

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
кафедра Основ радиотехники

# ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

Выпуск 6



Москва

2022

**РЕДКОЛЛЕГИЯ ВЫПУСКА**

*Магистранты кафедры ОРТ:*

Булгакова Юлия Владиславовна

Жуманов Жан

Липшиц Ксения Евгеньевна

Пархоменко Ярослава Сергеевна

Шарапов Игорь Валерьевич

*Шестой выпуск обзорных статей по медицинской электронике подготовлен студентами первого курса Радиотехнического факультета МЭИ, обучающимися по направлению бакалавриата «Биотехнические системы и технологии», образовательная программа – «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», под руководством и при активном содействии магистрантов кафедры ОРТ, также обучающихся по направлению «Биотехнические системы и технологии», образовательная программа – «Радиоэлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах». Работы выполнены научными коллективами студентов групп ЭР-15,16,17-22 в рамках освоения дисциплины «Введение в медицинскую электронику» и по достоинству оценены на зачетных занятиях.*

*Тематика статей традиционно разнообразна и охватывает широкий спектр видов медицинских приборов: приборы для диагностики, терапевтические аппараты, средства замещения утраченных органов и функций. Кроме того, рассмотрены приборы для косметологии, вопросы продаж медицинской техники, системы нейрокоммуникации и даже биоробот-таракан.*

*Хочется выразить искреннюю благодарность студентам-магистрантам группы ЭР-16м-22 за большую помощь в работе над статьями, доброжелательность, внимательность и ответственность.*

*Доцент кафедры Основ радиотехники  
Жихарева Галина Владимировна*

**СОДЕРЖАНИЕ**

ПЕЧАТЬ ОРГАНОВ НА 3D ПРИНТЕРАХ М.С. Анохов, Г.А. Гороховцев, Д.А. Джимбеев, Р.Р. Никаев, Ю.А. Фефелов, М.А. Харламов (ред. Ю.В. Булгакова) .....	5
ОКСИГЕНОТЕРАПИЯ И МЕТОДЫ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ НА ПРИМЕРЕ ЭКМО, КИСЛОРОДНЫХ ИНЪЕКЦИЙ И АППАРАТОВ ИВЛ И.В. Бабкин, А.Р. Васютина, Д.А. Иванова, М.В. Лиманский, П.В. Луканин, В.С. Попова (ред. Я.С. Пархоменко) .....	23
ПРОТЕЗИРОВАНИЕ. ЕГО ЗНАЧИМОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ Д.М. Плужников, Г.А. Романов, В.С. Прохоров, К.С. Рутгерс, Б.С. Жерлицын (ред. Ю.В. Булгакова) .....	48
НАРКОЗНО-ДЫХАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ Д.О. Павлов, В.А. Березников, К.Д. Колеченков, Э.В. Керимов, Х.Ф. Гайбуллаев, В.В. Жуков (ред. Ю.В. Булгакова) .....	62
САХАРНЫЙ ДИАБЕТ. МЕТОДЫ И АППАРАТЫ, ПОМОГАЮЩИЕ КОНТРОЛИРОВАТЬ БОЛЕЗНЬ А.Д. Демидова, Д.Д. Зубарев, А.А. Лукина, А.М. Магомедова, К.О. Пышова, А.С. Суховой (ред. Я.С. Пархоменко) .....	77
ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ АППАРАТОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ ТРАВМАТИЧЕСКОГО ШОКА Ю.А. Кирюхин (ред. Я.С. Пархоменко) .....	99
ПРОДАЖА МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ Е.А. Колесников, Е.С. Кучеров, Г.А. Фокин, К.К. Селезнев (ред. Ж. Жуманов) .....	113
ЭКЗОСКЕЛЕТЫ – ИЗ НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКИ В ПОВСЕДНЕВНУЮ ЖИЗНЬ И.Р. Иксанов, А.Ю. Тулубаев, Н.А. Солдатов, С.И. Дельпер, М.А. Доманов (ред. Ж. Жуманов) .....	128
ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КОСМЕТОЛОГИИ В.Д. Антонова, М.В. Луговская, А.В. Магомедова, К.О. Морозова, У.С. Сиданич, Е.А. Яремчук (ред. Ж. Жуманов) .....	139
СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ Г.А. Стёпкин, А.Д. Бабкин, Н.И. Корсун, А.И. Маркин, Д.С. Сморгачев (ред. К.Е. Липшиц) .....	155

БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА  
АНАЛИЗА БИОМАТЕРИАЛОВ

Т.А. Васильев, А.Д. Крылов, Д.И. Черников,  
И.А. Шишов (ред. К.Е. Липшиц) ..... 167

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ.  
ПРИМЕНЕНИЕ И РАСШИФРОВКА ДАННЫХ

Н.В. Кузьмина, Н.А. Бородин, П.Р. Бичарова, Д.К. Метакса,  
А.И. Чистова (ред. К.Е. Липшиц) ..... 182

БИОРОБОТ ТАРАКАН

Н.П. Кошелева, В.Ю. Коротаяева, М.В. Морозова, Е.В. Хомутова,  
А.А. Топорова (ред. И.В. Шарапов) ..... 203

СИСТЕМА НЕЙРОКОММУНИКАЦИИ И НЕЙРОТРЕНИНГА

Р.А. Журавлев, В. Ватаманюк, Е.В. Швец, Д.А. Першина,  
А.А. Болоненкова (ред. И.В. Шарапов) ..... 215

## **ПЕЧАТЬ ОРГАНОВ НА 3D ПРИНТЕРАХ**

**М.С. Анохов, Г.А. Гороховцев, Д.А. Джимбеев, Р.Р. Никаев,  
Ю.А. Фефелов, М.А. Харламов (ред. Ю.В. Булгакова)**

В данной работе представлен обзор на метод печати органов специализированными 3D принтерами. Во время прочтения статьи мы узнаем о том, какие методы лечения органов и поддержки их жизнедеятельности применяются сегодня, обсудим основные перспективы и идеи использования 3D печатей в медицине будущего, рассмотрим опыт применения их в лабораторных условиях, разберём устройство и принципы работы биопринтера и рассчитаем экономическую выгоду данного способа лечения. Целью работы является изучение аддитивных технологий в медицине, обоснование и подробное объяснение преимуществ по сравнению с донорством и другими современными методами лечения серьёзных заболеваний. В результате нам удалось найти нужный материал, узнать о разных методах печати органов, рассмотреть рынок и предложения специальных принтеров и материалов для них на сегодняшний день.

### **Введение**

Искусственное создание человеческой кожи, тканей и внутренних органов может показаться футуристической мечтой, но многое из этого происходит уже сейчас, хотя на ранних стадиях и в лабораторных условиях. В исследовательских учреждениях и больницах по всему миру достижения в области 3D-печати и, в частности, биопечати открывают новые возможности для лечения и научных исследований. Действительно, биопечать потенциально может стать следующим большим достижением в здравоохранении и персонализированной медицине. Но что такое биопечать и какой методике лечения болезней она может прийти на смену? Как это работает? Что она может сделать и для чего его действительно можно использовать? Давайте разберём эти вопросы более подробно.

## **1 Методы лечения и поддержки жизнедеятельности органов сегодня**

Организм человека – это система сложных биологических структур, где каждая из них отвечает за определенный спектр процессов необходимых для полного функционирования всей системы. Однако, как и в любой другой системе, в ней могут возникать ошибки, которые, в данном случае, проявляются в виде различных заболеваний, со временем усложняющих работу системы, что может привести к полному окончанию её работы. Среди болезней, приводящих к летальному исходу, самыми распространенными являются сосуdivисто-сердечные, такие как: артериальная гипертония, болезни аорты, сердечная недостаточность, стенокардия, опухоли сердца, травмы сердца и многие другие. В основном на ранних стадиях, они лечатся различными медикаментами и сменой образа жизни, но на более поздних стадиях может возникнуть необходимость хирургического вмешательства [1]. Например, при лечении сердечной недостаточности, в зависимости от причины, проводят следующие хирургические вмешательства:

- коронарная реваскуляризация, т.е. восстановление проходимости артерий сердца;
- реконструкция левого желудка;
- аортокоронарное шунтирование (АКШ), также известное как реконструкция клапанов сердца [2].

Однако эти методы применимы только в том случае, если полное восстановление возможно, иначе прибегают к трансплантации донорского органа и тут возникает ряд проблем:

- ограниченное количество доноров – лиц с подтвержденной смертью мозга, но со здоровым сердцем;
- длительный период времени, необходимый для подбора донора согласно листам ожидания, особенно это касается операции по пересадке сердца ребенку;

- проблемы этического характера, в том числе с религиозной точки зрения (в частности, человек, согласно христианским представлениям, считается живым, пока бьется его сердце);

- проблемы послеоперационного ведения больных, связанные с длительностью и дороговизной реабилитационного периода;

- короткий период времени хранения донорского сердца (до шести часов).

Помимо этого, у донора должны отсутствовать сердечные патологии, злокачественные опухоли, ВИЧ-инфекции и вирусные гепатиты, а группа крови донора и реципиента обязаны быть совместимы по системе АВ0 (система групп крови) и что немаловажно размеры сердца донора и реципиента должны быть приблизительно одинакового объема [3].

Если не соблюсти все вышеперечисленные условия, то могут возникнуть такие осложнения, как отторжение иммунной системой чужеродного тела, отказ трансплантата, сужение артерий, питающих сердце, а также могут возникнуть побочные эффекты от иммунодепрессантов как повышенная уязвимость к инфекциям, увеличение веса и проблемы с почками. При таких осложнениях не редко проводят вторую пересадку сердца [4].

Казалось бы, как закончатся все процедуры, жизнь опять пойдет обычным чередом, но не тут-то было, при употреблении иммунодепрессантов, пациент станет более уязвимым ко всем видам болезней и едва ли проживёт и 5 лет, некоторые не живут даже год и лишь единицы могут прожить больше 20 лет [5].

Также надо отметить то, что пересадка сердца не самая проблематичная операция. Например, при пересадке почки, чтобы донорский орган подходил человеку для трансплантации, учитывается такой фактор, как HLA (человеческий лейкоцитарный антиген), а это генетический маркер, отвечающий за предрасположенность и устойчивость к тем или иным болезням. И проблема тут заключается в том, что генетический маркер реципиента должен совпадать с маркером донора хотя бы наполовину, чтобы у реабилитируемого был 65% шанс в

ближайшие 2 года приживления органа, иначе операцию придется провести повторно с более подходящей донорской почкой, а прогнозируемый период жизни, даже при полном совпадении маркеров HLA-A и HLA-B, не более 5 лет. При всем при этом вы также будете сидеть на иммунодепрессантах, что тоже не радует [6].

Следовательно, трансплантация - это крайняя мера, которая может продлить человеку жизнь, но никак не позволить ему вернуться к прежнему образу жизни, не говоря уже о том, что нет никаких гарантий подбора подходящего донорского органа, и люди, осознавая эту действительность, начали искать выходы из сложившейся ситуации. В настоящее время самым перспективным из них является 3D-принтер, способный напечатать органы на основе образцов клеток человека.

## **2 Концепт лечения в будущем с применением технологии 3D печати**

Самый главный плюс 3D печати – её уникальность. Перспективность развития 3D печати в медицине будущего с каждым годом только подтверждается. Прогнозируемая доля рынка технологий на 2023 год связанных с 3D печатью увеличится до 19.3%. [7]

Основными преимуществами данной технологии являются:

Возможность сделать решение любой сложности.

Ежегодное удешевление технологии.

Доступность материалов.

Отработанная технология.

Быстрое изготовление.

В будущем 3D печать поможет решить многие проблемы, существующие на данный момент. Самое бурное её развитие происходит в стоматологии. В будущем планируется освоить керамику, как материал для печати зубов, что, несомненно, послужит большим прорывом в данной области и поможет миллионам людей по всему миру [8].

Ещё одной, но не менее важной веткой развития, является выращивание органов и клеток с помощью биосовместимых компонентов



и стволовых клеток человека. Раньше уже были удачные попутки напечатать ткани человеческого организма, такие как человеческое сердце, которое могло выдержать 3 тысячи сокращений, роговица или яичники. Данная технология является самой востребованной, ведь если удастся освоить печать человеческих органов из клеток реципиента, то это может решить основные проблемы трансплантологии на сегодняшний момент [9]:

*Проблема отторжения внутренних органов.* Сейчас для того, чтобы орган прижился, врачи выписывают пациентам иммунодепрессанты, подавляющие иммунитет человека, чтобы он не начал атаковать пересаженный орган. В случае, если биоинженеры будут печатать органы человека из его же стволовых клеток, то организму будет легче прижить их, а вместе с этим мы снизим смертность и повысим продолжительность жизни человека.

*Проблема с донорами.* Человеческое сердце, печень, почки – всё это очень важные и жизненно необходимые органы человека, в которых прямо сейчас нуждаются тысячи людей по всему миру. Многие из них можно пересадить только после смерти другого человека, и в этом случае успех операции зависит от каждой минуты от смерти донора, до пересадки реципиенту.

Успех 3D печати в этом направлении поможет избавиться от участи выбора и ожидания донора, решения этических, религиозных и других трудных вопросов для последующей трансплантации органа пациенту без всех вытекающих проблем.

Также стоит упомянуть про печать костей и ортопедически-правильных корсетов, которые хорошо реализованы уже на сегодняшний день.

Технологию трёхмерной печати можно реализовать не только для печати тканей человеческого организма, но и ещё в одной промышленности -печати лекарственных средств в фармацевтических структурах, что позволит сделать их более доступными.

Прямо сейчас уже проложен фундамент к сочетанию трехмерной печати и трехмерного сканирования в медицине – метод, при котором инженеры могут отсканировать повреждённые участки органов, костей или любых других повреждённых частей человека, чтобы точно описать и составить схему лечения. В будущем это станет повсеместной практикой, когда перед операцией хирург точно будет знать проблемную область, что позволит тщательнее подготовиться к операции.

И последняя, очень важная технология - печать бионических имплантов и деталей к ним. На каком бы уровне не находилась медицина сейчас и даже через 10 лет врачи не могут полностью восстановить утраченные конечности человека из-за их чрезвычайной сложности, но могут попытаться имитировать их, заменить на что-то похожее, чем и выступают бионические импланты. Уже сейчас в лабораториях могут напечатать каркас для бионической руки, роговицу для бионического глаза, но на данный момент они очень специфичны в использовании. В будущем люди смогут печатать более идеальные, с точки зрения анатомии и удобства, утраченные конечности человека [10].

### **3 Опыт применения и проведенные исследования**

На сегодняшний день с помощью биопринеров проведено множество исследований и операций, включая изготовление тканей и органов, создание индивидуальных протезов имплантатов, производство лекарств, систем доставки и введения лекарств, а также фармакологические исследования. Например, существует лекарство от эпилепсии, одобренное FDA (Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств), которое производится с помощью 3D-принтера компанией Apprecia Pharmaceuticals, Inc.

С помощью 3D-принтеров изготавливаются искусственные кости, коленные мениски, сердечные клапаны, позвоночные диски и другие виды хрящей и костей, а также искусственные уши, кровеносные сосуды, ткани и органы. Например, в 2010 году впервые были напечатаны фрагменты кожи, в 2014 году - сердечные клапаны и фрагменты тканей

печени, в 2011 году с помощью 3D-биопечати был создан прототип искусственной почки, а в 2016 году с помощью биопринтера был напечатан фрагмент нервной ткани человека с точно расположенными нервными клетками.

Майкл Хаусманн, исследователь из Института ЕМРА в Швейцарии, напечатал в 3D искусственное ухо, состоящее из нанокристаллов целлюлозы и биополимеров. Гидрогель был усилен целлюлозой для улучшения его механических свойств.

Исследователь из Института регенеративной медицины Уэйк Форест (WFIRM) разработал и мобильную систему для 3D-биопечати кожи на ранах (Рисунок 1). Устройство использует собственные клетки пациента для лечения травм и ожогов, и при этом может быть установлено у постели больного. Гидрогель содержит фибробласты и кератиноциты, основные клетки кожи, выделенные из образца здоровой кожи пациента. Следующим шагом станет проведение клинических испытаний на людях.



Рисунок 1 – Мобильная система для 3D печати кожи

Ученые из Тель-Авивского университета напечатали в 3D первое в мире трехмерное сердце с кровеносными сосудами, желудочками и сердечными камерами (Рисунок 2). Ученые изготовили сердце длиной около 2,5 см. Искусственное сердце полностью соответствует иммунологическим, цитологическим, биохимическим и анатомическим характеристикам человека. Технология открывает большие перспективы для лечения заболеваний сердца и возможной трансплантации в будущем.



Рисунок 2 – Напечатанное сердце

Корейские исследователи из Технологического университета Пхоханга (POSTECH) создали искусственную роговицу с помощью 3D-принтера, используя в качестве биокорнилаstromу роговицы и межклеточный матрикс, полученный из стволовых клеток. Полученная искусственная роговица воспроизводит микросреду настоящей роговицы и является биосовместимой с тканью человека.

Настоящих органов для трансплантации, созданных методом 3D-биопечати, пока не существует. Созданные органы меньше по размеру и относительно просты. Группа ученых из Университета Миннесоты создала 3D-биопечатные силиконовые имплантаты, содержащие

стволовые клетки, для лечения травм спинного мозга. Силиконовый имплантат помещается в поврежденную область. Клетки начинают делиться и в конечном итоге соединяют поврежденные нейроны спинного мозга с обеих сторон повреждения. Исследования на животных показали, что новые имплантаты со временем приживаются и срастаются с нейронами животного, образуя новые связи. 3D-печатный имплантат, заменяющий ткани центральной нервной системы, впервые исцелил поврежденный спинной мозг (Рисунок 3).

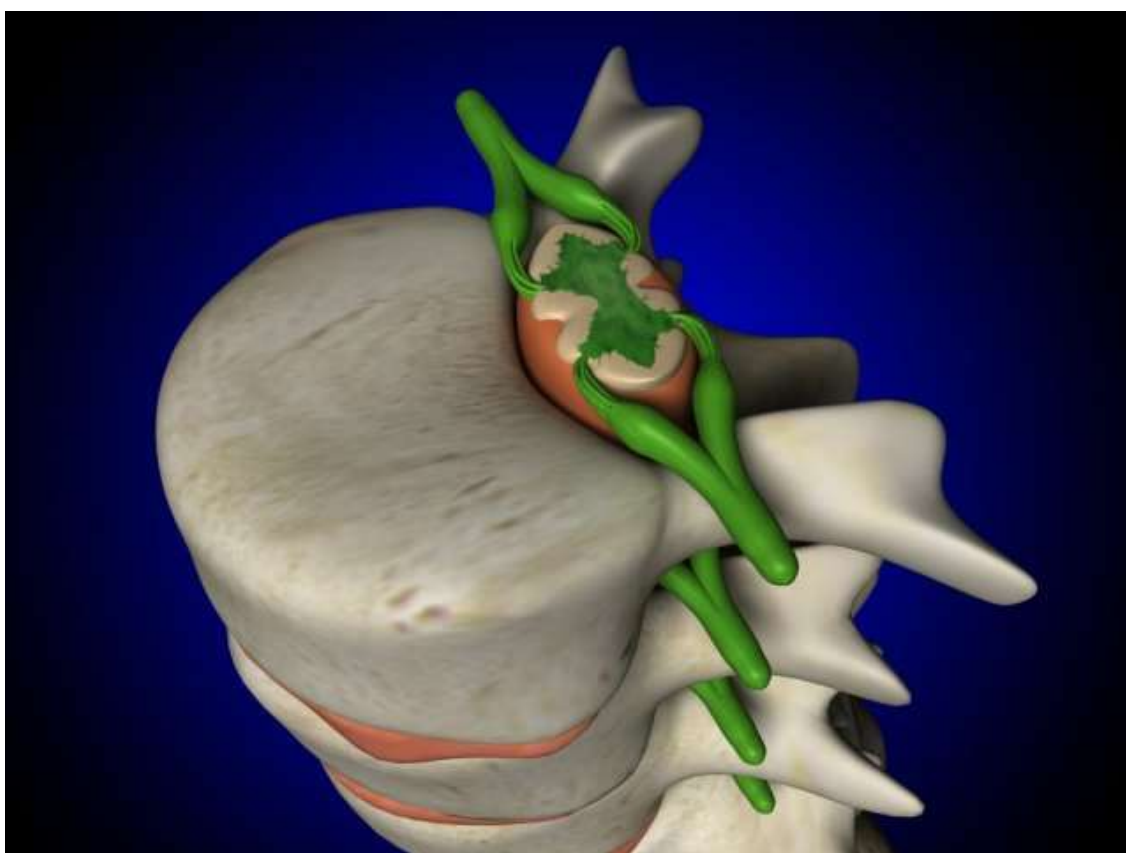


Рисунок 3 – Этап моделирования имплантата спинного мозга

Команда биоинженеров из Университета Юты разработала метод 3D-печати человеческих тканей, таких как связки и сухожилия. В настоящее время технология предназначена для изготовления связок, сухожилий и межпозвоночных дисков, но ученые сообщают, что ее можно использовать для всех видов тканевой инженерии [11].

Команда ученых из Северо-Западного университета и Университета Иллинойса напечатала на 3D-принтере суперэластичную кость, состоящую из комбинации гидроксиапатита и полигликолевой кислоты, которая имеет решетчатую структуру и способствует росту и регенерации костей. Суперэластичная кость является потенциальной альтернативой аутогенной кости или костным имплантатам в черепно-лицевой хирургии (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Модель суперэластичных костей позвоночника

Биоинженеры из Университета Райса (Хьюстон, США) преодолели главное препятствие на пути к 3D-печати искусственных органов: невозможность создать сложные сети кровеносных сосудов, по которым поступают питательные вещества и кислород, циркулирует кровь и лимфатическая жидкость. Учёные напечатали модель легкого с дыхательными путями и кровеносными сосудами. Результаты показали, что искусственные легкие были достаточно прочными, чтобы выдерживать необходимое давление и успешно доставлять кислород к окружающим кровеносным сосудам. Команда также провела эксперименты, в ходе которых были пересажены биопечатные

конструкции, содержащие клетки печени (Рисунок 5). В экспериментах на животных были напечатаны 3D кровеносные сосуды, добавлены клетки печени, и искусственные клетки были пересажены мышам с поврежденной печенью. В результате было подтверждено, что клетки печени выжили после пересадки. Это первая технология 3D-печати, которая напрямую решает проблему гипervasкуляризации органов и тканей и является очень перспективной для создания человеческих органов.



Рисунок 5 – Напечатанная печень

Ученые из Института регенеративной медицины при Сеченовском университете напечатали искусственную барабанную перепонку с помощью 3D-биопринтера и обнаружили, что ее структура и функции очень похожи на настоящие. Мембрана полностью состоит из клеток тканей, включая кровеносные сосуды и капилляры. На сегодняшний день команда провела первые эксперименты, в ходе которых часть новой

искусственной мембраны была имплантирована в ухо шиншиллы. Эксперимент дал отличные результаты: перфорированная мембрана закрылась и восстановила свой естественный мембранный слой. В ближайшем будущем хирурги планируют использовать 3D-печатные барабанные перепонки для проведения операций на людях.

3 декабря 2018 года российский космонавт Олег Кононенко на борту пилотируемого транспортного корабля "СоюзМС-11" провел эксперимент по печати биологических тканей в космосе: с помощью 3D-биопринтера из шести образцов хрящевой ткани человека и шести органоидов щитовидной железы мыши было напечатано в общей сложности 12 тканей инженерных 3D-конструкций. После доставки образцов на Землю гистологический анализ подтвердил, что клетки в напечатанных тканях были живыми и соответствовали характеристикам здоровых клеток [12].

#### **4 Устройство и принцип работы 3D принтера для печати органов**

Исследовательские группы развивают разные концепции биопечати, такие как:

Каркасная - наращивание живых клеток на неорганическую основу, исчезающую с развитием естественных связей между клетками. Главная сложность заключается в том, чтобы подобрать материал, который настолько же эластичный или жёсткий, как заменяемый орган. Он должен быстро деградировать, чтобы не мешать укреплению межклеточного матрикса и раствориться, не оставив токсичных соединений. Для каркасной печати подходит гидрогель, титан, желатин, синтетические и биополимеры.

Бескаркасная - основная идея такой печати заключается в нанесении готовыми клетками на гидрогелевую основу. Пока клетки в принтере, они охлаждены и находятся в тонких гидрогелевых сфероидах. При печати температура повышается до 36,6°, сфероиды рассеиваются и клетки постепенно сами формируют природный каркас — клеточный матрикс



(Рисунок 6). Такая печать менее распространена, чем каркасная, так как появилась позже и сложнее воспроизводима.

Мимикрия - технология будущего, идея которой состоит в создании полных копий органов. Для неё разрабатывается биопечать на молекулярном уровне и проводятся большие исследования природы и поведения клеток.



Рисунок 6 - Образец биоткани из 3D принтера

Также различают 3 способа биопечати:

Струйный - первые устройства для биопечати являлись струйными, таким методом печатают и обычные принтеры. Они хранят биологический материал в картриджах, который распыляется на гидрогелевую подложку, как краска на бумагу. Но у такой технологии существуют и недостатки - неточный выброс капель и закупорка распыляющего сопла с шансом гибели клеточного материала. Струйная печать органов на принтере не подходит для вязких материалов, поскольку они не распыляются. Область применения ограничивается восстановлением костной, хрящевой ткани,

мышц и кожи. Однако достоинства – это дешевизна и массовая воспроизводимость.

Микроэкструзионный - этот способ применяется в неорганической 3D-печати. Для печати используется пневматическая подача материала в динамическую головку-экструдер, которая укладывает клетки. Чем больше головок, тем точнее и быстрее работает принтер. Недостатки такой печати – чем плотнее укладываются клетки, тем меньше их остаётся в живых. При сопоставимой плотности укладки, от микроэкструзионной печати погибает больше клеток, чем при струйной. Достоинства – такой способ подходит для 3D печати органов высокой плотности, тонкая настройка подачи материала за счет регулирования давления.

Лазерный - распространена в промышленности, но применяется в биопечати. Используют лазер для нагревания стекла с жидким клеточным субстратом. В точке концентрации луча создается избыточное давление, которое выталкивает клетки на нужный участок подложки. Между лучом и стеклом с биоматериалом помещается отражающий фрагмент, который снижает мощность луча. Недостатки – это большое содержание металла в клетках от испарения отражающего фрагмента, а также относительно небольшая цена. Достоинства - это контролируемая до отдельных клеток, укладка биоматериала [13].

Основная идея биопечати очень похожа на обычную 3D печать. Однако в отличие от обычного 3D принтера, использующего пластик в качестве чернил, биопринтеры используют специальный биоматериал, состоящий из клеток в специальном геле, называемом гидрогель.

Методы биопечати на основе капель включают биопечать на основе струйных принтеров.

Наиболее известным методом печати, использующим энергию, является стереолитография (Рисунок 4.3). Данный метод отличается от других тем, что в нем используют в качестве «строительного материала» являются фотополимеры в жидком состоянии. В ёмкость с жидким фотополимером помещается сетчатая платформа, называемая элеватор, на которой осуществляется "выращивание" прототипа [14].



Рисунок 7 – Стереолитография

### **5 Экономическая выгода биопринтинга**

Трёхмерная печать, как и любая технология, развитие которой нацелено на получение высококачественного продукта или услуги в будущем, на сегодняшний день не является полностью экономически рентабельной из-за того, что не предоставлена, как коммерческая услуга для широкого спектра людей [15].

Приведем пример из трансплантологии. Стоимость операции по пересадке человеческого сердца от донора в среднем стоит 1 миллион рублей, человеческое сердце стоит 3.685.800 рублей + в расчет стоит взять иммунодепрессанты от 10.000 рублей. Итоговая цена традиционного метода составляет от 4.700.000 рублей. При расчёте, что искусственно напечатанное сердце стоит 6.000.000 рублей. С точки зрения чисто экономического оно уступает, но, если вы взглянем на картину с точки зрения сохранения жизни пациента - всё меняется [16].

Средний срок ожидания очереди на пересадку сердца составляет от 7 до 10 лет, при этом крайне важно жить в городе с предполагаемым донором или, как минимум, в ближайших окрестностях. В случае гибели донора при последующей возможности пересадки сердца счёт идёт на часы, чтобы операция прошла успешно. В ход также вступают риски,

связанные с тем, как донор жил, чем питался и насколько его сердце будет в порядке. Также есть шанс отторжения инородного органа, что требует курса иммунодепрессантов, которые увеличивают риск осложнений при болезнях [17].

В случае с искусственно выращенным сердцем, процесс его изготовления начинается от двух недель до месяца. При этом реципиенту необязательно постоянно находится вблизи клиники, сердце, выращенное из клеток реципиента, выступающего сразу в роли донора, не будет отторгаться организмом, как что-то инородное, что убирает долгий курс иммунодепрессантов. Сама же операция может быть запланирована, что приведёт к меньшему числу человеческих ошибок со стороны врачей и хирургов (ведь донор сердца в традиционном случае может умереть и в час ночи 1 января) и не стоит волноваться о том, что сердце будет повреждено при транспортировке [18].

В итоге мы имеем бурно развивающуюся технологию, которая, на данный момент, не является экономически выгодной, но уже сейчас может намного повысить шансы человека дожить до пересадки сердце и прожить без боязни отторжения. В будущем, при увеличении спроса на технологию, будет снижена цена, но самое главное – убирая из цепочки живого донора, мы можем как минимум полностью исключить его смерть во время операции, а выращивая органы из клеток реципиента, повысить его качество и срок жизни. Любая технология, способная сохранить жизнь человеку, не может быть оценена лишь в денежном эквиваленте, что делает трехмерную печать одной из технологий будущего, которая доступна уже сейчас!

### **Заключение**

Учитывая стык сфер наук, применяемых в исследованиях печати биотканей и органов, таких как нанотехнологии и генная инженерия, надо понимать, что 3D биопринтинг развивается очень быстрыми темпами. Нельзя забывать и о том, что мы должны быть осторожны в соотношении наших ожиданий от этой технологии с реалиями. Человеческое тело

невероятно сложное, и попытка воспроизвести многие вещи, которые оно делает, - это трудная, бросающая науке вызов работа. Планируется, что по мере того, как биопринтеры будут применяться в медицине, заменяемые органы будут выводиться в соответствии с индивидуальными требованиями пациента, иными словами – создаваться из культуры собственных клеток больного, так как риск отторжения трансплантированного органа должен быть действительно очень низким.

Помимо лечения аномалий организма, онкологических и прочих болезней, печать может оказаться мощным инструментом для тех, кто стремится продлить жизнь. Массовое применение 3D печати органов и биотканей, в последствии, не оставит без внимания врачей, инженеров и специалистов по информатике, их тандем, в изучении новых манипуляций живыми тканями на базовом клеточном уровне, а значит даст науке и человечеству новые возможности в области медицины.

### Литература

1. Сердечно-сосудистые заболевания // Википедия URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сердечно-сосудистые\\_заболевания](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сердечно-сосудистые_заболевания) (дата обращения: 29.10.2022).
2. Сердечная недостаточность // ABC Медицина, сеть поликлиник URL: <https://abc-medicina.com/kardiologiya/serdechnaja-nedostatochnost> (дата обращения: 28.10.2022).
3. Пересадка сердца: когда показана, проведение – все этапы, перспективы // Clinic-A-Plus. URL: <https://clinic-a-plus.ru/articles/kardiologiya/6619-peresadka-serdtsa-sut-i-realnost-operatsii-pokazaniya.html> (дата обращения: дата обращения: 30.10.2022).
4. Heart Transplant, Understanding the procedure // Narayana Health. URL: <https://www.narayanahealth.org/heart-transplant> (дата обращения: дата обращения: 31.10.2022).
5. Пересадка (трансплантация) сердца: показания, видео техник, стоимость операции. // cardiograf.com URL: <https://cardiograf.com/terapiya/operatsii/peresadka-serdca.html> (дата обращения: дата обращения: 27.10.2022).
6. HLA Eplet Mismatches in Kidney Transplantation, More Than Just Adding Things Up // Kireports, Kidney International Reports. URL: [https://www.kireports.org/article/S2468-0249\(21\)01140-2/fulltext](https://www.kireports.org/article/S2468-0249(21)01140-2/fulltext) (дата обращения: дата обращения: 28.10.2022).

7. Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производство // 3D Today URL: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/rynok-texnologii-3d-pecati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnyx-texnologii-v-proizvodstvo> (дата обращения: 28.10.2022)
8. 3D печать зубных протезов: обзор последних разработок в области ортопедии // 3dradar URL: <https://3dradar.ru/post/54379/> (дата обращения: 29.10.2022)
9. Karthik Tappa, Udayabhanu Jammalamadaka Novel Biomaterials Used in Medical 3D Printing Techniques // ResearchGate. - 2018. - №9. - С. 1-17.
10. Sean V Murphy 3D Bioprinting of Tissues and Organs // ResearchGate. - 2014. - №8. - С. 1-14.
11. How 3D Printers Are Cranking Out Eyes, Bones, and Blood Vessels // GIZMODO URL: <https://gizmodo.com/how-doctors-are-printing-bones-eyes-noses-and-blood-1474983505> (дата обращения: 30.10.2022).
12. Как с помощью 3D-принтеров печатают кости, сосуды и органы // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/455670/> (дата обращения: 30.10.2022).
13. 3D ПЕЧАТЬ ОРГАНОВ: ЛУЧШЕ АМПУТИРОВАТЬ НОГУ, ЧЕМ ЛЕЧИТЬ ПЕРЕЛОМ // KLONA URL: <https://klona.ua/blog/3d-pechat-i-prototipirovanie/3d-pechat-organov-luchshe-amputirovat-nogu-chem-lechit-perelom> (дата обращения: 30.10.2022).
14. Развитие рынка 3D-биопринтинга: успехи и достижения // VEKTORUS URL: <https://vektor.us.ru/blog/bioprinter.html> (дата обращения: 1.11.2022).
15. Сэр, вот ваша печень: за кулисами биопечати // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/98932/?ysclid=la1eil9uf7804021433> (дата обращения: 1.11.2022).
16. Пересадка сердца: сколько стоит, где делают, сложности операции и результативность // FB URL: <https://fb.ru/article/469520/peresadka-serdtsa-skolko-stoit-gde-delayut-slojnosti-operatsii-i-rezultativnost?ysclid=la1flecyyyn561562211> (дата обращения: 1.11.2022).
17. How long have you been on the waitlist for a kidney transplant? // Quora URL: <https://www.quora.com/How-long-have-you-been-on-the-waitlist-for-a-kidney-transplant> (дата обращения: 1.11.2022).
18. How long will it take to 3D print organs? // Quora URL: <https://www.quora.com/How-long-will-it-take-to-3d-print-organs> (дата обращения: 1.11.2022.)

## **ОКСИГЕНОТЕРАПИЯ И МЕТОДЫ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ НА ПРИМЕРЕ ЭКМО, КИСЛОРОДНЫХ ИНЪЕКЦИЙ И АППАРАТОВ ИВЛ**

**И.В. Бабкин, А.Р. Васютина, Д.А. Иванова, М.В. Лиманский,  
П.В. Луканин, В.С. Попова (ред. Я.С. Пархоменко)**

В работе были рассмотрены ЭКМО, кислородный концентратор и аппарат ИВЛ, с целью подробнее рассмотреть явление оксигенотерапии. В ходе написания реферата были изучены принципы работы аппаратов, их назначение и основные показания к применению, а также их роль в лечении пациентов. Так как данные методы не так сильно распространены и ещё нуждаются в рассмотрении и совершенствовании, освещение оксигенотерапии актуально на сегодняшний момент. В результате работы составлена чёткая картина о назначении каждого медицинского аппарата и влиянии оксигенотерапии на медицину.

### **Введение**

Оксигенотерапия (от лат. *Oxygenium* – «кислород») или кислородная терапия – метод лечения заболеваний с применением кислорода. Основная цель направлена на прекращение гипоксемии и тканевой гипоксии. Кислород может подаваться через назальную канюлю или лицевую маску, или в условиях высокого давления, например, при эндотрахеальной интубации или в барокамере. Его также можно вводить в обход дыхательных путей, например, при ЭКМО-терапии.

Кислород необходим для нормального клеточного метаболизма. Однако чрезмерно высокие концентрации могут привести к токсичности кислорода, что приведет к повреждению легких и дыхательной недостаточности. Более высокие концентрации кислорода также могут увеличить риск возгорания дыхательных путей. Кислородная терапия также может высушить слизистую оболочку носа без увлажнения, поэтому при оксигенотерапии используют аппарат Боброва – ёмкость с водой, через которую проходит газовая смесь. В большинстве условий достаточным является насыщение кислородом на уровне 94-96%, в то

время как для тех, кто подвержен риску задержки углекислого газа, предпочтительным является насыщение на уровне 88-92%. В случаях отравления угарным газом или остановки сердца насыщение должно быть как можно более высоким. В то время как воздух обычно на 21% состоит из кислорода по объему, кислородная терапия может увеличить содержание O<sub>2</sub> в воздухе до 100%. [5]

Медицинское использование кислорода впервые стало распространенным около 1917 года и является наиболее распространенным методом лечения в больницах в развитых странах. В настоящее время он включен в Список основных лекарственных средств Всемирной организации здравоохранения.

### **1 История возникновения**

Мысль о лечебном применении кислорода впервые высказал в 1775 году Дж. Пристли. Первоначально оксигенотерапию использовали только при асфиксии новорождённых, но уже с начала 19 века её применяли при лечении стенокардии, эпилепсии. Широкое распространение оксигенотерапия получила во 2-й половине 19 в. с введением в практику баллонов со сжатым кислородом, но наибольшего развития она достигла во 2-й половине 20 в., когда началось серийное производство спец. приборов и создание новых методик оксигенотерапии.

#### ***Методы использования***

Кислородная терапия может осуществляться как при естественном дыхании, так и при искусственной вентиляции лёгких. В домашних условиях используются, в первую очередь, домашние кислородные концентраторы, позволяющие осуществлять кислородную терапию до 24 часов в сутки на потоках до 5 литров в минуту.

Чаще всего оксигенотерапию проводят путём ингаляции через носовые катетеры (канюли, вводят через полость носа в носоглотку) реже используют: кислородные маски, интубационные и трахеостомические трубки, кислородные тенты-палатки, кувезы, гипербарическую оксигенацию (ГБО).



Давление подаваемого кислорода из баллона или магистральной сети регулируется кислородным редуктором, установленным на баллон или раздаточный фитинг магистральной сети до аппарата Боброва. Концентрация кислорода в газовой смеси регулируется и контролируется посредством газовых дозиметров (ротаметр, газовый расходомер) в ручном режиме либо автоматическими аппаратами ИВЛ или наркозными аппаратами. [5]

## **2. Экстракорпоральная мембранная оксигенация**

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) (Рисунок 1) – инвазивный (основанный на введении в полости организма специальных инструментов) метод, применяемый в случаях, необходимых для поддержания жизни человека. Применение этого метода подразумевает, своего рода, временную замену функций собственных органов пациента – сердца и легких. Метод не выполняет лечебные функции и предназначен для того, чтобы дать возможность справиться с возникшим тяжелым состоянием и восстановить работу больных органов. Прибегают к ЭКМО в крайних случаях, когда ни лекарственная терапия, ни аппарат искусственной вентиляции легких (ИВЛ), ни другие методы лечения не дают желаемых результатов. Подключение пациента к мембранной оксигенации для поддержания его жизни может быть продолжительностью от нескольких дней до месяца, пока собственные сердце и лёгкие не восстановятся. [2]

### **2.1 История изобретения**

Экстракорпоральная мембранная оксигенация значительно изменилась с момента внедрения в практику более 40 лет назад. Создание мембранного оксигенатора в 1956 г. позволило адаптировать искусственное кровообращение для длительной респираторной и кардиальной поддержки вне операционной. Впервые ЭКМО применили в 1971 году — при тяжелом остром респираторном дистресс-синдроме (ОРДС) у взрослого 24-летнего пациента. В 1970–1980-х гг. в США провели несколько рандомизированных исследований, результаты которых

показали эффективность ЭКМО в лечении новорожденных с критической респираторной недостаточностью в сравнении со стандартной интенсивной терапией. Это привело к широкому распространению ЭКМО в неонатальных реанимациях медицинских учреждений развитых стран и расширению использования ЭКМО у детей старшего возраста. В дальнейшем появились работы по применению ЭКМО для поддержки по сердечным причинам у педиатрических пациентов.



Рисунок 1 – Аппарат ЭКМО

Несмотря на первичный успех у взрослого пациента, последующие рандомизированные исследования показали отсутствие снижения летальности при использовании ЭКМО при ОРДС у взрослых, что привело к снижению интереса к этой технологии до начала 2000-х гг. В 2009 г. авторы мультицентрового рандомизированного исследования CESAR продемонстрировали достоверное улучшение ближайших и отдаленных результатов при вено-венозной (ВВ) ЭКМО при ОРДС у взрослых в специализированных центрах, после чего начался бурный рост применения ЭКМО при респираторной недостаточности у взрослых. [1, 4]

## **2.2 Принцип работы**

Как и аппараты искусственного кровообращения, которые используются при открытых операциях на сердце, ЭКМО работает на насосе, который перекачивает кровь. Циркулирующая кровь подводится к мембранному оксигенатору, который производит газообмен: добавляется кислород и удаляется углекислый газ, после кровь согревается. Вся система-контур соединяется с больным при помощи пары канюль, помещаемых в крупные сосуды, чаще в бедренные, а иногда и напрямую в камеры сердца. В зависимости от болезни и нарушения функций врачи определяют тип используемой ЭКМО (Рисунок 2).

Важно понимать, что контур и его компоненты различаются по биосовместимости, вероятности агрегации тромбоцитов и истощению необходимых для организма циркулирующих элементов. Как правило, ЭКМО не так хорошо переносится в течение продолжительных периодов времени. Потому количество за количеством циклов и временем подключения постоянно следят. С другой стороны, современные схемы могут позволить использование системы в течение нескольких дней и даже недель с целью поддержания приемлемого гематологического профиля.

