндоскопы могут комплектоваться насадками или объективами бокового наблюдения. Это важно, если есть необходимость осматривать, например, стенки труб малого диаметра, где изгиб дистального конца невозможен.

Эндоскопы могут иметь канал для гибкого инструмента при необходимости осуществления манипуляций, например, захвата предметов, взятия пробы и т. д.

Основным недостатком гибких эндоскопов по сравнению с жесткими является более низкая разрешающая способность.

При выборе гибкого эндоскопа руководствуются двумя основными параметрами: диаметром и длиной рабочей части. Наиболее распространенные диаметры 4, 6, 8, 10 и 12 мм. В последнее время ведущие производители предлагают гибкие эндоскопы диаметром рабочей части от 0,5 до 2 мм. Длины рабочей части изменяются от 500 до 3000 мм с шагом, как правило, 500 мм. Угол поля зрения составляет 50-60°. При необходимости он может быть увеличен до 90- 100°.[3]

2. Устройство эндоскопов

2.1. Жесткие эндоскопы

Основа любого эндоскопа – его оптическая система, которая позволяет получить визуальное изображение объекта, не доступного по своей природе для внешнего наблюдения.

Развитие волоконной оптики, способной передавать свет по изогнутым каналам, послужило созданию эндоскопов с дистальным концом, который изгибается в широком диапазоне. Эти приборы получили массовое распространение в медицине для исследования малодоступных органов, например, дыхательных путей и пищеварительного тракта.

Оптическая система жестких эндоскопов (рис. 3) состоит из многокомпонентных линз, помещенных в защитный тубус из нержавеющей стали. Линзовая оптическая система обеспечивает наиболее высокую разрешающую способность с минимальными искажениями. Съёмный или жестко закрепленный кабель подсветки передает свет от внешнего осветителя через оптическое волокно, проложенное внутри тубуса, в осматриваемую область. Оптическая система жестких эндоскопов малого диаметра (до 2,7 мм) строится на основе стержневой оптики в виде сплошного стеклянного цилиндра с переменной по диаметру оптической плотностью.

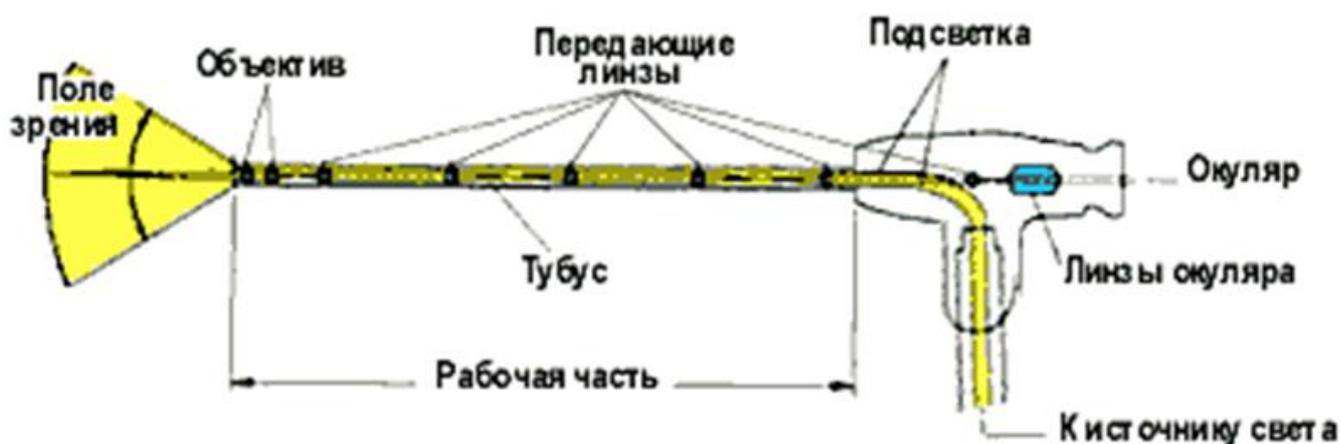


Рис. 3. Устройство жесткого эндоскопа

Несмотря на разнообразие волоконных эндоскопов, все они имеют одинаковый принцип строения.

В жестком эндоскопе для наблюдения совмещены две системы: визуальная и световая. Первая служит для непосредственного наблюдения и исследования, вторая обеспечивает подачу света на обследуемый объект или поверхность. Эти две системы заключены в жесткую внешнюю трубку определенной длины.

Визуальная система может представлять собой систему стержневых линз, градиентную оптическую или может быть на основе ахроматических дуплетов.

- Система ахроматических дуплетов применяется при диаметре 6,5-10 мм.
- Система стержневых линз подходит для эндоскопов диаметра меньше 6,5 мм.
- Для совсем диметров (меньше 2 мм) применяется градиентная система.

Световая система представляет собой оптоволокно находящееся между внешней трубкой и трубкой визуальной системы. [4]

Подключение эндоскопа. Современные технологии позволяют использовать различные методы подключения камеры к дисплею, компьютеру и даже телефону. Большое количество моделей технических эндоскопов выпускается в виде комплекта, включающего в себя:

- камеру;
- блок управления;
- дисплей.

Подключение компонентов друг к другу осуществляется посредством гибкой связи.

Однако учитывая, что компьютер сейчас имеется практически у каждого, широкое распространение получают эндоскопы, в комплекте которых только сама камера, гибкий направляющий зонд с соединительными проводами внутри и штекер для подключения к USB разъёму стационарного компьютера, ноутбука или телефона.

Такая комплектация USB эндоскопа гораздо более практична, она значительно дешевле, так как не содержит габаритного блока управления и дисплея.

После подключения камеры эндоскопа к USB порту компьютера, либо к телефону, можно использовать средства операционной системы, но гораздо удобней применить специализированное прикладное программное обеспечение, раскрывающее гораздо больше возможностей эндоскопа.

Необходимые программы, поставляемые на прилагаемом диске, следует установить перед тем, как подключить эндоскоп к ноутбуку или телефону. Поскольку данные приспособления предназначены для обследования скрытых пространств, в их комплект входят USB эндоскопы с подсветкой.

Поскольку современные телефоны по функциональности приближаются к полноценным компьютерам, камера эндоскопа может быть подключена к мобильному телефону, работающему под управлением Android. Единственное условие, которому должен отвечать телефон – это поддержка адаптера OTG.