## **2.3 Классификация ЭКМО**

Существует два основных типа ЭКМО (в некоторых редких случаях могут использоваться их модификации):

Вено-Артериальная (ВА) ЭКМО (рисунок 3 А) обеспечивает поддержку сердца пациента и легких, позволяя большей части крови пациента перемещаться по контуру в обход сердца пациента. При этом типе подключения кровь забирается из венозного русла и возвращается в артериальное русло, позволяя насыщенной кислородом крови циркулировать по организму, когда собственное сердце пациента не способно прокачивать кровь через организм и обеспечивать его функционирование. Таким образом, аппарат ЭКМО возьмет на себя насосную функцию сердца, позволяя ему восстанавливаться в режиме «отдыха». В случае ВА ЭКМО используются две канюли – артериальная и венозная, которые могут быть установлены в сосуды на бедре, шее, либо в грудной клетке. [1]

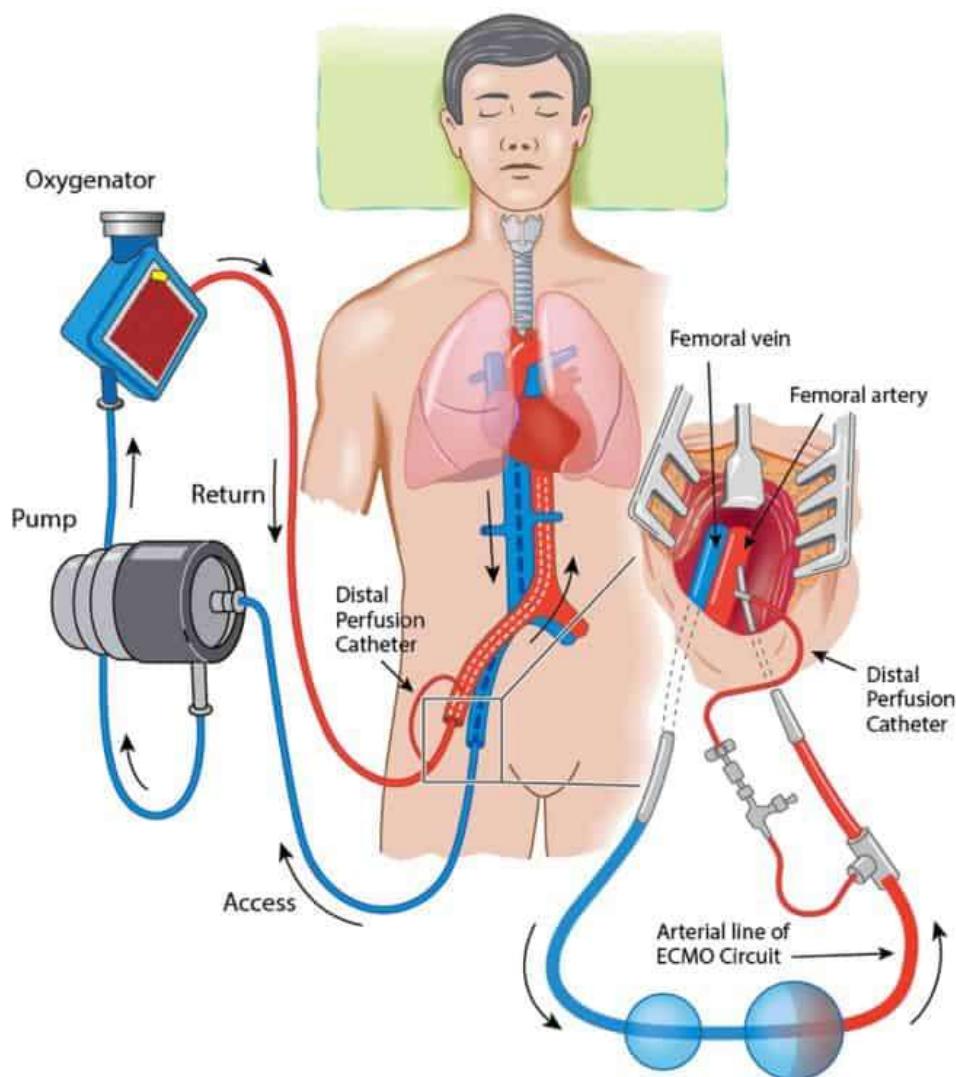


Рисунок 2 – Принцип работы ЭКМО

Вено-Венозная (ВВ) ЭКМО (рисунок 3 В) осуществляет только поддержку легких, поэтому сердце пациента должно по-прежнему работать достаточно хорошо, чтобы обеспечивать потребности организма.

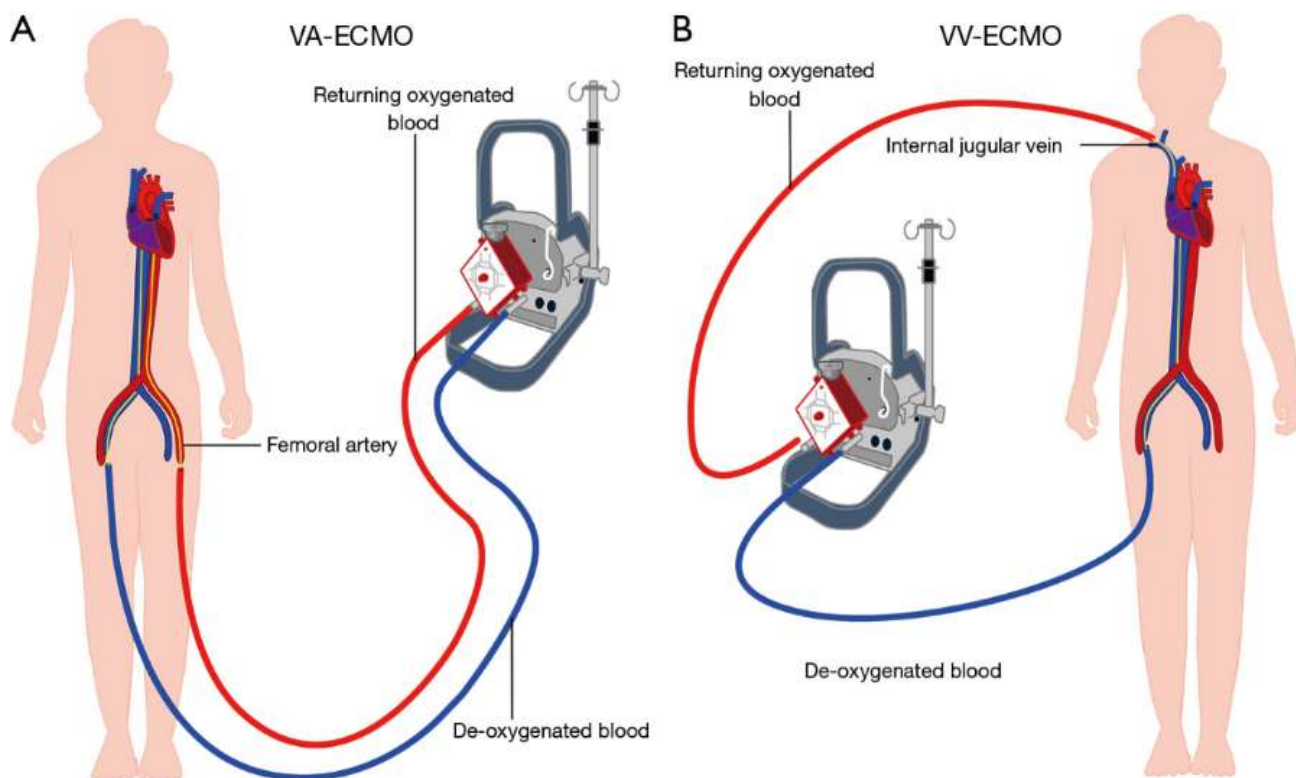


Рисунок 3 – Разница подключения: А) Вено-Артериальной (ВА) ЭКМО; В) Вено-Венозной (ВВ) ЭКМО;

Такой тип подключения применяется для пациентов с тяжёлой дыхательной недостаточностью, когда необходимо только насыщение крови кислородом и удаление углекислого газа, а поддержание насосной функции сердца не требуется. При ВВ ЭКМО насыщение крови кислородом происходит в венозной части системы кровообращения организма. Две канюли помещаются в вены в местах рядом с сердцем или внутри него. Врач может использовать специальный тип канюли с двумя просветами (пути для крови внутри канюли). Это позволяет забирать и возвращать кровь в организм в одном месте. Кровь из контура возвращается перед сердцем пациента, а уже его собственное сердце будет перекачивать насыщенную кислородом кровь по всему телу. При ВВ ЭКМО легкие будут

находиться в режиме «покоя» или «щадящем» режиме для обеспечения нормализации или же восстановления их функции. Обычно пациенты с повреждением легких нуждаются в искусственной вентиляции легких (ИВЛ), при которой аппарат ИВЛ нагнетает кислород в легкие пациента. Если легкие сильно повреждены, то для поддержания нормального уровня кислорода в крови требуются высокие давление нагнетания и концентрация кислорода. Это, в свою очередь, приводит к повреждению ткани легких, что ведет к необходимости увеличения давления и концентрации кислорода в подаваемой аппаратом ИВЛ газовой смеси. Таким образом, создается порочный круг повреждения больных легких. ЭКМО «разрывает» этот круг, позволяя легким восстановиться в «щадящем» режиме вентиляции, а организму справиться с основным заболеванием.[1]

#### **2.4 Показания к ЭКМО**

Теоретически, ЭКМО может быть показана любому больному с потенциально обратимой формой дыхательной, сердечной или сердечно-легочной недостаточности. Очень важным является отбор пациентов для проведения ЭКМО. С одной стороны, необходимо правильно оценить степень снижения сердечно-легочного резерва с целью определения показаний для применения этого метода, а с другой стороны исключить группу больных, у которых прогноз является явно безнадежным и для которых проведение ЭКМО не имеет смысла. Основным критерием для отбора новорожденных, которым необходимо проведение ЭКМО, является индекс оксигенации. Для старших возрастных групп больных показания для ЭКМО остаются неясными и требуют более тщательного исследования.

Принципы отбора больных существенно не отличаются для различных возрастных групп и отвечают на вопросы:

Является ли имеющаяся у больного легочная, сердечная или сердечно-легочная недостаточность потенциально обратимой?

Позволяет ли неврологический статус или функциональное состояние органов и систем надеяться на благополучный исход?

Имеются ли противопоказания для использования даже минимального уровня гепаринизации?

Можно ли достигнуть благополучного исхода, применяя консервативное или хирургическое лечение?

При выборе использования ЭКМО важно учитывать повреждающее действие ИВЛ с высоким пиковым давлением. Исследователи полагают, что длительность ИВЛ является важным критерием для отбора больных. Считается, что максимально допустимая продолжительность ИВЛ у новорожденных составляет 10 дней, а у старших детей и взрослых - 7 дней. Проведение ИВЛ с большей продолжительностью часто сопровождается неблагоприятными исходами.

Если ЭКМО используется при сердечной недостаточности, то она более эффективна в случае, когда у больного имеет место правожелудочковая недостаточность, которая является следствием легочной гипертензии и сопутствующей гипоксии. На практике ЭКМО часто используется в качестве метода вспомогательного кровообращения: после операций на сердце, обычно после хирургической коррекции врожденных пороков сердца, при трансплантации сердца или легких, при миокардите или при реакции отторжения трансплантата.

Перед отбором больных для выполнения ЭКМО в качестве метода вспомогательного кровообращения, важно правильно оценить возможность восстановления функции сердца. С развитием современных кардиохирургических методик случаи послеоперационной сердечной недостаточности, рефрактерной к инотропным препаратам, стали довольно редкими. Поэтому ЭКМО в качестве метода вспомогательного кровообращения чаще применяется при кардиальной патологии, по поводу которой не проводилось какого-либо лечения. [1, 3]

## **2.5 Противопоказания к ЭКМО**

Стандартные противопоказания остаются в силе: неизлечимое заболевание с плохим краткосрочным прогнозом (менее 6 месяцев), серьезное повреждение центральной нервной системы.

Исключения для COVID-19 при ограниченных ресурсах должны определяться конкретными больницами или регионами.

Поскольку прогноз при полиорганной недостаточности хуже, пациентов с тяжелыми сопутствующими заболеваниями следует исключать. ***Не рекомендуется подключать ЭКМО с оценкой по SOFA >12 баллов.***

Так как прогноз ухудшается с возрастом, следует учитывать возраст с балансом наличия ресурсов и возможностей для улучшения результатов. ***Не рекомендуется использовать ЭКМО у пациентов старше 70 лет.***

Так как прогноз при длительной механической искусственной вентиляции легких ухудшается, не рекомендуется подключать ЭКМО пациентам с длительностью механической ИВЛ более 10 дней.

### **3 Кислородный концентратор**

Кислородный концентратор — это устройство, которое выделяет кислород из атмосферного воздуха. Принцип работы таков: кислородный концентратор состоит из двух цилиндров, комнатный воздух проходит сквозь находящуюся внутри цилиндров сеть из шариков цеолита — «молекулярное сито», которое задерживает молекулы азота и пропускает молекулы кислорода, то есть проходит цикл адсорбции(фильтрации). Компоненты воздуха, которые не нужны для кислородной терапии, высвобождаются обратно в окружающую среду. Подогретая в процессе работы кислородно-воздушная смесь (концентрация кислорода 90% и выше), поступает через подсоединенную канюль или маску к пациенту, либо подключается к дополнительному оборудованию (Рисунок 4). [5 ,6]

#### **3.1 История изобретения**

Впервые система кислородного концентратора рассматривалась еще в 1958 году в научном подразделении NASA. На тот момент перед разработчиками стояла задача обеспечить космонавтов кислородом. При этом прибор по подаче этого газа должен был быть компактным и долговечным. С самого начала назначение концентратора было связано



с медициной, так как недостаток кислорода в космосе мог приводить к серьезным проблемам со здоровьем.

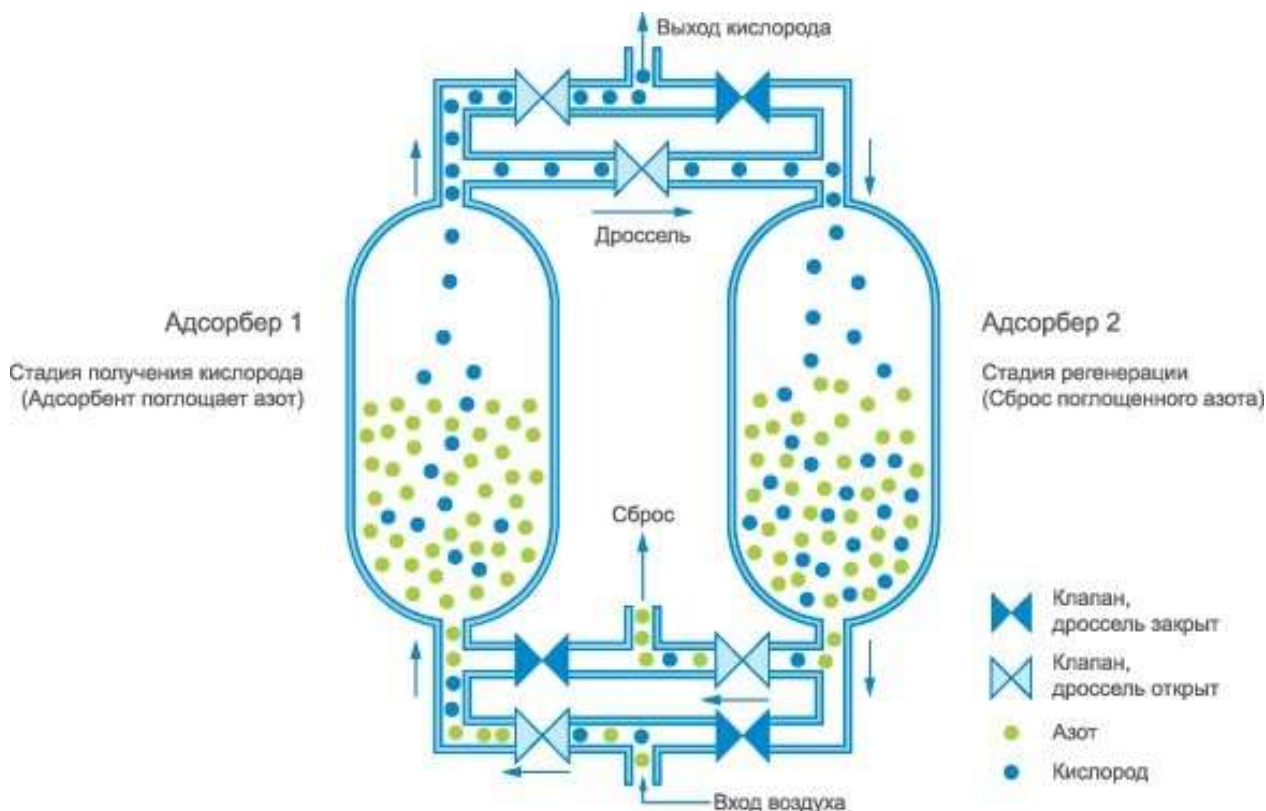


Рисунок 4 – Принцип работы кислородного концентратора

Технологию планировали использовать в космосе, так что большое внимание уделили простоте и надежности. Громоздкие баллоны со сжатым воздухом или усложненные механизмы для реализации задачи не годились. Спустя время ученые создали особую технологию PSA, основанную на процессах манипуляции давлением, которая и легла в основу работы кислородного концентратора. В созданном приборе поступающий извне воздух очищается от примесей, а затем из него выделяется кислород. Чистый газ направляется пациенту по трубкам. Все отделенные во время работы молекулы иных газов выбрасываются наружу. Новая технология быстро перешла из разряда военно-космической в гражданскую. Огромные, промышленные кислородные концентраторы появились к середине 80-х, после того, как в 1977 году изобретатели Шиваши Синкар и Джон Зондло запатентовали аппарат,

способный производить кислород концентрацией 94% в количестве 100 тонн в день. Затем концентраторы начали использовать в медицинской сфере.



Рисунок 5 – Домашний кислородный концентратор DeVilBiss LT4000.  
Модель 1996 года.

Причем до начала XXI века они применялись лишь в больницах, клиниках и лечебных центрах. Затем научились использовать функции приборов для обогащения различных жидкостей кислородом. На выходе получается идеальный с точки зрения здоровья продукт — кислородный коктейль - вкусная и ароматная пена, состоящая из миллиардов пузырьков

кислорода. Впервые рецепт приготовления кислородного коктейля (но назвал его он энтеральной оксигенотерапией и пероральным, то есть через рот, применением кислородной пены) изобрёл в 60-х годах XX века академик Н. Н. Сиротинин. Изучая с коллегами «рыбье дыхание», то есть дыхательную функцию желудка, ученому пришла в голову идея обогащать ткани кислородом, минуя легкие. Изначально гибкая трубка, через которую подавался кислород, вводилась непосредственно в желудок пациента. Несмотря на поразительный оздоровительный эффект, сама процедура воспринималась как болезненная, и Сиротинин изменил концепцию. Он предложил доставлять кислород в ткани привычным для желудка способом — через питание. Так в советской исследовательской лаборатории появился первый кислородный коктейль.

### **3.2 Классификация кислородных концентраторов**

Все кислородные концентраторы можно разделить на несколько категорий:

1. Аппараты для использования в медицинских учреждениях — наиболее мощные, поток воздуха составляет от 5 до 10 литров в минуту. Они используются строго под наблюдением врача, для интенсивной кислородной терапии. По назначению они подразделяются на оборудование для оказания экстренной помощи либо для длительного лечения при острых и хронических заболеваниях. Также разработаны более маленького размера устройства, но не менее мощные, которые можно поместить в автомобиль — они получают питание от аккумулятора, или носить с собой как сумку-рюкзак, что даёт полную свободу пользователю для ведения активного образа жизни, они же работают автономно, в среднем, до 7 часов. Так, их стали использовать в каретах скорой помощи и даже в самолётах, в том числе военных, чтобы на большой высоте снабжать пилота и экипаж кислородом, а также перевозить пациентов (Рисунок 6). [5,6]



Рисунок 6 – Кислородный концентратор для медицинских учреждений

2. Универсальные — работают с мощностью от 3 до 5 литров в минуту. Такие аппараты подходят для оздоровительных курортов и санаториев, салонов красоты и спортзалов. Они применяются для полезных процедур, которые проводятся для насыщения тканей и клеток организма чистым кислородом (Рисунок 7). [6]



Рисунок 7 – универсальный кислородный концентратор

3. Портативные домашние концентраторы — их мощность составляет 1-3 литра в минуту. Они подходят для профилактических оздоровительных ингаляций и для приготовления кислородных коктейлей. К некоторым моделям прилагается небулайзер для ингаляций (Рисунок 8). [6]



Рисунок 8 – Домашний кислородный концентратор

Вторая классификация подразделяет все концентраторы кислорода на стационарные и портативные. Первая группа — это объемное оборудование, которое размещают в больницах. Портативные аппараты более легкие и компактные, поэтому подходят для применения в домашних условиях. Однако, любое кислородное оборудование, независимо от размера и мощности, требует соблюдения правил безопасности при работе с ним.

### **3.3 Показания к применению**

Стоит обратить внимание на то, что медицинские концентраторы кислорода применяют не только во время нахождения в медицинском учреждении, но и в домашних условиях. Стоит подчеркнуть, что перед использованием оборудования в домашних условиях необходимо проконсультироваться со своим лечащим врачом. Оксигенотерапия применяется у всех пациентов, вне зависимости от пола и возраста, для устранения симптомов гипоксии. Кислородное голодание - основное

показание к применению концентраторов и проведения процедур с их использованием. Это процесс, при котором клетки и ткани получают недостаточное количество кислорода из-за проблем с дыханием либо работой сердечно-сосудистой системы.

Наиболее частые заболевания, которые требуют использования кислородной терапии:

бронхиальная астма - воспалительное заболевание дыхательных путей, которое проявляется приступами одышки, свистящего дыхания, кашля;

гипертензия легких - повышение давления в малом круге кровообращения, при легочной гипертензии происходит сужение и/или обструкция легочных сосудов;

муковисцидоз - характеризуется поражением экзокринных желез, а также жизненно важных органов и систем: дыхательных путей

хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) - распространенное, предотвратимое и поддающееся лечению хроническое заболевание легких. Поражение мелких дыхательных путей в легких приводит к нарушению входящего и выходящего воздушного потока;

сердечная недостаточность - происходит нарушение циркуляции питательных веществ и кислорода, возникает застой крови;

осложнения при COVID19 - ослабление организма, затрудненное дыхание и одышка.

Кислородная терапия также рекомендуется в профилактических целях, например, для спортсменов: до и после тяжелых тренировок и соревнований. Также, во время беременности недостаток кислорода может вызывать проблемы в развитии плода, чувствительные люди ощущают головокружение, слабость, тошноту или другие симптомы, на которые многие просто не обращают внимания. Чтобы избежать подобного дискомфорта, после консультации с врачом стоит озаботиться об приобретении собственного мобильного концентратора кислорода для применения в домашних условиях. [5]

### **3.4 Противопоказания к применению**

Выполнение процедуры запрещено при наличии у пациента **гиповентиляции** и **гиперкапнии**. Данные состояния развиваются вследствие нарушений в работе лёгких, за счёт чего показатель углекислого газа в крови стремительно возрастает. Если в данной ситуации применить кислородный концентратор, может развиваться отёк мозга, что увеличивает вероятность летального исхода. Часто пациенты путают ощущение насыщения кислородом с кислородным голоданием. Поэтому процедуры надо проводить под контролем специалистов. [5]

### **4 Искусственная вентиляция лёгких**

Под искусственной вентиляцией легких понимают перемещение воздуха между внешней средой и альвеолами под влиянием внешней силы. ИВЛ (Рисунок 9) это замещение (протезирование) функции внешнего дыхания.

Основная задача вентилятора - обеспечить перемещение воздуха в легкие больного. Эта цель может быть достигнута путем создания отрицательного давления в плевральной полости или, наоборот, с помощью положительного давления на входе в дыхательные пути, а также при комбинированном использовании обоих способов. [7]

#### **4.1 История изобретения**

Первый аппарат ИВЛ (Респиратор Дринкера, железные легкие (Рисунок 10)), широко использовавшийся в практике, был разработан Филипом Дринкером и Луи Шоу в 1928 году (преподаватели промышленной гигиены в Высшей школе здравоохранения Гарварда). Машина приводилась в действие электродвигателем от пылесоса. Воздушные насосы создавали отрицательное давление в прямоугольном, воздухонепроницаемом металлическом ящике (в котором находилась грудная клетка больного), втягивая воздух в легкие.

#### ***Аппараты ИВЛ с положительным давлением на вдохе***

Вентиляторы с положительным давлением впервые массово использовались в Дании, во время вспышки полиомиелита в 1952 г. Они

оказались более эффективны и удобны в применении и заменили "железные легкие". В 1959 г. в США было 1200 кирасовых аппаратов ИВЛ, но к 2004 г. стало только 39. В 2014 г. в США было только 10 человек, использующих аппарат "железные легкие". После разработки современных вентиляторов и широкого использования эндотрахеального доступа, аппараты "железные легкие" в основном исчезли из современной медицины.



Рисунок 9 – Аппарат ИВЛ

В настоящее время преимущественно применяются респираторы внутреннего действия, подающие поток газа к легким больного. Респираторы наружного действия, которые создают отрицательное давление («железные легкие», кирасовые респираторы), представляют лишь исторический интерес. Еще один способ обеспечения газообмена - электростимуляция дыхания, также применяется нечасто. Принцип его



действия заключается в управлении вентиляцией путем периодического раздражения диафрагмальных нервов или диафрагмы электрическими импульсами.[7]



Рисунок 10 – Железные лёгкие

#### **4.2 Принцип применения ИВЛ**

Аппарат ИВЛ (Рисунок 11) состоит из нескольких основных частей таких как компрессор, электронные схемы, датчики, система клапанов.

Подключаться аппарат ИВЛ может двумя способами: инвазивным и неинвазивным. При неинвазивном способе подключения подача воздуха осуществляется по трубке и выводится через маску, при инвазивном же способе подключения воздушная смесь подается по интубационной трубке, введенной в трахеостому или дыхательные пути.

#### ***Основные части аппарата ИВЛ***

Источником питания современных вентиляторов служат электроэнергия или сжатый газ. Аппараты с электроприводом подключаются к обычной электросети (220 В, 50 Гц), электрическим

батареям или аккумуляторам (чаще всего их используют в качестве альтернативного источника питания или в аппаратах ИВЛ, предназначенных для транспортировки). Респираторы, работающие от сжатого газа, называют пневматическими (или с пневматическим приводом). Некоторые аппараты для создания градиента давления используют энергию сжатого газа, который, однако, подается с помощью компрессора, работающего от электричества. Их принято относить к аппаратам с комбинированным питанием. Функциональные возможности последних весьма высоки, система управления в них обеспечивается с помощью микропроцессорного устройства.



Рисунок 11 – Схематическое изображение аппарата ИВЛ

### ***Механика работы ИВЛ***

Прибор способствует поступлению газовой смеси с необходимой и допустимой концентрацией кислорода в легкие пациента под давлением. В процессе его функционирования должна быть соблюдена цикличность воздуха, переключение инспирации и экспирации должно производиться с соблюдением потока, объема и давления воздуха при определенных временных параметрах. На этапе инспирации производится

контролируемая вентиляция, в остальных случаях прибор осуществляет поддержку инстинктивному дыханию пациента (Рисунок 12). [7]

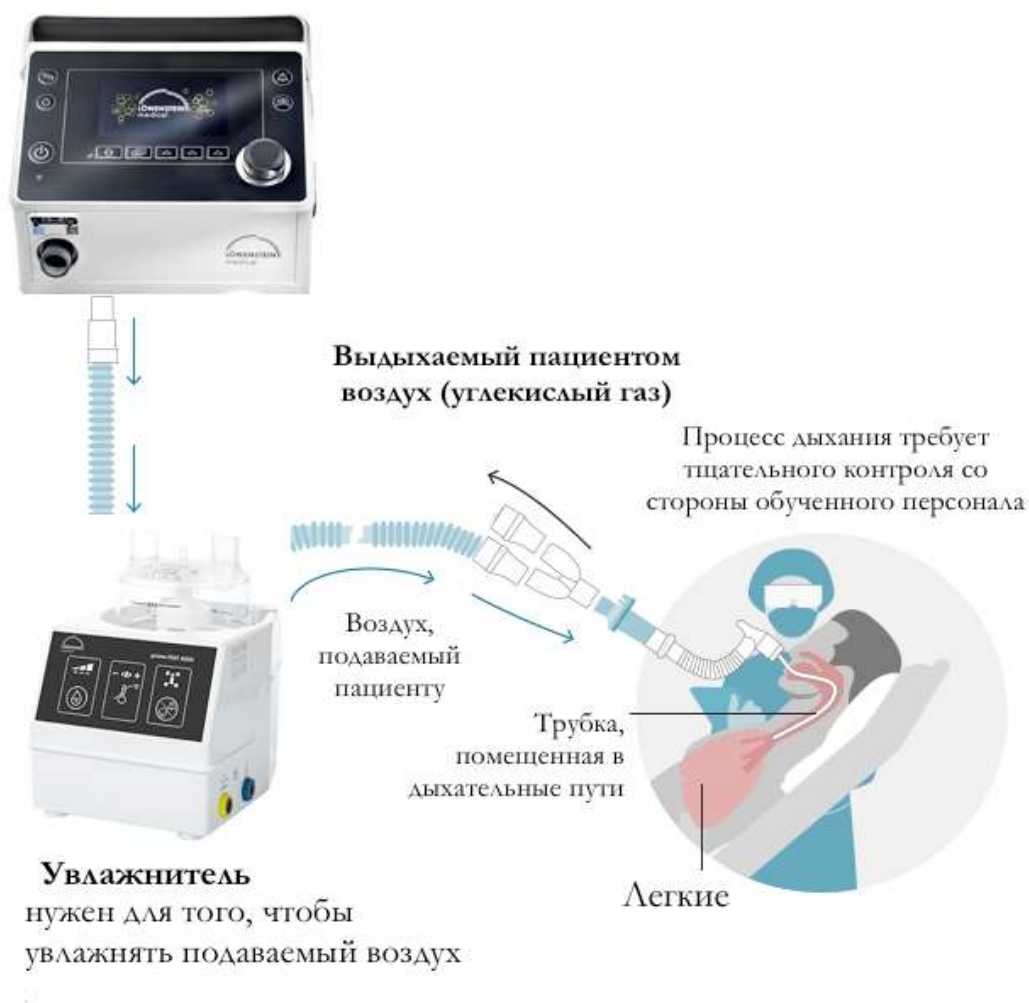


Рисунок 12 – Механика работы аппарата ИВЛ

### 4.3 Показания к ИВЛ

1. При анестезиологическом пособии во время оперативного лечения.
2. Продленная ИВЛ после анестезиологического пособия.
3. Абсолютные показания в реанимации.
4. Относительные показания в реанимации.

#### **При проведении анестезии:**

1. Применение препаратов «выключающих» мышечную активность и дыхание;
2. Положение больного на операционном столе;

3. Решение задачи обеспечения безопасности больного (Рисунок 13);

4. Исходное тяжелое состояние требующее протезирования дыхательной функции.

#### ***Показания для продлённой ИВЛ в послеоперационном периоде***

1. Снижение вентиляционных резервов внешнего дыхания при операциях, повреждающих аппарат внешнего дыхания;

2. Ожирение III ст. и выше;

3. Наличие исходно клинически значимой дыхательной недостаточности, не устранимой самим вмешательством;

4. Нейрохирургические вмешательства с повреждением ствола мозга;

5. Длительные и травматичные операции с повреждением органов системы транспорта кислорода;

6. Тяжелые осложнения, возникшие в процессе операции и анестезии;

7. Несостоятельность легочного газообмена вследствие остаточного действия компонентов анестезиологического пособия;

8. Повторное хирургическое вмешательство вскоре после основной полостной операции.[8]

#### **4.4 Противопоказания к ИВЛ**

Апноэ; гемодинамическая нестабильность (гипотензия, сердечная аритмия, инфаркт миокарда); угнетение уровня сознания, неадекватность пациента; высокий риск аспирации; обильная и/или вязкая мокрота; недавнее хирургическое вмешательство в челюстно-лицевой или гастроэзофагальной области; челюстно-лицевая травма; аномалии развития носоглотки; ожоги; крайне выраженное ожирение.

#### **4.5 Осложнения при ИВЛ**

На практике специалисты обычно основываются на систематизации по патогенетическому принципу:

**Баротравма.** Альвеолы разрываются с образованием подкожной эмфиземы, пневмомедиастинума, газовой эмболии, пневмоторакса. Наиболее опасной считается клапанная разновидность последнего, при

которой воздух, скопившийся в плевральной полости, сдавливает легкое и полностью исключает его из процесса дыхания.



Рисунок 13 – Аппарат ИВЛ в машине скорой помощи

**Аспирационная и застойная пневмонии.** Отличаются тяжелым течением, плохо поддаются терапии. Поскольку возбудителем являются внутрибольничные штаммы, антибиотикотерапия не всегда бывает эффективной. Подбор препаратов осуществляют по результатам анализа мокроты на чувствительность к противомикробным препаратам. Кроме того, могут возникать трахеиты, бронхиты, абсцессы дыхательных путей или легких.

**Нарушения КЩС.** В компенсированном варианте (сдвиг pH на сотые доли) не представляют угрозы жизни. Субкомпенсированные и декомпенсированные формы приводят к нарушению структуры белков, в

том числе гормонов и рецепторов. Следствием становятся системные сбои в работе всех систем организма, полиорганная недостаточность.

**Патомимия.** Самостоятельное вмешательство больного в процесс вентиляции легких, удаление трубки, отсоединение контура, отключение аппарата. Критически опасно для жизни, должно пресекаться медицинским персоналом вплоть до мягкой фиксации пациента к постели и введения нейролептических препаратов для купирования психомоторного возбуждения.

**Обменные нарушения.** Осложнения ИВЛ, возникающие при длительной поддержке и приводящие к формированию хронических патологических процессов. Включают холестаз, отеки, мочекаменную болезнь, стрессовые язвы желудка и двенадцатиперстной кишки. Сохраняются на весь период искусственной вентиляции, требуют отдельного лечения после восстановления самостоятельного дыхания.[8]

### **Заключение**

Резюмируя, можно сказать, что оксигенотерапия, несмотря на длительную историю применения, продолжает активно развиваться, занимая значимое место в лечении основных сердечно-сосудистых и бронхолегочных заболеваний. Зачастую она позволяет сохранить жизнь пациента, являясь одним из основных методов лечения больных с коронавирусной инфекцией. В то же время остается ряд этических вопросов, продолжаются исследования, подтверждающие эффективность оксигенотерапии в одних случаях, но демонстрирующие негативные эффекты — в других. ИВЛ, к примеру, наиболее эффективное средство терапии и реанимации, осложнения которого вполне реально свети к минимуму, а ЭКМО, несмотря на эффективность, влечёт за собой множество негативных последствий для пациента в период реабилитации, тогда как кислородный концентратор используется для совершенно разных целей: он пригодится и в быту, и в медицине.

Дальнейшее изучение применения кислорода в медицине, а также технологический прогресс, благодаря которому осуществляется

разработка новых устройств для оксигенотерапии, закрепят за оксигенотерапией прочное место в повседневной лечебной практике.

### Литература

1. Корнилов И.А. Экстракорпоральная поддержка жизни в педиатрии. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2018;22(4):35-47 DOI: 10.21688-1681-3472-2018-4-35-47 [Электрон. ресурс]: [есто-pediatriya.pdf \(xn--j1aeg1d.xn--p1ai\)](#)(дата обращения 20.09.2022).
2. Мальцева О.С., Пшениснов К.В., Шелухин Д.А., Наумов А.Б., Марченко С.П., Яковлев А.В., Тризна Е.В., Дембицкая Е.О. Экстракорпоральная мембранная оксигенация в педиатрии и неонатологии. [Электрон. ресурс]. [ekstrakorporalnaya-membrannaya-oksigenatsiya-v-pediatrii-i-neonatologii.pdf](#) (дата обращения 19.09.2022).
3. Кафедра госпитальной хирургии ЮУГМУ. 2007–2022. Экстракорпоральная мембранная оксигенация. [Электрон. ресурс]. [hospsurg.ru](#)(дата обращения 20.09.2022).
4. Ярустовский М.Б., Абрамян М.В., Назарова Е.И., Комардина Е.В. Постоянная гемофильтрация в едином контуре с экстракорпоральной мембранной оксигенацией у детей с критической сердечной недостаточностью после кардиохирургических операций. [Электрон. ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/postoyannaya-gemofiltratsiya-v-edinom-konture-s-ekstrakorporalnoy-membrannoy-oksigenatsiy-u-detey-s-kriticheskoy-serdechnoy> (дата обращения 19.09.2022).
5. Ушаков А.А., Смёткин А.А., Фот Е.В., Кузьков В.В., Киров М.Ю. Применение высокопоточной оксигенации в терапии острого респираторного дистресс-синдрома. Анестезиология и реаниматология. 2020. (1):4754.
6. Малиновский А.В. Руководство по использованию кислородных концентраторов в лечебно-профилактических учреждениях. – Санкт-Петербург. Медтехиздат. 2020.
7. Под ред. Дж. Э. Тинтиналли, Рл. Кроума, Э. Руиза. Перевод с английского д-ра мед. наук В.И.Кандрора, д. м. н. М.В.Неверовой, д-ра мед. наук А.В.Сучкова, к. м. н. А.В.Низового, Ю.Л. Амченкова. под ред. Д.м.н. В.Т. Ивашкина, Д.М.Н. П.Г. Брюсова. Неотложная медицинская помощь. Москва «Медицина». 2001.
8. **Под ред.** Чурсин В.В., Жакупов Р.К., Абдукаримов Х. Х., Джолдыбеков Т.С. **Искусственная вентиляция легких** (учебно-методическое пособие). Алматы. 2008.

## **ПРОТЕЗИРОВАНИЕ. ЕГО ЗНАЧИМОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

**Д.М. Плужников, Г.А. Романов, В.С. Прохоров, К.С. Рутгерс,  
Б.С. Жерлицын (ред. Ю.В. Булгакова)**

Данная работа посвящена актуальной теме «Протезирование. Его значимость и практическое применение». Протезированием называют замену утраченных или поврежденных частей тела искусственными заменителями - протезами. Данная дисциплина является довольно актуальной, она тесно связана с медициной, техникой, восстановительной хирургией и т.д. Протезирование развивается по сей день, также оно способно вернуть к действию какую-либо утраченную функцию человеческого организма.

### **Введение**

К сожалению, люди не застрахованы от различных неприятностей, любой человек способен потерять какую-либо функцию своего организма, утратив конечность или же необратимо повредив ту или иную часть тела. Не менее важная проблема – заболевания опорно-двигательного аппарата. Такая дисциплина как протезирование способна разрешить подобные случаи.

Протезирование представляет собой замену частей тела протезами, которые предназначены для восстановления нормальных функций организма. Также существуют косметические протезы, предназначенные для восстановления утраченного внешнего вида какой-либо части тела. В наши дни протезы стали куда более технологичные и удобные.

Работа предназначена для более подробного ознакомления с данным направлением и ознакомлением с его дальнейшим развитием. На сегодняшний день известно более пяти основных видов протезирования, каждый из которых мы разберем по отдельности.

### **1 История протезирования**

Протезирование - достаточно древний процесс. Первые протезы появились ещё в древнем Египте. Они были не слишком



функциональными, состояли, в основном, из ткани и несли, по большей части, косметическую функцию.[1]

Более сложные протезы появились тоже достаточно давно. К примеру, на территории Италии была обнаружена искусственная нога, созданная из бронзы и железа, изготовление которой датируется примерно 300 годом до нашей эры.[2]

Во времена нашей эры протезирование стало уже более сложным и функциональным, однако, всё ещё несло косметическую функцию. Позволить себе подобный протез могли только представители высших каст и сословий. Бедным такая возможность была недоступна.[1]

Большую часть человеческой истории протезы были ремеслом далеко не врачей. Ими занимались кузнецы, оружейники и торговцы. А предназначались они воинами. Рыцари успешно использовали более поздние ручные протезы, держа ими щиты, а ножные протезы крепили к стременам.[2]

Так протезы применялись и совершенствовались без особой эффективности до 1536 года, когда французский хирург Амбруаза Паре сделал несколько навесных протезов с модификацией искусственной ноги так, чтобы её можно было зафиксировать ниже коленного сустава. В целях безопасности, изобретатель добавил к уже имеющейся конструкции ремни и несложную систему, управляющую блокировкой колена. Усовершенствованные версии подобных схем с успехом используются в протезировании и по сей день (рисунок 1). [1]

Использование протезов начало входить в массы примерно тогда же, когда и ампутации стали более частой и успешной практикой. В середине XVI века Паре был введён ряд эффективных операций по ампутации конечностей. А в середине XIX века ознаменовалась значительными достижениями в области ампутации конечностей. Хирурги научились формировать культю так, чтобы к ней было удобнее фиксировать протез.[2]

В наши дни протезирование продолжает совершенствоваться и является частью медицины. Современные протезы куда более

технологичные и удобные. Проводятся фестивали и научные слёты, посвящённые теме протезирования. Инженеры XXI века научились создавать программируемые протезы, а также были открыты новые материалы, которые успешно используются в изготовлении искусственных конечностей.[1]



Рисунок 1 - Древний протез Амбруаза Паре

## 2 Виды протезирования

В более широком смысле протезами считаются устройства, которые могут быть включены в общую категорию медицинских изделий: ортезы (ортопедические изделия), корсеты, обувь, бандажи и др. [3]

В узком смысле различают следующие виды протезирования:

- анатомическое - изготовление искусственных конечностей - протезов рук и ног, глаз, носа, молочных желез и т.д.;
- эндопротезирование - имплантация искусственных материалов (сосудов, суставов) во внутреннюю среду организма;
- экзопротезы - это протезы, закрепляемые снаружи. Наиболее популярным видом экзопротеза является протез молочной железы;

- эктопротезы - это закрепляемые снаружи косметические протезы. Не выполняют функцию имитируемого органа.

Также существует протезирование зубов. На данный момент его подразделяют на такие виды как

- Микропротезирование;
- Протезирование на имплантатах;
- Бюгельное протезирование;
- Мостовидное протезирование.

Отдельным видом протезирования является изготовление слуховых аппаратов.

### **2.1 Экзопротезирование**

К экзопротезам можно отнести такие виды как бионический протез предплечья, бионический протез пальцев и кисти, экзопротез молочной железы (рисунок 2), а также бионический протез плеча. К экзопротезам так же относятся зубные протезы. Они бывают съёмные и не съёмные.[4]



Рисунок 2 – Экзопротез молочной железы

### **2.2. Эндопротезирование**

При эндопротезировании возможна замена как костей, так и их фрагментов головки лучевой кости, ключицы, надколенника, шейки бедра, большеберцовой кости (рисунок 3). [5]

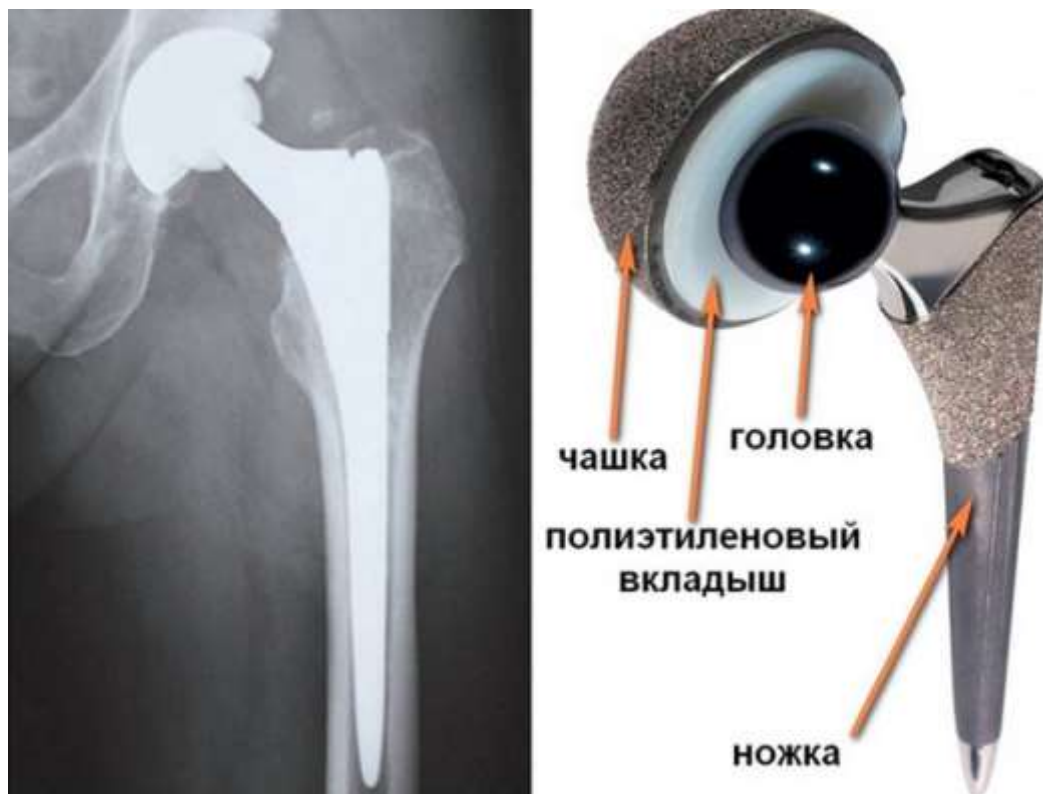


Рисунок 3 – Эндопротез тазобедренных суставов

Разбирая эндопротезы также стоит упомянуть их классификацию:

- По количеству компонентов однокомпонентные, двухкомпонентные, трехкомпонентные.
- В зависимости от принципа конструкции однополюсные, двухполюсные.
- По способу фиксации бесцементная, цементная, гибридная.
- По материалу изготовления металлические, полиэтиленовые, керамические, углеродные, оксидные.