Это адаптер, позволяющий подключать к телефону различные периферийные USB устройства (клавиатуру, мышь и т.д.). В комплекте эндоскопа должен находиться диск с прикладным программным обеспечением, в том числе для адаптации эндоскопа для Android. С подключением адаптера OTG могут возникнуть проблемы. Для их решения созданы специальные программы, заставляющие систему «увидеть» USB эндоскоп.

Комплект с камерой эндоскопа для смартфона представляет собой наиболее компактный вариант системы для проведения обследований и позволяет наладчику в буквальном смысле носить её в кармане.

2.2. Гибкие эндоскопы

Гибкий эндоскоп состоит из частей (рис. 4): А – гибкая рабочая часть, В – корпус устройства, С – окуляр, D – соединительный кабель, Е – разъем осветителя; 1 – управляемый дистальный конец, 2 – головка, 3 – кнопка подачи воды и воздуха, 4 – кнопка управления аспирацией, 5 – ручки управления дистальной частью, 6 – вход инструментального канала. С по-

мощью ручек управления (5) можно манипулировать дистальным концом (1), который способен изгибаться. Управляемый конец может изгибаться под разными углами, благодаря чему можно ввести прибор в труднодоступные области. Гибкая рабочая часть А включает в себя каналы для передачи изображения, светового потока, воды и воздуха. В приборе есть специальный канал для инструментов (6), который также может быть использован для аспирации при исследовании. Выход каналов находится в головке (2) дистальной части (1). Корпус В оснащен системами, которые управляют дистальной частью, подачей жидкостей, воздуха и аспирацией. Основа волоконного эндоскопа – это оптическая система, которая состоит из объектива, установленного в головке и жгута проводящих стеклянных нитей. Окуляр С соединен со жгутом и позволяет рассматривать изображение в увеличенном виде. Свет передается через стекловолоконный световод, который переходит в кабель D, подсоединенный к внешнему источнику света с помощью специального разъема E.

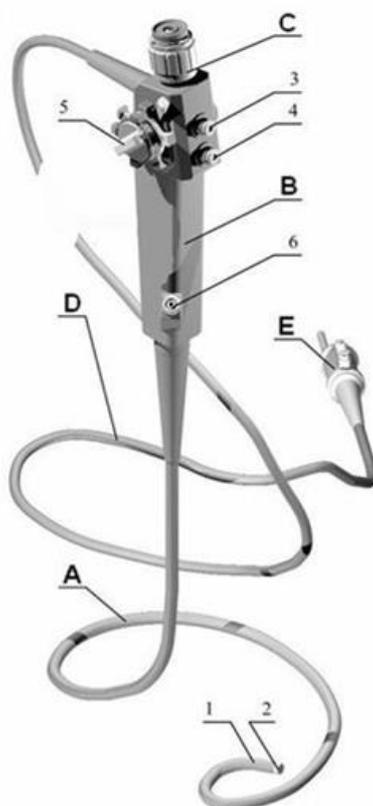


Рис. 4. Гибкий эндоскоп

Это дает возможность получить необходимый для осмотра уровень освещенности.

Через кабель также подаются воздух и вода, которые переключаются кнопкой (3). Функция аспирации управляется кнопкой (4). Рабочая часть покрыта эластичной оболочкой, что минимизирует дискомфорт при проведении устройства по анатомическому проходу. [5]

Устройство фиброскопа. Фиброскопы (рис. 5) – достаточно сложные и технологичные эндоскопы. В основе их рабочей части – гибкий резиновый тубус (рубашка), которая с проксимальной стороны присоединена к корпусу с рычагами управления и клапанами, с другой стороны, к рабочей части с изгибаемым концом.

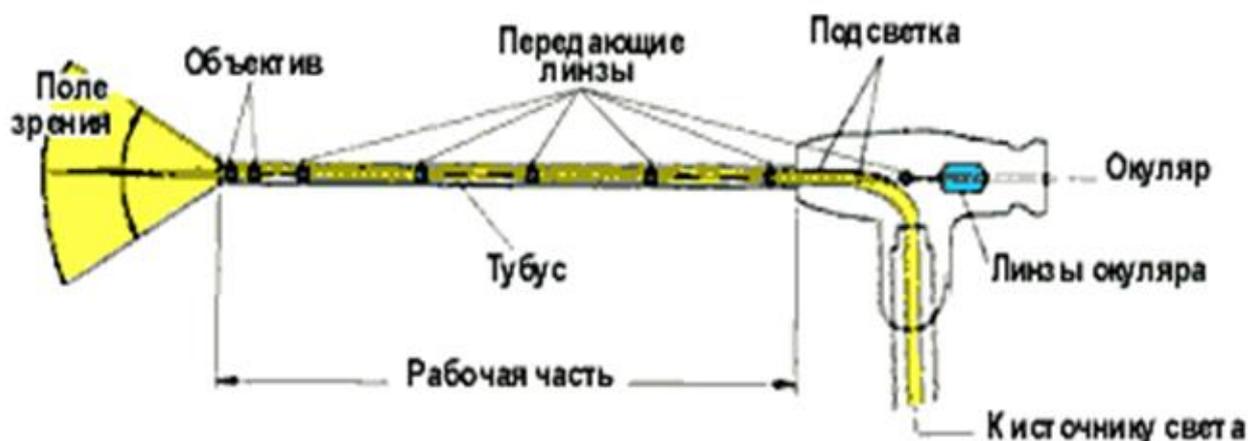


Рис. 5. Устройство фиброскопа

Сами внешние тубусы (рубашки) фиброскопов изготовлены из многослойной системы из нескольких спиральных пружин ленточного типа, снаружи которых надет металлический корд с резиновой оболочкой.

Такая многослойная конструкция ленточного типа позволяет добиться высоких технических показателей на сминание (сжатие), кручение при требуемых показателях жесткости (мягкости) тубуса фиброскопа.

Характеристики жесткости очень важны, т.к. от них зависит возможность проведения исследований при эндоскопии. Высокая жесткость, вызовет при введении у пациента дискомфорт, а малая не позволит правиль-

но ввести эндоскоп и затруднит управляемость. Также необходимая жесткость предотвращает скручивание тубуса фиброскопа.

В фиброскопах для исследования верхних отделов ЖКТ, где требуется повышенная эластичность тубусов, обычно устанавливается моноспиральная оболочка, а в нижних отделах ЖКТ обычно устанавливается трехслойная спиральная оболочка, т.к. требуется повышенная жесткость на кручение.

Кроме того, в тубусах колоноскопа, проксимальная часть дополнительно усилена для удобства.

Внутри тубуса фиброскопа находятся: регулярное волокно, передающее изображение, инструментальные каналы, канал вода/воздух, светопередающее волокно, диаметры кол-во которых может отличаться в зависимости от производителя и модели эндоскопа.[6]

Отличие гибкого эндоскопа от фиброскопа. Основное отличие гибких видеоэндоскопов от фиброскопов заключается в том, что внутри видеоэндоскопов вместо передающего изображения регулярного волокна на дистальном конце находится матрица, позволяющая в высоком качестве передавать изображение на эндовидеомонитор.

На дистальном конце в зависимости от модели могут находиться: канал вода/воздух, световоды, объектив, канал для омывания объектива, инструментальный канал, в некоторых случаях даже конфокальный микроскоп или УЗИ датчик.

3. Перспективы

Изначально метод эндоскопии применялся лишь для диагностирования заболеваний желудочно-кишечного тракта (гастроскопия, колоноскопия, проктосигмоскопия и т.д.), впоследствии этот метод исследований применялся для изучения и диагностирования заболеваний в других органах человека (артроскопия, гистероскопия, лапароскопия, трахеобронхоскопия и т.д.).

Однако сейчас самые большие перспективы эндоскопия имеет в области хирургии, ввиду того, что это гораздо более современный подход к

проведению операций. Благодаря эндоскопам можно проводить операции через естественные отверстия человека, не оставляя никаких шрамов (эндоскопия), либо через небольшие искусственные разрезы (2-10 мм) (лапароскопия). Их заживление после операции происходит гораздо быстрее, чем при проведении операции классическими способами и через некоторое время они практически незаметны на коже пациента.

При проведении эндоскопической операции в полость оперируемого органа или в брюшную полость вводятся специальные инструменты-манипуляторы.

3.1. Преимущества малоинвазивной хирургии над обычной

- Детальная визуализация анатомических структур.
- Сокращение реабилитационного периода почти в 2-5 раз (отсутствие постельного режима, быстрый возврат к обычному образу жизни).
- Снижение риска травмирования соседних органов (частое осложнение при открытых полостных операциях) и возникновения в будущем послеоперационных грыж.
- Практически невидимые послеоперационные рубцы.
- Минимум риска образования спаечного процесса, практически неизбежного при открытых операциях (Не происходит охлаждения и высушивания серозной поверхности внутренних органов, что уменьшает вероятность образования спаек.).
- Незначительная кровопотеря.
- Высокая точность диагностики и лечения благодаря оптической системе и контролю зрения.
- Минимум послеоперационных болей.
- Органосохраняющий принцип (например, при лечении трубного бесплодия проводится пластика труб, при лечении миомы матки удаляются только миоматозные узлы с сохранением репродуктивной функции женщины). [7]

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что данный вид вмешательства является современным достижением медицины. Он позволяет выбрать для больных наиболее щадящий способ оперативного вмеша-

тельства, что особенно ценно при наличии дополнительных патологий в организме. Благодаря такому методу, как малоинвазивные операции, риск возникновения осложнения сводится к минимуму, период реабилитации больного занимает меньше времени, а возврат к обычному ритму жизни происходит значительно быстрее, чем после обычного хирургического вмешательства. Возможно, эндоскопическая хирургия станет одним из основных хирургических принципов в недалёком будущем. [8]

Заключение

Подводя итоги важно отметить, что несмотря на то, что эндоскопия это относительно недавний метод как в диагностике, так и в хирургии, она уже успела занять очень важную роль в медицинской практике.

Эндоскопия является одним из самых перспективных направлений в медицине ввиду своей эффективности, безопасности и удобства.

Перспектива развития эндоскопии заключается в совершенствовании техники и достижении минимально инвазивных методов эндоскопии и улучшения прижизненной диагностики. Развитию диагностической эндоскопии с применением магнитоуправляемых видеокапсул, видеоэндоскопия становится видеоэндомикроскопией (с прижизненным различием клеток и тканей, без биопсии). Возможно в недалеком будущем можно будет говорить уже и о молекулярной эндоскопии, когда при введении эндоскопа будет автоматически определяться болезнь по белкам и ферментам.

Литература

1. Свободная энциклопедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Эндоскопия>
2. Сайт по продаже медицинского оборудования с подробным описанием. URL: http://teh-med.ru/endoskopiya_lemke
3. Файловый архив студентов. URL: <https://studfiles.net/preview/5784766/page:10/>
4. Магазин эндоскопического оборудования со статьями по данной теме. URL: <http://endoscopeparts.ru/anatomiya-gibkix-endoskopov/>
5. Интернет-магазин медицинского оборудования. URL: <http://medbuy.ru/articles/anatomiya-endoskopa>

6. Сайт с подробными обзорами медицинской техники. URL: <http://www.unitec.su/obzori/886-ustrojstvo-gibkikh-endoskopov.html>
7. Сайт частной клиники лапароскопической хирургии. URL: <https://www.gutaclinic.ru/terms/ie/endoskopicheskaya-khirurgiya/>
8. Свободная российская энциклопедия. URL: <http://fb.ru/article/291626/maloinvazivnaya-operatsiya-osobnosti-riski-preimuschestva-i-posledstviya>

ПОРТАТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ПАРАМЕТРОВ ЗДОРОВЬЯ

А.А. Миронова, А.С. Ежкова, И. Погорелов,
К.Ю. Ванин, Я.С. Пархоменко

Работа представляет собой подробное рассмотрение новейших электронных медицинских технологий, созданных для контроля параметров здоровья. Целью нашей работы стало изучение современных портативных технологий и анализ дальнейшей перспективы их развития. В результате получены картина, отражающая нынешнюю ситуацию, связанную с распространением портативных устройств на мировом рынке, и прогноз на возможное развитие данной ситуации

Введение

Процесс внедрения информационных технологий в здравоохранении развивается активно, это - неотъемлемая составляющая современного мира, обусловленная глобальным технологическим прогрессом и соответствующими требованиями общества к оказанию медицинской помощи.

Все элементы связаны в единую информационную систему, что позволяет использовать ее как для индивидуальной дистанционной связи между лечащим врачом и пациентом.

Разработки в области мобильного здравоохранения становятся основой для создания виртуальных центров охраны здоровья. Это обусловлено объединением усилий разработчиков мобильных технологий, органов управления здравоохранения и непосредственно потребителей.

1. Рынок mHealth. Деление и развитие рынка «мобильного» здравоохранения

1.1. «Мобильное» здравоохранение

Мобильное здравоохранение — это термин, обозначающий использование мобильных устройств и беспроводных технологий в целях медицинской помощи, а также обеспечения здорового образа жизни человека. Наиболее знакомым для многих примером технологий mHealth является программы для мобильных телефонов, связанные с контролем физического состояния или фитнесом.