### 2.3. Зубные протезы

В зубных протезах можно выделить 3 основные классификации по категории

- съёмные,
- частично съёмные,
- не съёмные.

У каждого вида есть свои особенности, преимущества и недостатки. Рассмотрим их подробнее.

### ***Съёмные зубные протезы***

Главная особенность съёмных зубных протезов - возможность самостоятельного извлечения. Показаниями для их использования является полная адентия. Обычно применяются для пожилых людей. Могут отличаться конструктивными особенностями. Для изготовления обычно применяется нейлон или акрил (пластик).

Съёмный протез (рисунок 4) состоит из нескольких основных элементов:

- основы, изготавливаемой из гибкого и пластичного материала;
- искусственных зубов из прочного пластика или фарфора.



Рисунок 4 – Пример съёмного протеза

Главный плюс съёмных протезов в том, что они позволяют вернуть функциональность зубочелюстного аппарата и красивую улыбку при отсутствии зубного ряда, если имплантация недоступна из-за противопоказаний или недостатка финансовых средств (процедура стоит в разы дороже).

Основной недостаток – особый уход. съёмные протезы нужно снимать каждый вечер, чистить и дезинфицировать при помощи специальных растворов. Обладают они и другими недостатками:

- Плохо фиксируются во рту. Могут выпасть в самый неподходящий момент. Это вызывает некий психологический дискомфорт у пациента;
- Период адаптации длительный и сложный. Искусственные зубные конструкции могут натирать, раздражать слизистую или вызывать дискомфорт;

– При длительном ношении могут вызвать атрофию костной ткани. При жевании вся нагрузка передается на десны, поэтому кости начинают проседать;

– Изготавливаются из гибких материалов, быстро изнашиваются. Обычно служат не более 5-7 лет. В редких случаях срок службы составляет 10 лет.

### ***Частично съёмные зубные протезы***

Частично съёмные зубные протезы (рисунок 5) во многом схожи со съёмными конструкциями, но используются при частичной адентии. Если имеется хотя бы несколько здоровых зубов, изготавливают частично съёмные протезы. Главное их отличие – наличие специальных замков или кламмеров. Обычно изготавливают их из металлической проволоки, реже – из пластика. Замки обхватывают оставшиеся зубы и тем самым удерживают протез в ротовой полости. Существует несколько вариантов конструктивного исполнения.

Как и съёмные протезы, частично съёмные конструкции являются альтернативой имплантации. Главный плюс – доступная цена. Минусы следующие

- дискомфорт при ношении;
- изменение дикции;
- изменение вкусовых качеств;
- необходимость проведения дезинфекции и др.



Рисунок 5 – Пример частично съёмного протеза

***Уход за съёмными и частично съёмными протезами***

Чтобы протезы служили долго и не теряли привлекательный вид, нужно придерживаться нескольких правил ухода за ними

- После каждого приема пищи нужно снимать конструкцию и промывать чистой водой. Если используется специальный крем, тогда достаточно промывать один раз в сутки.

- Чистить искусственные зубы нужно щеткой с мягкой щетиной и специальными гелями, которые не содержат абразива. Применение жестких щеток и обычных зубных паст под запретом. От них протез может потемнеть и потерять привлекательный вид.

- Периодически нужно делать дезинфекцию при помощи специальных таблеток или ультразвуковой ванночки.

- Хранить протез следует в воде или специальном растворе, который можно купить в аптеке.

***Несъёмные зубные протезы***

Самостоятельно снять не съёмные зубные протезы (рисунок 6) невозможно. Сделать это может только врач при помощи профессионального инструмента. Протез надежно фиксируются при помощи специальной цементной смеси.



Рисунок 6 – Пример несъёмного протеза

Применяются несъёмные протезы в следующих случаях

- при отсутствии 1-2 зубов;
- при наличии скола, трещины или другого дефекта;
- при сильном повреждении зуба кариесом;

- при необходимости корректировки формы или цвета зубов;
- при повышенном истирании эмали.

Существуют различные виды несъёмных зубных конструкций:

- импланты;
- коронки;
- виниры;
- вкладки;
- мосты;
- микропротезы;
- люминиры.

В зависимости от состояния зубного ряда и желаемого результата врач подбирает подходящую конструкцию. Установке предшествует подготовка. Она включает удаление зубного камня, лечение кариеса, воспалений десен, устранение очагов инфекции и других заболеваний ротовой полости. Такой подход позволяет исключить риск возникновения воспаления во время проведения процедуры.

### **3 Принцип работы**

Протезы разных видов кардинально различаются своим принципом работы. Разберём каждый подробнее.

#### **3.1 Бионические протезы**

Биоэлектрические или более распространенное название бионические протезы (рисунки 7-9) основываются на стыке таких наук, как биологии, медицины, инженерии. На сегодняшний день эти виды протезов являются самыми приближенным к органам человека, которые практически полностью могут заменить их утрату. То есть, можно сказать, что данные протезы с легкостью могут выполнять многие функции органов человека. Это обусловлено принципом их работы.[6, 7]

Бионический протез работает так: к культе присоединяется и закрепляется гильза, изготовленная в индивидуальном случае самим врачом-протезистом. Культи конечности - часть конечности, остающаяся после ампутации (экзартикуляции), травмы или обусловленная



врожденным пороком развития. В гильзе размещаются датчики, которые в свою очередь реагируют на мышечную активность человека, взаимодействующие уже непосредственно с основой роботизированной конечностью.[8-10]



Рисунок 7 – Бионический протез предплечья



Рисунок 8 - Бионический протез плеча

Управление бионической конечностью осуществляется через электроды с помощью биоэлектрических потенциалов мышц. Биоэлектрические потенциалы - показатель биоэлектрической

активности, определяемый разностью электрических потенциалов между двумя точками живой ткани. То есть, говоря другими словами, протез “схватывает” мышечные импульсы и преобразует их в определенные движения. В основном большинство задач решаются двумя способами захватом протеза и стилусом. Первый помогает взаимодействовать с крупными предметами, а второй с мелкими, например, застегнуть молнию или завязать шнурки.[11- 13]



Рисунок 9 - Бионический протез кисти

Некоторые производители расширяют возможности бионических протезов, встраивая в них различные датчики и гаджеты, устройства оплаты, фонарики. Уже сегодня понятно, что в обозримом будущем возможности протезов превысят возможности природных органов тела, и это откроет совершенно новые перспективы их применения. [14-16]

### **3.2 Эндопротезы**

Одним из самых распространённых видов эндопротезирования является имплантация. В широком понимании подразумевает вживление импланта (инородного тела) в организм человека с двумя возможными целями восстановления работы внутренних органов путем замены

поврежденной части органа (искусственный сердечный клапан, искусственное лёгкое, замена тазобедренного или коленного сустава искусственным аналогом) и косметического усовершенствования (грудные импланты, глютеопластика, липотрансферция).[17]

С целью восстановления функционирования внутренних органов принцип работы протеза заключается в частичной или полной замене внутренних органов человека путем хирургического вмешательства и пересадки биологического органа или его части искусственным аналогом. Суставы заменяются по такому же принципу.[18]

С целью косметического усовершенствования используется установка высококогезивного силиконового геля в силиконовую оболочку из эластомера или полиуретанового покрытия и помещение в организм путём хирургического вмешательства.[17]

### 3.3 Эктопротезы

Принцип работы данных протезов заключается в моделировании и художественной имитации утраченного органа (рисунок 10). Эктопротезы ушной раковины, глазной орбиты являются самыми распространёнными в наши дни.



Рисунок 10 - Примеры эктопротезов

С помощью искусственных материалов создаются “муляжи” для сокрытия внешних дефектов организма и закрепляются снаружи.

## Выводы

На данном этапе можно сделать вывод, что разработка протезов сделала стремительный шаг в совершенствовании самих протезов. Однако наша команда надеется, что в будущем протезы не только смогут возмещать функции былой конечности, но также давать новые возможности. Протезирование развивается по сей день в различных направлениях и всё еще будет оставаться актуальной дисциплиной. На данный момент остаётся надежда, что протезы, в скором времени, будут оцувствленными для более комфортного их повседневного использования или же модернизированы для более сложных задач непосильных современным протезам.

## Литература

1. Ширшова Л. От подпорки до кибертела история и будущее протезов [Электронный ресурс] <https://newtonew.com/tech/ot-podporki-do-kibertela-istoriya-i-budushcheeprotezov>
2. Яковлева Е. История протезирования конечностей. Ютека. Блог. 10.07.2019. [Электронный ресурс] <https://uteka.ru/articles/fakty/istoriya-protezirovaniyakonechnostey/>
3. Журавлев В.П., Мокринский С.Г., Сахнюк И.В., Сахнюк И.И. Модуль коленный. Патент RU 2380061. FindPatent.ru [Электронный ресурс] <https://findpatent.ru/patent/238/2380061.html>.
4. Косметические (пассивные) протезы верхних конечностей. Протезирование конечностей при ампутации. SURGERY. ON RUSSIAN MEDICAL SERVER. [Офиц. сайт] <http://www.rusmedserv.com/prostheticsextremities/cosmetic-prosthesesupperextremities/>
5. Требования к современным протезам. [Электрон. ресурс] <https://xn7sbflcbakjcpj9aebddhddve0bgs0k.xn--p1ai>
6. Степаненко Д. Как работают бионические протезы // Популярная механика. 07.04.2016 [Электрон. ресурс] <https://www.popmech.ru/science/235633-kakrabotayut-bionicheskie-protezy/>
7. Современные технологии протезирования как ИТ помогает людям жить. ITC.UA. 25.08.2010 [Офиц. сайт] [https://itc.ua/articles/covremennye\\_tehnologii\\_protezirovaniya\\_kak\\_it\\_pomogaet\\_lyudyam\\_zhit\\_48171](https://itc.ua/articles/covremennye_tehnologii_protezirovaniya_kak_it_pomogaet_lyudyam_zhit_48171).

8. Протезы кистей – бионическая кисть. SURGERY. ON RUSSIAN MEDICAL SERVER. [Официальный сайт] [//http://www.rusmedserv.com/prostheticsextremities/prostheses-handsbionic-hand/](http://www.rusmedserv.com/prostheticsextremities/prostheses-handsbionic-hand/).
9. Бионический протез руки. [Электронный ресурс] <https://healthperfect.ru/bionicheskiyprotez-ruki.html>
10. Паллиативная медицина. Как работает бионический протез? Respimed. Все про респираторные заболевания. ООО «Медика Трейд». [Официальный сайт] [https://respimed.ru/palliativnaya\\_medice/kak-rabotaet-bionicheskij-protez.html](https://respimed.ru/palliativnaya_medice/kak-rabotaet-bionicheskij-protez.html)
11. Роботроника, остеосинтез, протезирование будущего. MEDNAVIGATOR.ru. Поиск и подбор лечения в России и за рубежом. [Электронный ресурс] <http://протезированиеконечностей.рф/протезы-конечностей-будущего>
12. Сычев И. Обзор рынка бионических рук на 2016 год что можно купить в России [Электронный ресурс] <https://habr.com/post/395115/>
13. Жванский Е. Не опускайте рук поему бионические протезы не становятся доступнее? [Электронный ресурс] <http://www.forbes.ru/tehnologii/345329-ne-opuskayte-rukrochemu-bionicheskie-protezy-ne-stanovyatsya-dostupnee>
14. Бионические протезы [Электронный ресурс] <https://clinic-md.ru/новости/травмотология/протезы/бионические-протезы>
15. Агаджанов М. Бионический протез Ossur управляет мыслью [Электронный ресурс] <https://habr.com/post/379741/>
16. Небога Л. Бионический протез устройство, установка, принцип работы. Бионические протезы конечностей [Электронный ресурс] <http://fb.ru/article/196231/bionicheskiyprotez-ustroystvo-ustanovka-printsip-raboty-i-bionicheskie-protezyi-konechnostey>
17. Московский протезно-реабилитационный центр [Электронный ресурс] <http://www.rusmedserv.com/prostheticsextremities/Moscowprostheticrehabilitationcenter/>
18. Сычев И. Бионические руки история, будущее и реальность [Электронный ресурс] <https://habr.com/post/394579/>

## **НАРКОЗНО-ДЫХАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ**

**Д.О. Павлов, В.А. Березников, К.Д. Колеченков, Э.В. Керимов,  
Х.Ф. Гайбуллаев, В.В. Жуков (ред. Ю.В. Булгакова)**

В данной работе представлена основная информация о наркозно-дыхательных аппаратах. Рассмотрен принцип работы, история, виды аппаратов, методы и ситуации использования. В работе также описаны недостатки разных видов анестезий.

### **Введение**

Одним из важнейших вопросов современности является вопрос адаптации человека к необычным, сложным и экстремальным условиям. Боль и обезболивание являются важнейшими проблемами медицины, а облегчение страданий больного человека – снятие боли во время операций – одна из самых важных задач анестезиологии и хирургии, решение которой невозможно без фундаментального изучения сущности функционирования болевой и противоболевой систем и механизмов влияния на них средств общего обезболивания. Боль – это типовой, эволюционно выработанный процесс, возникающий в результате воздействия на организм ноцицептивных факторов или ослабления противоболевой системы. Он включает в себя соматический, вегетативный, эмоциональный, поведенческий, двигательный, антиноцицептивный компоненты и направлен на защиту организма от повреждений и на устранение боли. В формировании боли участвуют периферическая НС, ЦНС и спинной мозг.

В зависимости от точки приложения анестезирующего вещества (ЦНС или периферическая НС) обезболивание делится на общее обезболивание (наркоз и седация) и местную анестезию. Рассмотрим наркоз подробнее: наркозом называют такой вид обезболивания, при котором под влиянием наркотических или других факторов достигается не только устранение болевой чувствительности, но и выключение сознания, двигательных функций, а также условных и некоторых

безусловных рефлексов, снижение мышечного тонуса, угнетение нейровегетативной рефлексии.

## **1 История**

### **1.1 История возникновения наркоза**

Первое использование анестетиков было зарегистрировано у древних шумер: они использовали опийный мак.

Знаменитый китайский врач Хуа Туо (140-208гг.) давал своим пациентам во время операции изобретенную им порошкообразную смесь вина и конопляного порошка в качестве анестезии.

После изобретения крепкого алкоголя, люди быстро обнаружили его анестетические свойства. Многие армии мира начали брать спиртное в свои походы, чтобы давать его раненым солдатам в качестве обезболивающего. [1]

В 13 веке испанец Р. Луллий открыл эфир, а в 1540 году Парацельс описал его анестетические свойства. 16 октября 1846 года в Бостонском лазарете (США) Уильям Томас Грин Мортон провел первую публичную демонстрацию эфирного наркоза во время операции по удалению подчелюстной опухоли.

В 1847 г. шотландский акушер Дж. Симпсон впервые применил хлороформ для наркоза при родах. [1]

Местная анестезия берёт своё начало в 1879 г., когда русский хирург В. К. Анреп открыл местноанестезирующие свойства кокаина. Он установил, что если смазывать слизистые оболочки раствором кокаина, то больной полностью утрачивает способность воспринимать болевые раздражения и на слизистых можно оперировать. Но обнаружилось и пагубное влияние кокаина на человека: во-первых, большие дозы кокаина, используемые для анестезии, вызывали привыкание. Во-вторых, кокаин оказывал наркотическое действие, и у больных начинались галлюцинации.

В 1905 году немецкий биохимик Эйнгорн синтезировал новый анестетик новокаин, который по химической структуре подобен кокаину,

но совершенно нетоксичен. Это хорошо, потому что он быстро разрушается в организме. Недостатком новокаина является то, что индуцированная анестезия длится 1,5-2 часа. [2]

Одним из важнейших этапов развития анестезиологии является создание и практическое использование наркозно-дыхательных аппаратов. Первое такое оборудование ввела в использование компания McKesson в 1910 г. [2]

## 1.2 История развития метода низкопоточной ингаляционной анестезии

Первый реверсивный дыхательный контур (рисунок 1) был разработан Стивенем Гейлсом в 1727 г. Контур состоял из большого газового резервуара в виде камеры, разделенной четырьмя фланелевыми перегородками, пространство между которыми заполнено гашеной известью и снабжено однонаправленными шлангами. Клапаны вдоха и выдоха с мундштуками находились на концах.

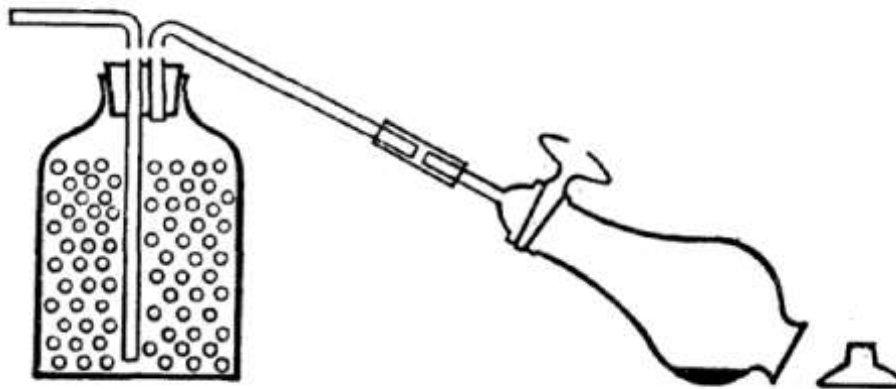


Рисунок 1 – Первый дыхательный контур

В 1850 г., всего через четыре года после эфирной анестезии, Дж. Сноу усовершенствовал эфирный ингалятор и предложил его в виде реверсивного маятникового дыхательного контура с целью экономии очень дорогого в то время эфира. Он включал в себя коробчатый бензобак, снабжённый чистым кислородом и наполненный едкой каустической



содой для адсорбции CO<sub>2</sub>, дыхательный шланг без клапанов вдоха и выдоха и лицевую маску.

В 1856 г. Э. Шванн и Ф. Кун представили первый реверсивный циркуляционный дыхательный контур с адсорбентом и рециркуляционным клапаном, соединенным с гипербарическим кислородным баллоном. [3]

Ингаляционный наркоз с помощью маятниковой системы с адсорбером изобрёл А. Коулман. Дыхательный контур этой системы включал два газовых резервуара, снабжённых чистой закисью азота. Баки были соединены между собой односторонними клапанами. При вдохе газ из проксимального резервуара проходил через контейнер с гашеной известью и подавался пациенту через лицевую маску. [3] Выдыхаемая газовая смесь возвращается в проксимальный резервуар и снова проходит через сосуд с сорбентом. Коулман назвал свою систему «бережливым устройством», потому что она снижала расход закиси азота, которая в то время была дорогой. Несмотря на свою экономичность, предложенное устройство не нашло широкого применения, так как в его конструкции не была предусмотрена подача кислорода.

Первая попытка уменьшить расход свежего газа с помощью полностью замкнутого контура была предпринята Д. Джексонем. В 1915 г.. Он сообщил о длительной анестезии в замкнутом контуре эфиром, закисью азота и кислородом, но предложенный метод не вызвал большого интереса.

Широкое внедрение в клиническую практику ингаляционного наркоза малым потоком свежего газа связано с именем Р. Уотерса. Сформулировав сначала все основные преимущества этого метода, он, в 1924 г. разработал простую, надёжную и недорогую маятниковую систему с адсорбентом. Она выпускалась серийно и пользовалась большим спросом. [3]

Интерес к низкопоточной анестезии значительно вырос с наступлением эры циклопропана в анестезиологии (1933 г.) в связи с необходимостью предотвратить попадание этого взрывоопасного газа в

атмосферу операционной. С введением в клиническую практику препаратов тиопентала (1934 г.) и кураре (1942 г.) популярность ингаляционной анестезии снизилась. Отсутствие надежного мониторинга концентрации кислорода и летучих анестетиков было еще одним фактором, препятствующим развитию методов анестезии с низким потоком газа. Реальные преимущества анестезии с низким потоком почувствовались в начале 80-х годов с изобретением более современных аппаратов и использованием других видов анестетиков.

## **2 Современный наркоз**

### **2.1 Газовый наркоз закисью азота**

Закись азота – бесцветный газ с характерным запахом, не раздражает слизистые оболочки дыхательных путей, не угнетает дыхание и кровообращение, не связывается в организме, выводится в неизменном виде через легкие.

Среди наркотических газов закись азота является наиболее слабым наркотическим средством. Он обладает отличными обезболивающими свойствами и нашел применение в стоматологии. [4]

При введении анестезии закисью азота резервуары наркозного аппарата наполняются кислородом. Пациенты вдыхают чистую кислоту в течение 2-3 минут, чтобы вывести нейтральный азот из легких. Затем подается закись азота. Такое газовое соотношение позволяет газировать наркотики.

Эффект: пациент часто теряет сознание, появляется возбуждение, через 6-8 минут наступает поверхностная анестезия: незначительно учащенное дыхание и пульс, наличие живых роговичных и зрачковых рефлексов

Углубление анестезии при более низком уровне кислорода недопустимо из-за возможности тяжелой гипоксии с опасными для жизни осложнениями. Возбуждение обычно наступает через 1-3 мин после прекращения вдыхания газонаркотической смеси, быстро восстанавливается сознание. Затем пациенту дают дышать чистым

кислородом в течение 3-4 минут, после чего переводят на воздушное дыхание. [4]

Пробуждение больного происходит через 1-3 минуты после прекращения подачи газонаркотической смеси. Через 15-30 минут он может покинуть клинику. Преимущества анестезии закисью азота заключаются в том, что она (относительно) безвредна для организма пациента при концентрации кислорода не менее 20 %.

К недостаткам общей анестезии закисью азота относятся: невозможность достижения глубокого сна, особенно у физически крепких лиц, выраженная стадия бодрствования, отсутствие расслабления жевательных мышц.

## **2.2 Влияние наркоза на организм человека**

Переносимость анестезии зависит от многих факторов. К ним относятся возраст, пол, наличие зависимостей, вес, хронические заболевания, время пребывания в наркозе. Одна из главных опасностей заключается в том, что через некоторое время после операции у человека могут появиться осложнения. Есть риск не проснуться после анестезии. По статистике это происходит примерно 1 раз в 250 000 операций. [5]

Ухудшение психической деятельности после наркоза не является мифом. Некоторые люди действительно испытывают когнитивные нарушения. Однако снижение психической активности происходит не из-за анестезии, а из-за операционного стресса. Чаще всего такие нарушения возникают у пожилых пациентов с патологиями сосудов головного мозга. Анестезиологи должны учитывать такие особенности. При правильной концентрации лекарств и анестетиков можно предотвратить когнитивные нарушения.

Местная анестезия с соответствующим подбором анестетика является наиболее безопасным методом анестезии и имеет редкие противопоказания: непереносимость лекарств, психические заболевания, нервное возбуждение, возраст от 0 до 3 лет.

### **Виды и комплектация наркозных аппаратов**

Современное анестезиологическое оборудование – это комплекс технических средств, применяемых для введения пациента в состояние наркоза во время хирургической операции и поддержания этого состояния на протяжении всей процедуры. Основное назначение анестезиологического оборудования в медицине заключается в устранении у пациента болевой чувствительности и защите организма пациента от возможных функционально-метаболических осложнений наркоза. [6] Из обширного списка анестезиологического оборудования можно выделить основные технические средства для анестезии: наркозно-дыхательная аппаратура, инфузионная техника, BIS-мониторы.

#### **3.1 Наркозно-дыхательный аппарат**

Наркозно-дыхательный аппарат – это система регулярного обеспечения анестезии. Его назначение – подача ингаляционных анестетиков, проведение автоматической вентиляции легких во время операции и проведение мониторинг показателей жизнедеятельности пациента.

Современный аппарат для ингаляционного наркоза состоит из трех основных частей: дыхательный контур, дозиметр газов, обеспечивающий точную дозировку газовой смеси, и испаритель наркотических веществ.

Наиболее совершенными системами для анестезии считаются модульные анестезиологические аппараты. Их преимущество в том, что модульная структура позволяет комплектовать аппараты с учетом индивидуальных потребностей и специфики анестезиологической службы каждой клиники.

#### **3.2 Инфузионная техника**

Современная инфузионная техника включает в себя шприцевую помпу, инфузионный насос, инфузионную станция (рисунок 2). Инфузионные системы – это наиболее эффективный способ введения растворов лекарств, компонентов крови, физрастворов и электролитов непосредственно в кровяное русло. Инфузионная система необходима и для длительной точно дозированной анестезии. [7]

Система рассчитана на непрерывное вливание препаратов с управляемой скоростью и объемом. Её работа осуществляется с помощью насосов (перфузоры, инфузоматы). Специальная программа позволяет настроить точный контроль объема, насыщенности, скорости и ритма подачи растворов, а также последовательное вливание нескольких препаратов в необходимой очередности.



Рисунок 2 – шприцевый инфузионный насос

### 3.3 BIS-монитор

Мониторы с модулем BIS (рисунок 3) относятся к новейшим технологическим разработкам и применяются в операционной для определения глубины анестезии и степени седации пациента. Этот наиболее эффективный метод мониторинга состояния сознания пациента во время операции основан на использовании биспектрального индекса BIS. BIS-индекс – параметр, обеспечивающий измерение эффектов анестезии и седации мозга по двухканальной энцефалограмме. Показатели снимаются с помощью сенсора, который крепится на лбу пациента.

Диапазон значений BIS-индекса – от 0 (отсутствие сознания) до 100 (соответствует полному сознанию). При общем наркозе значение BIS-индекса должно находиться в пределах 40-50, при седации – 60-85. [7]

Среди преимуществ использования BIS-монитора можно выделить: Устранение риска преждевременного выхода из состояния наркоза, снижение расхода анестетиков, что снижает вредное влияние наркоза на здоровье пациента, а также время выхода из наркоза значительно сокращается.



Рисунок 3 – BIS монитор

#### **4 Устройство наркозного аппарата**

Все наркозные аппараты включают в себя резервуар газов, дозиметр смеси, испаритель и дыхательный контур (Рисунок 4).

После прохождения жидкого анестетика через испаритель, газ поступает в дыхательный контур. Смесь циркулирует в одном направлении. Это обеспечивается наличием клапанов и механических устройств для перекачки газовой смеси.[7]

##### **4.1 Резервуар газов**

Резервуар газов – это баллоны, в которых содержатся газы, необходимые для анестезии. Чаще всего используются кислород и закись азота. Баллоны соединяются через восстановитель. Газовые смеси постоянно обновляются. Анестетик поглощается организмом больного, выделяющийся углекислый газ находится в адсорбере, после чего в контур поступает новая порция смеси. [7]

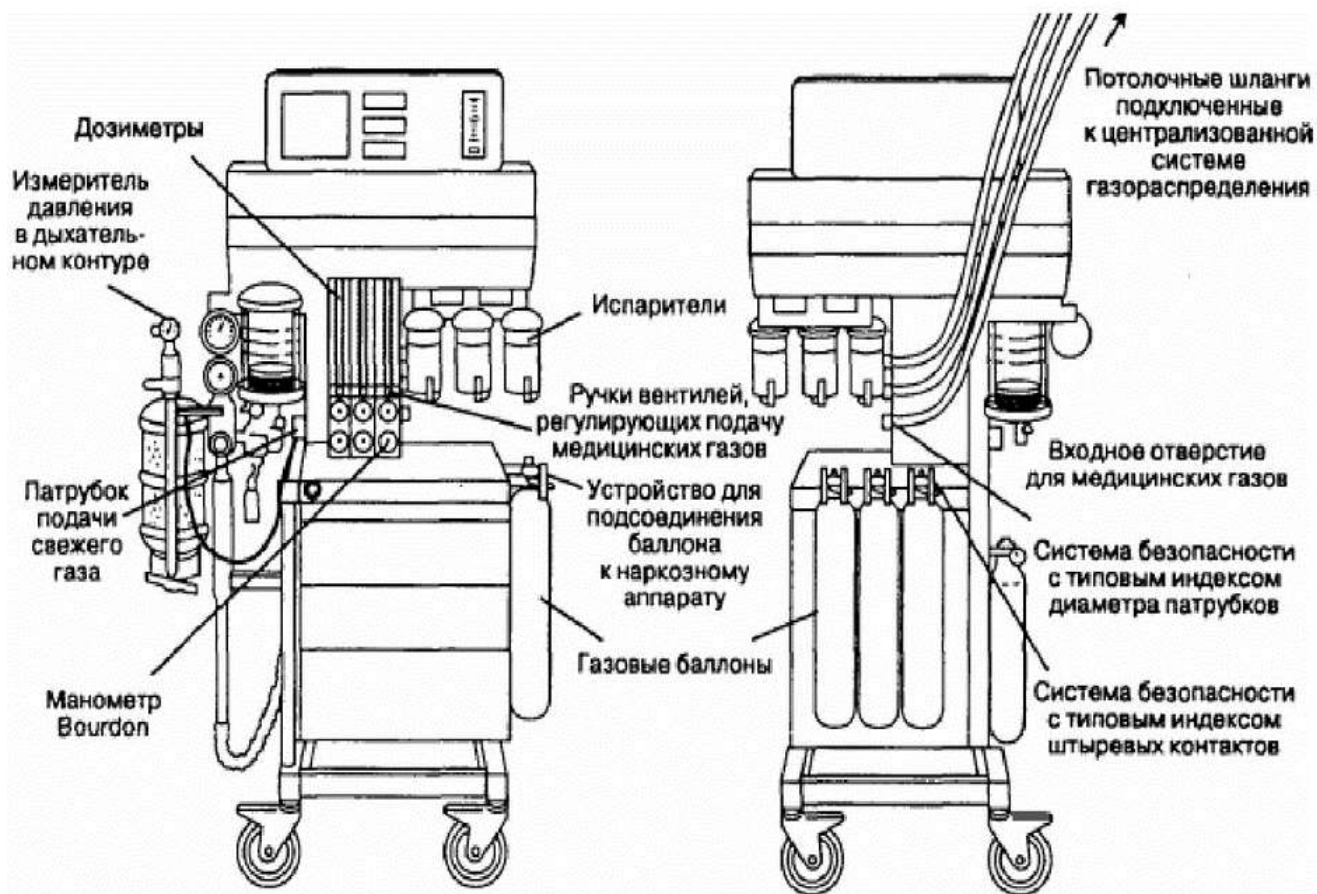


Рисунок 4 – Устройство наркозного аппарата

#### 4.2 Дозиметр газов

Для эффективного управления глубиной наркоза в аппарате используется дозиметр. Это специальный прибор, который осуществляет точную контролируемую подачу пропорции кислорода и закиси азота. Дозировка рассчитывается анестезиологом – человеком, который отвечает за погружение человека в состояния наркоза. Он учитывает вес, возраст, хронические заболевания и время проведения операции.

#### 4.3 Испаритель

Испаритель используется для смешивания газовой смеси с парами анестетика.

Анестетики, используемые в наркозных аппаратах, должны переходить из жидкого состояния в газообразное перед доставкой к дыхательным путям пациента. [8]

Испаритель снабжён камерой, в которой газ-носитель насыщается парами летучего анестетика.

#### 4.4 Контуры наркозных аппаратов

Контур, по которому проходит газовая смесь, имеет решающее значение для бесперебойной и эффективной работы. Существует четыре способа подачи смеси во время анестезии. Рассмотрим особенности каждого.

##### *Нереверсивный дыхательный контур*

Схема нереверсивного дыхательного контура изображена на рисунке 5.

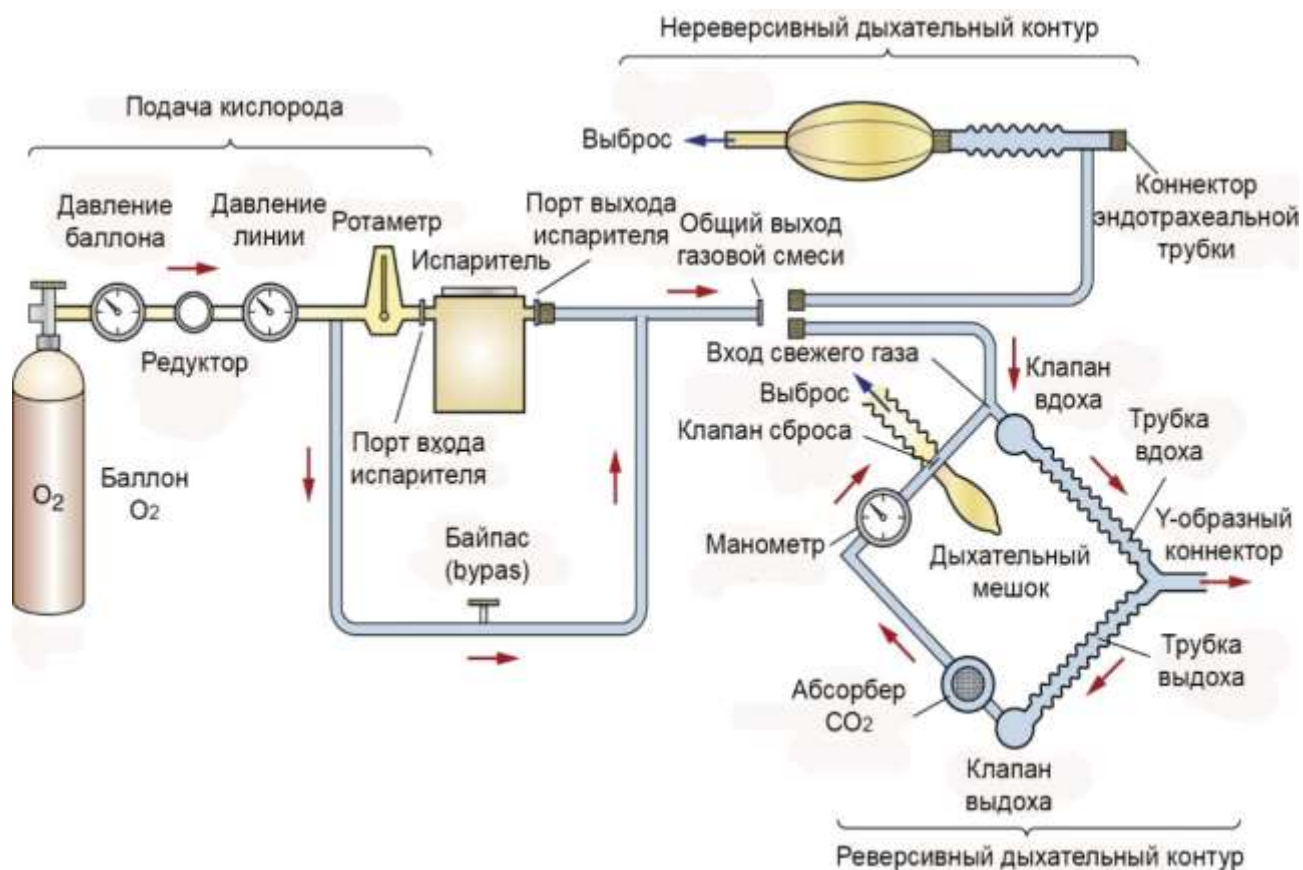


Рисунок 5 - Нереверсивный дыхательный контур

Больной получает смесь из дыхательного мешка – респиратора для анестезии. Используется во время операции для анестезии и поддержания нормального ритма дыхания.

Также их применение может быть обусловлено частичным или полным нарушением способности пациента к самостоятельному дыханию



(хронические заболевания, заболевания, связанные с нарушением самостоятельного дыхания и др.), что приводит к необходимости проведения сердечно-лёгочной реанимации. [9]

Формы искусственной вентиляции легких (ИВЛ) с использованием наркозно-дыхательного аппарата:

1. Вдувание воздуха или дыхательной смеси непосредственно в дыхательные пути через эндотрахеальную трубку;
2. Стимуляция легких с помощью электрических импульсов — «электrolунг»;
3. В нос вставляется трубка для поддержания положительного давления в дыхательных путях.

### ***Открытый нереверсивный дыхательный контур***

Открытый контур следует использовать только в том случае, если пациент дышит спонтанно. Принцип: вдох из атмосферы через маску, выдох в атмосферу.

Преимуществами использования открытого нереверсивного контура с помощью маски является крайняя простота, а также отсутствие сопротивления дыханию. При этом у метода есть и более чем серьезные недостатки. Прежде всего, он исключает возможность дозировать используемое для наркоза вещество максимально точно. Невозможна также искусственная вентиляция легких. Воздух операционной загрязняется парами наркотического вещества, которые могут оказать влияние на врача.[9] Подобный метод нельзя использовать при операциях на лице и шее, на открытой грудной клетке. Он исключён и при оперативных вмешательствах, в ходе которых пациент располагается на животе. Поэтому наркоз с помощью маски играет скорее вспомогательную роль и используется при небольших операциях, которые проводятся маленьким детям.

Еще один пример открытого нереверсивного контура — это наркоз с использованием наркозных аппаратов. Во время вдоха воздух проходит через испаритель, где происходит насыщение кислорода смесью, после чего по шлангу проводится его поступление в дыхательную приставку. С

ее помощью газ движется к маске. Выдыхаемый газ при этом выделяется в атмосферу через выдыхательный клапан. Благодаря тому, что у дыхательной приставки есть особые меха, есть возможность осуществлять искусственную вентиляцию легких. В итоге проведение наркоза при помощи аппарата объединяет в себе все достоинства наркоза с помощью маски, но при этом лишено большинства недостатков, присущих этому методу. Но даже при таком способе сохраняются большие потери влаги, как и загрязнение операционной парами анестетической смеси. Наркоз открытым методом в первую очередь востребован при проведении операций в “полевых условиях”, например в карете скорой помощи.

### ***Полуоткрытый неревверсивный дыхательный контур***

Главным отличием полуоткрытого контура (Рисунок 6) от открытого является поступление газа-носителя из аппарата, а не из атмосферы. При этом газ, который пациент выдыхает, полностью уходит в атмосферу. [9] Достоинство этого способа – возможность подавать смеси с высоким содержанием кислорода. Недостатками, как и у открытого контура, являются загрязнение операционной парами наркотических веществ, а также значительный расход кислорода и веществ, используемых для наркоза. Чаще всего такой тип контура используется для проведения операций у маленьких детей.



Рисунок 6 - Полуоткрытый неревверсивный дыхательный контур

### Реверсивный дыхательный контур

Схема реверсивного дыхательного контура изображена на рисунке 7.

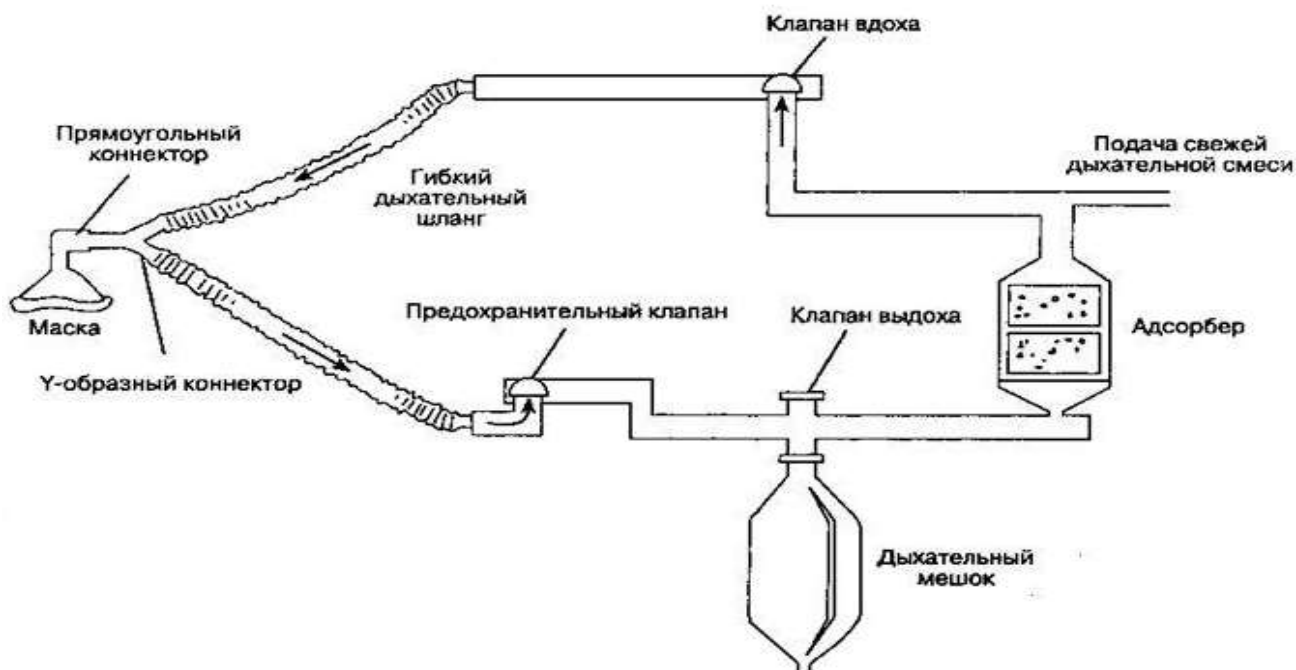


Рисунок 7 - Реверсивный дыхательный контур

Необходимость этого метода обусловлена стремлением к минимальной потере газов, наркотических веществ, влаги и тепла. В данной системе выдыхаемая наркотическая смесь полностью (в закрытой системе) или частично (в полузакрытой системе) вновь вдыхается пациентом, проходя через наркозный аппарат. [9]

После того, как выдыхаемая пациентом смесь переходит в адсорбер, происходит очищение от избытка углекислого газа с помощью активного поглотителя.

### Заключение

Методы наркоза совершенствовались сотнями лет. Люди ещё до нашей эры пытались укротить боль при проведении операций. Актуальность наркоза никогда не иссякнет, поскольку человек всегда будет хотеть безболезненного вмешательства врачей. Сейчас же наркоз используется от самых незначительных и маленьких операций, таких как

удаление вросшего ногтя на пальце, до пересадки сердца. Но без аппаратов для анестезии не было бы возможности использовать наркоз. Человек не смог бы с такой точностью подать необходимое количество смеси.

Таким образом, наркозные аппараты способствуют успешному проведению операций любой сложности и длительности, помогая врачам беспрепятственно выполнять свою работу.

## Литература

1. Intan История наркоза. [Электрон. ресурс] – URL: <https://intan.ru/blog/stati/istoriya-narkoza/> (Дата обращения 27.10.2022)
2. Wikipedia Наркоз. [Электрон. ресурс] – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Наркоз> (Дата обращения 27.10.2022)
3. Stormoff Проведение низкочастотной газовой анестезии. [Электрон. ресурс] – URL: [https://stormoff.ru/mediacenter/articles/article\\_198/](https://stormoff.ru/mediacenter/articles/article_198/) (Дата обращения 27.10.2022)
4. Ortoped klinik Общий наркоз максимальная безопасность. [Электрон. ресурс] – URL: <https://ortoped-klinik.com/orthopedic-services/department-of-anaesthesia/local-anaesthesia> (Дата обращения 20.10.2022)
5. Reanimatolog Влияние наркоза на человеческий организм. [Электрон. ресурс] – URL: <https://reanimatolog.med.cap.ru/poleznie-ssilki-partneri-informaciya-pacientam/statji-na-medicinskie-temi-iz-interneta/pravda-li-cto-narkoz-vreden-dlya-organizma> (Дата обращения 29.10.2022)
6. Tiamed Наркозно-дыхательные аппараты: устройство. [Электрон. ресурс] – URL: <https://www.tiamed.ru/advice/narkozno-dykhatelnye-apparaty-stroenie-i-printsip-raboty/?ysclid=la5nkn87kx867521171> (Дата обращения 13.10.2022)
7. Medbook Устройство и характеристики современных наркозных аппаратов. [Электрон. ресурс] – URL: <http://medobook.com/4962-sovremennye-narkoznye-apparaty-ustroystvo-harakteristiki.html> (Дата обращения 27.10.2022)
8. Stormoff Функциональность и особенности наркозно-дыхательного аппарата. – URL: [https://stormoff.ru/mediacenter/articles/article\\_200/](https://stormoff.ru/mediacenter/articles/article_200/) (Дата обращения 15.10.2022)
9. Studfile Файловый архив для студентов. Анестезия. [Электрон. ресурс] – URL: <https://studfile.net> (Дата обращения 28.09.2022)

## **САХАРНЫЙ ДИАБЕТ. МЕТОДЫ И АППАРАТЫ, ПОМОГАЮЩИЕ КОНТРОЛИРОВАТЬ БОЛЕЗНЬ**

**А.Д. Демидова, Д.Д. Зубарев, А.А. Лукина, А.М. Магомедова,  
К.О. Пышова, А.С. Суховой (ред. Я.С. Пархоменко)**

Статья посвящена актуальной теме «Сахарный диабет. Методы и аппараты, помогающие контролировать болезнь». Сахарный диабет – хроническое эндокринное заболевание, имеющее системный характер, опасное своими осложнениями. В большинстве случаев диагноз влечет за собой поражение многих органов, что может привести к летальному исходу. В данной статье рассматривается история изучения данного заболевания, способы контроля болезни и измерения сахара в крови, получение инсулина. Всё это необходимо знать каждому, ведь сахарный диабет является одним из самых распространённых и самых страшных заболеваний XXI века.

### **Введение**

В наше время люди по всему миру страдают от многочисленных заболеваний. Одни из них излечимы, другие – нет. Развитие науки, технологий способствует улучшению качества жизни человечества. Медицина не стоит на месте – с каждым днем появляется всё больше и больше способов лечения и профилактики различных заболеваний. Люди, страдающие хроническими недомоганиями, смогли получить возможность жить полноценно.

Сахарный диабет всё чаще называют неинфекционной эпидемией настоящего времени. Число заболевших постоянно растёт, ещё больше число людей, которые живут и не знают о своей болезни. В связи с развитием медицины в области эндокринологии диагностировать заболевания стало проще. Исследование диабета все еще продолжается.

На сегодняшний день известны два типа диабета, каждый из которых детально изучен и может контролироваться современными медицинскими аппаратами. Одним из них является глюкометр. Его задача – определять уровень глюкозы в крови, ведь это является главным показателем состояния больного. Значит, задача первостепенной

важности для нас состоит в том, чтобы познакомить вас с этим заболеванием и вышеупомянутыми аппаратами. [1]

### **1 История изучения диабета**

Сахарный диабет – это группа эндокринных заболеваний, связанных с нарушением усвоения глюкозы и недостаточности гормона инсулина. Эта болезнь имеет долгую историю, уходящую корнями в глубокую древность. Тогда, из-за отсутствия знаний в анатомии и физиологии, она оставалась крайне загадочной для врачей.

Тем не менее, в одном из первых упоминаний в Египте, датированном 1500-м годом до н.э., мы можем найти отрывки, описывающие пациентов, которые страдали от чрезмерной жажды, обильного мочеиспускания и которых лечили растительными экстрактами.

Древние индийцы, китайцы и арабы пытались описать клинические признаки и симптомы сахарного диабета. Однако лишь немногие являются главными действующими лицами в его истории, которые внесли значительный вклад не только в его диагностику и лечение, но и в развитие наших современных представлений об этом заболевании, проложив путь для дальнейшего изучения и создания новой медицинской подотрасли – диабетологии.

Обратимся к более поздним исследованиям: английский анатом Томас Уиллис (1621–1675), считается одним из величайших врачей 17 века. Он прокомментировал сладость мочи у больных сахарным диабетом, придумав также термин «mellitus». Кажется, что он видел несколько случаев сахарного диабета и считал, что это было связано с поражением крови, а не почек, объясняя это пищевыми привычками и нездоровым образом жизни. Он признал также диабетическую невропатию у больных, описывая ее как «частые сокращения или судороги, подергивание сухожилий и мышц и другие нарушения». Наличие сахара в моче было экспериментально подтверждено позднее. [2] (Рисунок 1)



Рисунок 1 –Томас Уиллис

Стоит упомянуть вклад Клода Бернара (1813–1878) – французского физиолога. Он пришел к выводу, что печень накапливает нерастворимое в воде крахмалистое вещество, которое он назвал гликогеном. Он предположил, что именно избыток этой секреции вызывает диабет. Двигаясь вперед, Бернар продемонстрировал связь между центральной нервной системой и диабетом. Используя иглу, он стимулировал дно четвертого желудочка мозга и произвел временный «искусственный диабет», который длился менее одного дня. Он впервые связал гомеостаз глюкозы и мозг с возникновением диабета. (Рисунок 2)

Переломный момент в истории сахарного диабета произошел в 1889 году после опытов Оскара Минковского (1858–1931) и Йозефа фон Меринга (1849–1908). Они обнаружили, что у собак с удаленной поджелудочной железой развивается сахарный диабет. Эксперимент Минковского и фон Меринга показал, что поджелудочная железа является железой внутренней секреции, важной для поддержания глюкозного гомеостаза. [2]



Рисунок 2 – Клод Бернар

В 1923 году Нобелевская премия по медицине была присуждена Фредерику Бантингу (1891–1941) и Джону Маклеоду (1876–1935) за открытие инсулина. В конце 1921 года к команде присоединился опытный химик Джеймс Бертрам Коллип (1892–1965), который разработал более совершенную технологию экстракции и очистки. Полученное вещество было первоначально названо командой “insulation”, а позже – “MacLeod insulin” (рисунки 3 и 4).

Нельзя не упомянуть, открытие панкреатина, экстракта поджелудочной железы крупного рогатого скота, румынским профессором физиологии Николае Константином Паулеску (1869–1931) в 1916 году, опубликованного несколько лет спустя из-за войны в 1921 году и запатентованного в апреле 1922 года.

Решающий шаг в истории диабета был завершен. За последние два столетия был достигнут важный прогресс благодаря развитию химии, физики и фармакологии. Поскольку биотехнология помогает медицине



развиваться, никто не знает, что принесет будущее. Мы уверены лишь в одной вещи: история изучения диабета все еще продолжается.



Рисунок 3 – Фредерик Бантинг



Рисунок 4 – Джон Маклеод

## 2 Измерение сахара в крови

Глюкоза является наиболее важным источником энергии углеводов для млекопитающих (кроме жвачных). Основная часть пищевых углеводов (крахмала) переваривается и, наконец, всасывается в организм в виде глюкозы.

Основным утилизатором глюкозы в организме служит гормон белковой природы инсулин. Инсулин увеличивает проницаемость плазматических мембран для глюкозы и других макронутриентов, активирует ключевые ферменты гликолиза, стимулирует образование в печени и мышцах из глюкозы гликогена, усиливает синтез жиров и белков. Кроме того, инсулин подавляет активность ферментов, расщепляющих гликоген и жиры, то есть помимо анаболического действия инсулин обладает также и антикатаболическим эффектом. [3]

Нарушение секреции инсулина вследствие деструкции бета-клеток – абсолютная недостаточность инсулина – является ключевым звеном патогенеза сахарного диабета 1-го типа. Нарушение действия инсулина в клетках – относительная инсулиновая недостаточность – играет важную роль в развитии сахарного диабета 2-го типа.

Игнорирование сахарного диабета может привести к серьёзным осложнениям таким, как:

- Диабетическая ретинопатия;
- Диабетическая нефропатия;
- Диабетическая нейропатия;
- Макрососудистые осложнения;
- Кожные болезни;
- Депрессия;
- Деменция;

Поэтому очень важно обнаружить болезнь на первых этапах. В этом может помочь знание основных признаков сахарного диабета [5]:

- повышенное потребление и выделение жидкости с мочой;
- сухость во рту;
- кожный зуд и зуд слизистых оболочек;
- слабость, быстрая утомляемость;
- частые фурункулы.

Но, определённо, самым отличительным фактором болезни служит повышенный уровень сахара в крови.

Существует 3 разновидности приборов для измерения уровня глюкозы [4, 5]:

- фотометрические – основаны на определении уровня глюкозы в соответствии с изменением цвета реагента. В зависимости от количества сахара в крови меняется цвет реагента, который наносится на тест-полоску. Оптическая система оценивает интенсивность окрашивания и определяет количество глюкозы по этому показателю.

- электрохимические – капля крови, содержащая глюкозу, попадает на реагент, происходит химическая реакция, стимулирующая

накопление электрического потенциала. По силе этого потенциала прибор определяет концентрацию сахара в крови. На данный момент большинство домашних глюкометров работают таким образом, из чего можно сделать вывод, что этим способом пользуются чаще всего.

- неинвазивные (спектральные, термальные, тонометрические, ультразвуковые) – не требуют проколов. Измерение проводится лазером, который извлекает спектр глюкозы из всех спектров. На сегодняшний день эта технология считается недоработанной. В процессе анализа глюкометр допускает много ошибок, выдавая результаты низкой точности.

Помимо приборов на результат также может влиять место забора крови. В вене норма сахара всегда выше, на 11%, примерно, чем из пальца. Например, норма пробы, взятой натощак из вены, от 3.1 ммоль/л, до 6.1 ммоль. Этот показатель может зависеть и от реактива в лаборатории (то есть нормой может быть 6.2 ммоль, 6.4 ммоль). Норма капиллярной крови натощак – до 5.6 ммоль (рисунок 5).



Рисунок 5 – Уровень глюкозы в крови

Так же не менее важно время взятия анализа. Обычно сахар крови берётся утром натощак и, если необходимо, то через 2 часа после еды. Это связано с тем, что в течении дня в крови меняется соотношении эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, а также активность некоторых гормонов. Поэтому результаты одних и тех же анализов, взятые утром и

вечером у одного и того же человека, будут разные. Еда также влияет на показатели сахара, поэтому перед забором крови нельзя есть, чистить зубы (т.к. в пастах содержится легко усваиваемый сахар), курить, можно пить чистую негазированную воду.

### **3 Способы контроля болезни**

Прогресс медицинских технологий привел к созданию портативных Систем Контроля Содержания Глюкозы (СКСГ), используемых как больными диабетом для домашнего самоконтроля уровня глюкозы, так и в офисах врачей общей практики, поликлиниках, отделениях эндокринологии. [6]

В зависимости от типа сахарного диабета и его способа лечения, подбирается оптимальный способ контролирования нужных данных.

При первом типе самостоятельные замеры уровня глюкозы в крови должны проводиться около 4 раз в день, перед каждым приемом пищи и отходом ко сну. Дополнительно уровень сахара в крови проверяется ночью, после нерекомендуемых блюд или сильного переутомления, так как если уровень сахара будет слишком низким, ночью возможно возникновение гипогликемии, то есть резкого падения уровня сахара. Особенно важен регулярный самоконтроль для детей с диабетом первого типа, поскольку им необходимо вводить определенную дозу инсулина перед каждым приемом пищи.

При втором типе заболевания частота замеров зависит от нескольких факторов. При нахождении на постоянных инсулиновых инъекциях показатели необходимо замерять не менее 4 раз в сутки. Когда больной принимает таблетки или же делает один укол инсулина пролонгированного действия в день, достаточно одного замера в течение дня. В случае лечения смешанным инсулином, проводится от 2 замеров ежедневно в различное время.

Помимо проверки уровня глюкозы в крови некоторым диабетикам необходимо измерять уровень кетоновых тел, который сильно возрастает при остром недостатке инсулина в организме. [7]

#### 4 Получение инсулина

Основное действие инсулина заключается в снижении концентрации глюкозы в крови. Снижение происходит по причине того, что инсулин увеличивает проницаемость плазматических мембран для глюкозы, активирует ключевые ферменты гликолиза, стимулирует образование в печени и мышцах из глюкозы гликогена, усиливает синтез жиров и белков. Кроме того, он подавляет активность ферментов, расщепляющих гликоген и жиры. Обычно инсулин получают из поджелудочных желез свиней и коров, но из-за отличия инсулина животных от человеческого, отмечены побочные эффекты, например, аллергическая реакция на препарат.

Поэтому производство инсулина осуществляется четырьмя способами [8]:

- Синтетический (полным химическим синтезом);
- Модифицированный генно-инженерный (получение из экстракции поджелудочных желез человека);
- Биосинтетический, или полусинтетический (полусинтетическим методом с помощью ферментно-химической замены);
- Генно-инженерный (биосинтетическим способом по генноинженерной технологии).

Первые два метода не экономичны и используются редко, так как первый способ недостаточно разработан и имеется недостаток сырья для массового производства. Последние два метода помимо проработанности и достатка сырья, также позволяют получить человеческий инсулин высокой степени очистки.

В настоящее время инсулин человека, в основном, получают двумя способами: модификацией свиного инсулина синтетико-ферментативным методом и генно-инженерным способом (рисунок 6). [9]

- Модификация осуществляется через замену аланина на треонин путем катализируемого ферментом отщепления аланина и присоединения вместо него защищенного по карбоксильной группе

остатка треонина, присутствующего в реакционной смеси в большом избытке.

### Получение генно-инженерного инсулина



Рисунок 6 – Получение инсулина

- Получение в виде предшественника (проинсулина) с последующим ферментативным расщеплением трипсином и карбоксипептидазой в до активной формы гормона. Наиболее предпочтительный вид получения инсулина, поскольку это обеспечивает правильность замыкания дисульфидных мостиков.

Стоит учитывать, что при обоих подходах возможно получение не только проинсулина, А- и В-цепей, но в состав также могут входить гибридные белки. Такие белки делятся на два типа:

- белок носитель, обеспечивающий транспортировку гибридного белка в периплазматическое пространство клетки или культуральную среду;

- аффинный компонент, существенно облегчающий выделение гибридного белка.

Производство инсулина без вспомогательных веществ практически невозможно, поскольку они позволяют улучшить его химические свойства, продлить время действия и достичь высокой степени чистоты. В противном случае, инсулин производился бы некачественно и не оказывал бы действенного лечения.

По своим свойствам все дополнительные компоненты можно разделить на несколько типов: пролонгаторы (вещества, которые используются для обеспечения более длительного действия лекарства), дезинфицирующие компоненты, стабилизаторы.

В качестве дезинфицирующих составляющих при производстве инсулина могут использоваться такие вещества: метакрезол, фенол, парабены.

Одним из основных этапов получения инсулина является – включение гена предшественника инсулина в геном *E.coli* – особого штамма кишечной палочки, выращенного в лабораторных условиях. Из *E.coli* вычлениют плазмиду, соответствующей рестриктазой. Синтетический ген встраивается в плазмиду, приобретая способность синтезировать белковую цепь, состоящую из галактозидазы и инсулина. Синтезированные полипептиды отщепляют от фермента химическим путем, затем проводится очистка. В бактериях синтезируется около 100000 молекул инсулина на бактериальную клетку.

Бактерия синтезирует клонированный ген предшественника инсулина, который затем подвергается обработке рестриктазами. После, на выходе, получается биологически активный инсулин.

Очищенный инсулин человека получают при помощи химико-ферментативной трансформации и хроматографической очистке (фронтальной, гельпроникающей, анионообменной) гибридного белка, выделенного из биомассы.

Можно использовать штамм со встроенной в плазмиду нуклеотидной последовательностью, экспрессирующей гибридный белок.

Он состоит из линейного проинсулина и присоединенного к его N-концу через остаток метионина.

Культивирование насыщенной биомассы клеток рекомбинантного штамма обеспечивает начало производства гибридного белка, выделение и последовательная трансформация которого *in tube* (в пробирке) приводят к инсулину.

В наши дни уделяется большое внимание упрощению процедуры получения рекомбинантного инсулина при помощи методов генной инженерии. Так, например, можно получить слитой белок, состоящий из лидерного пептида интерлейкина 2, присоединенного к N-концу проинсулина, через остаток лизина. Белок эффективно экспрессируется и локализуется в тельцах включения. После выделения белок расщепляется трипсином с получением инсулина и C-пептида. [10]

### **5 Искусственная поджелудочная железа и ее трансплантация**

Трансплантация является радикальным методом лечения. Важно отметить, что пересадка поджелудочной железы показана только пациентам с диабетом I-ого типа. Люди, не имеющие существенных осложнений, не нуждаются в данном способе лечения. Причиной этому являются риски, исходящие в первую очередь из операционного вмешательства и во вторую, из-за пожизненной иммуносупрессивной терапии. Именно поэтому трансплантация будет иметь место только при тяжёлой стадии заболевания. Исследования и попытки проведения операции по пересадке поджелудочной железы были начаты после того, как была обнаружена связь между эндокринной недостаточностью поджелудочной железы и сахарным диабетом. Первые опыты проводились на животных в период с 1920 по 1960 года. Операция по пересадке поджелудочной железы на человеке была проведена в 1966 году. [11]

Целью трансплантации поджелудочной железы является нормализация обмена веществ глюкозы и восстановление продукции эндогенного инсулина. У большого количества пациентов это возможно на



длительный период при удачной пересадке и современном иммуносупрессивном курсе лечения. Огромным преимуществом трансплантации, по сравнению с шаблонным лечением инсулином, является отсутствие риска гипогликемии, существенное улучшение качества жизни после устранения заболевания и замедление развития вторичных осложнений сахарного диабета.

Операция по проведению пересадки поджелудочной железы сильно продвинулась вперед и изменилась по сравнению с первыми пересадками в 1960-х. Основным препятствием, которое необходимо было преодолеть хирургам, проводящим трансплантацию поджелудочной железы, было определение того, как и где отводить определенные пищеварительные соки из поджелудочной железы. Сегодня у донора удаляется полностью поджелудочная железа вместе с сегментом двенадцатиперстной кишки. Артерии этого комплекса соединяются с подвздошной артерией реципиента, вена подсоединяется к нижней полой вене. Богатый экзокринный секрет секреторного отдела, который продуцируется в двенадцатиперстную кишку трансплантируемого комплекса, направляют в тонкую кишку реципиента (Рисунок 7). [12]

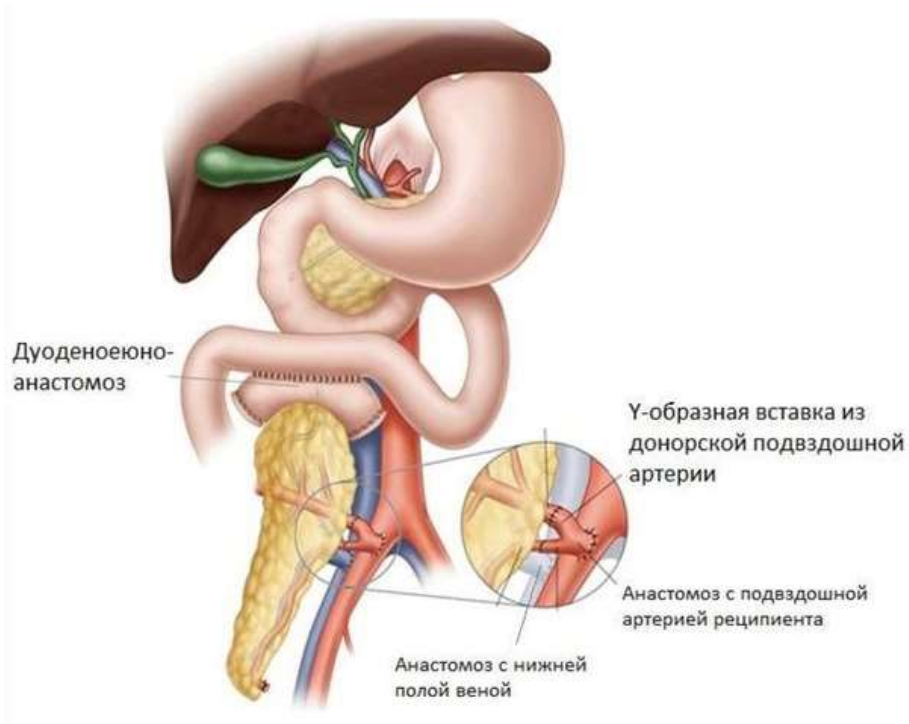


Рисунок 7 – Схема операции по пересадки поджелудочной железы

На сегодняшний день трансплантация поджелудочной искусственной железы имеет очень высокий – и постоянно растущий – показатель успеха. Эта процедура освобождает людей, имеющих сахарный диабет, от ежедневной сбалансированной диеты, обязательных физических упражнений и дозировки инсулина.

Автоматизированные системы подачи инсулина, также называемые искусственной поджелудочной железой или замкнутыми системами управления, отслеживают уровень сахара в крови человека с помощью непрерывного мониторинга глюкозы и автоматически вводят гормон инсулин.

Люди с диабетом 1 типа обязаны регулярно осуществлять контроль уровня глюкозы, а также вводить инсулин при помощи шприца либо использовать инсулиновую помпу, которая позволяет регулярно поставлять в организм инсулин в нужном количестве с помощью постоянно закрепленного под кожей катетера. Но использование инсулиновой помпы требует от больного постоянного контроля уровня сахара, определения объема дозы, выбор типа инсулина и инициации подачи.

Учёные объединили технологию инсулиновой помпы с системой отслеживания уровня глюкозы в крови в режиме реального времени. Разработанная методика даёт возможность обеспечить полностью автоматическое управление подачи инсулина.

Устройство, известное как бионическая поджелудочная железа (рисунок 8) представляет собой портативное медицинское устройство, которое состоит из сенсора, закрепленного на конце тонкой иглы, постоянно находящейся под кожей и отслеживающей уровень глюкозы. Она передает сигналы на крепящийся к коже блок, который, в свою очередь, посылает информацию на небольшой пользовательский интерфейс. Данные, постоянно поступающие от устройства, определенным образом интерпретируются и каждые пять минут передаются на две автоматические помпы, которые с высокой точностью

вводят в организм ту дозу и вид гормонов, которые необходимы пациенту в данный момент.



Рисунок 8 – Устройство для бионической поджелудочной железы

По сравнению с другими доступными технологиями искусственной поджелудочной железы бионическая поджелудочная железа нуждается в меньшем вмешательстве пользователя и обеспечивает большую автоматизацию, поскольку алгоритмы устройства постоянно автоматически регулируют дозы инсулина в зависимости от потребностей пользователя. Пациенты инициализируют бионическую поджелудочную железу, вводя свой вес в программу дозирования аппарата во время первого использования.

Кроме того, людям, которые используют бионическую поджелудочную железу не нужно считать углеводы или вводить дозы инсулина для коррекции высокого уровня сахара в крови, а врачам периодически вносить коррективы в настройки устройства.

Результаты исследований показали, что искусственная поджелудочная железа позволяет снизить средний уровень глюкозы в

крови до такого уровня, который резко уменьшает риск развития осложнений, связанных с сахарным диабетом. [13]

### **6 Аппараты для больных сахарным диабетом**

Чтобы каждый раз не делать уколы и не переживать, что уровень глюкозы поднимется помогают специальные *гаджеты для диабета*.

Примеры устройств:

*Датчик глюкозы* – это плоский круглый прибор с гибким усиком для считывания уровня глюкозы в крови без постоянных проколов (рисунок 9).



Рисунок 9 – Датчик глюкозы

Усик вводят под кожу руки между плечом и локтем на глубину 5 мм. Датчик фиксируется на коже с помощью клейкого основания. Для того, чтобы считать уровень глюкозы, следует провести над датчиком телефоном с установленным приложением или специальным сканером. Эта система показывает уровень глюкозы, который был 10 минут назад. Можно носить до 6–14 дней, не меняя его, количество дней зависит от фирмы. [14]

*Трансммиттер* – передает данные об уровне глюкозы с датчика на смартфон (рисунок 10).



Рисунок 10 – Трансммиттер

Крепится на датчик и фиксируется пластырем. Показания передаются дистанционно, без сканирования.

*Инъекционный порт* – это мембрана на клейкой ленте с канюлей для введения инсулина без постоянных проколов кожи (рисунки 11 и 12).



Рисунок 11 – Инъекционный порт

Порт прикладывают к телу и нажимают на него. Канюля входит в тело, а порт фиксируется на клейком основании. После этого через порт можно вводить инсулин. Это делают с помощью шприц-ручки столько раз, сколько нужно. Система может стоять на теле до трех дней. С ним можно плавать и заниматься спортом.

## Канюля - полая гибкая тупоконечная игла с боковым отверстием.



Рисунок 12 – Канюля

*Инсулиновая помпа* – это прибор для автоматического введения инсулина (рисунок 13).



Рисунок 13 – Инсулиновая помпа

В помпе есть пополняемый резервуар примерно на 330 единиц инсулина. Из него инсулин периодически поступает в организм через гибкие трубки – инфузионный набор. Трубки присоединены к катетеру, который фиксируют на теле и меняют раз в три дня.

Сама помпа постоянно находится в специальной нательной сумке, и при необходимости ее можно отсоединять.

Системы для измерения уровня сахара встраиваются под кожу или наклеиваются на неё.

Всё это облегчает контроль диабета. [14]

Примеры устройств (рисунки 14 и 15).

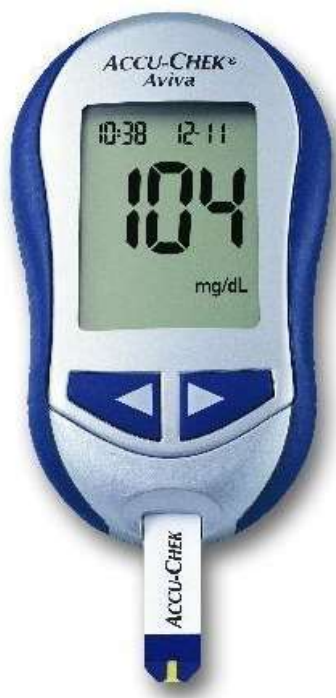


Рисунок 14 – ACCU-CHEK Aviva

Отличительные черты:

1. лёгкость в использовании
2. быстрота проведения (5 секунд);
3. возможность ставить метки, которые будут указывать на то, когда было проведено измерение;
4. объём памяти – 500 измерений;
5. есть будильник, который поможет не забыть о проведении измерения;
6. распознаёт просроченные полоски

Система постоянного мониторинга сахара в крови.

Прикрепляется (приклеивается) к коже на животе, а затем самостоятельно и безболезненно проникает сквозь кожу. Глюкометр прокалывает кожу до подкожного слоя, где так же можно измерить глюкозу. Прокол считается безболезненным, в отличие от проникновения

других устройств. Система работает 7 дней и передаёт измерения на телефон каждые 5 минут (Рисунок 16).

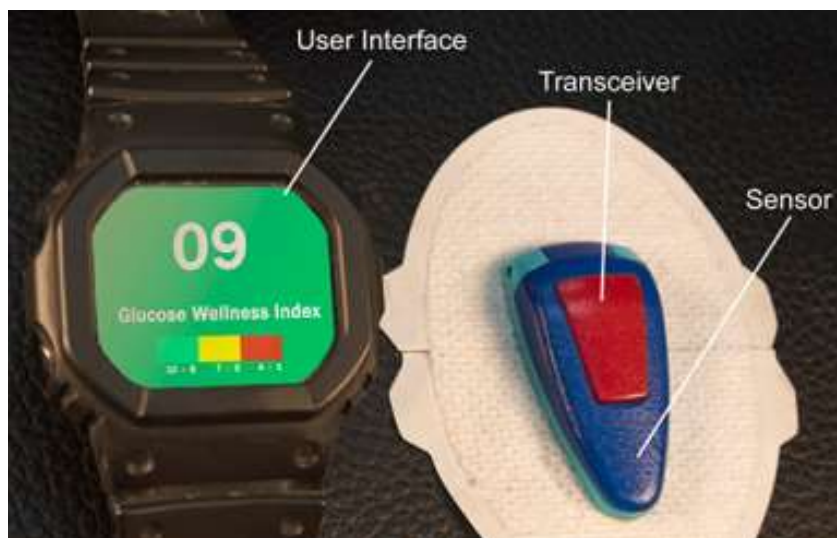


Рисунок 15 – SugarSenz (липучка-глюкометр)



Рисунок 16 – MiniMed 670G

Гибридная замкнутая система, которая постоянно следит за уровнем сахара в крови и автоматически выдает инсулин. MiniMed 670G предназначено для диабетиков 1 типа в возрасте от 7 лет. Имеет



официальное разрешение для продажи от европейских и американских регулирующих органов.

Система состоит из сенсора размером с обычную монету с микроиглой, которая вводится под кожу и обеспечивает непрерывный мониторинг уровня сахара. На теле человека она держится благодаря липкой подложке. Так же в системе есть инсулиновая помпа, которую чаще всего носят сбоку живота, она имеет трубку, которая соединена с катетером для ввода инсулина в организм.

Система измеряет уровень сахара каждые 5 минут и автоматически впрыскивает инсулин пациенту, если это нужно. [15]

### **Заключение**

В заключение хочется сказать, что сегодня услышать диагноз сахарный диабет – не приговор. За многие годы медицина шагнула вперед. Современные достижения техники такие, как глюкометры, и методы создания и трансплантации искусственной поджелудочной железы в значительной степени помогают справиться с симптомами болезни и осложнениями. Благодаря этому люди с сахарным диабетом могут жить полноценно.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Онлайн центр эндокринологии [офиц. сайт] статья «О диабете» [https://endoinfo.ru/theory\\_pacients/sakharnyy-diabet/o-diabete.html?ysclid=l8p07gv2vw554165648](https://endoinfo.ru/theory_pacients/sakharnyy-diabet/o-diabete.html?ysclid=l8p07gv2vw554165648) (дата обращения 30.09.22)
2. Центральный НИИ эпидемиологии. «История сахарного диабета». [офиц. сайт]. URL: [Сахарный диабет \(cmd-online.ru\)](http://Сахарный_диабет_(cmd-online.ru)) (Дата обращения 30.09.22)
3. U. Satyanarayana, U. Chakrapani. Biochemistry, 5th Edition (Updated and Revised Edition)–E–Book.: Изд–во: Elsevier Health Sciences, 2020.
4. Рожнова О.М., Шарапов В.И., Маянская Н.Н. БИОХИМИЯ КРОВИ (учебное пособие) // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 2. – С. 47–48; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=7680> (дата обращения 30.10.2022)
5. Т. В. Глухарева, Биохимия : Основные регуляторы и биологические жидкости человеческого организма : учебное пособие : в 2 частях : Часть 2 / Т. В. Глухарева, И. С. Селезнева ; [научный редактор Ю. Ю. Моржерин] ; Министерство образования и

- науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2016. – 115 с. URL: <http://hdl.handle.net/10995/42379> (дата обращения 30.10.2022)
6. Российская академия медицинской лабораторной диагностики (РАМЛД). Статья «Портативные системы самоконтроля и лабораторный анализ концентрации глюкозы в крови. Сравнительное исследование.». URL: <http://www.ramld.ru/articles/article.php?id=45> (дата обращения 15.10.2022)
7. Медицинская библиотека. Статья «Как контролировать уровень сахара в крови» [официальный сайт]. URL: <https://medbooking.com/blog/post/kak-kontrolirovat-uroveny-sahara-v-krovi> (дата обращения 15.10.2022)
8. Centers for Disease Control and Prevention. Diabetes Basics. [официальный сайт] URL: <https://www.cdc.gov/diabetes/basics/getting-tested.html> (Дата обращения 30.10.2022)
9. Типы инсулина и методы его получения. [https://www.zinref.ru/000\\_uchebniki/03200medecina/100\\_lekcii\\_medicina\\_14/687.htm](https://www.zinref.ru/000_uchebniki/03200medecina/100_lekcii_medicina_14/687.htm)
10. Из чего делают инсулин для диабетиков, варианты его получения. <https://karpov-clinic.ru/articles/endokrinologiya/9488-iz-chego-delayut-insulin-dlya-diabetikov-varianty.html>
11. Донорство органов. Клиника хирургии Тартуской университетской клиники. Пересадка поджелудочной железы. [официальный сайт] URL: <https://www.elundidoonorlus.ee/index.php?lang=rus> (дата обращения 15.10.2022)
12. Пересадка поджелудочной железы: лекарство от диабета?» статья. [официальный сайт]. URL: [Pancreas Transplant: A Cure for Diabetes? \(thedoctorwillseeyounow.com\)](https://thedoctorwillseeyounow.com) (дата обращения 15.10.2022)
13. Российская академия медицинской лабораторной диагностики (РАМЛД). Статья «Портативные системы самоконтроля и лабораторный анализ концентрации глюкозы в крови. Сравнительное исследование.». URL: <http://www.ramld.ru/articles/article.php?id=45> (дата обращения 15.10.2022)
14. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Бионическая поджелудочная железа в терапии сахарного диабета 1 типа. [официальный сайт] <https://www.endocrincentr.ru/news/bionicheskaya-podzheludochnaya-zheleza-v-terapii-saharnogo-diabeta-1-tipa> (Дата обращения 30.10.2022)
15. EVERCARE. 10 лучших инновационных решений для диабетиков. [официальный сайт] URL: <https://evercare.ru/news/10-luchshikh-innovacionnykh-resheniy-dlya-diabetikov> (Дата обращения 30.10.2022)

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ АППАРАТОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ ТРАВМАТИЧЕСКОГО ШОКА**

**Ю.А. Кирюхин (ред. Я.С. Пархоменко)**

В настоящей статье рассмотрены причины возникновения травматического шока, особенности его протекания на разных этапах, методы выведения раненого из состояния травматического шока, а также используемые при этом медицинские аппараты, такие как: аппарат искусственной вентиляции легких, оксигенатор и аппараты для гемофильтрации и гемодиализа.

### **Введение**

Мы живем в беспокойное время, когда в мире ведутся широкомасштабные боевые действия, которые неизбежно сопровождаются значительными санитарными потерями (раненые). В связи с этим медицина в нашей стране, как и во всем мире стремительно перестраивается на военный лад, а производимое медицинское оборудование должно соответствовать потребностям новой медицины. В настоящей статье будет рассмотрена такая форма тяжелого состояния раненого, как травматический шок, а также оборудование, необходимое реаниматологам для выведения раненого из травматического шока и предотвращения его осложнений в ходе травматической болезни.

Актуальность работы состоит в том, что в современных локальных конфликтах увеличивается поражающая сила применяемого оружия, чаще встречаются тяжелые боевые повреждения. Вместе с этим многократно возросли возможности тактической медицины, на поле боя специалисты могут за считанные минуты после ранения стабилизировать состояние раненого для последующей эвакуации в ближайшие тыловые медицинские учреждения. Возможности самой эвакуации тоже возросли, все чаще используется авиамедицинская эвакуация - в лечебные учреждения доставляются раненые с крайне тяжелой боевой травмой, многие из которых не смогли бы перенести длительную эвакуацию наземными видами транспорта.

Совокупность всех этих факторов привела к тому, что в настоящее время в военных госпиталях оказывается много (до 25%) раненых в состоянии травматического шока, и чтобы оказать им помощь, анестезиологам-реаниматологам требуется специализированное оборудование. Поэтому данное направление сейчас можно считать очень востребованным. Однако прежде чем говорить о специализированном оборудовании, предлагаю кратко (на самом деле теме шока посвящены десятки томов, целая медицинская специальность - анестезиолог-реаниматолог) познакомиться с понятием травматического шока, механизмами его возникновения и развития.

## **1 Патогенез травматического шока**

### **1.1 Травматический шок**

Травматический шок - наиболее часто встречающаяся клиническая форма тяжелого состояния раненого, развивающаяся вследствие тяжелой механической травмы или ранения и проявляющаяся синдромом низкого минутного объёма кровообращения и слабой микроциркуляции в органах и тканях.

### **1.2 Краткая история учения о шоке**

Первые наблюдения необычной заторможенности при тяжелых ранениях принадлежат Амбруазу Паре (XVI в.) Медицинский термин “шок” появился при переводе в 1737 году.

Среди многих хирургов разных стран, описывавших травматический шок, возвышается фигура Н.И. Пирогова, который ярко и глубоко представил картину травматического шока у раненых: «С оторванной ногою или рукою лежит такой окоченелый на перевязочном пункте неподвижно; он не кричит, не вопит и не жалуется; не принимает ни в чем участия и ничего не требует; тело его холодно, лицо бледно, как у трупа; взгляд неподвижен и обращен в даль, пульс, как нитка, едва заметен под пальцем и с частыми перемерзками. На вопросы окоченелый или вовсе не отвечает, или только про себя чуть слышным шепотом, дыхание тоже едва заметно. Рана и кожа почти вовсе нечувствительны; но если большой

нерв, висящий из раны, будет чем-нибудь раздражен, то раненый одним легким сокращением личных мускулов обнаруживает признак чувства. Иногда это состояние проходит через несколько часов от употребления возбуждающих средств, иногда же оно продолжается до самой смерти»[2]

Здесь описываются основные симптомы шока, видимые невооруженным глазом: низкое давление, тахикардия, дыхательная недостаточность, угнетение сознания. Но давайте узнаем, какие патологические процессы, происходящие в организме раненого, вызывают эти симптомы.

Всего существовало три теории возникновения шока.

### ***Нейрогенная теория***

Нейрогенную теорию травматического шока предложил в 1890-х гг. американский хирург Г. Крайль. Сторонники нейрогенной теории связывали «первичную поломку», происходящую в организме после тяжелых ранений и травм, с мощной нервно-болевым импульсацией из зон тяжелых механических повреждений в ЦНС. Действительно, современными методами подтверждается возникновение при тяжелой травме патологических изменений в ЦНС, происходящих на субклеточном уровне, которые закладывают основу для развития более поздних осложнений. Однако основные положения нейрогенной теории травматического шока не подтвердились: исследования всех отделов нервной системы не обнаружили признаков ее угнетения при травматическом шоке.

### ***Теория острой кровоплазмотерии***

В самом начале XX в. английский исследователь А. Малколм отвел ведущую роль в механизме развития травматического шока острой кровоплазмотерии. Последующее применение объективных методов определения объема кровопотери (прямые измерения ОЦК и др.) подтвердили абсолютно приоритетную роль острой кровопотери в патогенезе травматического шока. Теория кровоплазмотерии оказалась наиболее плодотворной для совершенствования лечебной тактики, поскольку нацеливала врачей на поиск источника острого кровотечения,

вызывающего гемодинамическую катастрофу. В последнее время хирурги уходят от правила “сначала выводи из шока, потом оперируй”, их первоочередной задачей становится срочный поиск конкретной причины травматического шока и ее устранение.

### ***Токсическая теория***

Впервые на большую роль токсического фактора при тяжелых механических повреждениях обратили внимание в годы первой мировой войны французские врачи Э. Кеню и П. Дельбе

При ранах, сопровождающихся образованием обширных очагов первичного некроза (огнестрельные ранения), раздавливанием или размозжением тканей в кровь поступают в большом количестве токсические субстанции - продукты разрушенных тканей, нарушенного метаболизма, рассасывающихся обширных гематом. Все эти вещества отрицательно воздействуют на вегетативные центры в головном мозге, сердце, легкие, угнетают гемодинамику, газообмен и способствуют формированию необратимых изменений в клетках.

В нашей стране первую научно-исследовательскую лабораторию по изучению шока и терминальных состояний при Военно-медицинской академии создал известный хирург А.Н. Беркутов в 1961 г. С этого периода клинические проявления и патогенетические механизмы развития травматического шока стали изучаться непосредственно у раненого человека в зависимости от методов его лечения. В 1970-е гг. прекращается дискуссия по поводу основополагающей теории развития травматического шока.

### **1.3 Современные представления о шоке**

На сегодняшний день патогенез травматического шока упрощенно представляется следующим образом (рисунок 1).

В результате тяжелого ранения или травмы у раненого формируется один либо несколько очагов поражения. При этом повреждаются сосуды различного калибра - возникает кровотечение; происходит раздражение обширного рецепторного поля - образуется массивное воздействие на ЦНС; повреждается обширный объем тканей, продукты их распада

всасываются в кровь - возникает эндотоксикоз. При повреждении жизненно важных органов происходит нарушение соответствующих жизненно важных функций: повреждение сердца сопровождается снижением сократительной функции миокарда; повреждение легкого - снижением объема легочной вентиляции; повреждение глотки, гортани, трахеи - асфиксией (состояние недостаточного снабжения организма кислородом, возникающее при неправильном дыхании).