Сегодня mHealth – это два крупных направления, которые развиваются параллельно. Первое – это технологии, устройства, приложения и услуги для лечения и ухода за пациентами, второе – это системы и устройства, предназначенные для контроля за соблюдением здорового образа жизни (wellness) и фитнеса (fitness) [1].

1.2. Развитие

Работа над созданием систем мобильного здравоохранения в США, Канаде, Британии и Индии ведется с 90-х. Сам термин MobileHealth (mHealth) ввел в обиход в 2003 году английский профессор, академик Роберт Истепаниян. Он разработал концепцию нового уровня эволюции mHealth и ввел еще одно понятие - 4G Health.

Одну из первых mHealth-систем разработали в 2005 году в лондонском университете под началом профессора Брайана Вудворда при участии индийских ученых. Уникальная система позволяла отслеживать состояние здоровья человека и передавать данные с мобильного телефона в клинику в любой точке мира. Устройство передавало данные о насыщении крови кислородом, давлении, уровне глюкозы в крови, ударах сердца.

1.3 Деление

Мобильные приложения. Быстрорастущий сегмент рынка mHealth - мобильные приложения для смартфонов в области здравоохранения. Можно выделить четыре основные категории мобильных приложений:

- Общее здоровье и фитнес (фитнес, питание и т.д.);
- Медицинская информация (справочники, информирование, диагностика, образование);
- Удаленные консультации и мониторинг;
- Управление здоровьем (электронные карты пациентов, логическая и платежная поддержка).

Разработчики приложений и носимых устройств стоят сейчас перед выбором: сохранить ли данные пользователей под своим контролем или разрешить обмен данными с появляющимися на рынке новыми платформами, в том числе и принадлежащими конкурентам.

Устройства для поддержания здорового образа жизни. Рынок устройств и приложений для фитнеса и поддержания здорового образа жизни сегодня развивается заметно быстрее, чем второе направление mHealth. Это связано с тем, что отрасль здравоохранения очень консервативна – новые продукты и услуги появляются в ней только после многочисленных испытаний, клинических исследований и согласований с различными ведомствами. Для фитнес-устройств этого не требуется и они быстрее находят путь к потребителю [2].

В отчете PSFK LABS говорится, что индустрия носимых устройств может переориентироваться с браслетных трекеров на датчики здоровья, которые будут полностью встраиваться или внутрь человеческого тела, или непосредственно на него в 2020 году.

Носимые мобильные системы (Wearable technologies). Рынок носимых технологий не совсем правильно было бы относить к mHealth, но он очень тесно связан со сферой устройств для поддержания здорового образа жизни. В список товаров этой категории входят:

- Умные часы и очки;
- Трекеры движений в 3D (трекер бросков в баскетболе, системы мониторинга ударов для американского футбола и т.п.);
- Носимые камеры

«Умные» носимые гаджеты существуют достаточно давно, но именно сейчас наблюдается бурное развитие соответствующего сегмента.

Устройства для мониторинга здоровья и диагностики. Как отмечено выше, этот сектор развивается не так бурно, как сектор систем для фитнеса. Но именно в этом направлении заложен будущий успех mHealth.

В эту категорию входят:

- Системы мониторинга: работы сердца, давления, глюкозы, работы мозга, сна и т.п.;
- Многопараметрические системы мониторинга;
- Системы удаленного взаимодействия с врачом;
- Носимые, имплантируемые и проглатываемые сенсоры различных жизненных показателей;

- Диагностические системы и системы быстрого анализа (крови, слюны, мочи, дыхания и т.п.);
- Системы для ухода за пожилыми людьми, хронически больными и детьми;
- Приложения для контроля здоровья, контроля употребления лекарств.

1.4. Инвестиции в mHealth

Рост потребительского спроса на технологии цифровой медицины породил небывалую предпринимательскую активность. Инвестиции в решения, связанные с включением пациентов в процесс лечения, выросли на 410%. Вторым по значению оказался рынок сенсорных систем и мониторинга жизненных показателей, вложения в который возросли на 243%.

1.5. Предпосылки роста

- Проникновение мобильных устройств в нашу жизнь.
Количество абонентов мобильной связи в мире в этом году уже превысило численность населения планеты. А через пять лет на каждого живущего на Земле человека будет приходиться от 2 до 6 подключенных устройств.
- Старение населения планеты.
Старение — серьезная экономическая проблема. Согласно прогнозам ООН, к 2050 году 22% населения земли будет пенсионерами. Пожилые люди чаще болеют хроническими заболеваниями и больше нуждаются в медицинской помощи.
- Системы здравоохранения дорожают.
Рост численности людей на планете и старение увеличивают медицинские расходы. Расходы на здравоохранение в США выросли с 3 трлн. долл. в 2014 году и вырастут до 5 трлн. в 2022 году [3].

2. Диагностические устройства

Портативное медицинское оборудование представляет собой приборы небольшого размера, которые используются в медицинских целях для диагностики, профилактики и лечения болезни. Технический прогресс

позволил уменьшить размеры этого оборудования до размеров, которые позволяют уместить их в небольшом чемодане или хранить на полке в шкафу.

2.1. Диагностическое медицинское оборудование

Портативная медицинская техника для диагностики используется, как правило, только врачами. Она применяется для обследования нетранспортабельных больных в больничных палатах или в домашних условиях. По способу диагностики портативная техника делится на: портативные рентгеновские аппараты, биорезонансные сканеры и ультразвуковые диагностические приборы.

К числу последних относится сканер ультразвуковой для носовых пазух эхосинускоп.

Эхосинускоп – это устройство для ультразвуковой диагностики воспалений лобной и гайморовой придаточных пазух носа

Эхосинускоп позволяет быстро и безболезненно провести диагностику лобных и верхнечелюстных пазух. Применяемый при исследовании ультразвук абсолютно безвреден для организма. С помощью эхосинускопа состояние пазух можно контролировать ежедневно, что дает полную картину заболевания и возможность своевременной корректировки лечения. Данное компактное устройство имеет малый вес и небольшой размер, что дает возможность лечащему врачу носить его в кармане халата при обходе и осмотре больных [4].

Прибор оснащен аккумулятором, обеспечивающим его продолжительную автономную работу. Для эхосинускопа не требуется дополнительного обслуживания и расходных материалов.