Массивное воздействие на ЦНС из очагов повреждения является механизмом для запуска неспецифической адаптационной программы защиты организма. Основной задачей ее является выживание организма в экстремальной ситуации. Получив информацию из центра и периферии, гипофиз резко усиливает выброс в кровь стрессорных гормонов, активируются надпочечники. Они выделяют в кровь большое количество адреналина, норадреналина и глюкокортикоидных гормонов. В результате этого развивается генерализованный спазм мелких сосудов на периферии (конечности, таз, брюшная полость), спазм емкостных сосудов вен. Второй по времени компенсаторной реакцией на травму и кровопотерю является спазм артериол и прекапиллярных сфинктеров. Развивающееся в результате этого повышение общего периферического сопротивления направлено на поддержание минимально достаточного АД (артериальное давление). Биологический смысл этих процессов состоит в перераспределении крови для поддержания перфузии головного мозга и сердца за счет умирания периферии. Благодаря «централизации кровообращения», организм может самостоятельно компенсировать кровопотерю до 20% ОЦК (объем циркулирующей крови). При прогрессировании кровотечения и действии других факторов травматического шока снижается ОЦК и АД, развивается гипоксия. Включается второй уровень защиты. Для компенсации дефицита ОЦК, гипоксии, обеспечения должного объема кровообращения учащаются сердечные сокращения - развивается тахикардия, выраженность которой прямо пропорциональна тяжести шока. Компенсация гипоксии осуществляется и за счет замедления кровотока в легких, что увеличивает

время насыщения эритроцитов кислородом. Перечисленные выше защитно-приспособительные реакции реализуются в течение первого часа после травмы, в клиническом отношении представляют собой травматический шок I и II степени. [1]



Рисунок 1 – Схема развития травматического шока

Если патогенетические факторы шока продолжают действовать, а медицинская помощь запаздывает либо неэффективна, защитные реакции приобретают противоположное качество и становятся патологическими, усугубляя патогенез травматического шока (стадия декомпенсации). В результате длительного генерализованного спазма мелких сосудов развивается микроциркуляторная гипоксия, обуславливающая генерализованное гипоксическое повреждение клеток, - главный фактор патогенеза затянувшегося в динамике травматического шока III степени. Прогрессирующие расстройства транспорта кислорода в клетках



сопровождаются возникновением энергетического дефицита в клетках. Из-за окисления повреждаются клеточные мембраны. В результате деструкции клеточных мембран и энергетического дефицита прекращает работать высокоэнергетический калий-натриевый насос. Натрий проникает в клетку, за натрием в клетку перемещается вода. Клеточный отек вслед за деструкцией мембран завершает цикл клеточной гибели. При падении АД ниже 70 мм рт.ст. почки прекращают вырабатывать мочу - развивается почечная недостаточность. Развивается полиорганная дисфункция жизненно важных органов, то есть одновременное нарушение функции легких, сердца, почек, печени, желудочно-кишечного тракта и других органов. Патологические процессы, происходящие в стадии декомпенсации, характерны для затянувшихся (на часы) случаев травматического шока.

Последней стадией развития патологических процессов при затянувшемся травматическом шоке III степени является прогрессирование нарушений функции жизненно важных органов и систем - развивается полиорганная недостаточность (ПОН). В подавляющем большинстве случаев исходом ее является терминальное состояние и смерть.

В отдельных ситуациях при великолепно организованной реаниматологической помощи в специализированных центрах по лечению тяжелых травм возможна коррекция полиорганной дисфункции жизненно важных органов и даже ПОН с помощью сложных дорогих и высокотехнологичных методов: ИВЛ аппаратами III-IV поколений с многочисленными режимами искусственного дыхания, многократные санационные фибробронхоскопии, больше-объемная экстракорпоральная оксигенация крови, различные методы экстракорпоральной детоксикации, гемофльтрация, гемодиализ, упреждающее хирургическое лечение, направленная антибактериальная терапия, коррекция нарушений в иммунной системе и т.п. [1]

После выведения раненых из состояния шока III степени у 70% из них в последующие периоды развиваются тяжелые осложнения, лечение которых нередко сложнее, чем выведение из шока.

## **2 Применение медицинских аппаратов при терапии шока**

Из предыдущего раздела можно понять, что приоритетными задачами при терапии травматического шока являются:

-Устранение повреждения, ставшего причиной шока (хирургическим путем)

-Восстановление объема циркулирующей крови (осуществляется посредством инфузии кристаллоидных или коллоидных растворов, переливания донорской крови)

-Восстановление нормального дыхания (искусственная вентиляция легких)

-Насыщение крови кислородом( оксигенация)

-фльтрация крови от токсинов( гемофльтрация и гемодиализ)

### **2.1 Аппарат искусственной вентиляции лёгких**

Аппарат искусственной вентиляции лёгких (аппарат ИВЛ) – это медицинское оборудование, которое предназначено для принудительной подачи газовой смеси (кислород и сжатый осушенный воздух) в лёгкие с целью насыщения крови кислородом и удаления из лёгких углекислого газа.

Абсолютными показаниями к ИВЛ у пациентов являются:

-отсутствие спонтанного дыхания

- остро развившиеся или прогрессирующие нарушения ритма дыхания.

Аппарат ИВЛ (рисунки 2 и 3) состоит из нескольких основных частей таких как компрессор, электронные схемы, датчики, система клапанов.

Прибор способствует поступлению газовой смеси с необходимой и допустимой концентрацией кислорода в легкие пациента под давлением. Подключаться аппарат ИВЛ может двумя способами: инвазивным и неинвазивным. При неинвазивном способе подключения подача воздуха

осуществляется по трубке и выводится через маску, при инвазивном же способе подключения воздушная смесь подается по интубационной трубке, введенной в трахеостому или дыхательные пути. [8]

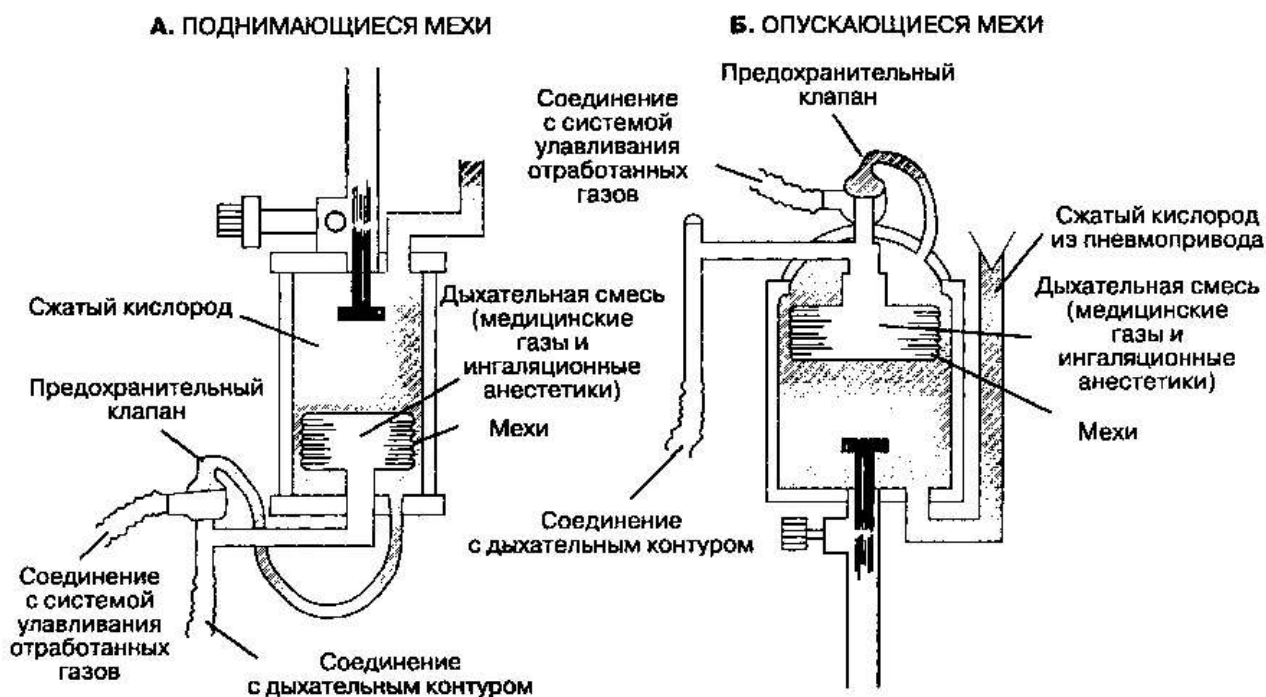


Рисунок 2 – Принцип работы ИВЛ

Недостаток этого метода заключается в том, что он неэффективен при повреждениях легких или сердца, тогда имеет смысл применение следующего метода.

## 2.2 Экстракорпоральная мембранная оксигенация

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО, ЭМО) — метод насыщения крови кислородом (оксигенации) при развитии тяжёлой острой дыхательной недостаточности.

Для проведения ЭКМО к больному подсоединяют мембранный оксигенатор. Существует два способа подключения — вено-артериальная канюляция (ВАК) и вено-венозная канюляция (ВВК). При ВАК кровь забирается из венозного русла, очищается, насыщается кислородом и подаётся в артериальное русло. При ВВК кровь забирается и возвращается в венозное русло. Для соблюдения физиологических механизмов забор и вливание крови осуществляется максимально близко к сердцу. [4]



Рисунок 3 – аппарат ИВЛ

Оксигенатор (рисунки 4 и 5). — газообменное устройство, предназначенное для насыщения крови кислородом и удаления из неё углекислоты.

В настоящее время производятся пузырьковые и мембранные оксигенаторы. Мембранные оксигенаторы разделяются на микропористые и истинные мембранные. Микропористая мембрана содержит микропоры, через которые происходит перемещение молекул газа из/в кровь. Истинная мембрана полностью отделяет кровь от газов, и

газы попадают в кровь путём диффузии (так же как это происходит в лёгких человека). [6]

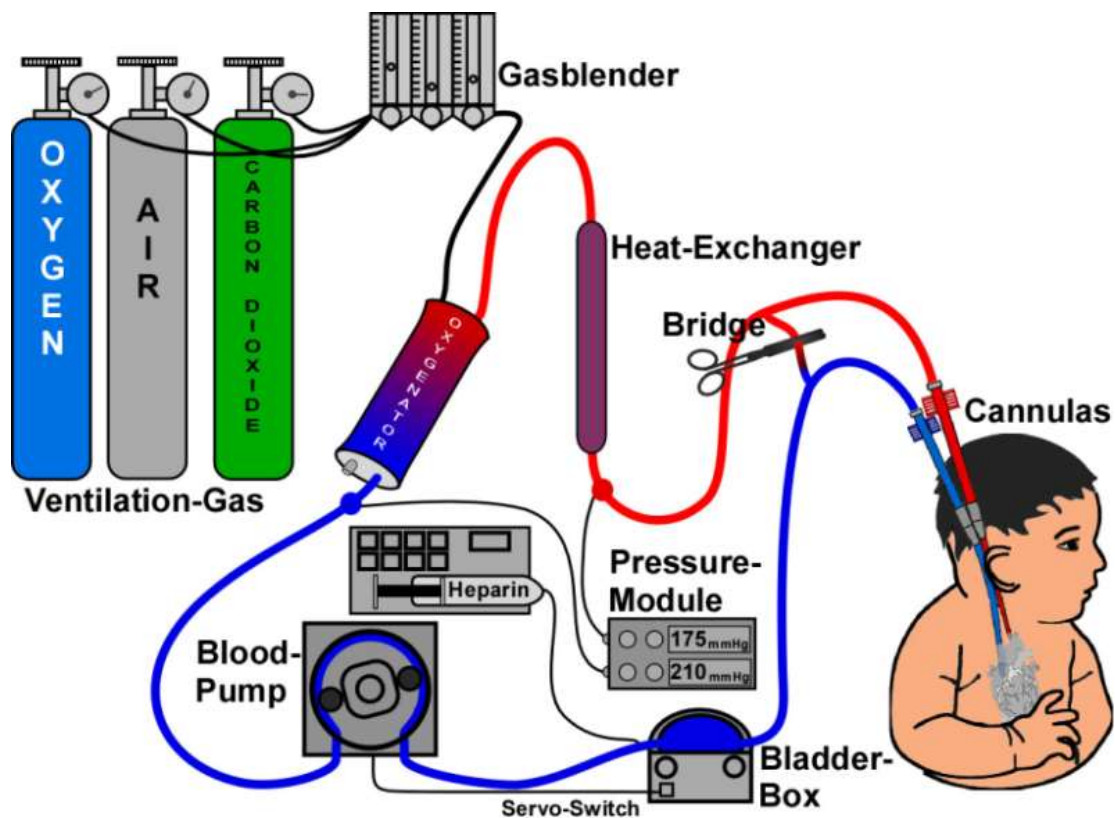


Рисунок 3 – Устройство оксигенатора



Рисунок 4 – Оксигенатор

### 2.3 Гемофильтрация и гемодиализ

Процедура очистки крови вне организма. Осуществляется путем удаления из крови заданного объема жидкости через гемофильтр и синхронным восполнением замещающим раствором. Таким образом, аппарат принимает на себя функцию почек при развившейся почечной недостаточности.

Во время гемодиализа происходит удаление находящихся в крови веществ путём диффузии и конвекции, которые зависят от свойств гемодиализной мембраны, а также удаление лишней воды из организма .

Диффузия во время гемодиализа осуществляется через искусственную избирательно проницаемую мембрану, с одной стороны которой находится кровь пациента, а с другой — диализирующий раствор.

Из диализирующего раствора в кровь пациента также могут переходить электролиты (натрий, калий, кальций, хлорид и т. д.) и крупномолекулярные вещества. Поэтому диализирующий раствор содержит определённую концентрацию электролитов для поддержания их баланса в организме пациента и проходит специальную очистку, чтобы не допустить попадания бактериальных токсинов или токсичных веществ в кровотоки пациента. [5]

Гемофильтрация представляет собой заместительную терапию, подобную гемодиализу, очищение крови посредством фильтрации и удаление отходов, таких как креатинин и мочевина, а также свободной воды из крови. Это метод гемокоррекции, основанный на принципе конвекционного переноса воды, низко- и средномолекулярных веществ из циркулирующей вне тела крови через полупроницаемую мембрану с внутривенным замещением кровезаменяющим раствором. В отличие от гемодиализа (рисунок 5) гемофильтрация использует конвективный перенос растворенного вещества (известный как растворитель), в результате чего молекулы захватываются движущимся потоком растворителя. Процесс приводит к получению большого объема фильтрата, содержащего избыток частиц отходов. Для эффективного

удаления низкомолекулярных веществ объем фильтрации должен быть равен объему воды тела (не менее 60-80%).

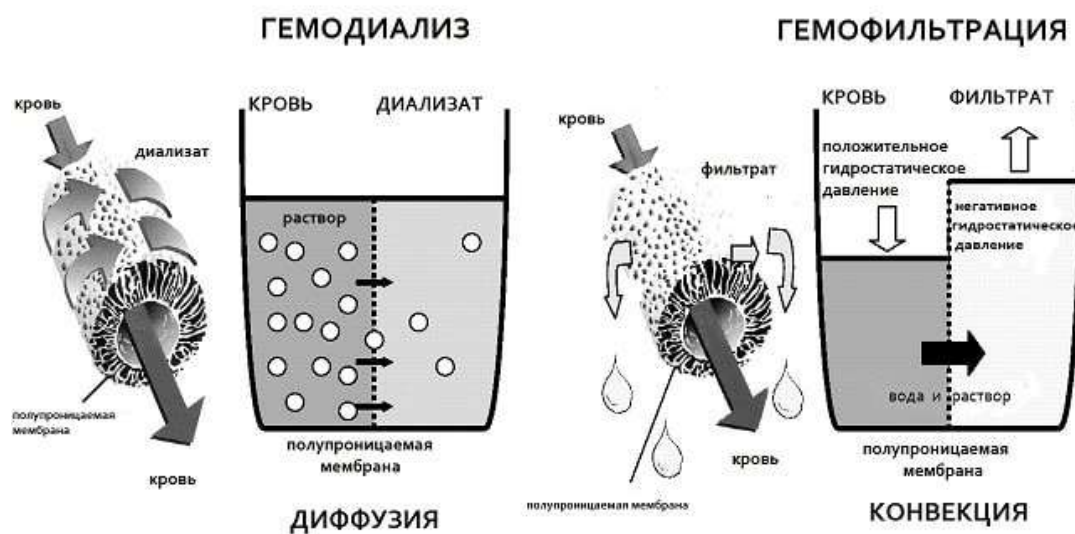


Рисунок 5 – Различия между гемодиализом и гемофильтрацией

Для проведения гемофильтрации используют аппарат, называемый гемопроектор (рисунок 6). Во время гемофильтрации кровь пациента пропускается через набор насосно-компрессорных труб (фильтровальная схема) через машину на полупроницаемую мембрану (фильтр), где удаляются отходы и вода. Добавляется заместительная жидкость, подогреваемая термостатом, и кровь возвращается пациенту. [7]



Рисунок 6 – Применение метода гемофильтрации

### **Заключение**

В ходе работы были рассмотрены причины возникновения травматического шока, особенности его протекания на разных этапах, методы выведения раненого из состояния травматического шока, а также используемые при этом медицинские аппараты.

Таким образом, мы видим, что в связи с сложившейся ситуацией очень востребовано реаниматологическое оборудование, а следовательно, и люди которые будут его разрабатывать, производить и обслуживать.

### **Литература**

1. Военно-полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов: Руководство для врачей / Под ред. Е.К. Гуманенко, И.М. Самохвалова. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 672 с. : ил.
2. Пирогов Н.И. Начала общей военно-полевой хирургии, взятые из наблюдений военно-госпитальной практики и воспоминаний о Крымской войне и Кавказской экспедиции 1864, 1865-1866 гг. - Собрание сочинений, Т. 5. - М., 1961. - С. 71
3. Аппарат искусственной вентиляции легких  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Аппарат\\_искусственной\\_вентиляции\\_лёгких](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аппарат_искусственной_вентиляции_лёгких)
4. Экстракорпоральная мембранная оксигенация  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Экстракорпоральная\\_мембранная\\_оксигенация](https://ru.wikipedia.org/wiki/Экстракорпоральная_мембранная_оксигенация)
5. Гемодиализ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гемодиализ>
6. Оксигенатор <https://ru.wikipedia.org/wiki/Оксигенатор>
7. Гемофильтрация <https://angioclinic.ru/metodiki/obiemnaya-hemofiltraciya/>
8. Принцип работы аппарата ИВЛ [https://stormoff.ru/mediacenter/articles/article\\_249/](https://stormoff.ru/mediacenter/articles/article_249/)  
(дата обращения по ссылкам 01.11.2022)



## **ПРОДАЖА МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ**

**Е.А. Колесников, Е.С. Кучеров, Г.А. Фокин, К.К. Селезнев**

**(ред. Ж. Жуманов)**

В данном реферате была рассмотрена проблема продажи медицинской техники. Основная цель работы - проанализировать важность изучения продажи медицинской техники, изучить ситуацию на рынке медицинского оборудования.

### **Введение**

Современное медицинское оборудование дает как государственным, так и частным медучреждениям обширные возможности для поддержания здоровья человека, диагностике заболеваний и своевременному устранению их. Разумеется, квалификация врача носит решающий характер в лечении человека, однако невозможно добиться высокой эффективности и качества медицинских услуг без обеспечения соответствующей медицинской техникой. Медицинские приборы необходимы во всех отраслях медицины, будь то офтальмология, аллергология или хирургия.

С каждым годом медицинское оборудование совершенствуется: если это диагностическое оборудование, погрешность его вычислений становится меньше, устраняются наводки, что помогает точнее установить диагноз, лечебный эффект терапевтической техники повышается, приборы становятся безопаснее для медицинского персонала и пациентов, растущее качество техники облегчает работу инженера, занимающегося ее обслуживанием. Следовательно, ситуация на рынке медоборудования постоянно меняется.

Регистрация нового медицинского прибора - очень трудоемкая работа. Нужно соблюсти все нормы безопасности, которые строго регламентированы законом. Необходимо уметь подготовить документацию к прибору.

Однако, несмотря на высокую степень динамичности рынка и сложность сертификации, для частных предприятий, работающих в сфере

производства и продажи какой-либо техники, именно медицинское оборудование является товаром, который сможет обеспечить бесперебойную работу компании в течение десятилетий. Это объясняется тем, что получение медицинских услуг людям нужно везде и всегда, а значит стабильность запроса на медтехнику будет существовать постоянно.

## **1 Проблемы развития рынка медицинского оборудования в России**

На данный момент рынок медицинского оборудования в нашей стране еще не окончательно сформировался, хотя и живет по современным экономическим законам и правилам. С одной стороны мы имеем небольшой объём продаж, обусловленный низким покупательским спросом медицинских учреждений, а с другой – большую перспективную емкость в стоимостном и количественном выражении при относительно невысокой конкуренции.

В последние годы на отечественном рынке появилось множество зарубежных фирм-производителей медицинской техники, предлагающих широкий ассортимент приборов, аппаратов и оборудования для медицины, массовое приобретение которых приводит к полной и постоянной зависимости медицинских учреждений от необходимости получать запчасти и расходные материалы, затрудняет и удорожает сервисное обслуживание, а также приводит к постоянным затратам и экономическим трудностям.

В связи с этим важнейшей задачей для российских производителей является расширение присутствия высокотехнологичного оборудования на внутреннем рынке и повышение оснащенности лечебно-профилактических учреждений здравоохранения, а также наращивание экспортного потенциала в данном сегменте. Последнее может быть достигнуто за счет наших конкурентных преимуществ: наработки оборонно-промышленного комплекса, созданный и во многом

сохранившийся с советских времен научный потенциал, некоторые прорывные решения в области программирования и нанотехнологий. [1]

## **2 Крупнейшие производители медицинской техники**

Медицинское оборудование является, пожалуй, одной из быстро развивающихся областей в сфере науки о здоровье. Это обширная индустрия, по одну сторону которой находятся пациенты с их комплексными потребностями, а по другую – медико-биологические компании, в чьи задачи входит разработка и применение специального оборудования (начиная от диагностического и вплоть до хирургических инструментов) для улучшения здоровья и качества жизни людей. Нынешний высокий уровень технологического прогресса позволил медицине укрепить свое влияние на рынке при помощи использования инновационных технологий и следующих факторов: увеличение количества медицинских учреждений, расходы на здравоохранение и старение населения.

Перед тем, как огласить список крупнейших производителей медицинской техники и оборудования, необходимо также отметить, что таковыми они стали как благодаря длительному времени работы (что свидетельствует о конкретном алгоритме взаимодействия с крупным и малым бизнесом), так и в связи с большим выбором продукции, надежными вариантами поставок и оплаты заказов, выдачей гарантии и подробной инструкции для потребителя. [2]

### **2.1 Ситуация в мире**

Рассматривая страны и производителей медицинского оборудования, можно выделить нескольких лидеров:

#### ***Medtronic***

Страна и год основания: Ирландия, 1949.

Компания занимается производством медицинской техники и приборов медицинского назначения, предназначенных для восстановления здоровья, облегчения боли и продления жизни людей.

Благодаря разработкам Medtronic сегодня можно диагностировать и лечить свыше пятидесяти хронических заболеваний.

В общей сложности у Medtronic свыше 280 подразделений в 140 странах мира. Численность сотрудников превышает 49000 человек, из которых 5800 – ученые и инженеры, занимающиеся разработкой новых образцов медицинской техники. На сегодняшний день за Medtronic зарегистрировано более 28000 патентов.

Medtronic осуществляет полный цикл изготовления медицинской техники и оборудования: от идеи и концептов до их воплощения в массовом производстве.

Medtronic выделяет для себя шесть главных направлений исследований и производства медицинской техники:

- а) сахарный диабет,
- б) нейромодуляция,
- в) нарушения сердечного ритма,
- г) хирургия позвоночника,
- д) кардиохирургия,
- е) хирургические навигационные технологии.

### ***Johnson & Johnson***

Страна и год основания: США, 1886.

Johnson & Johnson (группа компаний) является одной из крупнейших в мире многопрофильных корпораций в сфере здравоохранения, которая производит медицинское оборудование и приборы для диагностики, лекарственные препараты и товары для гигиены и здоровья человека. Ежедневно продукция группы компаний Johnson & Johnson возвращает радость активной жизни тысячам пациентов, помогает ухаживать за новорожденными, сохранять красоту, заботиться о близких. Создавая и совершенствуя различные продукты и технологии, направленные на улучшение качества жизни людей, Johnson & Johnson стремится быть полезной обществу. Корпорация много инвестирует в разработки в сфере медицинских технологий и передовых методов лечения, поиск новейших лекарственных средств, в научные исследования, определяющие качество

и безопасность препаратов и методик, а также в развитие сферы профессионального образования медицинских специалистов, социальные и благотворительные проекты. Johnson & Johnson включает в себя 250 компаний, расположенных в 57 странах мира, в которых работают более 125 000 сотрудников.

### ***Thermo Fisher Scientific***

Страна и год основания: США, 1956.

Компания по медицинской диагностике Thermo Fisher Scientific занимается проблемами медицинской диагностики и состоит из четырех основных сегментов: решения для медико-биологических наук, аналитические приборы, специализированная диагностика, лабораторные продукты и услуги.

### ***Abbott***

Страна и год основания: США, 1888.

Компания Abbott поставляет медицинские устройства и решения для здравоохранения более чем в 160 стран. Имея 107 000 сотрудников по всему миру, компания старается помогать людям жить более здоровой жизнью с помощью широкого спектра научно обоснованных пищевых продуктов, диагностических инструментов, фирменных генерических фармацевтических препаратов, а также диабетических и сосудистых устройств.

### ***General Electric Healthcare***

Страна и год основания: США, 1994.

GE Healthcare – одна из ведущих мировых компаний в области медицинских технологий и наук о жизни. Обладая широким ассортиментом, она известна своими решениями для визуализации, ультразвукового исследования, программного обеспечения и медицинской помощи.

### ***Philips (Healthcare)***

Страна и год основания: Нидерланды, 1891.

Philips – многопрофильная технологическая компания с более чем столетним опытом работы. Подразделение здравоохранения Philips

составляет 42% их глобального дохода и состоит из трех основных областей: диагностика и лечение, основной уход и личное здоровье. Компания нацелена на улучшение качества жизни людей на всех этапах континуума здоровья – от ведения здорового образа жизни, профилактики и ранней диагностики до лечения и ухода на дому.

### ***Fresenius Medical Care***

Страна и год основания: Германия, 1996.

Немецкая международная медицинская компания Fresenius располагает более чем 300 000 сотрудниками в более чем 100 странах и занимается производством диализного оборудования и расходных материалов для лечения хронической почечной недостаточности.

### ***Vecton Dickinson & Company***

Страна и год основания: США, 1897.

Vecton Dickinson & Company (BD) - это ведущая американская медицинская технологическая компания, которая производит и продает медицинские устройства, инструментальные системы и реагенты. Деятельность компании направлена на улучшение здоровья людей по всему миру. Основными направлениями работы компании являются улучшение систем доставки лекарственных средств, совершенствование диагностики инфекционных заболеваний и рака, а также поддержка разработки новых лекарственных средств. Ресурсы Vecton Dickinson служат орудием в борьбе с наиболее серьезными заболеваниями человечества. Общая численность сотрудников составляет почти 30 000 человек в более чем 50 странах мира. Компания сотрудничает с учреждениями здравоохранения, научно-исследовательскими лабораториями, взаимодействует с представителями фармацевтической индустрии, поддерживает проведение научных исследований, а также осуществляет свободные продажи населению.

### ***Cardinal Health***

Страна и год основания: США, 1971.

Американская многонациональная медицинская компания Cardinal Health, обладая более чем 100-летним опытом и 50 000 сотрудников,

широко известна тем, что предоставляет фармацевтические препараты, медицинские продукты и услуги, которые помогают поставщикам медицинских услуг.

## **2.2. Ситуация в России**

Ситуация с медицинским оборудованием на российском рынке не столь однозначна, ведь он тесно связан с импортом. Общая доля высококачественной медтехники в стране составляет не более 20%. Пусть российские производители отстают по некоторым направлениям, объем продукции на данном этапе все-таки растет и уже существуют компании, которые производят отличное лабораторное, рентгеновское, наркозно-дыхательное и мониторное оборудование, а также средства реабилитации, аппараты для проведения УЗИ и хорошая медицинская мебель.

Перечень надежных производителей медицинского оборудования в России с пока что незапятнанной репутацией: [3]

### ***ОРМЕД***

Фирма в Уфе, предлагающая реабилитационные приборы с сертификацией ИСО 9001-2011. Производитель на рынке почти 30 лет.

### ***ОАО «Казанский медико-инструментальный завод»***

Выпускает инструменты для врачей и фельдшеров, в частности для стоматологических кабинетов, приемных покоев.

### ***Мадин***

Группа компаний, выпускающих аппараты для физиотерапии и реабилитационные устройства.

### ***Адмсед***

Организация специализируется на выпуске предметов мебели медицинского назначения, технических аппаратов для реабилитационных манипуляций, приборов для дома и использования в условиях амбулатории.

### ***Кампо***

Компания, бренд из РФ по изготовлению кислородных устройств разной мощности и назначения. В каталоге дыхательные системы не

только для диагностики и терапии, но и для космонавтики, пожарных миссий, решения авиационных задач.

### **3 Анализ ситуации на рынке медицинского оборудования**

Как видно из вышеизложенной информации, среди крупнейших мировых предприятий по производству медицинской техники российский производитель занимает малую долю. Эта ситуация, хотя и является в целом печальной, выигрышна для отечественного разработчика медицинской техники, так как на российском рынке присутствует запрос на отечественного производителя. Такой запрос сформировался в 2022 году из-за напряженности в отношениях с западными странами, в которых сосредоточены мировые производители приборов. [4]

Соперничество России с западом может отражаться на сфере обслуживания и производства медицинской техники по-разному. Зарубежные фирмы могут заявить о своем уходе из страны или правительства недружественных государств введут санкции на поставки медтехники, прекратив продажу оборудования российским медицинским учреждениям. Опасность этого для отечественного здравоохранения заключается не только в том, что новых медицинских приборов поставляться в больницы не будет. Главная проблема – отсутствие ремонта и замены вышедших из строя компонентов приборов, которые уже выполняют свои функции в медучреждениях. Если иностранные фирмы покинут Россию, а альтернативных вариантов закупки и ремонта медтехники не будет, то падение качества оказания медицинской помощи в России будет лишь вопросом времени. В свою очередь Российская Федерация, когда ограничивает вывоз приборов за границу, стремясь предотвратить их дефицит, отчасти затрудняет их ремонт, потому что некоторые зарубежные предприятия ремонтируют оборудование только на территории своей страны, требуя транспортировки техники из России с последующим возвращением обратно.

Урок 2022 года запомнится надолго, поэтому, даже если отношения между странами резко повернутся в лучшую сторону, отечественный



производитель всегда будет высоко цениться благодаря минимальному риску внезапного прекращения сотрудничества.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что начинающему российскому разработчику в 2022 и последующих годах будет проще в развитии и продаже своего продукта, чем это было раньше.

#### **4 Правила продажи медицинской техники**

В настоящее время все чаще можно встретить предложение покупки какого-либо медицинского изделия. Предложений подобного характера с каждым днем становится все больше и больше, а сами изделия становятся все более сложными. Но далеко не все предложения являются правдивыми, и не все аппараты, предназначенные для диагностики, профилактики или лечения в домашних условиях, оказывают обещанный производителем эффект. Из-за чего некоторые потребители обращаются в Роспотребнадзор с надеждой получить защиту и отстоять свои права. Поэтому очевидна необходимость в полной мере разобраться в этой теме. [5]

Медицинскими изделиями называют инструменты, аппараты, приборы, оборудование, материалы и прочие изделия, применяемые в медицинских целях и предназначенные для профилактики, диагностики и лечения заболеваний.

Среди них:

- а) изделия медицинской техники, включая инструменты, оборудование, приборы и аппараты медицинские;
- б) медицинские изделия из резины, текстиля, стекла, полимерных и других материалов, и запасных частях к ним, предназначенные для профилактики, диагностики, лечения заболеваний в домашних условиях, реабилитации и ухода за больными;
- в) оправы для корректирующих очков и линзы для коррекции зрения;
- г) изделия протезно-ортопедические и запасные части к ним;
- д) наборы реагентов и средств для диагностики;

е) аптечные комплекты или наборы, предназначенные для домашнего использования.

В соответствии с п. 7 ст. 55 Федерального закона от 12.04.2010 № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств», вступившего в силу 01.09.2010, аптечные организации, индивидуальные предприниматели, имеющие лицензию на фармацевтическую деятельность, наряду с лекарственными препаратами имеют право приобретать и продавать, в том числе:

- а) изделия медицинского назначения;
- б) посуду для медицинских целей;
- в) предметы и средства, предназначенные для ухода за больными, новорожденными и детьми, не достигшими возраста трех лет;
- г) очковую оптику и средства ухода за ней.

Перед тем как попасть в торговый зал изделия медицинского назначения должны пройти специальную подготовку, которая включает в себя:

- а) распаковку;
- б) осмотр;
- в) сортировку;
- г) проверку товара по внешним признакам;
- д) проверку информации о поставщике, изготовителе и о предоставляемом товаре;
- е) проверка комплектации;
- ж) при необходимости: сборка, наладка, очистка.

Также в обязанности продавца перед покупателем входит своевременное, достоверное и наглядное ознакомление с товарами и их производителями. Все это должно обеспечить клиенту возможность совершения правильного разумного выбора.

Информация в обязательном порядке должна содержать:

- а) наименование товара;
- б) фирменное наименование и место нахождения (юридический адрес) изготовителя товара, место нахождения организации,

уполномоченной изготовителем (продавцом) на принятие претензий от покупателей и производящей ремонт и техническое обслуживание товара;

в) сведения о номере и дате разрешения на применение таких изделий в медицинских целях, выданного Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения и социального развития в установленном порядке,

г) сведения о его назначении, способе и условиях применения, действии и оказываемом эффекте, ограничениях (противопоказаниях) для применения с учетом особенностей конкретного вида товара,

д) обозначение стандартов, обязательным требованиям которых должен соответствовать товар;

е) сведения об основных потребительских свойствах товара;

ж) правила и условия эффективного и безопасного использования товара;

з) гарантийный срок, если он установлен для конкретного товара;

и) срок службы или срок годности, если они установлены для конкретного товара, а также сведения о необходимых действиях покупателя по истечении указанных сроков и возможных последствиях при невыполнении таких действий, если товары по истечении указанных сроков представляют опасность для жизни, здоровья и имущества покупателя или становятся непригодными для использования по назначению;

к) цену и условия приобретения товара.

Если товар был изменен, доработан или нем устранялись недостатки, то продавец обязан уведомить об этом покупателя. Сделать это продавец должен не только в устной форме, но и представить эту информацию на физическом носителе в письменной или печатной форме (на ценнике, в чеке, на ярлыке товара и т.д.)

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 01.12.2009 № 982 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме

принятия декларации о соответствии» изделия медицинские, санитарно-гигиенические и предметы ухода за больными, изделия медицинские из резины, полимеров, латекса и стекла, медицинские клеи, линзы для коррекции зрения подлежат обязательной сертификации; соответствие изделий протезно-ортопедических и запасных частей к ним подтверждается декларацией о соответствии.

В соответствии с п. 12 «Правил продажи отдельных видов товаров», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 19.01.1998 № 55 при продаже продавец обязан ознакомить покупателя с информацией о подтверждении соответствия товаров установленным требованиям путем маркировки товаров в установленном порядке специальным знаком, подтверждающим соответствие и ознакомление потребителя по его требованию с одним из следующих документов:

а) Сертификат или декларация о соответствии;

б) Копия сертификата, заверенная держателем подлинника сертификата, нотариусом или органом по сертификации товаров, выдавшим сертификат;

в) Товарно-сопроводительные документы, оформленные изготовителем или поставщиком (продавцом) и содержащие по каждому наименованию товара сведения о подтверждении его соответствия установленным требованиям (номер сертификата соответствия, срок его действия, орган, выдавший сертификат, или регистрационный номер декларации о соответствии, срок ее действия, наименование изготовителя или поставщика (продавца), принявшего декларацию, и орган, ее зарегистрировавший). Эти документы должны быть заверены подписью и печатью изготовителя (поставщика, продавца) с указанием его адреса и телефона.

Под продажей товаров дистанционным способом понимается "продажа товаров по договору розничной купли-продажи, заключаемому на основании ознакомления покупателя с предложенным продавцом описанием товара и способами, исключающими возможность

непосредственного ознакомления покупателя с товаром либо образцом товара при заключении такого договора".

Главным отличием дистанционного способа от иных способов продажи, предусмотренных законодательством, является отсутствие у потребителя возможности лично ознакомиться с товаром. Таким образом, если при заключении розничного договора купли-продажи потребитель не имел возможности непосредственно ознакомиться с товаром, то имеет место случай дистанционной торговли. В иной ситуации соответствующие потребительские отношения предполагают заключение договора в обычных для коммерческой практики условиях.

Данный вид торговли регулируется «Правилами продажи товаров дистанционным способом», утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 27.02.2007 № 612.

Первым делом перед покупкой товара необходимо подробнейшим образом ознакомиться с предоставленной о товаре и изготовителе информацией, о назначении изделия, а также об особенностях и правилах его безопасного и эффективного использования.

Информация о товарах содержится в технической документации и в интересах покупателя является ознакомление с ней. Также информация о товаре может содержаться на этикетках, путем нанесения маркировки или иным способом, принятым для определенных видов товаров.

Не стоит забывать о праве покупателя отказаться от товара во время его передачи и в течение семи дней после получения.

Покупатель вправе отказаться от товара в течение 3 месяцев с момента получения товара, если информация о порядке и сроках возврата товара не была предоставлена в письменном виде на момент доставки товара.

Возврат товара возможен при условии сохранения его товарного вида, потребительских свойств, а также документации, подтверждающей факт и условия покупки указанного товара. В случае если у покупателя отсутствует указанный документ, он имеет возможность ссылаться и на иные доказательства приобретения товара у данного продавца.

В случае отказа покупателя от товара продавец вернуть полную сумму, уплаченную покупателем в соответствии с договором, за исключением расходов на доставку, не позднее чем через 10 дней с даты предъявления покупателем соответствующего требования.

В случае если покупателю предоставляется товар с нарушением условий договора, связанных с количеством, ассортиментом, качеством, комплектностью, упаковки товара, покупатель вправе в течение 20 дней после получения товара сообщить продавцу о нарушениях.

Если обнаружены недостатки товара, относительно которых гарантийные или сроки годности не установлены, покупатель вправе предъявить требования в разумный срок, но не более 2 лет с момента получения товара, если сроки не установлены законами или договором.

Не стоит забывать, что в сфере дистанционной торговли много честных, добросовестных продавцов, однако есть и мошенники, а значит есть шанс наткнуться на неправдивое предложение. Поэтому очень важно не только знать свои права при покупке, но и уметь определять недобросовестных продавцов.

### **Заключение**

Обобщая все вышесказанное, сделаем вывод, что продажа медицинского прибора – это очень трудоемкий процесс, который не уступает по важности этапу разработки.

Необходимо проанализировать то, как развивается отечественная сфера медицинского оборудования, а также рассмотреть ее проблемы и деятельность ведущих производителей медицинской техники в России и мире. Необходимо уметь грамотно провести анализ ситуации на рынке медицинской техники, чтобы понимать, в чем на сегодняшний день нуждаются люди, и в каких отраслях можно столкнуться с наименьшей конкуренцией. Важно хорошо знать правила продажи медицинской техники, чтобы прибор был допущен в производство.

### Литература

1. Рукавишников Ю.В. Современные проблемы развития рынка медицинского оборудования в России. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-problemy-razvitiya-rynka-meditsinskogo-oborudovaniya-v-rossii> (дата обращения: 13.11.2022)
2. Самые крупные компании по производству медицинской техники и оборудования. Сайт «oborudunion.ru». URL: <https://www.oborudunion.ru/largest/medicinskoe-i-farmaceuticheskoe-oborudovanie> (дата обращения 01.11.2022).
3. Топ-20 российских производителей медицинского оборудования и инструментов. Журнал «Здравоохранение России». URL: <https://zdorovayarossia.ru/ratings/top-20-rossiyskikh-proizvoditeley-meditsinskogo-oborudovaniya-i-instrumentov/> (дата обращения: 01.11.2022)
4. Как санкции влияют на рынок медицинского оборудования? Рассказывает генеральный директор МСТ. Медицинские системы и технологии. URL: <https://medsyst.ru/about/publications/articles/3975/> (дата обращения: 01.11.2022)
5. О правилах продажи изделий медицинского назначения. Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Алтайскому краю. URL: [https://22.rospotrebnadzor.ru/directions\\_of\\_activity/protect/-/asset\\_publisher/9quX/content/o-pravilah-prodazhi-izdelii-meditsinskogo-naznacheniya](https://22.rospotrebnadzor.ru/directions_of_activity/protect/-/asset_publisher/9quX/content/o-pravilah-prodazhi-izdelii-meditsinskogo-naznacheniya) (дата обращения: 01.11.2022)

## **ЭКЗОСКЕЛЕТЫ – ИЗ НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКИ В ПОВСЕДНЕВНУЮ ЖИЗНЬ**

**И.Р. Иксанов, А.Ю. Тулубаев, Н.А. Солдатов, С.И. Дельпер, М.А. Доманов  
(ред. Ж. Жуманов)**

В данном реферате были рассмотрены примеры существующих моделей экзоскелетов и приведены предположения о дальнейшем развитии в этой области.

### **Введение**

Человеческие возможности достаточно ограничены и с самого начала времён человек старался придумать приспособления, которые бы увеличили его силу, скорость, возможности выживать в непростом мире. С развитием технологий человек изобретал всё новые и новые способы расширения возможностей своего тела, одним из которых стала идея экзоскелета, - внешнего каркаса, являющегося несущей конструкцией, и одновременно, увеличивающей возможности. Как вы уже догадались, речь в этой статье пойдёт об экзоскелете.

Экзоскелет (от греч. ἔξω — внешний и σκελετός — скелет) — устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счёт внешнего каркаса и приводящих частей, а также для передачи нагрузки при переносе груза через внешний каркас в опорную площадку стопы экзоскелета.

Экзоскелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях. Для определения этих пропорций следует пользоваться понятием анатомическая параметризация.

Первый экзоскелет был совместно разработан General Electric и ВС США в 60-х, и назывался Hardiman. Он мог поднимать 110 кг при усилии, применяемом при подъёме 4,5 кг. Однако он был непрактичным из-за его значительной массы в 680 кг. Проект не был успешным. Любая попытка использования полного экзоскелета заканчивалась интенсивным неконтролируемым движением, в результате чего он никогда не



проверялся с человеком внутри. Дальнейшие исследования были сосредоточены на одной руке.

Хотя она должна была поднимать 340 кг, её вес составлял 750 кг, что в два раза превышало подъёмную мощность. Без соединения вместе всех компонентов практическое применение проекта Hardiman было ограничено.[1]

## **1 Направления разработок экзоскелетов**

Главным направлением разработок является военное применение экзоскелетов с целью повышения мобильности тактических групп и подразделений, действующих в пешем порядке, за счёт компенсации физической нагрузки солдат, вызванной чрезмерным весом экипировки. Повышение подвижности и скорости человека может также сопровождаться увеличением силы того, кто использует экзоскелет.

Интеграция экзоскелета в экипировку будет сопровождаться превращением его в многофункциональную систему. Помимо своего основного предназначения, он может выполнять функции электрогенератора, хранилища аккумуляторных батарей, каркаса для крепления модулей бронезащиты, средств телекоммуникаций, различного рода сенсоров и датчиков, прокладки линий электропитания и передачи данных. Заслуживает внимания применение элементов конструкции экзоскелета в роли антенной системы для передачи и приёма радиосигналов.

Другой возможной областью применения экзоскелетов является помощь травмированным людям и людям с инвалидностью, пожилым людям, которые, в силу своего возраста, имеют проблемы с опорно-двигательным аппаратом.

Модификации экзоскелетов, а также отдельные их модели, могут оказывать значительную помощь спасателям при разборах завалов рухнувших зданий. При этом экзоскелет может защитить спасателя от падения обломков.

В 1960-е гг. компания General Electric разработала электрическую и

гидравлическую конструкцию под названием Hardiman.

Рабочие примеры экзоскелетов были построены, но широкое применение таких моделей пока невозможно. Это, например, экзоскелет XOS компании Sarcos, который был разработан на заказ армии США. По заявлениям прессы, машина удачно спроектирована, но из-за отсутствия аккумуляторов достаточной ёмкости, демонстрацию пришлось проводить в режиме работы от сети.

Разработкой российского экзоскелета под названием ЭкзоАтлет занимается команда учёных из проекта ExoAtlet, первого российского медицинского экзоскелета для реабилитации, социальной адаптации и интеграции людей с нарушением локомоторных функций нижних конечностей. Как заявляют разработчики, такой экзоскелет подойдёт не только людям с травмой спинного мозга, но и с последствиями инсульта. В настоящее время создано несколько действующих прототипов изделия. Последняя модификация, ExoAtlet Albert, управляется с костылей и позволяет человеку самостоятельно ходить, садиться, вставать. [2]

## **2 Экзоскелеты компании EXORISE**

Экзоскелеты компании EXORISE — уникальная разработка профессиональных инженеров и конструкторов, учёных и изобретателей (линейка пассивных промышленных экзоскелетов — X-Soft, X-Arm, X-Rise).

Три основных модели компании Экзорайз:

а) основная массовая модель X-Soft (мягкий пассивный экзоскелет). Основная функция модели X-Soft — разгрузка спины человека при частых наклонах, поворотах с грузом и без. Он самый лёгкий (до 2 кг), простой в использовании и недорогой.

б) тяжёлая модель X-Arm — это, по сути, третья рука с возможностью комплектацией конструкцией экзоскелета ног для работы с инструментом. X-Arm весит около 10 кг, с «ногами» — около 17 кг. Это решение позволяет нивелировать вес как самого экзоскелета, так и ручного инструмента через конструкцию «ног» в землю.

в) модель X-Rise, которая сделана специально для

автопроизводителей, но может быть применена и в других секторах промышленности. Модель весит около 3 кг, её задача — поддержка рук при операциях, требующих длительного удержания на весу.

X-RISE — пассивный экзоскелет, обеспечивающий поддержку рук для работников конвейерных производств. Для повышения эффективности при поднятии груза он может быть совмещён с моделью X-Soft.

В то время как автоматизированные технологии, безусловно, снизили нагрузку на заводы по всему миру, тяжёлый труд и долгие часы работы людей по-прежнему составляют большую часть производственного процесса.

X-rise — это пассивный экзоскелет верхней части тела, который поднимает и поддерживает руки работника (снимается нагрузка с плеч), перенося вес на бёдра, чтобы помочь оператору в выполнении задач, связанных с подъёмом и/или удержанием рук (с грузом или без) выше груди. Экзоскелет разработан с учётом физиологических особенностей человека, что делает его удобным для ношения в любых условиях, обеспечивая свободу движений и высокую эффективность.

Конструкция экзоскелета, дополнительно к основному действию, оказывает дисциплинирующее влияние на осанку работника при выполнении работ (реализована технология комбинированного демпфера в поясничной области). Помимо основной конструкции, экзоскелет X-rise комплектуется поддержкой головы и набором силовых жгутов (натуральный силикон, армированный спецволокном с рабочим режимом температур от -40 до +200 градусов по Цельсию).[3]

### **3 Экзоскелет Raytheon XOS 2**

XOS 2 — это роботизированный костюм второго поколения, разработанный Raytheon для армии США. Компания впервые продемонстрировала возможности экзоскелета в своём исследовательском центре в Солт-Лейк-Сити в штате Юта в сентябре 2010 года. Роботизированный костюм увеличивает силу, ловкость и выносливость солдата внутри него. В XOS 2 используется гидравлическая

система высокого давления, позволяющая владельцу поднимать тяжёлые предметы в соотношении 17:1 (фактический вес к воспринимаемому весу). Это позволяет повторно поднимать нагрузку без усталости или травмы.

Агентство перспективных исследовательских проектов обороны США (DARPA) инициировало разработку экзоскелетов в 2001 году в рамках программы Exoskeletons for Human Performance Augmentation. Агентство финансировало 50 млн долларов различным участникам в рамках пятилетней программы. Однако только двое из них активно участвуют в разработке прототипов экзоскелета для американских военных.

Система XOS была первоначально разработана как Wearable Energetically Autonomous Robot (WEAR) от Sarcos Research из Солт-Лейк-Сити, штат Юта. Разработка биомеханического робота началась в 2000 году. Компания, основанная в 1983 году, была приобретена Raytheon в ноябре 2007 года.

Роботизированный костюм второго поколения XOS 2 использует более лёгкий материал и примерно на 50 % эффективнее, чем XOS 1. Ожидается, что экзоскелет будет весить около 95 кг. Он использует комбинацию контроллеров, датчиков, высокопрочного алюминия и стали, которые позволяют структурам и приводам выполнять задачи.

Система XOS 2 оснащена гидравлическим двигателем внутреннего сгорания с электрическими системами. Прототип привязан к источнику питания гидравлики с помощью провода. Двигатель управляет гидравлическими приводами. Различные датчики, оборудованные всей системой, определяют положение и требуемую силу.[4]

#### **4 Варианты экзоскелетов**

Попробуем порассуждать, если бы мы попытались построить экзоскелет, в каком направлении нам следовало бы двигаться? И особо остановимся на приводе экзоскелета, так как именно от него зависит эффективность и вообще жизнеспособность идеи в принципе.

Если проанализировать все доступные в сети варианты экзоскелетов

как создаваемых крупными корпорациями, так и отдельными энтузиастами, среди них можно выделить две наиболее крупные группы:

- а) приводимые в действие электродвигателем,
- б) приводимые в действие пневматическим приводом,

Первый вариант сулит, конечно, много преимуществ: он является достаточно компактным, может весьма точно управляться электроникой, развивает максимальный момент за минимальное время.

Однако, к сожалению, ахиллесовой пятой всех электрических устройств является электропитание — до тех пор, как пока не придумали компактный и мощный источник энергии, который является своего рода «Чашей Грааля» в современной науке, подобные экзоскелеты будут достаточно дорогими и с весьма ограниченным сроком действия.

Что же касается достаточно распространённых самодельных пневматических систем, то они являются достаточно мощными, простыми в создании и управлении (по крайней мере, для них легко можно приобрести как компрессорные системы, так и соответствующие трубопроводы, пневматические цилиндры, а также пневмораспределители, — специальные устройства, которые управляют пневматическими клапанами, с помощью электроники).

Однако, использование пневматических систем здесь не слишком оправдано, — так как они обладают всё-таки достаточно ограниченной мощностью и для развития существенных усилий требуются достаточно громоздкие пневматические цилиндры.

Кроме того, нагнетание рабочего воздуха в цилиндр, с нужным для развития соответствующего усилия давлением занимает существенное время и при работе в активном режиме потребление воздуха существенно возрастает, — с чем может не справиться компактный компрессор.

Видимо, именно в этом и заключается причина того, что до сих пор в сети не было замечено ни одного экзоскелета с носимым компактным пневматическим компрессором.

Какие же тогда есть ещё другие варианты? Электрический привод мы отбросили как достаточно дорогой и ограниченный по времени действия.

Однако есть ещё один весьма замечательный вариант, который позволяет построить достаточно компактную и весьма мощную систему привода экзоскелета, с очень длительным периодом автономного действия — использование гидравлического привода!

Для начала оговоримся, что именно гидравлический привод используется в качестве силовой системы для известного робота-мула bigdog, у которого он использован для привода ног, точное устройство привода по понятным причинам является достаточно закрытым вопросом.

Кроме того, в истории известны и достаточно интересные типы техники с применением гидравлического привода: например, мотоцикл с гидроприводом на колёса.

Или, например, использование гидравлики в тормозной системе легковых автомобилей, где может развиваться давление, в момент нажатия на педаль, — до 200 бар! Таким образом, мы видим, что использование гидравлики достаточно распространено.

Для многих словосочетание «гидравлическая система» может уже звучать достаточно пугающе. Однако на деле все довольно несложно: изучим несколько подробнее, из чего состоит типовая гидравлическая система.

А. Шестерённой гидромашины. Так же, как и другие виды объёмных роторных гидромашин эта машина принципиально может работать как в режиме насоса, так и в режиме гидромотора. В том случае, если к валу гидромашины прикладывается вращательный момент, то машина работает в режиме насоса. Если на вход гидромашины подаётся под давлением рабочая жидкость, то с вала снимается вращающий момент, и машина работает в режиме гидромотора.

Б. Коловратной гидромашины — объёмная гидромашинка роторного типа с вращающимися рабочими звеньями, находящимися в контакте друг с другом, но не передающими крутящий момент. Вытеснение в

коловратных гидромашин производится за счёт синхронизированного вращения двух кулачковых роторов в специально профилированном корпусе.

В. Аксиально-плунжерной гидромашин — являются одним из наиболее распространённых типов гидромашин. Применяются как в качестве насосов, так и в качестве гидромоторов. Их устанавливают, например, в гидросистемах многих одноковшовых экскаваторов, также привод некоторых бульдозеров, в которых управление построено по принципу джойстика, также осуществляется аксиально-плунжерными насосами и гидромоторами. Широкое распространение данный вид гидромашин получил в гидроприводе станков, асфальтовых катков, строительной техники и самолётов. Также используются в некоторых мойках высокого давления.

Таким образом, самый распространённый тип гидронасоса представляет собой блок поршней, наклонённых под углом к оси привода двигателя. От угла наклона зависит, насколько большой путь поршни будут проходить внутри своих цилиндров, и, соответственно, производительность гидронасоса в целом. Подобное устройство используется повсеместно в гидравлических системах: экскаваторах, погрузчиках и т.д. и т.п.

Кроме того, для создания своей гидравлической системы экзоскелета потребуются и гидроклапаны с электронным управлением.

Обычно они называются «распределитель гидравлический с электронным пропорциональным управлением».

Для привода в действие гидравлического насоса необходим источник вращения, в качестве которого может выступить с успехом компактный бензодвигатель. В качестве которого можно использовать любой четырёхтактный двигатель, например, наподобие тех, что носят на спине в ранце работники, воздуходувкой раздувающие сухие листья:

В сухом остатке у нас получается следующая система:

- а) компактный рюкзачный аппарат;
- б) все приводы экзоскелета функционируют на основе

гидравлического принципа.

Гидравлические цилиндры приводов намного меньшего сечения (чем могли бы быть пневматические), так как жидкость является несжимаемой в отличие от воздуха, и мгновенно передаёт усилие во все точки, связанные с ней. Поэтому мы можем сделать цилиндры весьма компактными. При прочих равных – гидроцилиндры выигрывают в компактности. А конкретный диаметр цилиндра надо вычислять, в зависимости от требуемого от него усилия.

Электроклапаны системы приводятся в действие от аккумуляторов либо от комбинированной системы, где аккумулятор постоянно подзаряжается от электрогенератора, соединённого с валом бензинового двигателя. Но даже если мы будем использовать аккумуляторный принцип, без подпитки со стороны генератора, всё равно это будет гораздо более эффективно, и позволят системе работать намного дольше, чем при непосредственном электрическом приводе механических частей конструкции экзоскелета. В качестве генераторной системы удобно использовать небольшой компактный бензодвигатель, совмещённый с генератором. Например, из тех, что продаются в изобилии в хозяйственных магазинах и имеют выходную электрическую мощность порядка 650 ватт — 1 квт. Потребуется только дополнительно насадить на его выходной вал гидронасос, который будет накачивать гидросистему.

Таким образом, что мы будем иметь на выходе: весьма компактный, технологичный экзоскелет, длительного периода действия (приблизительно и очень грубо, подобная система будет потреблять порядка 5 литров бензина для работы в течение 32 часов), развивающий большую мощность на всех своих исполнительных механизмах, все исполнительные механизмы достаточно компактные (гидравлические цилиндры толщиной в мизинец или что-то около того), работающие очень быстро — благодаря как малому сечению, так и быстрой накачке гидравлической жидкости с помощью многоплунжерного гидронасоса.

Это, вполне возможно, и открывает широкий простор для технического творчества увлечённых людей. Например, элементы



гидронасоса могут быть изготовлены с использованием трёхмерного моделирования и 3D печати, после чего отлиты с применением метода литья по выжигаемой или выплавляемым модели.

Гидравлические цилиндры и поршни могут быть изготовлены с использованием небольшого компактного домашнего токарного станка по металлу. Например, следующим образом: на первом этапе поршень и цилиндр доводятся до необходимого диаметра/сечения протачиванием, после чего, финальное "выглаживание" поверхности поршня и цилиндра «в зеркало» производится прокатыванием по их поверхности металлического шарика от подшипника, закреплённого вместо токарного резца, на металлической палочке. Это позволяет получать после ряда прокатов (обильно поливая в процессе, машинным маслом) — практически идеальную, зеркальную поверхность, которая может работать в качестве гидравлической системы (например, автор этих строк неоднократно проводил подобные работы и всё получается достаточно легко и просто, поэтому не надо бояться создания своих собственных гидравлических систем с нуля). Шариковый инструмент легко изготавливается самостоятельно из любого имеющегося под рукой шарикоподшипника.

### **Заключение**

Экзоскелеты являются довольно интригующей, но до сих пор, малоизученной областью, которая на протяжении многих лет становится полем экспериментов для многих медицинских, производственных и военных технических компаний. И хотя заметных прорывов в этой области значительное время не наблюдалось, она обладает потенциалом удивить мир одним из самых громких изобретений, сошедшему прямиком со страниц художественной фантастики.

### **Литература**

1. G.E. Hardiman — первый в мире экзоскелет из 60-х годов прошлого века-  
<https://habr.com/ru/post/394801/>
2. Экзоскелеты в боевой экипировке-<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48060139>
3. Exorise сайт производителя- <https://exorise.com/projects/x-soft.html>
4. Супермен уже здесь: как мы используем экзоскелеты, киборгизацию и реактивные ранцы- <https://hightech.fm/2021/04/27/cyborgization-jetpacks>
5. Слюсар, В.И. Тактический экзоскелет как антенная система
6. Доклиническое испытание экзоскелета нижней челюсти (реферат) — Оперативная хирургия и клиническая анатомия — 2018-01 — Издательство «Медиа Сфера» 13

## **ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КОСМЕТОЛОГИИ**

**В.Д. Антонова, М.В. Луговская, А.В. Магомедова, К.О. Морозова,  
У.С. Сиданич, Е.А. Яремчук (ред. Ж. Жуманов)**

В данном реферате мы раскроем тему косметических приборов для женщин. Узнаем разновидность оборудования, современные предпочтения, существует ли опасность их применение.

### **Введение**

**Цель работы:** ознакомление с медицинским оборудованием, используемым в косметологии.

### **Задачи:**

- познакомиться с приборами, которые используются в косметологии;
- узнать, о существующих современных методах омолаживания и поддержания красоты;
- изучить принцип работы косметических аппаратов;
- понять функциональную нагрузку приборов;
- провести мониторинг общественного мнения в континууме проблем современности;
- определить для себя пользу и вред использования аппаратов.

**Гипотеза:** Использование медицинского оборудования не вредит здоровью, а является превентивной мерой для поддержания эстетики тела.

**Актуальность:** Самым действенным способом предотвращения преждевременного появления морщин является грамотный косметический уход в зависимости от типа кожи. Именно косметология, как передовая область медицины, помогает решить проблему преждевременного старения. Терапевтическая косметология активно развивается, предлагая новые современные методы для решений кожных и эстетических проблем, применяя методы коррекции, процедуры по диагностике и лечению возрастных проблем. В настоящее время

аппаратная косметология стала частью жизни многих людей разных гендеров, минимизируя действие неблагоприятных природных явлений.

**Метод исследования:** изучение специальной литературы и Интернет-источников, проведение опроса среди знакомых о знаниях в области косметического оборудования.

## **1 Разновидности домашних аппаратов и принцип их действия**

Новые технологии непрерывно появляются в перечне услуг салонов красоты, косметологических клиниках. Многие процедуры помогают бороться как с первыми морщинами, так и с более серьезными проблемами кожи. Но не у всех есть возможность обратиться в салон. И здесь на помощь приходят приборы для поддержания красоты, которыми возможно пользоваться в домашних условиях. Подобные устройства комфортны и легки в применении, однако имеются противопоказания, о которых нельзя забывать.[1]

### **1.1 Виды домашних приборов для поддержания красоты лица и тела**

В косметологических салонах (клиниках) цена услуг сохраняется на высоком уровне. Приобретение необходимого аппарата в личное пользование будет более бюджетно для приобретателя. Также пользование прибором для предупреждения (ремиссии) старения станет доступно всем членам семьи, что на постоянной основе может существенно поддерживать питание, увлажнение, тонус кожи, которая является многофункциональным органом человека.

Все аппараты по уходу за кожей, делятся на несколько видов в зависимости от принципа действия:

- Ультразвуковые
- Вакуумные
- Микротоковые
- Дарсонваль-аппараты

Данные устройства занимают мало места, за что приобрели название портативных. Они имеют маленькую мощность (60 Вт), поэтому не может

функционировать в интенсивном режиме стационарных моделей. Однако, даже в случаях пользования всей семьёй, частоту использования нельзя приравнять к нагрузкам аппаратуры, которой работают в косметологических салонах.

Приборы для бытового использования, по сравнению с профессиональными установками, имеют невысокую стоимость из-за маленькой производительности и меньшего числа функций.

Главное различие оборудования для независимого поддержания красоты и профессиональных аппаратов есть особенность применения. Некоторыми из них нельзя пользоваться в домашних условиях. При покупке нового устройства для домашней эксплуатации, необходимо быть крайне внимательным, т.к. многие из них применять самостоятельно запрещено. Поэтому иногда стоит обратиться к косметологу и воспользоваться качественной услугой.[2]

## **1.2 Как работают домашние приборы для профилактики старения кожи**

При выборе прибора для поддержания красоты в домашних условиях зачастую возникает вопрос, какой же аппарат приобрести. Для различных проблем кожи могут использоваться различные варианты оборудования.

Для улучшения функционирования кровеносных сосудов в коже и увеличения кровообращения стоит выбрать микротоковые или гальванические устройства. После их действия:

- Кислород поступает к клеткам активнее, питательные вещества глубоко проникают в эпидермис.
- Процессы старения тормозятся вследствие вывода токсинов сквозь поры. Старение клеток притормаживается.
- За счёт интенсивной выработки коллагена кожа становится упругой и эластичной.
- Идёт активная регенерация тканей, т.к. ускоряется деление клеток эпидермиса.

Итог: овал лица подтягивается, улучшается тон лица, кожа приобретает свежий вид, статические морщины разглаживаются.

### **1.3 Виды аппаратов и их функции**

#### ***Микротоковые приборы***

Являются альтернативой инъекционным методикам (мезотерапия, редермализация, ботулинотерапия, контурная пластика, нитевой лифтинг, плазмотерапия, биоревитализация). Гальванические импульсы аппаратов приводят к ускорению обмена веществ в клетках, благодаря чему появляется эффект лифтинга. Микротоковые устройства для поддержания тонуса и здоровья кожи возможно использовать в зоне декольте, шее, руках и остальных частях тела. Во время их воздействия необходимые питательные компоненты проникают глубоко в эпидермис, что приводит к подтяжке, укреплению и поддержанию кожи. Микротоки используют при таких проблемах: «сползание» овала лица; вялость кожи и потеря упругости; морщины, преимущественно мелкие; увядание кожи и потеря ее красоты; шрамы, пигментные пятна и рубцы. Итог использования микротоковых агрегатов носит пролонгированный характер. [3]

#### ***Ультразвуковые приборы***

Механизм действия базируется на ультразвуковых частотах, которые оказывают воздействие на организм пациента. Ультразвуковые приборы обеспечивают массаж и очищение кожи. При проведении процедур с помощью данных аппаратов достигается результат с положительной динамикой, сопоставимый с использованием салонного пилинга. Ультразвук активно удаляет ороговевшие клетки дерматологического покрова и сглаживает его поверхность. Такие манипуляции используются для лечения угревой сыпи и черных точек. Происходит ускорение выработки коллагена и обновление клеток. Выводится ненужная жидкость из верхних слоев кожи, снимается отечность, что приводит к лимфодренажному эффекту. После использования ультразвуковых приборов происходят серьезные изменения, которые радуют многих пользователей. Поддержание здоровья кожи - основное преимущество таких процедур. [4]

### ***Вакуумные приборы для чистки лица***

Технология действия основана на нагнетании отрицательного давления в трубке дренажа, которая остается в специальном приборе и создает вакуум. Показания к применению вакуумных приборов для чистки лица: углубление пор, повышенная жирность кожи, серый цвет лица, неровность дерматологического покрова, угри, воспаления, расхождение кожей влаги, вялость кожи, неудовлетворительный внешний вид. Главным ограничением применения подобных приборов представляется частота использования и строгое следование инструкции по эксплуатации. Аппараты для домашней вакуумной очистки лица доказали свою действенность и легкость в поддержании здоровья кожи, о чем свидетельствуют множественные фотографии. [5]

### ***Аппарат Дарсонваль***

Способ работы данной техники основан на оздоровлении кожи и слизистых оболочек под воздействием слабого переменного тока (ток высокой частоты и напряжения, но малой силы). Незначительные разряды приводят к улучшению кровообращения и снятию отеков кожи, что улучшает ее состояние и внешний вид. Функции прибора Дарсонваль: противовоспалительное действие, убирает сыпь, угри; борьба с облысением; удаление отеков, лимфодренажное действие, улучшение обмена веществ (кровообращения), что приводит в тонус кожу и придает эластичность; борьба с проявлениями варикоза; ускорение регенерации дерматологических покровов; усиление кровообращения.

Итог: Электрические устройства превосходны на ранних стадиях старения кожи, безоговорочно эффективны как профилактика. Являются альтернативой (в виде домашней портативной помощи) дорогим и болезненным процедурам мезотерапии. Вдобавок к достоинствам причисляется бережное влияние на кожу, без проколов и отрицательных последствий в результате процедур (не появляется отек, краснота), не вызывают аллергических реакций.

## **2 Область применения. Для чего бывают приборы**

### **2.1 Аппаратная косметология: виды процедур**

Для решения задач современной косметологии в настоящее время используются такие разновидности аппаратной косметологии, как:

- Механическое воздействие
- Воздействие вакуумом
- Ультразвучные колебания
- Электрический ток
- Фототерапия

#### ***Механическое воздействие***

Брашинг – Это поверхностная механическая чистка или массаж кожи лица с помощью вращающихся автоматических насадок. Во время процедуры удаляются загрязнения, ороговевшие и лоснящиеся слои кожи. Эта процедура улучшает микроциркуляцию и стимулирует обновление клеток кожи.

#### ***Воздействие вакуумом: вакуумная чистка лица***

Действие прибора для процедуры вакуумной чистки лица основано на работе воздушного компрессора, способного создавать отрицательное давление. Вакуумный эффект на коже создается за счет насадок-колб, сделанных из стекла или силикона, которые присоединяются к аппарату полыми трубками. В процессе процедуры создается разрежение воздуха, в результате чего насадка присасывается к коже. Под действием вакуума происходит удаление клеток рогового слоя, раскрытие пор и их очищение. Также улучшается циркуляция крови и лимфы, мышцы лица приходят в тонус.

#### ***Ультразвучные колебания: ультразвуковой пилинг***

Действие ультразвуковых аппаратов основано на способности создавать ультразвуковые волны. Для воздействия на кожу используется излучение частотой 22-44 кГц. Режим подачи ультразвука может регулироваться.

Процедура представляет собой очищение кожи лица от загрязнений, излишков кожного сала и ороговевших клеток эпидермиса.



Ультразвуковой пилинг отличается меньшей глубиной воздействием на кожу. Несомненные преимущества ультразвуковых колебаний – хорошая переносимость и возможность применения при любом типе коже.

### ***Электрический ток***

Гальванизация — лечебная процедура, применяемая в косметологии. При ее проведении используется постоянный ток с силой не более 50мА. Воздействие такого тока запускает внутренние процессы регенерации, не нарушая целостность кожи, что позволяет сократить риски осложнений к абсолютному минимуму. Кроме того, данная процедура используется для доставки лекарственных препаратов в глубину дермы. Гальванизация ускоряет клеточную регенерацию, расширяет сосуды и повышает проницаемость дермы к наносимым лечебным препаратам. [6]

Электромиостимуляция лица – процедура стимуляции сокращения мышц лица с целью активизировать обменные процессы на определенных участках кожи. Благодаря такому воздействию восстанавливается работа мышц лица, кожа становится более упругой. Проводится миостимуляция лица с помощью особого устройства, которое заставляет сокращаться мышцы, благодаря чему достигается лифтинг-эффект.

Микротоки — это аппаратная процедура, целью которой является получение лечебного или косметологического эффекта за счет воздействия на организм импульсными токами небольшого напряжения. Сила физического воздействия подбирается индивидуально, но обычно используются токи до 1 мА. Под воздействием микротомов в коже происходит восстановление внутриклеточного метаболизма, получение клетками питательных веществ, вывод токсинов, насыщение кожи кислородом

### ***Фототерапия: фотоомоложение***

Наиболее часто для фотоомоложения применяется широкополосный интенсивный импульсный свет, который представляет собой поток фоточастиц видимого света. Длина волн составляет около 400-1400 нанометров. Длина волн и интенсивность излучения подбираются индивидуально. За счёт этой процедуры происходит разрушение

пигмента, улучшение микроциркуляции, активация обменных процессов в тканях.

### **3 Лидеры рынка**

#### **3.1 Наиболее востребованные аппараты**

В настоящее время наиболее активно развивается сегмент аппаратов для удаления волос. В 2017 году мировой рынок этой процедуры достиг 880,2 миллиона долларов США. Но по прогнозам уже к 2023 году его доля рынка составит 25 миллиардов долларов США.

Также растёт спрос на устройства с технологией IPL (высокоинтенсивный свет), благодаря их высокой эффективности и легкой доступности.

Не сдаёт позиции и рынок устройств для ухода за кожей, который достиг 12,8 миллиарда долларов к 2020 году с высокими темпами роста около 10%.

В течение следующих лет наиболее востребованными будут лазерные устройства, а рост их сбыта прогнозируемо составит около 11%. [7]

#### **3.2 Географическая сегментация рынка**

Америка доминирует на мировом рынке аппаратной косметологии благодаря хорошо развитой платформе для разработки инноваций, увеличению числа пациентов с гормональными нарушениями и государственной поддержке исследований и разработок.

Европейские страны опережают североамериканский сектор за счет повышения расходов на здравоохранение, увеличения количества населения старшего возраста, а также роста распространенности кожных заболеваний. Европейские производители также получают государственную поддержку для проведения исследований.

Самым быстрорастущим регионом по использованию и применению аппаратной косметологии является Азиатско-Тихоокеанский регион, благодаря наличию быстро развивающихся технологий и больших расходов на здравоохранение.

### **3.3 Компании, которые являются ведущими производителями на рынке, по исследованиям аналитиков**

1. Nu Skin Enterprises Inc - американская компания, которая разрабатывает и продает средства для ухода. Компания продает свою продукцию на 54 рынках через сеть, насчитывающую около 1,2 миллиона независимых пользователей. Под брендами Nu Skin и Pharmanex компания разрабатывает и продает средства и аппараты, которые помогают людям выглядеть и чувствовать себя моложе.

2. PhotoMedex Inc является одним из лидеров в области дерматологии. Продукция данной компании направлена на поддержание здоровья кожи в борьбе с заболеваниями и старением кожи.

3. Syneron Medical Ltd - компания, которая разрабатывает и продает устройства для процедур косметической хирургии, в частности профессиональное лазерное оборудование.

4. TRIA Beauty Inc - на данный момент компания предлагает два вида товаров: инструменты для проведения лазерной эпиляции в домашних условиях – Laser Hair Removal и лазерные аппараты для омоложения кожи и борьбы с морщинами. [8]

5. Carol Cole Company - производитель косметических аппаратов с микротоками для использования в домашних условиях. Компания производит продукты, которые помогают тонизировать, укреплять и уменьшать морщины.

6. Home Skinovations Ltd – это мировой лидер в области профессионального эстетического оборудования для домашнего использования. Компания производит устройства для удаления волос, антивозрастных средств, средств для лечения целлюлита и акне.

### **4 Потенциальные риски использования. Положительное, отрицательное воздействие**

Не следует думать, что при выполнении аппаратных процедур все делает техника. В аппаратной косметологии особенно важны опыт и квалификация врача-косметолога - он должен уметь подбирать процедуры

с учетом многих индивидуальных особенностей пациента, он должен знать, как правильно управлять аппаратом. И техника должна быть высококачественной, от проверенного производителя.

#### **4.1 Противопоказания**

Однако следует знать, что процедуры в аппаратной косметологии противопоказаны при:

- Беременности;
- онкологических заболеваниях;
- воспалительных процессах;
- индивидуальной непереносимости используемых препаратов.

По этой причине перед процедурой необходимо проконсультироваться с врачом. [9]

Данное направление эстетической косметологии является менее травматичным. Аппаратная медицина, как правило, не предполагает проведения процедур под общим наркозом, предлагает широкий спектр вариантов воздействия на кожу и включает в себя более короткий реабилитационный период.

#### **4.2. Методы, используемые в медицинских целях**

С помощью лазерной терапии можно не только избавиться от акне и постакне, но и значительно повысить сопротивляемость кожи внешним факторам, ускорить процессы регенерации (таблица 1).

#### **4.3 Методы, корректирующие фигуру**

1. Лазерная липосакция, которая разрушает жировые клетки. Этот метод является аналогом менее травматичным хирургической липосакции. Лазерные вспышки разрушают жировые клетки, которые затем удаляются вакуумом.

2. LPG массаж для снятия отеков, целлюлита. Во время сеанса, помимо всего прочего, сжигаются жировые отложения, в результате чего получается стройная и подтянутая фигура.

3. Ударно-волновая терапия (УВТ) применяется для коррекции фигуры, а также для лечения больных суставов и в период посттравматической реабилитации.

4. Метод миостимуляции - импульсный ток малой мощности воздействует на мышцы и ткани. Процедура способствует повышению тонуса кожи и мышц, улучшению кровотока и снижению веса.

Итог: Все эти действия оказывают положительное влияние на организм. Лазерные лучи не вызывают онкологии и других заболеваний. Напротив, они повышают местный иммунитет, снижая риск кожных заболеваний.

Таблица 1 – Аппаратные методы и их действия

Аппаратный метод	Принцип действия	Результат лечения
Комплексная микротоковая терапия + лимфодренаж	Воздействие на кожу слабым разрядом тока	Отсутствие отеков, улучшение тонуса кожи, усиление внутриклеточного метаболизма, ровный и гладкий тон лица
Фототерапия	Разрушение меланина под воздействием световых импульсов	Исчезновение пигментных пятен, рассасывание неглубоких шрамов
Лазер	Прогревание и испарение определенных кожных слоёв, запуская глубинные процессы обновления и восстановления кожи.	Разглаживание рубцов и шрамов
Ультразвуковое воздействие	Регенерация тканей за счёт ультразвуковых волн	Ликвидация акне, разглаживание рубцов и шрамов, коррекция фигуры

Ультразвуковые волны не представляют опасности для здоровья. С 2009 года было проведено 35 исследований, которые показали безопасность и эффективность таких процедур.

Фототерапия безопасна, потому что, в отличие от солнца, она не сопровождается воздействием вредных ультрафиолетовых лучей. Поэтому процедура не может вызвать пигментные пятна, солнечные ожоги, вызвать рак кожи или привести к фотостарению.

Однако методы аппаратной косметологии также имеют недостатки. Некоторые процедуры предполагают реабилитационный период, хотя и короткий - от нескольких часов до пары дней. В основном это связано с процедурами, которые использует лазер. После сеанса лазерной терапии

возможно покраснение кожи, небольшая припухлость, иногда - шелушение.

### **5 Косметология настоящего и будущего**

В настоящее время с каждым днем улучшаются уже имеющиеся техники и материалы. Например, в пластической хирургии появятся новые инструменты из новых материалов, отличающихся качеством и надежностью. Уже сейчас используются роботизированные четырехрукие системы Da Vinci, которые управляются хирургом и помогают ему увидеть операционное поле в увеличенном формате 3D.

Большую роль отводят лазерам: такие методики омоложения поднимутся на такой качественный уровень, что процедуры будут проводиться совершенно безболезненно, исключая этап реабилитации. Лазерные методы коррекции позволят сохранять овал лица и состояние кожи минимум до 60 лет, а то и на всю жизнь.

Лазеры будут совершенствоваться еще больше и устранять из организма жировые клетки естественным и безопасным методом. В результате – естественная коррекция фигуры без липосакции станет привычным делом, а само слово липосакция канет в Лету или приобретет иной смысл.

Также в настоящее время изобретен аппарат для пересадки кожи Skin Gun, который работает по принципу пульверизатора. Распыляя из баллончика специальный раствор, содержащий стволовые клетки пациента, человек приобретает новую кожу. Поэтому создание лаборатории по выращиванию своей собственной кожи – очень скоро станет реальностью. Ведь уже сейчас аппарат помогает нарастить кожу на больших площадях за двое – трое суток. Конечно, прежде всего методика предназначена для пересадки кожи после ожогов, когда старую поврежденную кожу заменяют собственной здоровой кожей.

Сейчас появились новые установки модульного типа с фото и лазерными аппаратами. Они работают на квантовых системах, которые позволяют сразу решить несколько проблем. Так, например, можно

одновременно устранять пигментные пятна, купероз, лечить себорею, проводить эпиляцию и корректировать первые признаки возрастного увядания. [10]

Итог: в настоящее время существует большое количество приборов, помогающих людям с проблемами эстетики тела, а также разрабатываются новые технологии и совершенствуется методика использования имеющихся, не нарушая принципов биоэтики.

## 6 Социологический опрос

Опрос «Концепция красоты и здоровья» проведён для представления мнений путем проведения серии вопросов и последующей экстраполяции обобщений в соотношении в виде диаграмм. Опрос проведён при личном контакте и посредством социальных сетей «Телеграмм», «ВКонтакте» у возрастной группы от 18 до 25 лет. Количество респондентов 100.

### 6.1 Вопросы

Вопросы опроса представлены в таблице 2.

Таблица 2 –Вопросы-ответы

№	Тематика вопросов	Возможные ответы
1	Считаете ли Вы, что красота дается априори или это ежедневная забота о здоровье?	Считают красоту врождённым параметром
2	Знаете ли вы о противопоказаниях после процедур с использованием аппаратуры в косметологии?	Противопоказаны процедуры только людям с кожными заболеваниями и беременным
3	Является ли шлифовка кожи безопасной?	Не является безопасной, т.к. можно нанести механические травмы коже.
4	Знаете ли вы о существовании лазер пена и её принципе работы?	Большинство не знают о таком приборе
5	Для чего используют аппарат УЗ-пиллинга?	Для избавления от отмерших клеток и для омоложения и подтяжки кожи

### 6.2. Результаты социологического опроса «Концепция красоты и здоровья»

Результаты опроса представлены в виде диаграмм на рисунках 1-5.



Рисунок 1 – Ответ на вопрос 1



Рисунок 2 – Ответ на вопрос 2

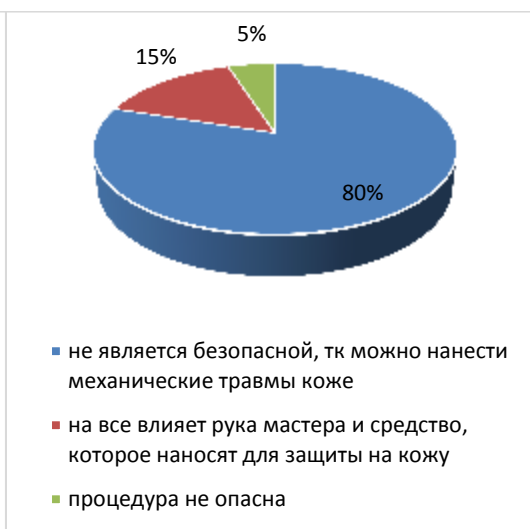


Рисунок 3 – Ответ на вопрос 3



Рисунок 4 – Ответ на вопрос 4



Рисунок 5 – Ответ на вопрос 5



### **6.3 Выводы по результатам социологического опроса**

Установлено, что большинство женщин не знают или недостаточно осведомлены о работе оборудования в косметологии.

#### **Заключение**

Использование аппаратов в косметологии изучено и проверено ведущими учёными, поэтому данный способ ухода является безопасным (за исключением индивидуальных особенностей здоровья) и при этом не требует специальных навыков для использования приборов, что делает его доступным для каждого.

Эстетическая косметология возвращает новую молодость волосам и коже, которые с возрастом неизбежно утрачивают упругость и блеск. Косметология и красота в известном смысле связаны и с понятиями моды, престижа, респектабельности, успешности. Существует целый ряд различных методик, позволяющих оказывать большой спектр услуг в этом направлении.

При использовании аппаратной косметологии пациенты не выпадают из привычного образа жизни, т.к. отсутствуют следы от уколов, синяки, шелушения, аллергии. Любой из методов оздоровления кожи можно включить в список процедур «обеденного перерыва», что актуально в условиях дефицита свободного времени на рынке труда с высокой конкуренцией.

В косметологии применяются инновационные технологии и новейшие научные разработки. Косметические тренды будут развиваться в векторе главных проблем и задач общества, так как бьюти-индустрия никогда не существовала в отрыве от жизни общества. Арсенал врачей-косметологов постоянно пополняется различными комбинированными аппаратами, которые позволяют в одной процедуре совместить различные физические воздействия. Это ведущее направление развития аппаратных технологий, и его главный принцип таков: решать разные эстетические проблемы пациентов комплексным и одномоментным воздействием, улучшая качество жизни социума в целом.

## Литература

1. Разновидности домашних аппаратов и принцип их действия - URL: <https://www.anna-key.ru/blog/pribory-dlya-podderzhaniya-krasoty/> (дата обращения 20.10.2022).
2. Приборы для бытового использования - URL: <https://www.beauty-shop.ru/info/apparatnaya-kosmetologiya-dlya-omolozheniya-litsa-i-tela-vidy-protsecur/> (дата обращения 23.10.2022).
3. Микротоковые приборы - URL: <https://salonveronika.ru/info/blog/apparatnaya-kosmetologiya-omolozheniya/> (дата обращения 23.10.2022).
4. Лидеры рынка - URL: <https://pda.cosmetology-info.ru/7248/news-Rynok-kosmetologicheskikh-apparatov---aktivnoe-razvitie-na-fone-vysokoy-konkurentsii/> (дата обращения 22.10.2022).
5. Лидеры рынка - URL: <https://silkn.com/pages/about-us> (дата обращения 23.10.2022).
6. Гальванизация - URL: <https://ulfar.ru/blog/galvanizatsiya-v-kosmetologii-vidy-i-osobnosti-protsecur/?ysclid=I9vuc151v3599131507> (дата обращения 22.10.2022).
7. Ведущими производителями на рынке - URL: <https://prolab-beauty.ru/tria-beauty/?ysclid=I9x63hmree978999307> (дата обращения 22.10.2022).
8. Ведущими производителями на рынке - URL: <https://prolab-beauty.ru/tria-beauty/?ysclid=I9x63hmree978999307> (дата обращения 22.10.2022).
9. Противопоказания - URL: <https://www.ayna-spb.ru/actual/apparat-cosmetology/contraindications-procedures.html> (дата обращения 22.10.2022).
10. Косметология настоящего и будущего - URL: [https://iakosmetolog.ru/myths/kosmetologiya-buduschego.html?utm\\_referrer=https://yandex.ru/](https://iakosmetolog.ru/myths/kosmetologiya-buduschego.html?utm_referrer=https://yandex.ru/) (дата обращения 20.10.2022).
11. Как работают домашние приборы для профилактики старения кожи - URL: <https://polyclin.ru/articles/mikrotokovaya-terapiya/?ysclid=I9vuk6jm2403310815> (дата обращения 22.10.2022).
12. Разновидности домашних аппаратов и принцип их действия - URL: <https://www.inc.com/profile/carol-cole-co> (дата обращения 22.10.2022).
13. Лидеры рынка - URL: <http://syneron-candela.ru> (дата обращения 22.10.2022).

## СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ

Г.А. Стёпкин, А.Д. Бабкин, Н.И. Корсун, А.И. Маркин, Д.С. Сморгков  
(ред. К.Е. Липшиц)

В данной статье представлена информация о слуховых аппаратах. Цель нашей работы заключается в изучении принципа действия и строения различных слуховых аппаратов. Рассмотрен принцип звуковосприятия, типы слуховых аппаратов.

### Введение

Существует множество заболеваний, которые влекут за собой частичную или полную потерю слуха. Согласно данным ВОЗ, от глухоты и нарушений слуха в мире страдают примерно 360 миллионов человек. В России снижением слуха в той или иной степени страдают 13 миллионов человек. Из них 1 миллион — это дети и подростки до 18 лет. Ухудшение слуха замечено почти у каждого четвертого человека старше шестидесяти пяти лет. Часто в зоне риска оказывается молодёжь, потому что молодые люди часто пользуются наушниками при большой громкости.

Выделяют несколько основных причин потери слуха:

1. Снижение иммунитета.
2. Наличие хронических очагов воспаления носоглотки.
3. Деятельность, при которой ухо подвергается постоянному воздействию громких звуков.
4. Травмы.
5. Наследственность.
6. Чрезмерная выработка ушного секрета.

### 1 Строение уха

Строение уха представлено на рисунке 1.

Ушная раковина – способствует концентрации звуковых волн в наружном слуховом проходе, помогает определить положение источника звука.

Наружный слуховой проход – проводит звук от раковины к барабанной перепонке.

Молоточек – первая слуховая косточка, присоединяется одним концом к барабанной перепонке.

Наковальня – средняя слуховая косточка, которая связывает молоточек и стремечко.

Стремечко – последняя слуховая косточка. Она одним концом соединена с наковальней, другим сидит в овальном окне.

Улитка – костный спиралевидный канал, в котором находятся слуховые рецепторы.

Внутренний слуховой проход – костная трубка, в которой находится вестибулярно-слуховой нерв, передающий сигналы к стволу мозга.

Полукружные каналы – часть вестибулярного аппарата, в которой находятся рецепторы равновесия.

Слуховая (евстахиева) труба – канал, связывающий среднее ухо с задним отделом глотки.