2.2. Профилактическое медицинское оборудование

Переносные приборы для профилактики предназначены для предупреждения у людей различных заболеваний и устранения факторов риска. Применяются такие приборы для воздействия на лежащих больных в стационаре и использования в домашних условиях. В основном компактные медицинские приборы используются в домашних условиях. Это является отличным способом сохранить здоровье и трудоспособность, не прибегая

к различным лекарствам. По способу воздействия на организм они подразделяются на приборы магнитного, теплового, вибрационного и комплексного воздействия. Использование портативных медицинских приборов позволяет улучшить кровообращение, восстановить полярность клеток и активизировать работу ферментной системы.

2.3. Мир медицинских устройств

Все имеющиеся на рынке высокотехнологичные средства медицинского направления сформировали два основных вектора:

- Привычные бытовые приборы, предметы и устройства (кружки, термометры, весы), подключенные к Интернету. Используя программы и другое инновационное оснащение, эти вещи способны контролировать некоторые аспекты нашей жизни (питьевой режим, время принятия лекарственных препаратов) и накапливать сведения о жизнедеятельности в специальных хранилищах.
- Специализированные медицинские устройства (чаще диагностические), ставшие компактнее и проще в обращении. С их помощью можно проводить точные измерения и анализы в домашних условиях [5].

2.4. Смартфон-диагностика и облачные сервисы

Сегодня существует множество приложений, которые подсчитывают, сколько вы выпили воды, как долго были на ногах и сколько лишних калорий набрали за обедом. Одно из самых перспективных начинаний — приложение Ginger.io. Оно позволяет следить за режимом дня и может само связаться с клиникой или семейным врачом, если что-то идет не так, как обычно. С помощью простых опросников Ginger.io анализирует поведение и график жизни пользователя. Оно способно определить стресс и депрессию, предупредить появление бессонницы и т.д.

Другое мобильное приложение под названием HealthTap позволяет получать консультации врачей онлайн. Доктора отвечают пользователям в текстовом формате, как в социальной сети или на форуме, а за небольшую плату можно пообщаться с врачом с помощью личных со-

общений. Кроме того, приложение позволяет подобрать себе специалиста и записаться к нему на очную консультацию.

Облачный сервис для генетиков DNAnexus за последние годы из небольшого рискованного начинания превратился в крупную компанию с большим штатом. Сервис предлагает инструменты для анализа данных профильных исследований, в том числе для секвенирования ДНК (определения последовательности в цепочке) и иммунопреципитации хроматина (для оценки регуляции транскрипции генов). DNAnexus также позволяет визуализировать результаты проведенных ДНК-тестов.

3. Устройства замещения утраченных функций органов

3.1. Протез межпозвоночных дисков

Замена межпозвоночного диска – микрохирургическая методика вживления имплантата диска после тотальной дискэктомии. Подобная операция по замене позволяет надежно стабилизировать пораженный сегмент, вернуть ему утраченные функции опороспособности. Протезирование восстанавливает подвижность приближенным к нормальным значениям. Благодаря внедрению между двумя позвонковыми телами специального замещающего устройства (рис. 1) пациент избавляется от компрессии нервных корешков, отступают болевой синдром и неврологические расстройства, существенно улучшается работоспособность проблемной части хребта.

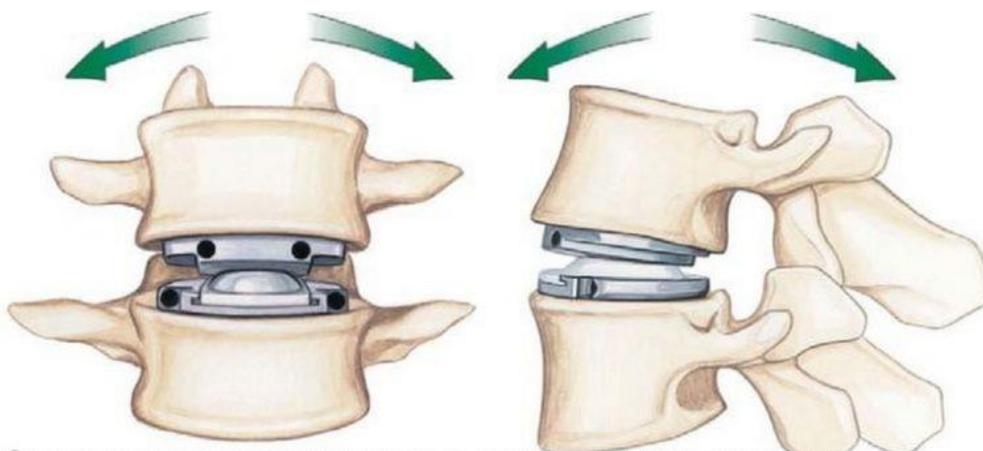


Рис. 1. Схема протеза межпозвоночных дисков между позвонками

Они обеспечивают с контролируемой амплитудой и смягчением осевой нагрузки все шесть плоскостей движения, в том числе сжатие и растяжение, как у естественного диска [6].

3.2. Бионический глаз

Бионический глаз — искусственная зрительная система для восстановления потерянного зрения при некоторых формах слепоты.