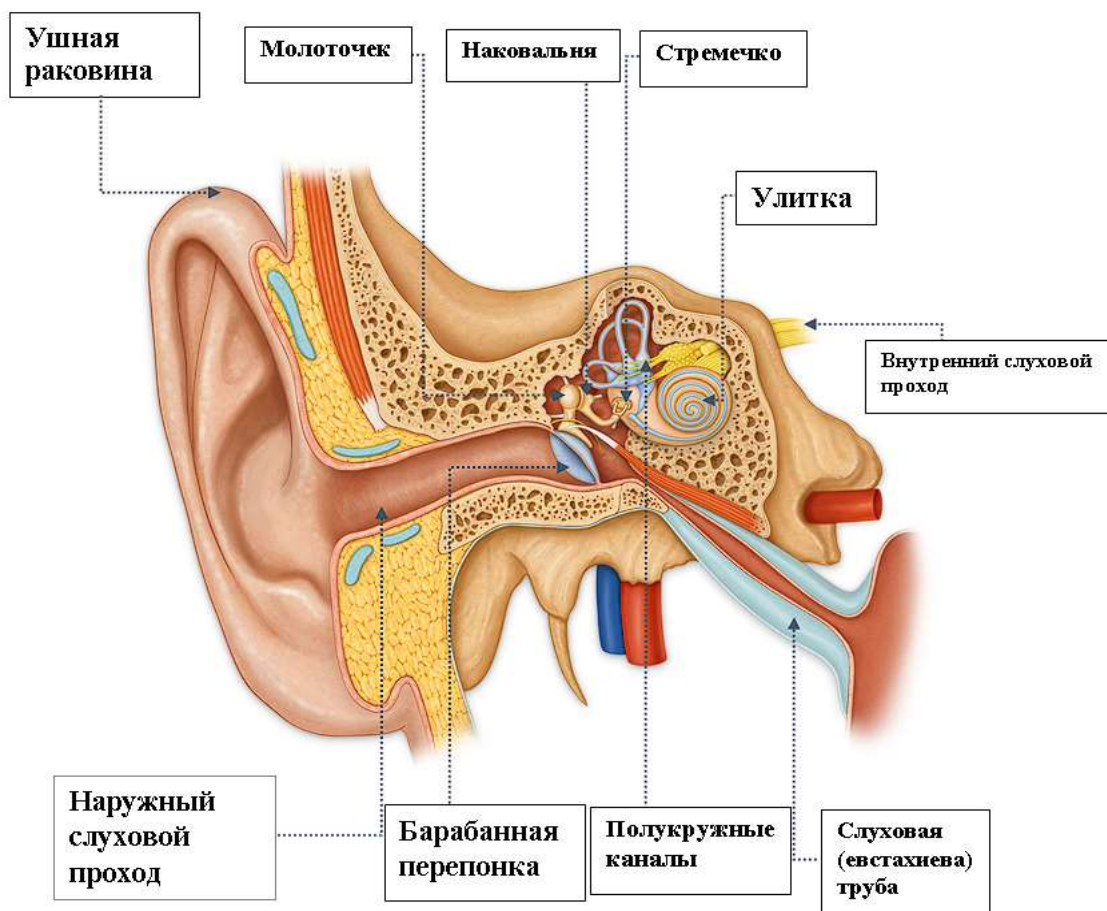


Рисунок 11 – Строение уха

## **2 Физиология слуха**

Слуховая функция уха обеспечивается двумя механизмами: звукопроводение и звуковосприятие.

### ***Звукопроводение:***

– *воздушная проводимость*: через наружный слуховой проход, барабанную перепонку и цепь слуховых косточек;

– *тканевая проводимость*: через ткани черепа.

Ухо преобразует звуковые волны в механические колебания барабанной перепонки и слуховых косточек, затем эти колебания передаются в жидкости в улитке и, на выходе получают электрические импульсы, которые по проводящим путям центральной слуховой системы передаются в височные доли мозга для распознавания и обработки.

Слуховые проводящие пути – это совокупность нервных волокон, отвечающих за передачу нервных импульсов от улитки к слуховым центрам, которые расположены в височных долях головного мозга. Именно там происходит обработка и анализ комплексных звуков, к примеру, речи. Скорость передачи слухового сигнала от наружного уха к центрам мозга примерно 10 миллисекунд.

Нередко при воспалении среднего уха могут парализоваться мимические мышцы лица, потому что лицевой нерв проходит вместе со слуховым нервом во внутреннее ухо и под слизистой оболочкой среднего уха следует к основанию черепа.

### ***Звуковосприятие***

Человек воспринимает звуки внешней среды с частотой колебаний от 16 до 20000 Гц (1 Гц = 1 колебание за 1 с). Высокочастотные звуки воспринимаются нижней частью завитка, а низкочастотные звуки — его верхушкой.

***Акустика*** (греч. akustikos — слуховой) — часть физики, охватывающая учение о звуке, т. е. об упругих колебаниях и волнах в газах, жидких и твердых телах, воспринимаемых человеческим ухом. Частота таких звуков составляет 16—20 000 Гц. Колебания меньших частот называют инфразвуком, а больших — ультразвуком.

Аудиометрические исследования воздушной и костной звукопроводимости проводят для каждого уха отдельно путем подачи акустических сигналов от воздушного телефона в наружный слуховой проход или от костного телефона вибратора к сосцевидному отростку (рисунок 2).

Наибольшее применение в практике обследования органа слуха имеют субъективная тональная пороговая и субъективная речевая аудиометрия.

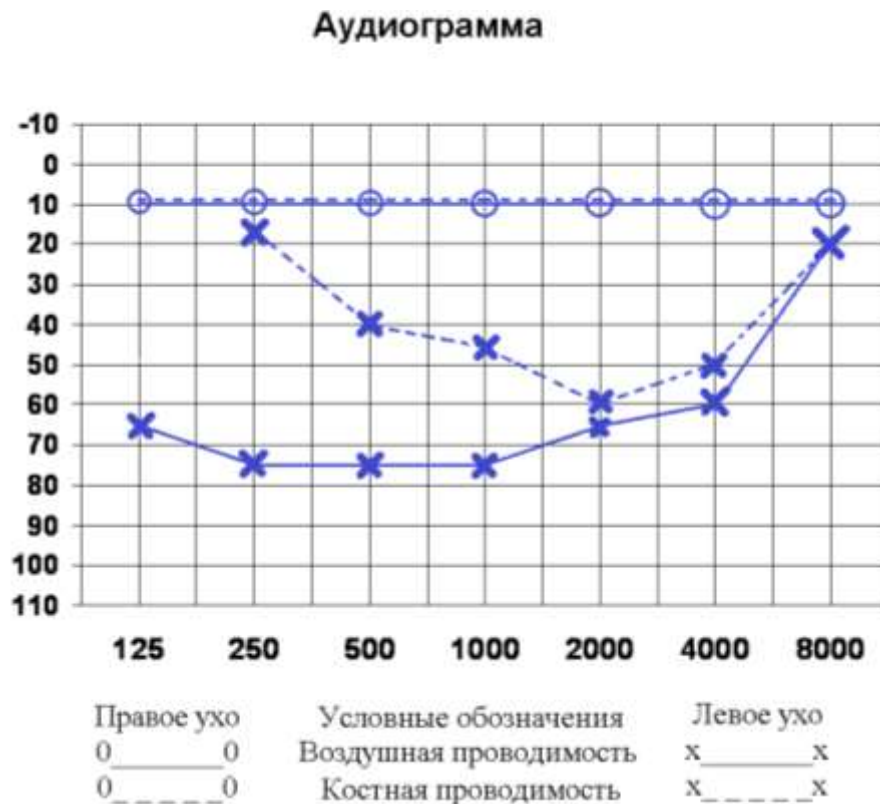


Рисунок 12 – Аудиограмма (смешанная тугоухость)

Принцип субъективной тональной пороговой аудиометрии состоит в подаче гармонических звуковых сигналов с частотами 125; 250; 500; 1000; 2000; 3000; 4000; 6000; 8000 Гц при определении воздушной звукопроводимости и с частотами 250; 500; 1000; 2000; 3000; 4000, 8000 Гц при определении костной звукопроводимости с громкостью, которая соответствует порогу слышимости, причем определение этого порога по реакции пациента «слышу — не слышу» повторяется два-три раза на

каждой частоте. Результат определения изображается в виде графика на специальном бланке, который называется аудиограммой.

### **3 Показания и противопоказания к применению слухового аппарата**

#### ***Показания:***

- ухудшение разборчивости речи в бытовом шуме;
- напряженность при разговоре с несколькими собеседниками;
- необходимость увеличивать громкость телевизора и т.п.

Наличие социально-значимого снижения слуха. Количественно это может быть представлено средней потерей, превышающей 35 дБ.

#### ***Противопоказания***

В целом, абсолютных противопоказаний для использования устройства нет. К числу относительных можно отнести:

- острая сенсоневральная тугоухость;
- некоторые формы кондуктивной тугоухости, которые можно скорректировать путем хирургического вмешательства;
- различные воспаления в стадии обострения, в том числе и в ухе.

По мнению многих пользователей или просто желающих приобрести слуховой аппарат, с его помощью человек одновременно должен начать слышать. Это не так. Явный результат будет, когда слуховой орган адаптируется к аппарату. Время привыкания зависит от физиологических особенностей организма. Человек от природы наделен парой глаз, рук и двумя полушариями мозга, поэтому два уха должны слышать в одинаковой степени. Если слуховым аппаратом обеспечить худшее ухо, мозг станет хуже воспринимать более здоровое.

### **4 История создания и развития слуховых аппаратов**

Чтобы решить проблему снижения слуха, люди во времена до появления современных слуховых аппаратов пользовались слуховыми трубками. Их эффективность была не так уж велика, но этот способ компенсации тугоухости был лучшим из всех имеющихся на тот момент.

В средние века для изготовления слуховых трубок использовались, как правило, рога животных.

Впоследствии для изготовления слуховых трубок стали применять листовую сталь, серебро (для тех, кто мог позволить себе этот недешёвый материал) и другие металлы. Как известно, металл обладает отличными резонирующими свойствами, вследствие чего эффективность рожков возросла в несколько раз.

Прародителем современного слухового аппарата можно считать изобретение Александра Белла - телефон. Названный «Экьюфоном», первый электрический слуховой аппарат, который по принципу своей работы хоть и отдалённо, но сравним с современными моделями, был сконструирован американским инженером и изобретателем Миллером Хатчисоном (рисунок 3) в 1898 году.

Экьюфон обладал, угольным микрофоном, что позволило сделать этот слуховой аппарат относительно портативным: он без труда помещался даже в женскую сумочку того времени. Угольный микрофон использовался для усиления слабого звукового сигнала посредством электрического тока.

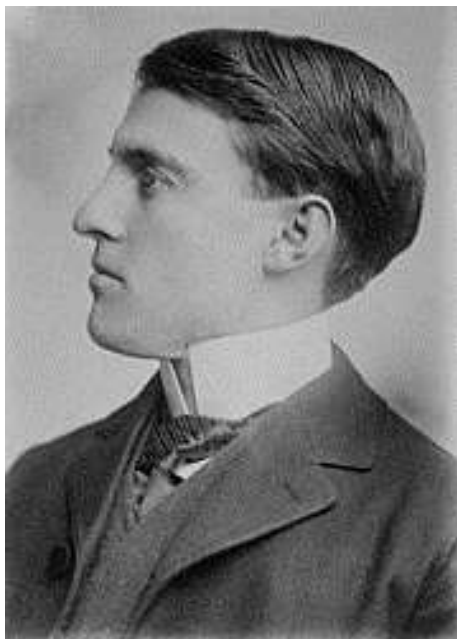


Рисунок 13 – Миллер Риз Хатчисон



К 2000 году слуховые аппараты можно было программировать, что позволило добавить ряд пользовательских настроек. К 2005 году цифровые устройства заняли примерно 80% рынка слуховых аппаратов. Современные слуховые аппараты могут настроить специалисты-сурдологи в зависимости от индивидуальных особенностей пациента. Сегодня слуховые аппараты продолжают развиваться вместе с миром высоких технологий. На рынке появляются умные устройства, которые подстраиваются под различные ситуации автоматически, без вмешательства пользователя.

### ***Перспективы***

Новое слуховое устройство Livio AI [7] компании Starkey Hearing Technology использует крошечные сенсоры и, как следует из названия, искусственный интеллект для фильтрации шума и фокусировки на конкретных источниках звука - например, собеседнике, сидящем за столом в шумном ресторане.

Это устройство имеет функцию перевода, то есть может перевести речь с более чем двадцати различных языков непосредственно в уши пользователя. Эта функция делает это устройство востребованным не только у людей, потерявших слух, но и у здоровых.

В этот сектор здравоохранения вошли и крупные технологические компании. Новая система Google обещает, что в скором времени сможет изолировать речевой сигнал среди множества других голосов и фоновых звуков. Такой тип искусственного интеллекта стал бы огромным шагом вперед в развитии слуховых технологий и позволил бы людям с потерей слуха гораздо легче слышать, независимо от условий окружающей среды.

## **5 Принцип работы и строение слухового аппарата**

Все слуховые аппараты - электронные медицинские устройства. Однако, они могут обрабатывать электрические сигналы, генерируемые или в аналоговой или в цифровой форме.

***Аналоговый*** - это оригинальный тип передачи звука. Принцип работы слухового аппарата с аналоговой формой передачи звука

заключается в том, что сигнал передвигается от одного механизма к другому, не меняя формы. То есть звуковые волны, принятые микрофоном, такие же, как и сигнал, передаваемый волосяными клетками, просто электронный и усиленный.

**Цифровой.** Большинство современных слуховых аппаратов являются цифровыми (рисунок 4). Принцип работы слуховых аппаратов с цифровым видом передачи звука несколько иной. Цифровые устройства принимают сигнал, подхваченный микрофоном, и разбивают его на двоичный код, прежде чем он попадет на усилитель. Использование цифровой передачи позволяет программировать эти устройства также могут программироваться таким образом, чтобы соответствовать точным потребностям человека.

Современные модели содержат дополнительные функции и технологии, которые дают пользователю высокое качество звука, устраняют свист обратной связи, помогают справиться с шумом в ушах, обеспечивают прямое подключение к смартфону и другим электронным гаджетам.



Рисунок 14 – Строение цифрового слухового аппарата

Строение цифрового слухового аппарата:

Микрофон – первая составная часть, которая принимает звук, превращая его в электрические сигналы. Эту часть слухового аппарата можно принять за своеобразного переводчика.

Цифровой процессор – чип, обрабатывающий и преобразующий полученный двоичный код.

Усилитель принимает электрический сигнал и производит его усиление.

Телефон (динамик) принимает усиленный электронный сигнал и подаёт его в ухо, как крохотный громкоговоритель.

## 6 Типы слуховых аппаратов

В зависимости от места на теле, на котором носится аппарат, различают (рисунок 5):

1. **Заушные аппараты с выносным ресивером** - особенность такой модели состоит в том, что одна из деталей аппарата вынесена за пределы корпуса и помещена в слуховой проход. Соединяется с аппаратом при помощи тоненького провода.

2. **Заушные слуховые аппараты** – самый распространенный тип слуховых аппаратов. Основные детали расположены в пластмассовом корпусе и размещаются за ухом. На корпусе находятся регуляторы, возможно сопряжение с пультами дистанционного управления.

3. **Внутриушные слуховые аппараты** располагаются в слуховом проходе и ушной раковине. Все электронные компоненты такого слухового аппарата встроены в корпус, изготовленный по слепку слухового прохода. Такой слуховой аппарат занимает всю ушную раковину или её часть.

4. **Внутриканальные слуховые аппараты** располагаются в слуховом проходе и частично в ушной раковине. Эти аппараты меньше и незаметнее внутриушных моделей, однако и менее мощны.

5. **Невидимые слуховые аппараты** расположены в слуховом проходе, вблизи от барабанной перепонки. Они абсолютно не видны.

Извлечь такой аппарат из уха возможно с помощью специальной лески. Рассчитаны эти аппараты на минимальные потери слуха. Они не имеют регуляторов, но могут регулироваться с помощью пультов.



Рисунок 15 – Типы слуховых аппаратов

6. **Карманные аппараты** (рисунок 6) состоят из футляра, который возможно разместить в кармане или повесить на шею, от футляра идет провод с наушником, который человек вставляет в слуховой проход.



Рисунок 16 – Карманный слуховой аппарат Siemens

## 7 Отечественные производители

Завод «Октава» существует с 1927 года, и на сегодняшний день является единственным государственным электроакустическим предприятием.

Слуховые аппараты «Нота» (рисунок 7) компенсируют потери слуха от легкой до глубокой (I – IV степени тугоухости). В зависимости от модели слухового аппарата, процессор обрабатывает звук в 6, 8, 12 или 16 каналах для повышения разборчивости речи и улучшения комфорта пользователя в любых акустических ситуациях.



Рисунок 7 – слуховые аппараты НОТА

Слуховой аппарат средней мощности, позволяющий компенсировать потерю слуха от средней до среднетяжелой. Технология быстрой адаптации делает его простым и комфортным в использовании, также в него встроены специальные алгоритмы анализа окружающей акустической обстановки и фокусировки на речевом сигнале. Имеет класс защиты IP68, которая защищает его от воды.

### **Заключение**

Подводя итог, стоит сказать, что слуховые аппараты на самом деле могут облегчить жизнь человеку, которому не посчастливилось потерять слух. Современная медицина и наука шагают вперед очень стремительно и не перестают развиваться. Это даёт людям с нарушениями слуха жить полноценной жизнью.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Историческая справка. URL: <https://vdy.com.ua/istorija-sozdanija-sluhovyh-apparatov> (дата обращения 7.11.2022).
2. Ушные заболевания и способы их лечения. Презентация URL: [https://lornii.ru/upload/iblock/8a8/ivkoroleva\\_pres4.pdf](https://lornii.ru/upload/iblock/8a8/ivkoroleva_pres4.pdf) (дата обращения 7.11.2022).
3. Сведения об акустических измерениях. Л.В. Илясов Биомедицинская измерительная техника (с. 229)
4. Виды и типы слуховых аппаратов. URL: <https://r-sluh.ru/help/podbor-sluhovogo-apparata/> (дата обращения 8.11.2022).
5. Устройство слуховых аппаратов. URL: <https://sluh.by/o-sluhovyh-apparatah/chto-takoe-sluhovoij-apparat/> (дата обращения 7.11.2022).
6. Показания и противопоказания к применению слуховых аппаратов. URL: <https://melfon.ru/stati/sluhovoy-apparat-protivopokazaniya>, URL: <https://akystik.ru/info/o-sluhovyh-apparatah/protivopokazaniya-i-pokazaniya-k-sluhoprotezirovaniyu/> (дата обращения 8.11.2022).

## **БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АНАЛИЗА БИОМАТЕРИАЛОВ**

**Т.А. Васильев, А.Д. Крылов, Д.И. Черников, И.А. Шишов  
(ред. К.Е. Липшиц)**

В данной статье рассматриваются некоторые наиболее распространенные методы анализа биохимических материалов. Освещены некоторые физические основы, на которых базируются принципы работы медицинских устройств, использующих данные методы. Так же подчеркнуты некоторые детали подготовки самого биоматериала для последующего анализа.

### **Введение**

Биохимические исследования проводятся для получения информации о многочисленных химических и физикохимических процессах, протекающих в клетках и тканях живых организмов в норме и при патологии. В зависимости от цели исследования используются специальные приемы обработки биологического материала и соответствующие физикохимические методы. Однако прежде чем приступить к изучению конкретных методик исследования, необходимо познакомиться с некоторыми общими положениями и приемами практической биохимии.

### **1 Предмет изучения биохимии**

Биохимия, биологическая химия – наука, изучающая состав организмов, структуру, свойства и локализацию обнаруживаемых в них соединений, пути и закономерности их образования, последовательность и механизмы превращений, а также их биологическую и физиологическую роли. В зависимости от объекта исследования биохимию подразделяют на биохимию микробов, растений, животных и человека. Однако, несмотря на данное разделение, в различных процессах, протекающих внутри разных организмов, и в составе данных организмов, много общего. Поэтому, и результаты исследований, проведенных на микробах, растительных или

животных тканях и клетках, взаимно дополняют и обогащают друг друга. Тесно связаны между собой и разные направления биохимических исследований, однако принято делить биохимию на статическую, занимающуюся преимущественно анализом состава организмов, динамическую, изучающую превращения веществ, и функциональную, выясняющую, какие химические процессы лежат в основе различных проявлений жизнедеятельности.

Вся совокупность химических реакций, протекающих в организмах, включая усвоение веществ, поступающих извне (ассимиляция), и их расщепление (диссимиляция) вплоть до образования конечных продуктов, подлежащих выделению, составляет сущность и содержание обмена веществ — главного и постоянного признака всего живого. Именно изучение обмена веществ во всех деталях — одна из основных задач биохимии. Биохимические исследования охватывают очень широкий круг вопросов: нет такой отрасли теоретической или прикладной биологии, химии и медицины, которая не была бы связана с биохимией, поэтому современная биохимия объединяет ряд смежных научных дисциплин, ставших с середины XX в. самостоятельными.

### ***Накопление биохимических сведений и формирование биохимии в XVI—XIX вв.***

Биохимия сформировалась как самостоятельная наука в конце XIX в., хотя истоки её относятся к далекому прошлому. С 1-й половины XVI в. и до 2-й половины XVII в. свой вклад в развитие химии и медицины вносили ятрохимики (химики-врачи), занимавшиеся исследованием пищеварительных соков, желчи, а также процессов брожения.

В конце 1-й четверти XIX в. было известно очень ограниченное количество органических веществ. В учебнике немецкого химика Л.Гмелина, изданном в 1822 г., упоминается лишь 80 органических соединений. Задачи и возможности органической химии в то время оставались неясными. Вскоре последовали синтезы других как природных органических соединений, так и искусственных, неизвестных в природе.



Таким образом рушилась стена, отделявшая органические соединения от неорганических.

Начиная со 2-й половины XIX в. органическая химия становится всё больше химией синтетической, усилия которой направляются на получение новых соединений углерода, особенно имеющих промышленное значение; в её задачи уже не входит исследование состава растительных и животных объектов. Новые сведения поступали случайно, в результате побочной работы химиков, ботаников, физиологов растений и животных, а также патологов и врачей, включавших в круг своих интересов химические исследования.

Постепенно количество накопившихся сведений о химическом составе растительных и животных организмов и протекающих в них химических реакций стало значительным, в связи с чем были осуществлены попытки их систематизации и объединения в учебных руководствах.

## **2 Некоторые особенности работы с биологическими пробами**

1. Во избежание заражения человека болезнетворными микроорганизмами или загрязнения ими биологической пробы, её отбор и дальнейшие операции с ней необходимо проводить с соблюдением правил асептики.

2. Взятую пробу до начала анализа необходимо хранить в холоде. Понижение температуры на каждые  $10^{\circ}$  в 2-3 раза уменьшает скорость деструктивных процессов в пробе и интенсивность жизнедеятельности микроорганизмов в случае их попадания в нее.

3. Необходимо максимально сократить время хранения пробы до начала анализа. Для этого нужно заранее отработать метод анализа и приготовить все необходимое для его проведения.

4. Подготовку пробы к анализу и сам анализ желательно проводить в минимально возможные сроки.

5. С целью приближения структуры изучаемых биомолекул к нативной необходимо создать для них условия, по возможности мало отличающиеся от тех, при которых они находились в клетке.

### ***Подготовка проб к анализу***

Технология подготовки биологических проб к анализу зависит прежде всего от их конкретной природы, а также от вида анализа.

Газообразные пробы могут быть сразу подвергнуты анализу, например, с помощью газовой хроматографии.

Биологические жидкости не требуют сложной подготовки, и после освобождения от нежелательных взвешенных частиц путем фильтрования или центрифугирования - готовы для анализа.

Некоторые особенности имеются при подготовке к анализу крови.

Если предстоит работа с плазмой или цельной кровью, необходимо сразу после взятия пробы добавить в нее небольшое количество *антикоагулянта* (противосвертывающего вещества). Для этой цели обычно используют гепарин, гирудин, цитрат, оксалат или фторид натрия и др. В частности, 4% раствор цитрата натрия добавляют в кровь из расчета 1:10, а 0,3% раствор гепарината натрия или калия в соотношении 1:20. После этого смесь тщательно перемешивают. Для получения плазмы такую кровь центрифугируют на настольной центрифуге в течение 15 минут при 2000-3000 об/мин.

Если исследованию подлежат форменные элементы, то после отсасывания плазмы к ним добавляют до первоначального объема стерильный изотонический раствор хлорида натрия и вновь центрифугируют. Эту операцию (промывку форменных элементов) повторяют 3-4 раза, пока надосадочная жидкость не станет прозрачной.

Сыворотку крови получают после осторожного заполнения пробирки кровью и последующего выдерживания ее при комнатной температуре в течение 1-2 часов (или при 37° в течение получаса). Чтобы не было вспенивания крови в момент заполнения пробирки, ее направляют по стенке пробирки. После образования сгустка крови его отделяют от стенок пробирки тонкой стеклянной палочкой или проволокой, обводя ими

осторожно по стенке пробирки вокруг сгустка. Затем сыворотку аккуратно сливают, чтобы не захватить с ней эритроцитов. От последних в случае необходимости сыворотку освобождают центрифугированием.

Подготовка твердых проб к анализу обычно начинается с их механического измельчения, которое ускоряет последующее извлечение интересующего исследователя вещества (за счет увеличения суммарной поверхности частичек, контактирующих с экстрагирующей жидкостью). Кроме того, измельчение пробы позволяет брать из нее навески с одинаковым (усредненным) составом. Последующий химический анализ, который нередко сочетается с инструментальным методом, имеет дело со взвесью частиц пробы или освобожденной от них путем фильтрации или центрифугирования жидкостью.

Существуют и другие способы подготовки биологических проб к химическому анализу. Однако наибольший интерес для биохимика представляет исследование пластических проб (животных и растительных тканей) с отдельным определением содержания разных веществ во внутриклеточных структурах. Для этого производят разрушение клеточных оболочек и получают суспензию субклеточных структур которую затем фракционируют.

Известный биохимик Кристиан де Дюв писал - "при гомогенизации мы теряем часть морфологической информации, но такова плата за возможность последующего использования бесчисленного множества биохимических методов".

### **3 Колориметрия**

#### **3.1 Основы метода и принцип работы колориметров**

*Колориметрия* – метод определения количества вещества в растворах путем сравнения цвета, окрашенного определенным реагентом исследуемого компонента с цветом растворов, концентрация которых уже известна.

*Колориметр* – химический, оптический прибор для измерения концентрации веществ в растворах. Действие колориметра основано на

свойстве окрашенных растворов поглощать проходящий через них свет тем сильнее, чем выше в них концентрация с окрашивающего вещества. Измерения с помощью колориметров отличаются простотой и быстротой проведения. Точность проведения данных анализов сравнительно высока. Нижние границы определяемых концентраций  $v$ , зависимости от рода вещества, составляют от  $10^{-3}$  до  $10^{-8}$  моль/л.

Все измерения с помощью колориметров производятся в монохроматическом свете того участка спектра, который наиболее сильно поглощается данным веществом в растворе. Поэтому колориметры снабжаются набором светофильтров; применение различных светофильтров с узкими спектральными диапазонами пропускаемого света позволяет определять по отдельности концентрации разных компонентов одного и того же раствора.

В основе колориметрического анализа лежит **закон Бугера-Ламберта-Бера**, который определяет ослабление параллельного монохроматического пучка света при проходе через поглощающую среду:

$$I = I_0 e^{-k_\lambda l} \quad (1)$$

Коэффициент поглощения  $k_\lambda$  – характеризует свойства вещества и зависит от длины волны  $\lambda$  поглощаемого света, и для растворов может быть рассчитан как:

$$k_\lambda = \alpha C, \quad (2)$$

где  $C$  – концентрация растворенного вещества,  $\alpha$  – коэффициент, не зависящий от  $C$  и характеризующий взаимодействие молекулы поглощающего вещества со светом длиной волны  $\lambda$ . Утверждение, что  $\alpha$  не зависит от  $C$  называется **законом А. Бера**, и его смысл состоит в том, что поглощающая способность молекулы не зависит от влияния окружающих молекул. На рисунке 1 схематично представлено ослабление пучка света  $I_0$ . Следует отметить, что при выводе основного закона светопоглощения не делалось никаких предположений ни о природе поглощающей среды, ни о характере поглощаемого излучения. Поэтому этот закон универсален. Он справедлив и для других абсорбционных спектроскопических методов (атомно-абсорбционных, инфракрасных, рентгеновских).

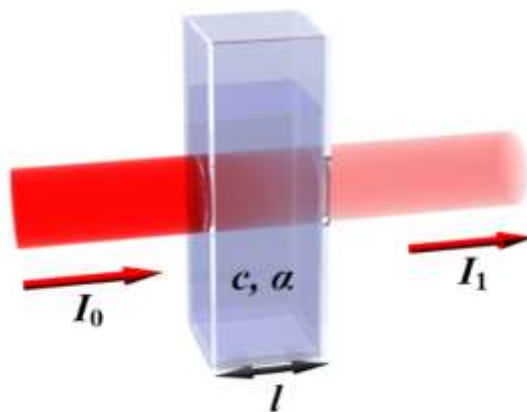


Рисунок 1 – Кювета с проходящим сквозь пучком света

Колориметры разделяются на визуальные и объективные (фотоэлектрические).

В визуальных колориметрах свет, проходящий через измеряемый раствор, освещает одну часть поля зрения, в то время как на другую часть падает свет, прошедший через раствор того же вещества, концентрация которого известна. Изменяя толщину  $l$  слоя одного из сравниваемых растворов или интенсивность  $I$  светового потока, наблюдатель добивается, чтобы цветовые тона двух частей поля зрения были неотличимы на глаз, после чего по известным соотношениям между  $l$  и  $I$  может быть определена концентрация исследуемого раствора.

Уравнивание по цвету двух полей, соответствующих измеряемому и стандартному растворам и наблюдаемых в окуляр 6, осуществляется изменением толщины  $l$  слоя измеряемого раствора при перемещении плунжера (стеклянного столбика) 3, с которым связана шкала прибора. 1 — источник света, 2 и 2' — кюветы с измеряемым и стандартным растворами; 3, 3' — плунжеры; 4 — призма; 5 — сменные цветные светофильтры (рисунок 2).

Визуальные колориметры при сравнительной простоте все же невозможно назвать абсолютно точными приборами. Степень их погрешности сопоставления цветов находится в зависимости от индивидуальных характеристик зрения оператора прибора.

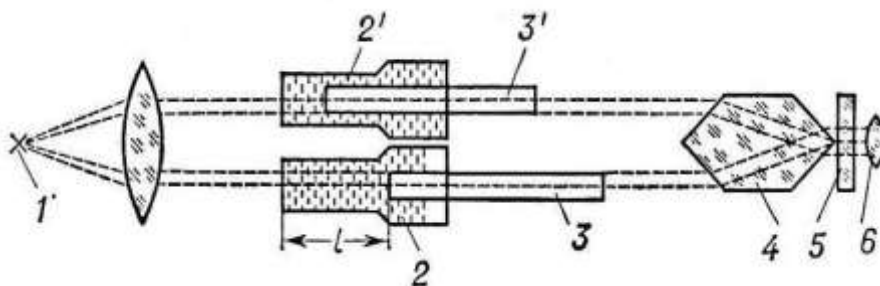


Рисунок 2 – Оптическая схема визуального химического колориметра типа КОЛ-1М

**Фотоэлектрические колориметры** обеспечивают большую точность измерений, чем визуальные; в качестве приёмников излучения в них используются фотоэлементы (селеновые и вакуумные), фотоэлектронные умножители фотосопротивления и фотодиоды. Сила фототока приемников определяется интенсивностью падающего на них света и, следовательно, степенью поглощения света в растворе (большая концентрация → большее поглощение света раствором → меньшая интенсивность анализируемого потока света → меньший фототок).

Помимо фотоэлектрического колориметра с непосредственным отсчетом силы тока, распространены **компенсационные колориметры**, в которых разность сигналов, соответствующих стандартному и измеряемому растворам, сводится к нулю (компенсируется) электрическим или оптическим компенсатором (например, клином фотометрическим); данные в этом случае снимаются со шкалы компенсатора. Компенсация позволяет свести к минимуму влияние на условий измерений (температуры, нестабильности свойств элементов колориметра) на их точность. Показания колориметра не дают сразу значений концентрации исследуемого вещества в растворе — для перехода к ним используют градуированные графики, полученные при измерении растворов с известными концентрациями.

Так, опираясь на схему (Рисунок 3), рассмотрим схему работы компенсационного колориметра. Свет от источника 1 проходит в левом плече прибора через измеряемый раствор 6, в правом плече — через

стандартный 6'. Разность сигналов селеновых фотоэлементов 9 и 9' регистрируется гальванометром 14. Неградуированные фотометрические клинья 10, 11 служат для установки гальванометра на нуль в отсутствие растворов. Оптическая компенсация, т. е. сведение разности сигналов приемников 9 и 9' к нулю после установки кювет с растворами 6 и 6', осуществляется щелевой диафрагмой 12 с отсчетным барабаном 13. 2, 2' — конденсоры; 3, 3' — зеркала; 4, 4' — светофильтры; 5, 5' и 7, 7' — линзы; 8, 8' — призмы. [2, 3]

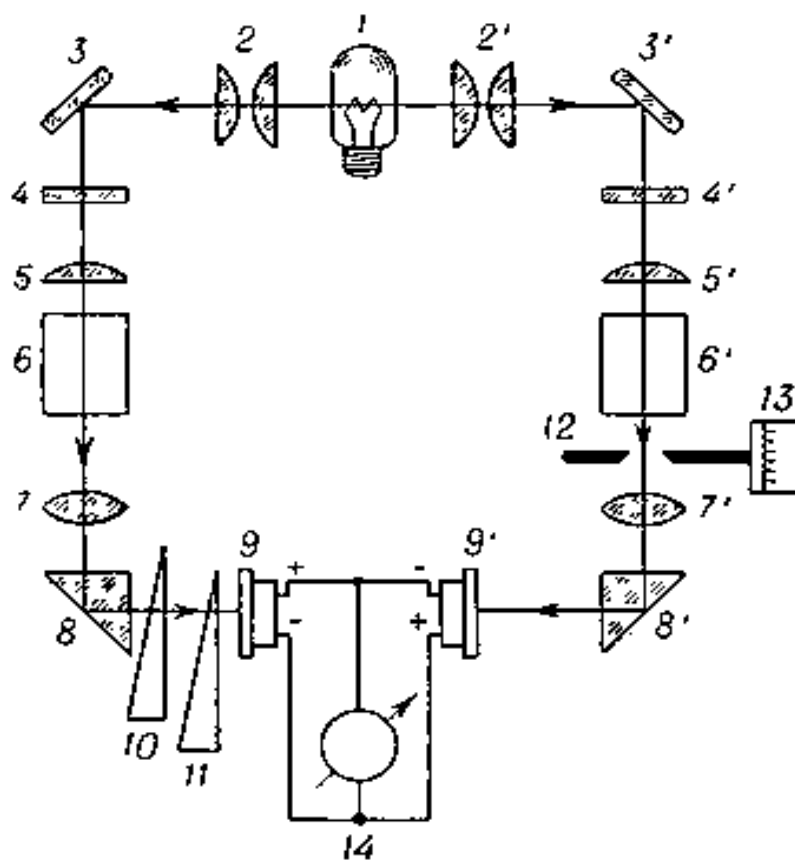


Рисунок 3 – Принципиальная схема фотоэлектрического компенсационного колориметра типа ФЭК-М

С использованием колориметрического метода проводится определение концентрации веществ в образце, по интенсивности окраски раствора в ходе проведения качественных реакций на искомые вещества. Так, например, для белков, наиболее типичным и универсальным является метод, использующий биуретовую реакцию (реакцию Пиотровского). Он

основан на способности пептидной группы (-CO-NH-) белков, полипептидов и олигопептидов образовывать в щелочной среде с ионами меди комплексное соединение фиолетового цвета с красным или синим оттенком, в зависимости от числа пептидных связей в молекуле. Количественное определение производят колориметрическим методом при длине волны 540-650 нм. Для анализа достаточно 1 мл раствора, содержащего 1-10 мг белка. [1]

#### 4 Спектрофотометрия

##### 4.1 Основы метода и принцип работы спектрофотометров

**Спектрофотометрия** – метод также известный как «Метод молекулярно-абсорбционной спектроскопии в УФ- и видимой областях спектра», «Молекулярно-абсорбционный анализ» (далее МАА). Он основан на избирательном поглощении электромагнитного излучения видимого и ультрафиолетового диапазона длин волн нерассеивающими системами — растворами, газами и тонкими пленками твердых веществ. Данный метод так же основан на основном законе светопоглощения (законе Бугера-Ламберта-Бера).

Отношение  $I/I_0 = T$  носит название пропускания или прозрачности раствора и имеет размерность доли или процента. Если излучение проходит через раствор не поглощаясь, то  $I = I_0$ , а  $T = 1$  (или 100 %). Если световой поток полностью поглощается образцом, то  $I = 0$ ,  $T = 0$ . Таким образом, величина  $T$  может принимать значения от 0 до 100 %. В практике МАА чаще используется функционально связанная с пропусканием величина  $A$  — оптическая плотность раствора.

$$A = \lg \frac{I_0}{I} = -\lg T, \left(\frac{I}{I_0} = T\right) \quad (3)$$

С использованием одного и того же средства измерений для определения различных по значению величин допустимая точность обеспечивается в том случае, если величины отличаются не более чем на два порядка. В связи с этим значения оптической плотности растворов изменяются от 0 до 2:



$$A = \lg \frac{I_0}{I} = \lg \frac{100}{1} = 2 \quad (4)$$

$$A = \lg \frac{I_0}{I} = \lg \frac{100}{100} = \lg 1 = 0 \quad (5)$$

Основной закон светопоглощения можно сформулировать следующим образом: относительное уменьшение интенсивности монохроматического светового потока, проходящего через вещество, прямо пропорционально приращению числа светопоглощающих молекул (поглощение монохроматического света окрашенным раствором прямо пропорционально концентрации поглощающего свет вещества и толщине слоя раствора, через который он проходит).

Пусть слой однородной среды толщиной  $l$  содержит светопоглощающее вещество в концентрации  $C$ . Через него пропускают монохроматический световой поток интенсивности  $I_0$ . Интенсивность света на выходе из слоя равна  $I_0 + dI$ , причем  $dI < 0$  (поток ослабляется). Экспериментально установлено, что доля поглощенного света —  $dI/I$  прямо пропорциональна толщине слоя и концентрации  $c$  поглощающего вещества:

$$\frac{dI}{I} = -kCl \quad (6)$$

Проинтегрировав это выражение и перейдя к десятичным логарифмам, получим математическое выражение основного закона светопоглощения:

$$\lg \frac{I_0}{I} = aCl \quad \text{или} \quad A = aCl, \quad (7)$$

где  $a$  — коэффициент поглощения.

Поскольку связь между концентрацией и оптической плотностью прямо пропорциональна, именно оптическую плотность удобнее всего использовать в спектрофотометрии в качестве аналитического сигнала. Если концентрация поглощающих частиц выражена в моль/дм<sup>3</sup>, а толщина слоя — в сантиметрах, то коэффициент поглощения называется молярным коэффициентом поглощения и обозначается  $\epsilon_\lambda$ , и удельным коэффициентом светопоглощения  $a_\lambda$ , если концентрация выражена в г/л,

%, мг/л, г/мл, мг/мл. Общепринятая форма записи основного закона светопоглощения в спектрофотометрии выглядит как (рис. 4):

$$A = \varepsilon_{\lambda} Cl, \quad (8)$$

где  $A$  — оптическая плотность;  $\varepsilon_{\lambda}$  — коэффициент поглощения;  $l$  — длина пути света через раствор, см;  $C$  — концентрация вещества в растворе.

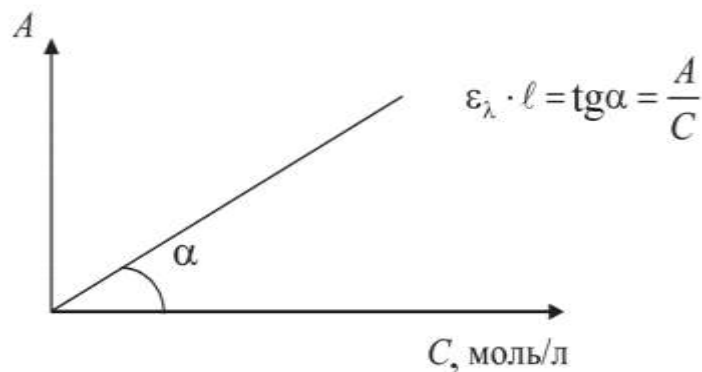


Рисунок 4 – Зависимость оптической плотности от концентрации раствора

Молярный коэффициент поглощения является очень важной для анализа величиной. Он характеризует меру чувствительности аналитического определения. Действительно, как следует из основного закона светопоглощения, концентрация вещества в растворе ( $C_M$ ) может быть выражена уравнением

$$C_M = \frac{A}{\varepsilon_{\lambda} \cdot l}, \quad (9)$$

из которого следует, что чем больше значение  $\varepsilon_{\lambda}$ , тем меньшую концентрацию можно определять в растворе.

**Спектрофотометр** — устройство, предназначенное для измерения связей двух струй оптического излучения, одна из которых — поток, падающий на исследуемый образец, другая — поток, испытавший какое-либо взаимодействие с прототипом. Прибор производит замеры всевозможных длин волн оптического излучения, и так, в итоге измерений выходит диапазон отношений оптических струй.

#### 4.2 Основные узлы абсорбционных приборов

Независимо от используемой спектральной области приборы для измерения пропускания или поглощения растворов веществ состоят из пяти основных узлов (рис. 5):

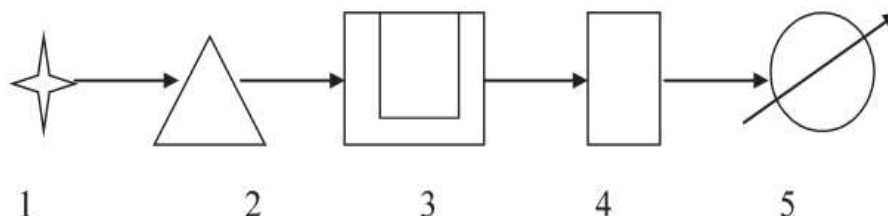


Рисунок 5 – Блок-схема прибора для абсорбционного анализа

1. **Источник излучения** энергии (света), в интересующем диапазоне длин волн (в видимой области используют лампу накаливания с вольфрамовой нитью; для УФ-области используют водородные или дейтериевые газоразрядные лампы; для ИК-области используют раскаленную проволоку или раскаленные керамические стержни).

2. **Монохроматизатор** – устройство, выделяющее определенную область длин волн из спектра источника. В качестве монохроматизаторов используют светофильтры или монохроматоры. Светофильтры делятся на абсорбционные, представляющие собой цветные стекла и пленки, и интерференционные, основанные на достижении оптической интерференции. Светофильтры характеризуются по положению и полуширине максимума пропускания. Монохроматоры, снабженные призмой или дифракционной решеткой для диспергирования света, выделяют узкий, почти монохроматический, строго определенный интервал частот в широком диапазоне длин волн.

3. **Кюветы** с анализируемым веществом. Материал кюветы определяется тем спектральным диапазоном, в котором предполагается вести анализ. Для УФ-области спектра кюветы изготавливают из кварца, для видимой области — из кварца или стекла, для ИК-области — из кристаллов хлорида натрия, бромида калия или других соединений.

Большинство приборов снабжено комплектом парных кювет с толщиной слоя от 0,1 до 5,0 см.

4. **Детектор** или преобразователь, который превращает энергию излучения в измеряемый сигнал, как правило, электрический. Для видимой и УФ-части спектра это фотоэлементы или фотоэлектронные умножители.

5. **Регистрирующее устройство.** Индикатор сигнала в большинстве приборов снабжен шкалой в единицах пропускания или поглощения, работа с которой возможно эффективно быстро определить концентрацию – результат анализа. [4]

На рисунке 6 представлена конструкция спектрофотометра.