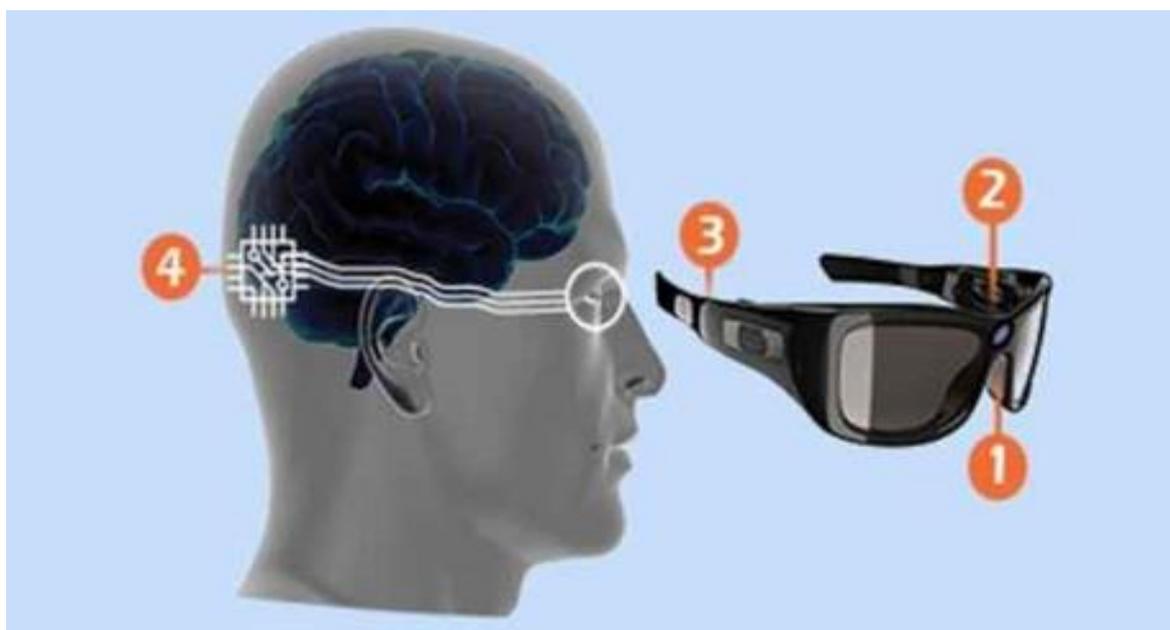


Рис. 2. Схема электронных очков для незрячих

В глазу с поврежденной сетчаткой вживляют имплантат – протез сетчатки глаза, дополняя сетчатку с оставшимися в ней неповрежденными нейронами искусственными фоторецепторами. Бионический глаз может быть использован для компенсации потерянных зрительных ощущений.

При полной слепоте в специальные очки встраивается миниатюрная видеокамера, которая работает таким образом:

- информация посылается на видеопроцессор, который пациент носит на поясе.
- Процессор преобразует картинку в электронный сигнал и отправляет его на специальный передатчик, также встроенный в очки.

- Передатчик посылает беспроводной сигнал на тончайший электронный приёмник-ресивер, встроенный в глаз, и фотосенсор (электродная панель), который имплантирован в сетчатку пациента [7].

3.3. Бионическая рука

Американские ученые из Медицинской школы университета Вашингтона в Сент-Луисе разработали управляемое с помощью мыслей устройство, получившее название Ipsihand, которое помогает людям после инсульта восстановить контроль над своими руками.

Устройство состоит из специальной шапочки с электродами и самой бионической руки. С помощью такой шапочки сигнал о желании сжать или разжать парализованную руку передается на устройство, где встроенный в него компьютер усиливает сигнал, позволяющий управлять механизмом бионической руки [8].

3.4. Слуховой аппарат

Внутриканальные аппараты представляют собой приспособления, которые обладают самым маленьким размером среди остальных разновидностей слуховых устройств. Они очень компактны, а потому невидимы окружающим людям.

В состав таких приборов входят микрофон, динамик и усилитель звука. Все элементы располагаются внутри приспособления. Поскольку данный вид аппаратов обладает достаточно миниатюрным размером, направленных микрофонов в нем нет.

После попадания в ухо звуки вначале проходят по ушному проходу, после чего поступают в слуховой аппарат. Действие внутриканальных устройств базируется на преобразовании цифрового кода в звуковой сигнал, воспринимаемый ухом.

Существует несколько разновидностей таких устройств (рис. 3), каждая из которых имеет определенные особенности:

СИС – самая маленькая модель прибора, которая может компенсировать распространенные нарушения слуха;

СТ – данное устройство имеет чуть большие размеры и соответственно больший заряд мощности;

IT – самое мощное устройство, которое может быть оснащено регулятором громкости [9].

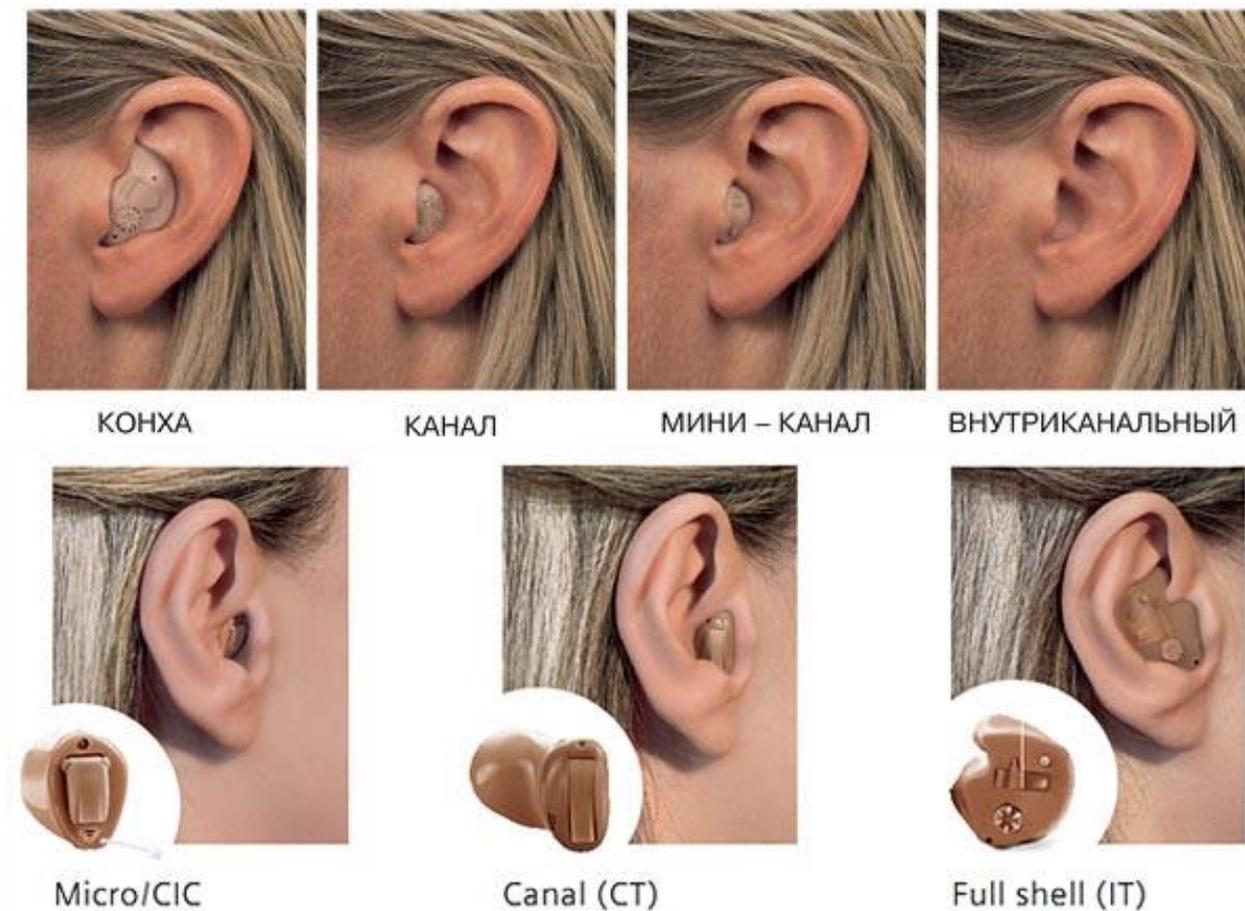


Рис. 3. Виды слуховых аппаратов

3.5 Кардиостимулятор

Кардиостимулятор представлен в виде электрического прибора, ключевое предназначение которого заключается в поддержании конкретной частоты сердечных сокращений. Кардиостимуляторы современного образца достаточно компактные и легкие, для их изготовления используются титановые соединения. Прибор обеспечивается автономным питанием за счет встроенного аккумулятора и микросхемы. Непосредственный контакт прибора с миокардом обеспечивают прочные электроды, осна-

щенные чувствительной головкой для взаимодействия с сердечной мышцей и подачи разряда.

Прибор подает разряд, если собственные сердечные сокращения становятся слишком хаотичными или, наоборот, редкими. Современные модели успешно приспосабливаются к физиологическим особенностям сердца и его нуждам, они не только посылают импульсы, но также анализируют данные о заданном ритме сердца [10].

4. Одежда и здоровье. Идеи и футуристические прогнозы возможного использования одежды и обуви в здравоохранении.

На данный момент наибольшее распространение «умная» одежда получила в сфере спорта и некоторых других видах деятельности, в которых людям требуется особая спецформа. Причиной подобного развития использования интеллектуальной одежды является готовность людей, занятых в этих сферах, приобретать современную технологичную одежду, зачастую за немалые деньги.

Спектр возможностей «умного» гардероба не особо широк, его условно можно поделить на две категории, учитывая выполняемые им функции. Первая - дополнителем смартфона пользователя. Примерами могут служить NFC-метки, встроенные в рукава куртки, кнопки регулирования громкости воспроизводимой музыки, беспроводные наушники, встроенные в шапку, и так далее [11].

Наиболее интересна категория одежды, позволяющая следить за здоровьем и состоянием организма пользователя [12]. Эту одежду, в свою очередь, можно разделить на два класса: профилактическую и диагностическую. Функция профилактической одежды - предотвращение развития хронических заболеваний, возникновения болевых синдромов в организме:

- Умный ремень от C-Lab. Он контролирует режим питания, активность и показывает, сколько человек проводит времени сидя.

Управлять функциями ремня и следить за показателями можно через специальное приложение для смартфона.

- Умный купальник от SpinaliDesign. Этот купальник оснащен специальными датчиками, отслеживающими количество ультрафиолетового излучения и температуру воздуха.
- Умные носки Siren. Авторы настоящего проекта утверждают, что многие травмы можно получить незаметно, например, слишком сильно затянув шнурки, тем самым «пережав» артерии. Новые носки помогут контролировать это, в постоянном режиме анализируя температуру ног с помощью вплетенных в нити датчиков.

Следующая категория устройств позволяет измерять физиологические показатели организма. Одежда с такими возможностями особенно ценна для спортсменов, для больных хроническими заболеваниями и для людей некоторых профессий, чья работа тесно связана с перегрузками и опасностями для жизни. Примеры такой одежды:

- Мониторинг здоровья груди iTBra. Бюстгальтер CyscadiaHealth – это метод доврачебной диагностики рака молочной железы. Ряд специальных тепловых датчиков анализируют температуру тела и фиксируют малейшие ее изменения, после чего с помощью специального ПО выявляются симптомы, которые указывают на определенные риски.
- Кардио-футболка (рис. 4) CB-sport. По большому счету, пульсометр не встроен в нее, он лишь удобно крепится на груди, освобождая запястье и позволяя заменять датчик. Вокруг груди идет специальная лента из проводящих волокон, которая и позволяет непрерывно замерять ЧСС.
- Умные носки от Senseria (рис. 5). Изделия ориентированы в первую очередь на спортсменов и оснащены незаметными датчиками распределения нагрузки по стопе. Специальное устройство крепится на голени и анализирует данные с датчиков, позволяя владельцу носков с помощью фирменного приложения отслеживать информацию по тренировкам, технике бега и положению

стопы. Приложение также может посоветовать, как скорректировать технику, чтобы получить больше комфорта от занятий спортом и достичь новых результатов.



Рис. 4. Кардио-футболка



Рис. 5. Носки Senseria

- Кроссовки XiaomiSmartShoes выпускаются в Китае одним из крупнейших спортивных брендов Li-Ning и оснащены Bluetooth-трекером активности наподобие Mi-Band. Они способны замерять количество пройденных шагов, записывать маршрут и скорость на пробежках.
- OwletSmartSock — это «умный носок», который использует принятые в перинатальной медицине технологии пульсовой оксиметрии для постоянного мониторинга сердцебиения и дыхания младенца. Если насыщенность крови кислородом у ребенка падает, родители получают тревожный сигнал.

Таким образом, рынок умной одежды довольно слабо развит на данный момент. Тем не менее, мы все ближе и ближе подбираемся к тому моменту, когда смарт-одежда войдет в нашу повседневную жизнь. Развитие технологий позволяет интегрировать в ткани все больше функций, многие крупные кампании активно финансируют подразделения, разрабатывающие умный гардероб.

5. Перспективы mHealth

Развитие технологий интернета вещей приводит к изменениям привычек и повышению качества жизни людей. В последние несколько лет постоянно растет число устройств, позволяющих пользователям следить за своим здоровьем и даже дистанционно получать квалифицированную медицинскую помощь. Многие подобные устройства облегчают и работу врачей.

Работа большинства современных информационных технологий в области медицины направлена на извлечение количественных данных, характеризующих основные параметры состояния здоровья пациента. Такие данные интерпретируются как первичные диагностические гипотезы (умозаключения о характере болезни, построенные на основании расспроса больного), влияющие на поведение пользователей медицинских устройств в отношении состояния здоровья. Тем не менее, данные могут

быть не только количественными, они могут включать в себя и качественные параметры.

Такие параметры уменьшают роль вероятности в диагностике заболеваний и добавляют аргументированности к решениям, принимаемым как самостоятельно пациентом, так и совместно с врачом [13].

В возможности устройств вошла передача медицинских данных в лечебные учреждения и оперативный контроль изменения поведения человека. В функционале носимых браслетов остались исключительно передача информации в медицинские центры или облачные хранилища данных, отображение информации о текущем состоянии здоровья организма и вопросы безопасности (проверка паролей подключения). К 2019 году аналитики прогнозируют появление имплантируемых медицинских устройств для мониторинга и диагностики организма человека, позволяющих удаленно корректировать терапию.

Аналитики исследовательской компании PSFK Labs утверждают: к 2019 году индустрия носимых медицинских электронных устройств переориентируется на выпуск универсальных датчиков здоровья, взамен популярных сейчас носимых трекеров.

Будущее оптических сенсоров и носимых устройств — это неинвазивный (не связанный с проникновением через естественные внешние барьеры организма) анализ уровней биологических составляющих, без забора крови. И сегодня огромное количество крупных компаний трудится над тем, чтобы создать оптический сенсор для измерения уровня глюкозы. К сожалению, сегодня пока еще такой сенсор не создан. Величина ошибки достаточно велика у такого сенсора.

Важным драйвером в развитии медицинских технологий являются системы распознавания изображений. За счет того, что сегодня у нас есть очень большое количество технологий распознавания изображений, базирующихся на нейронных сетях, мы все дальше и дальше идем по тому, чтобы наше медицинское устройство помогало нам за счет камеры и аналитики разобраться лучше в том, что с нами происходит.

Самый, наверное, большой прогресс здесь в дерматологии. Потому что есть программы, которые могут проанализировать различные кожные образования, в частности невусы (в просторечье — родинки), и с достаточно высокой долей вероятности указать на то, каков риск того, что это образование является злокачественным.

Достаточно долго качество датчиков обыкновенных носимых устройств – умных часов, смартфонов – будет недостаточно, для того чтобы делать суждения о том, что происходит с организмом человека. Где может быть реальный прогресс в ближайшие годы, так это запись кардиограммы во время физической активности и точное дозирование правильных физических нагрузок.

В то же время для тяжелобольных людей уже разработаны более сложные устройства, которые могут использоваться на дому. И здесь тоже ожидаем очень серьезный прогресс. Наибольшую пользу от такого рода устройств могут получить сердечно-сосудистые пациенты с различными аритмиями и пожилые пациенты с неврологическими заболеваниями [14].

5.1. Прогнозы на будущее

Развитие мобильных технологий идет быстрее всех прогнозов, мы, в сущности, уже сегодня живем в мире вещей и людей, который постоянно связаны друг с другом связью всех видов. Работы в области mHealth ведутся во все возрастающим темпе, и Россия не исключение, их ведут энтузиасты при уже появившейся поддержке государства, и результат рано или поздно появится.

Если к этому рынку активно присоединятся мобильные операторы, то это будет мощный шаг вперед. Они находятся в уникальной позиции, позволяющей решить сразу много проблем mHealth — обеспечить массовость подключения, исключить проблемы поиска и подключения медицинских приложений за счет их предварительно инсталляции на мобильных устройствах.

Быстро распространяющаяся доступность высокоскоростной связи, которая предоставляет новые возможности для сложных приложений mHealth, таких как удаленные видео-консультации, так же приближает эту

фантастическую картину к реальной жизни. mHealth предоставляет многочисленные возможности и для фармацевтической отрасли, начиная от контроля разработок новых лекарств и мониторинга своих сетей поставок, до отслеживания появления на рынке контрафактных медикаментов. Кроме того, мобильные приложения и системы имеют потенциал существенно снизить затраты в отрасли здравоохранения, одновременно улучшив качество услуг и лечения [15].

Заключение

Главной движущей силой рынка станет растущее распространение совместимых с ними устройств и спрос пользователей и пациентов на интересующие их данные.

Программы, снижающие стоимость медицинских услуг, будут пользоваться успехом, поскольку благодаря им пациенты смогут сократить общие расходы. К этой категории относятся приложения телемедицины и программы, помогающие пациентам, страдающим хроническими заболеваниями, следить за своим состоянием.

Возможности роста обусловлены и выводом данных на новый качественный уровень. Появятся носимые устройства и приложения, которые будут использовать эти данные. Следующее поколение устройств сможет отслеживать больше различных показателей и поддерживать постоянную обратную связь с пользователями. Возникает тенденция, при которой пациент становится не только источником, но и поставщиком информации.

Литература

1. Gagadgets.com (n.d.). — Медицина на связи — Режим доступа: <https://gagadget.com/science/21126-что-такое-mhealth-как-mobilnyie-tehnologii-mogut-zabotitsya-o-nashem-zdorove>
2. Блог компаний Medgadgets. (n.d.). mHealth — «Мобильное» здравоохранение в современном мире - Режим доступа: <https://habr.com/company/medgadgets/blog/227159>
3. Zdrav.Expert. (n.d.). — Приложения mhealth (мировой рынок) — Режим доступа: http://zdrav.expert/index.php/Статья:Приложения_mHealth_%28мировой_рынок%29

4. Портативная медицинская техника – Режим доступа: http://catalog.gaw.ru/ua/medtech/porta_tech.htm
5. Портативные медицинские устройства в повседневной жизни человека – Режим доступа: <http://protivkart.org/main/11430-portativnye-medicinskie-ustroystva-v-povsednevnoy-zhizni-video.html>
6. Грыжа диска L5 и S1 – Режим доступа: <https://spina-expert.ru/mezhpozvonochnaya-gryzha/gryzha-diska-l5-i-s1-chto-eto/>
7. Бионический глаз человека – Режим доступа: http://ru.science.wikia.com/wiki/Бионический_глаз_человека
8. Бионическая рука с телепатическим управлением для реабилитации после инсульта – Режим доступа: <http://wear-gadget.ru/posts/2494209>
9. Особенности внутриканальных слуховых аппаратов – Режим доступа: <http://gidmed.com/otorinolarintologija/lechenie-lor/sluhovue-apparatu/vnutrikanalnye.html>
10. Кардиостимулятор сердца: основные плюсы и минусы – Режим доступа: <https://netbolezni.net/kardiologiya/499-kardiostimulyator-dlya-serdca.html>
11. Умная одежда: что можно купить уже сегодня – режим доступа: <https://habr.com/company/mvideo/blog/404635/>
12. Умная одежда в медицине – режим доступа: <https://golos.io/ifact/@ivanzar/ru-umnaya-odezhda-v-mediczine>
13. Константинова В. П., Сергин А. А. «Исследование востребованности портативных устройств по контролю здоровья человека» // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 32. – С. 296–297. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/771087.htm>.
14. Носимая электроника в медицине [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/82089>
15. mHealth — «мобильное» здравоохранение в современном мире [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://habr.com/company/medgadgets/blog/227159/>