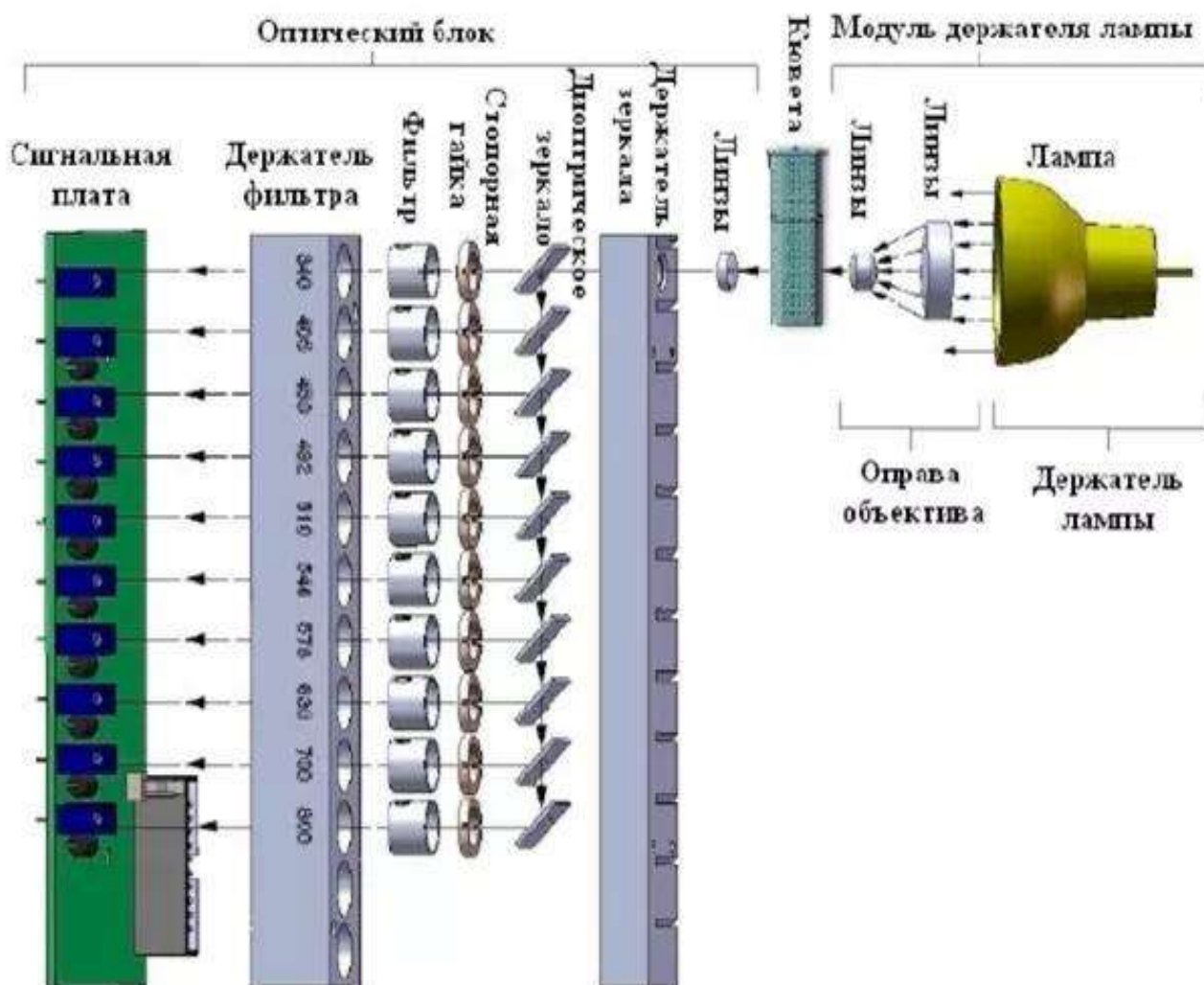


Рисунок 6 – Принципиальная конструкция спектрофотометра

### **Заключение**

В данной статье удалось представить два широко распространенных метода биохимического анализа; колориметрию и спектрофотометрию. Также, удалось изложить основы строения аналитических приборов, принципы работы которых основаны на данных методах. Как выяснилось в ходе работы над статьёй, оба метода основаны на законе Бугера-Ламберта-Бера. Кажется, приборы по сути аналогичны друг другу, но стоит внести конечную ясность. В колориметрах анализ осуществляется при помощи светофильтров с высокой пропускной способностью, в спектрофотометрах – посредством дифракционной решетки или призмы с более мощным расслоением спектра.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Фролов Ю.П. Современные методы биохимии. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2003.
2. Булатов М.И., Калининкин И.П., Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа, 2 изд., Л., 1968.
3. Пономарева Л.К., Методические разработки по колориметрическим методам анализа, Минск, 1970.
4. Черданцева Е.В., Гейде И.В., Китаева В.Г., Зыскин В.М., Марина Н.В., Матерн А.И.; под общ. ред. И. В. Гейде, Молекулярно-абсорбционный метод анализа органических веществ: [учеб.-метод. пособие]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015.
5. Никитин В.А. Спектрофотометр // Физическая энциклопедия / Гл. ред. Прохоров А.М. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994.

## **ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ. ПРИМЕНЕНИЕ И РАСШИФРОВКА ДАННЫХ**

**Н.В. Кузьмина, Н.А. Бородин, П.Р. Бичарова, Д.К. Метакса, А.И. Чистова  
(ред. К.Е. Липшиц)**

### **Введение**

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) – важнейшая проблема здравоохранения в мире. ССЗ широко распространены и сопровождаются высоким уровнем смертности: около трети всех смертей происходит от *болезней системы кровообращения (85% из которых – из-за инфаркта или инсульта)*, более 75% приходится на страны с низким и средним уровнем экономического развития. В России заболеваемость ССЗ - более 19% в структуре всех болезней, смертность – 50%.

Ранее болезням сосудов и сердца были в основном подвержены лица пенсионного возраста, но в последнее время заболевания существенно «помолодели». К примеру, ишемическая болезнь сердца нередко диагностируется в 30 лет, а в 40 становится причиной смерти.

За последнее время развитие кардиологии в области диагностики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний шагнуло вперед. Но электрокардиография, как и прежде, является очень важным методом исследования.

Электрокардиография – широко используемый и незаменимый метод диагностики сердечных заболеваний, в связи с чем он широко распространен во всем мире.

Электрокардиография обладает следующими особенностями:

- легкость и простота выполнения;
- возможность регистрации с любой частотой по мере необходимости;
- необременительность для пациента;
- большие диагностические возможности;
- высокая информативность.

Именно поэтому тема работы актуальна и интересна для исследования.

## **1 Основы анатомии сердца**

Сердце – это сильный мышечный орган размером примерно с кулак его обладателя. Его работа ни на секунду не прекращается с момента рождения человека и на протяжении всей жизни. Перекачивая кровь, сердце обеспечивает кислородом и биологически активными веществами все ткани, клетки и органы, способствует выведению продуктов метаболизма и выполняет часть очистительных функций организма. Поговорим об особенностях анатомического строения этого удивительного органа.

Человеческое сердце – четырехкамерный мышечный полый орган. Средняя масса сердца у женщин составляет около 250гр, у мужчин – 300гр. Сердце находится в грудной клетке между легкими в нижнем средостении. Примерно 2/3 сердца расположены в левой части грудной клетки, 1/3 – в правой, верхняя часть сердца направлена вниз, влево и вперед, а основание – вверх, вправо и назад, его передняя поверхность прилегает к груди и реберным хрящам, задняя – к пищеводу и грудной части аорты, снизу – к диафрагме [9].

### **1.1 Основные функции сердца**

1. Трофическая функция – перенос к тканям кислорода и питательных веществ, поступающих из окружающей среды.

2. Экскреторная функция – удаление продуктов метаболизма через специальные органы выделения.

3. Регуляторная функция – снабжение органов и тканей биологически активными веществами, поддержание постоянной температуры тела, перераспределение жидкости в организме.

4. Защитная – обеспечение очагов внедрения чужеродных тел или чужеродных белков лейкоцитами и антителами.

Вся полость сердца подразделяется на 4 камеры, из которых 2 предсердия (левое и правое) и 2 желудочка (левый и правый). Левое предсердие и соответствующий желудочек образуют левое или

артериальное сердце, называемое так благодаря свойствами протекающей в нем крови. В свою очередь, правое предсердие вместе с правым желудочком образуют правое или венозное сердце, также согласно особенностей протекающей в нем крови. Сокращение стенок сердечных камер носит название систолы, а их расслабления – диастолы.

От нормальной работы сердца напрямую зависит снабжение всех органов кислородом и питательными веществами, поэтому оно должно уметь подстраиваться под быстроизменяющиеся условия окружающей среды, путем работы в различном диапазоне частот. Такая изменчивость обуславливается анатомическими особенностями сердечной мышцы:

1. Автономия подразумевает полную независимость от центральной нервной системы. Сердце сокращается от импульсов, выработанных им самим, вследствие чего работа ЦНС никак не влияет на частоту сердечных сокращений.

2. Проводимость заключается в распространении возбуждения во все стороны от места его формирования.

3. Возбудимость подразумевает мгновенную реакцию на изменения, протекающие в организме и вне его.

4. Сократимость, то есть сила сокращения волокон, прямо пропорциональная их длине.

5. Период абсолютной рефрактерности (то есть период, когда мышца не возбуждается, несмотря на силу возбудителя).

### **1.2 Клапаны сердца**

1. Полулунные клапаны – расположены у выхода из левого желудочка к аорте, а также у выхода из правого желудочка в легочную артерию.

2. Створчатые клапаны – не позволяют смешиваться артериальной и венозной крови, расположены между предсердиями и желудочками. Трехстворчатый клапан разделяет правое предсердие и правый желудочек, а двустворчатый (митральный) клапан, в свою очередь, отделяет левое предсердие и левый желудочек.



Синхронное сокращение клапанов обеспечивает односторонний ток крови, препятствуя смешиванию артериального и венозного потока.

Принято считать, что сердце – мышечный орган, однако, ошибочно думать, что оно целиком состоит только из мышечных волокон. Стенка сердца состоит из трех слоев, каждый из которых обладает своими особенностями и характеристиками:

1. Эндокард – это внутренняя оболочка, представляющая собой слой эндотелия, выстилающего поверхность полостей и плотно сросшегося с мышечным слоем. Эндокардом образованы клапаны сердца, полулунные клапаны аорты и легочного ствола.

2. Миокард – это мощный мышечный каркас сердца. Несколько слоёв поперечнополосатой мышечной ткани соединены определенным образом, чтобы оперативно и точно реагировать на возбуждение, возникшее в одной области и проходящее всему органу. Кроме мышечных клеток, в миокард входят Р-клетки, способные передавать нервный импульс. Степень развития миокарда в отдельных областях зависит от объёма возложенных на него функций. К примеру, миокард в области предсердий намного меньше желудочкового.

В этом же слое находится фиброзное кольцо, которое отделяет предсердия от желудочков. Эта особенность позволяет камерам выталкивать кровь в строго определенном направлении, сокращаясь поочередно.

3. Эпикард – наружная оболочка сердечной стенки, покрывающая миокард снаружи, состоит из тонкой соединительной ткани, покрытой мезотелием [10].

Снаружи сердце окружено перикардом – слизистой оболочкой, которую иначе называют сердечной сумкой. Она состоит из двух листков – наружного и внутреннего. Наружный листок обращен к диафрагме, внутренний – плотно прилегает к сердцу. Между ними расположена полость, заполненная жидкостью, которая способствует уменьшению трения во время сердечных сокращений.

### 1.3 Проводящая система сердца

Различают два типа волокон, из которых состоит сердце – волокна водителя ритма и проводящей системы и волокна рабочего миокарда. Первые отвечают за генерацию возбуждения и доведение его до клеток рабочего миокарда. Вторые же составляют основную массу сердца и отвечают за его нагнетательную функцию.

Рассмотрим подробнее строение проводящей системы.

1. Синоатриальный узел (синусно-предсердный или СА-узел) – главный водитель ритма сердца, находится в устье полых вен. В состоянии покоя СА-узел способен генерировать от 60 до 80 импульсов в минуту.

2. Атриовентрикулярный узел (предсердно-желудочковый или АВ-узел) – водитель ритма второго порядка, берет на себя роль водителя ритма в случае, если СА-узел не генерирует возбуждение. Расположен в правом предсердии и генерирует от 40 до 60 импульсов в минуту.

3. Пучок Гиса – имеет правую и левозаднюю ветви (ножки), идущие вниз по обеим сторонам межжелудочковой перегородки. Пучок Гиса сам способен генерировать импульсы в случае, если до него возбуждение не доходит. Верхняя часть пучка Гиса – водитель ритма второго порядка – способна генерировать импульсы с частотой от 40 до 60 импульсов в минуту. Нижняя часть пучка и его ветви – водители ритма третьего порядка – с частотой от 25 до 30 импульсов в минуту [9].

### 1.4 Одиночный сердечный цикл

Здоровое сердце человека, находящегося в состоянии покоя, ритмично сокращается с частотой около 60-70 ударов в минуту. *Сердечным циклом* называется период, который включает одно сокращение и последующее расслабление сердечной мышцы. Объем крови, выбрасываемой желудочком за 1 мин., составляет около 5 л в состоянии покоя и возрастает почти до 30 л при тяжелой физической нагрузке.

Сердечный цикл включает в себя три фазы:

1. Систола предсердий – в этой фазе кровь поступает из предсердий в желудочки. Чтобы не препятствовать кровотоку, створчатые клапаны

раскрываются, а полулунные, наоборот, закрываются. Длительность периода около 0.1с

2. Систола желудочков – в этой фазе кровь продвигается к артериям и аорте через открывающиеся полулунные клапаны, при этом створчатые клапаны закрываются. Длительность периода около 0.3с

3. Диастола – в этой фазе происходит заполнение венозной кровью предсердий, благодаря открытым створчатым клапанам. Длительность периода около 0.4с

Каждый одиночный сердечный цикл имеет длительность около одной секунды, однако при активной физической нагрузке или во время стресса длительность диастолы сокращается вследствие чего увеличивается скорость импульсов. Во время отдыха, наоборот, длительность диастолы увеличивается, соответственно сердечные сокращения замедляются [10].

### **1.5 Регуляция работы сердца**

Нервная регуляция: симпатическая нервная система – усиливает работу сердца, парасимпатическая нервная система – ослабляет.

Гуморальная регуляция работы сердца обуславливается биологически активными веществами, циркулирующими в крови.

Нервная и гуморальная регуляция – составляют единый механизм регуляции работы сердца, под влиянием импульсов ЦНС и поступающих с кровью биологических веществ изменяется интенсивность работы сердца, частота и сила сердечных сокращений, причем последовательность фаз сердечного цикла остается неизменной.

## **2 История Электрокардиографии**

Электрокардиография (ЭКГ) – метод обследования сердца с целью обнаружения сердечных заболеваний и аномалий в его работе. Анализ активности сердца дает возможность получить информацию о состоянии сердечной мышцы. История появления ЭКГ начинается в 1856 году, когда немецкие ученые И. Мюллер и Р. Келликер впервые обнаружили электрические явления в сокращающейся сердечной мышце. Изначально

исследования проводились на животных. Эксперименты велись на открытом сердце.

В работе И.М. Сеченова «О животном электричестве» 1862 года впервые упоминается о существовании электрических явлений в сердцах теплокровных животных, подводкой к работе И.М.Сеченова служили опыты Луиджи Гальвани, в результате которых обнаружилось, что пропуск тока через не разложившийся труп животного, например лягушки, вызовет сокращения мышц, это связано с еще не затухшей активностью нервной системы. Именно Луиджи Гальвани и ввёл термин "Животного электричества".

Замер электрического потенциала стал возможным при изобретении электрометра. Технология продолжала совершенствоваться и вскоре один физиолог из Англии - А. Уоллер записал электрическую активность человеческого миокарда в 1887 году. Ученым были записаны основные положения понятия электрофизиологии и электрокардиографии. Уоллер решил, что сердце – это диполь, система из одинаковых по величине, но противоположных по знаку заряженных элементов, удаленных на расстояние друг от друга. Кроме того, физиолог ввел понятие электрической оси сердца, таким образом, техника записи эхокардиограммы появилась благодаря Огастесу Уоллеру (1856 - 1922) в 1887 году.

Позже его современник нидерландский физиолог Виллем Эйнтховен (1860 - 1927), ставший лауреатом Нобелевской премии, улучшил идею и стал инициатором использования особого устройства с уникальным принципом работы.

Основываясь на принципе работы струнного гальванометра, изобретённого Д.Швейггером и Эйнтховеном на свет появился электрокардиограф.

Электрические поля производятся сердечной мышцей, что в результате приводит к распространению гальванических токов, определенной величины, по поверхности человеческого тела, ток идет через тонкую кварцевую нить, которая располагается в зоне действия

магнита. При взаимодействии проходящего по ней тока с полем, нить содрогалась. Нить загоралась светом, и тьма от нити собиралась оптической системой и передавалась на светочувствительный экран прибора, ранее спроектированный Эйнтховеном, что позволяло фиксировать такие колебания и соответственно узнавать частоту гальванических токов, или, если сказать иными словами, частоту работу сердца. Устройство не было эргономичным и имело массу более четверти тонны, нуждалось в обслуживании пяти операторов. Несмотря на всё это, данное изобретение было настоящей революцией в области медицинской техники, обеспечило возможность считывать подробную информацию о состоянии сердца [4].

Данный метод остается актуальным до сих пор при проведении исследований функционирования мышцы сердца. Если бы не Эйнтховен, регистрация электрического потенциала сердца могла бы не получить столь широкое практическое применение.

Таким образом вклад Виллема Эйнтховена в историю развития ЭКГ не оспорим. Ему принадлежит идея крепления электродов на конечностях. Ученый ввел понятие стандартных отведений (I, II, III). Эти изобретения используются в медицине и по сей день. Эйнтховен в 1924 году был удостоен Нобелевской премии.

Более ста лет назад, благодаря исследованиям Гольдбергера были изобретены усиленные отведения: aVR, aVL, aVF. При регистрации одна из конечностей служит электродом. Но и на этом метод ЭКГ не прекратил совершенствоваться. Вильсон предложил грудные отведения. При таком способе регистрации точка на поверхности грудной клетки служит одним из электродов, а другой – объединенный электрод от конечностей.

Стандартные, усиленные и грудные отведения активно используются и сегодня.

## **2.1 Электрокардиограф как продукт**

В 1911 году в компании Cambridge Scientific Instrument Company выпускается электрокардиограф, который является специализированным оборудованием больших размеров с опцией ведения записи через

проецирующий оптический регистратор на специальной бумаге. При этом использовались ванны с соленой водой, выполнявшие роль проводников или электродов для трех отведений. Уже тогда специалисты осознавали, что нужно изобрести компактное, максимально облегченное устройство, чтобы его было просто перенести и легко можно было транспортировать. Также перед ними стояла еще одна задача – увеличить точность регистрации, а также уменьшить необходимое количество операторов.

### **2.2 Дополненный электрокардиограф 1942 года**

Вильсон и Гольдерберг оборудовали в 1942 году свое устройство дополнительными 3 отведениями (однополюсными и усиленными), чтобы их можно было применять в тех случаях, когда не достаточно стандартных соединений для проведения исследования. Такая модель устройства в электрокардиографах до сих пор применяется.

### **2.3 Электрокардиограф с ламповым усилителем 1950-х годов**

В пятидесятые годы XX века аппарат ЭКГ получил ламповый усилитель и специальные накладные электроды и малогабаритный регистратор. Прошло время и устройство также стало весьма компактным, хоть и оставалось достаточно тяжелым (около 10 кг).

Allen Electric Equipment Company впервые выпустила серийные переносные приборы, но им все еще было далеко до современных электрокардиографов.

Благодаря инженеру Норману Холтеру в **1959 году** появился аппарат с легкой портативной конструкцией, что уже было великим достижением тех лет. Благодаря Норману Холтеру стало возможным вести запись за пределами медицинского учреждения.

### **2.4 Развитие портативных электрокардиографов 1960 годов**

В 60-70-е годы прошлого века были использованы полупроводниковые элементы. Через некоторое время стали появляться портативные электрокардиографы, которые своим внешним видом и возможностям уже более походили на современные электрокардиографические аппараты.

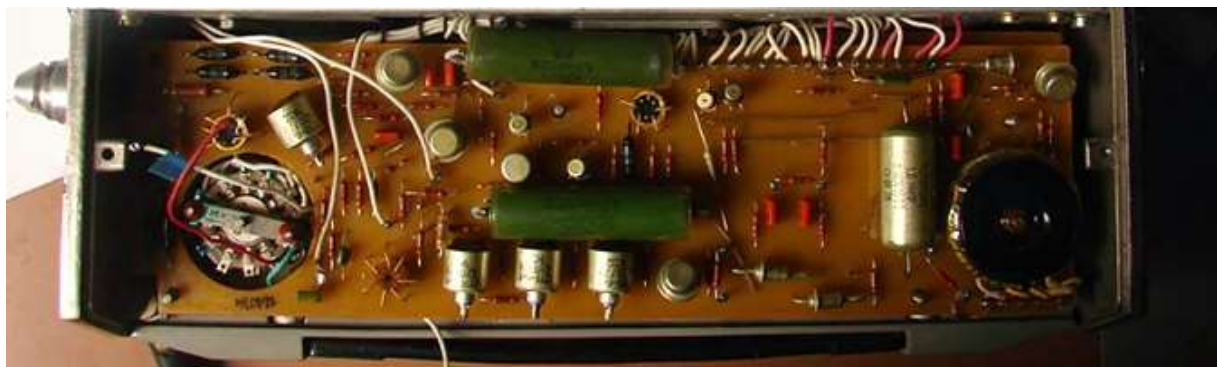


Рисунок 1 – Портативный электрокардиограф.

Размеры таких устройств уменьшились, как и их масса, теперь они едва ли были тяжелее книжного тома. Теперь кардиографы работали от батареи, имели крепкий корпус. Одной из достойнейших вариантов моделей этого времени стал аппарат ЭК1Г-03М, поступивший в использование в 1976 году.

### **2.5 Электрокардиографы в XXI веке**

Динамичное развитие новых технологий и улучшение старых вскоре позволило улучшить аппарат ЭКГ.

Сейчас сильно увеличился ассортимент, что позволяет нынешним специалистам подбирать наиболее подходящие модели для своей деятельности.

Производители выпускают различные портативные устройства, причем многие из них весьма компактны, настолько что их даже можно поместить в карман.

В настоящие дни электрокардиографы стали автоматизированными многоканальными аппаратами с увеличенным функционалом. Современные аппараты ЭКГ имеют встроенные термопринтеры и интерфейс для передачи получаемых показателей на персональном компьютере. Анализ кардиограмм у многих аппаратов ЭКГ проводится без участия человека.

Но при этом нельзя не проявлять должное уважение к достижениям прошлого. Сам принцип работы электрокардиографов не изменился, так как основывается на гальванической регистрации потенциалов.

## **2.6 Инновации будущего**

Последние два десятка лет – эпоха прогресса. Стали появляться датчики с различным уровнем потребляемой мощности, коэффициентом усиления и полосой пропускания. Недавно было выпущено новаторское устройство CardioQVARK с весом менее 60 г.

Устройство это напоминает чехол для телефона и имеет наружные датчики, разъем для подключения к смартфону. Создатели считают, что достаточно одного прикосновения пальцев к электродам для запуска приложения. На анализ информации нужно всего лишь двадцать секунд. Показатели отображаются в приложении. При этом медицинский работник может вести базу данных пациента и легко переносить результаты на компьютер и другие устройства.

На данный момент американские специалисты открывают все новые проекты и создают все новые разработки. Возможно, вскоре электрокардиографы станут еще более доступными и эргономичными, что позволит заметно улучшить качество диагностики и сам уровень жизни.

Вот так вот люди открыли метод электрокардиографии, улучшили его и таков прогресс в электрокардиографии на сей день.

## **3 Норман Холтер и его метод дистанционного кардиологического мониторинга**

Холтер родился 1 февраля 1914 года в Хелене, штат Монтана. Он закончил Кэрролл-колледж в 1931 году, вслед за этим продолжил обучаться в Калифорнийском институте в Лос-Анджелесе. Оттуда он получил степень магистра физики в 1937 году. Год через завершил Институт Южной Калифорнии со степенью магистра химии. Он продолжил свое обучение, завершив аспирантуру в Гейдельбергском университете (Германия), Чикагском университете, Институте ядерных исследований Ок-Ридж и Университете Орегона. Медицинская школа.

В собственных интервью Холтер говорил, что его дорога к биотелеметрии взяла начало в 1936 г. С «апельсинового сока и лягушачьих лапок». В данный год он ассистировал медику Лоуренсу Детрику в



Калифорнийском институте (г. Лос-Анджелес), который исследовал воздействие витамина С на утомляемость мускул лягушки, а позднее – на заживление ран у крыс. Роль Холтера в основном состояла в том, что он делал важную аппаратуру. Однако его заинтересовало препарирование мышц, описанное в традиционной работе Гальвани по исследованию животной электроэнергии. В 1939 г., Холтер стал трудиться с Джозефом А. Дженгерелли над мыслью вызывать сокращение мышц, не касаясь их механическими или же электронными контактами. Они воспроизвели мышечное сокращение, влияя на нерв переменным электронным полем. Дженгерелли и Холтер аналогично физику Джозефу Томсону, открывшему связь между электронным и магнитным полями, пришли к выводу, что в случае если электрический фон возбуждает нерв, то возбужденный нерв создает магнитный фон, который возможно зафиксировать. Их идея подтвердилась лишь только в 1961 г., когда была замечена техника, имеющая возможность регистрации биомагнетизма.

В собственных исследовательских работах Холтер и Дженгерелли столкнулись с задачей уничтожения сигналов от мышечного дрожания, с которыми не имела возможность преодолеть имеющаяся на что момент аппаратура. Решая ее, они подходили к созданию миниатюрного кардиологического регистратора. Эксперименты научные работники проводили на крысах. В мозг крысы сквозь череп научные работники вживляли электроды, к которым прикрепляли маленький радиоприемник.

Управляя частотой и амплитудой радиоприемника, Холтер и Дженгерелли наблюдали за поведением крысы. Они желали увидеть реакцию крысы на их влияние, но крыса была очень маленькой для ношения радиопередающего аппарата. Исследовательская работа была прервана Второй Мировой войной, но после ее окончания, продолжилась в созданном Холтером союзе HRF в Хелене [3].

Первая созданная в 1947 г. Установка состояла из слишком большого ЭКГ-радиотрансмиттера и тяжёлых батарей (общий вес прибора составлял практически 40 кг). К 1952 г. Массу устройства получилось убавить до 1 кг. С выходом в свет транзисторов габариты прибора сократились, а

радиотрансмиссию заменила запись на магнитные носители. Холтер и его работники придумали еще систему проигрывания, что разрешило показывать записанную ЭКГ на мониторе. В технической реализации идеи наряду с Холтером принимал участие Вильфорд Р. Глазкок.

В 1961 г в южноамериканском журнале Science вышла заметка Холтера «Новый метод исследования сердца. Практическое использование длительной электрокардиографии у пациентов в период активности». С выходом в свет в научной печати данной публикации наступает свежее врачебное назначение, знакомое как «холтеровское мониторирование».

Разработанный объединением HRF во главе с Норманом Джеффри Холтером миниатюрный кардиологический ЭКГ-регистратор помог многим жизням.

Холтеровскому мониторингу посвящен специальный журнал Biotelemetry and Patient Monitoring (США). С 1984 г. функционирует Международное общество холтеровской и неинвазивной электрокардиологии, выпускающее журнал Annals of Noninvasive Electrocardiology.

#### **4 Обработка сигналов**

Для проведения электрокардиографии применяется электрокардиограф. Электрокардиограф состоит:

1. Входной блок – электроды, которые фиксируются на теле пациента, переключатель отведений (коммутатор)
2. Усилитель, позволяющий увеличивать ничтожно малый сигнал в 1000-10 000 раз.
3. Блок калибровки.
4. Регистрирующее устройство с лентопротяжным механизмом и отметчиком времени.
5. Блок питания аппарата.

Разность потенциалов, возникающая на поверхности тела при возбуждении сердца, воспринимается электродами, укрепленными на различных участках тела резиновыми ремнями или грушами, далее

электрический сигнал подается на коммутатор, а затем на вход усилителя, здесь небольшая разность потенциалов усиливается в несколько тысяч раз, и подается в регистрирующее устройство, где электрические колебания преобразуются в механические и специальным писчиком фиксируются на ЭКГ- бумажной ленте.

Скорость движения ленты 25 или 50 мм/с. Каждый электрокардиограф имеет устройство для регулировки и контроля усиления.

Основные показатели отображаются на экране в форме графика, называемогося электрокардиограммой, с помощью которой врач-кардиолог получает возможность расшифровать данные электрокардиограммы и установить пациенту диагноз.

Аппараты ЭКГ, применяемые сегодня в кардиологии, отличаются высоким уровнем чувствительности к биоэлектрической активности сердца.

#### **4.1 Цель электрокардиографии**

Электрокардиография – один из важнейших методов общей диспансеризации. В целях профилактики процедуру рекомендуется периодически проводить всем здоровым пациентам [1].

Людам с сердечно-сосудистыми заболеваниями электрокардиография проводится в обязательном порядке чаще для постоянного контроля состояния.

Также метод необходимо применять при комплексных плановых исследованиях пациентов с ожирением, нестабильным сердечным ритмом, сахарным диабетом, повышенным артериальным давлением.

Благодаря снятию электрокардиограммы специалисты могут оценивать несколько параметров:

- нарушение калиевого и магниевого баланса;
- полнота кровоснабжения миокарда;
- частота сердечных сокращений;
- утолщение стенок сердца;
- зоны инфаркта.

## 4.2 Условные обозначения электрокардиограммы

Электрокардиограмма – это графическое изображение, которое представляет собой особую ломаную кривую с острыми зубцами под и над горизонтальной линией с временными циклами (Рисунок 2)



Рисунок 2 – Электрокардиограмма

Зубцы на графике электрокардиограммы означают частоту и глубину изменений сердечного ритма.

С помощью латинской буквы «Т» обозначается восстановительная фаза между сокращениями мышцы.

Буквой «Р» обозначается деполяризация или возбуждение предсердий.

Буква «U» обозначает восстановительный цикл отдаленных желудочков сердца.

Зубцы S, Q, R отображают в электрокардиограмме возбуждение желудочков.

Сегменты TP, ST, QRST – промежутки между зубцами.

Интервал прохождения импульса – это область электрокардиограммы, которая захватывает сегмент или зубец [12].

### 4.3 Отведения

Отведения – это схемы, которые регистрируют различие показателей, передаваемых электродами. На электрокардиограмме отображаются особенности работы сердца в различных отведениях. Это дает возможность проводить углубленное изучение его состояния и работы.

Существует три основные группы отведений (таблица 1).

Таблица 1 – Обозначения отведений [11]:

Стандартные отведения	Усиленные отведения	Грудные отведения
<p><b>I</b> – разница потенциалов на левой и правой руке.</p> <p><b>II</b> – разница на правой и левой ноге.</p> <p><b>III</b> – разница на левой руке и ноге.</p>	<p><b>AVF</b> – от левой ноги.</p> <p><b>AVR</b> – от правой руки.</p> <p><b>AVL</b> – от левой руки.</p>	<p>6 отведений с расположением между ребрами: <b>V1, V2, V3, V4, V5, V6.</b></p>

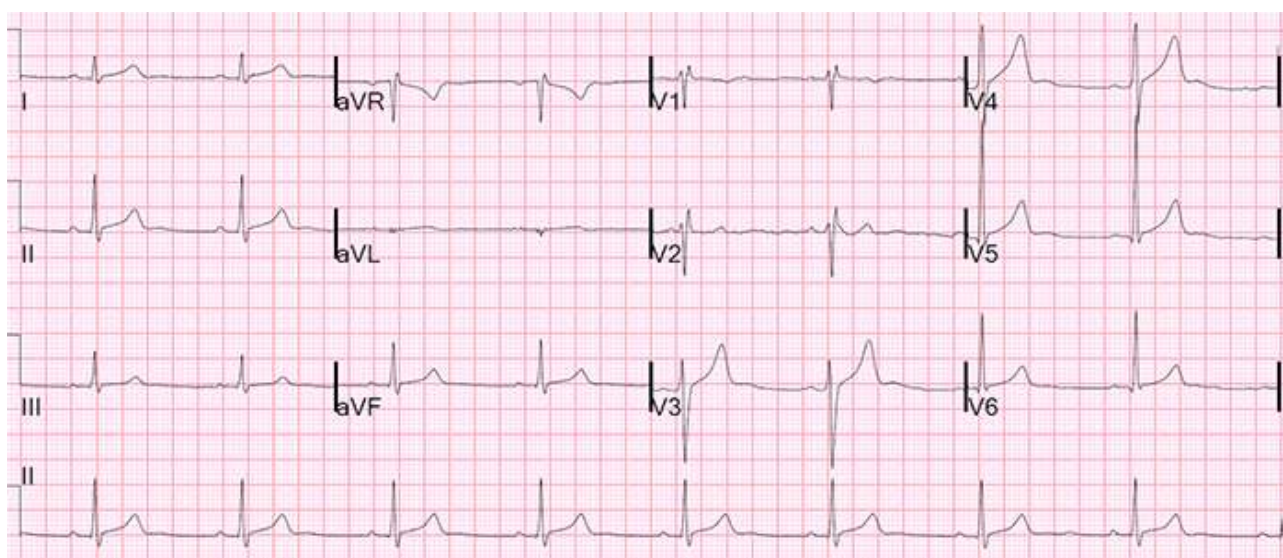


Рисунок 3 – Электрокардиограммы различных отведений [11].

#### 4.4 Правильная техника снятия ЭКГ

Качество электрокардиографии будет зависеть от грамотной фиксации датчиков электрокардиографа. Необходимо изучить технику снятия ЭКГ.

Подготовка пациента и электрокардиографа:

##### **Расположение пациента**

Пациенту необходимо раздеться. Специалисту нужно подготовить медицинскую кушетку и попросить его лечь на спину. При проявлении плохого самочувствия или проблем с дыханием в положении лежа пациент может принять другое положение. Он будет проходить обследование в сидячей позиции.

##### **Обработка зоны приложения электродов**

Кожа предварительно протирается спиртом и обрабатывается специальным гелем, который обладает токопроводящими свойствами.

##### **Фиксация электродов на теле пациента**

Классическая схема наложения электродов предполагает их фиксацию на лодыжках, запястьях и торсе (рисунок 4).

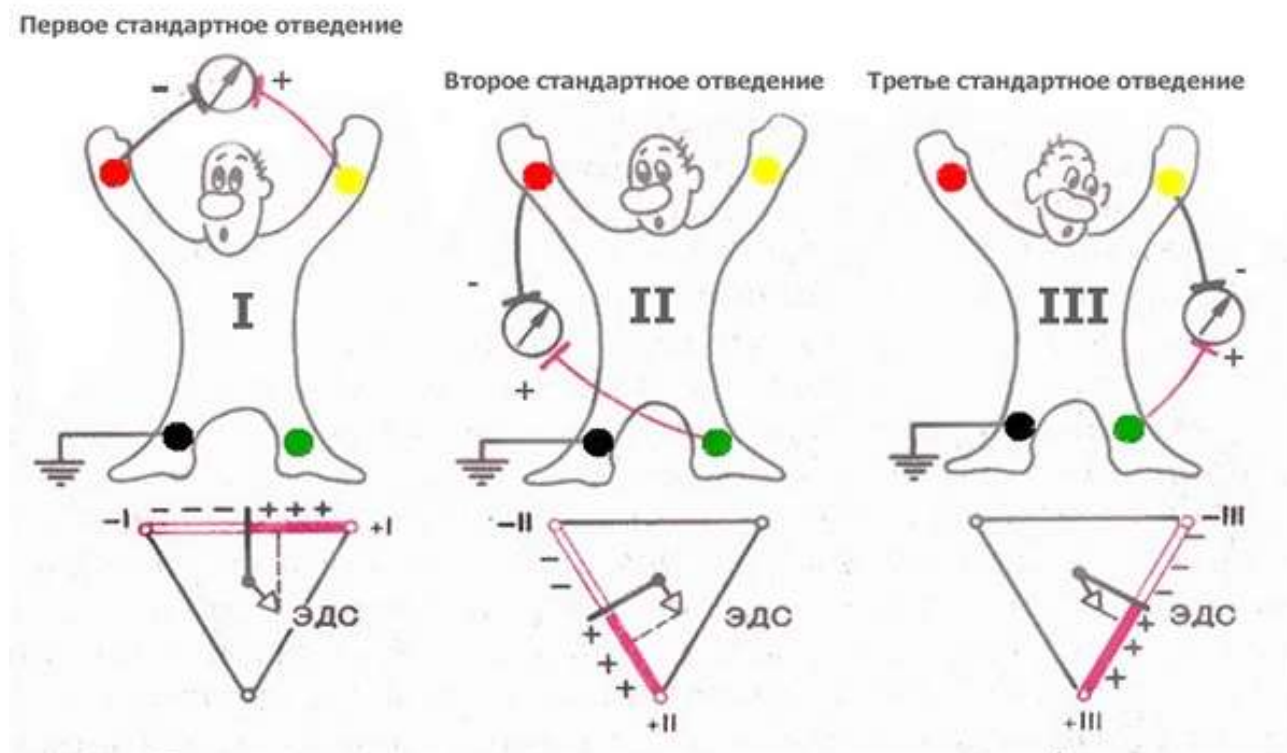


Рисунок 4 – Расположение электродов стандартных отведений [11].

### Количество электродов

Если проводится одноканальная запись ЭКГ, то обычно достаточно одного грудного электрода. Но при многоканальной записи следует использовать шесть штук.

### Цвет датчиков

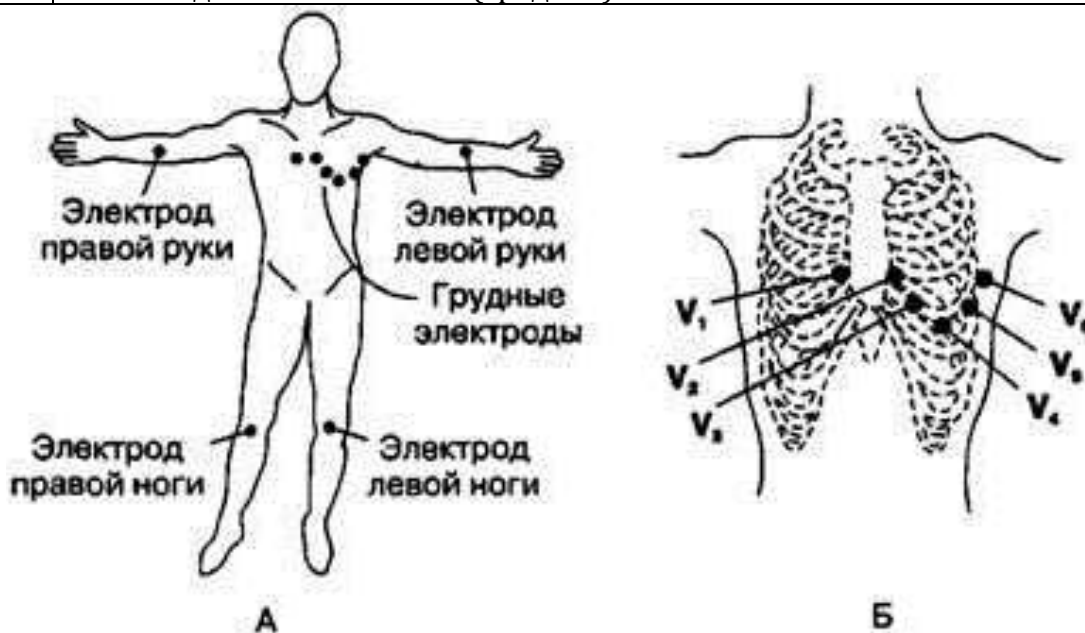
Чтобы было удобно ориентироваться, каждый датчик имеет определенный цвет. Черный предназначен для правой ноги, зеленый – для левой ноги, красный – для правой руки и желтый фиксируется на левой руке.

### 4.5 Схема расположения электродов

Схема расположения электродов, которые регистрируют грудные отведения, представлена в таблице 2 и на рисунке 5.

Таблица 2 – Расположение электродов:

V1	правая сторона грудной клетки
V2	левая сторона грудной клетки
V3	левая окологрудинная дуга рядом с пятым ребром между электродами V2 и V4
V4	на пересечении левой вертикальной линии, которая проводится на передней стороне грудной клетки через проекцию центра ключицы и пятого межреберья
V5	левая подмышечная линия (передняя)
V6	левая подмышечная линия (средняя)



А. Стандартные позиции ЭКГ-электродов. Б. Расположение грудных электродов

Рисунок 5 – Расположение электродов [11].

#### 4.6 Нормальные значения электрокардиограммы

##### Условные обозначения:

Верхние зубцы – положительные.

Нижние зубцы – отрицательные.

ЭОС – электрическая ось сердца.

ЧСС – частота сердечных сокращений.

Три зубца направлены вверх и два зубца направлены вниз (рисунок 6).

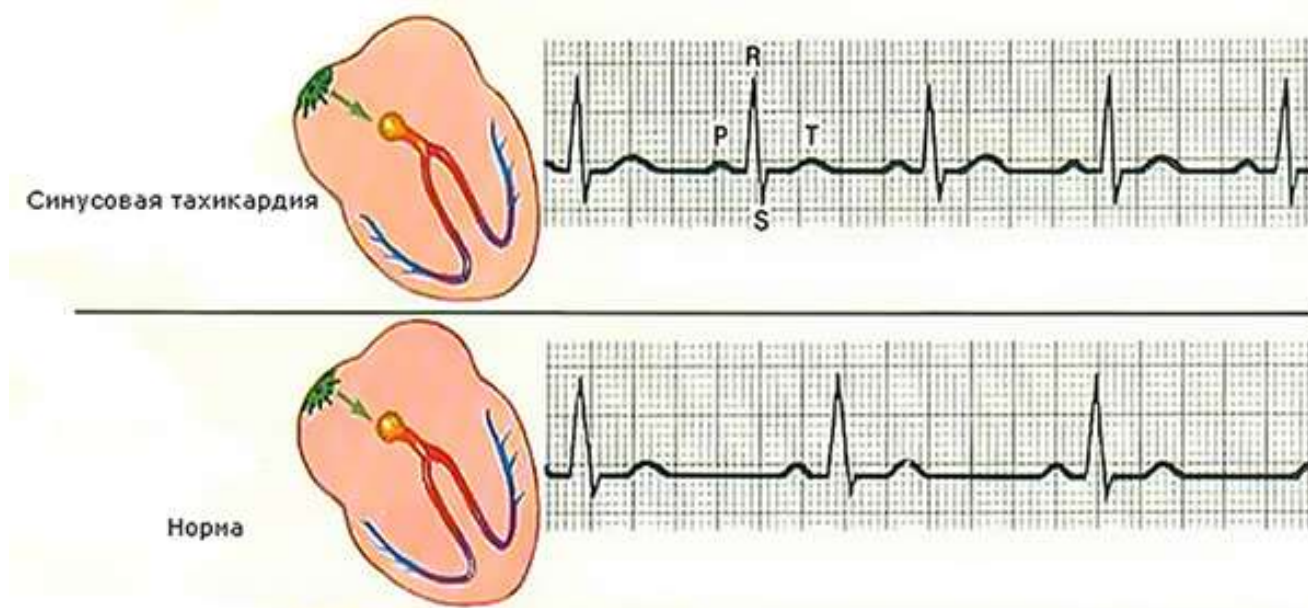


Рисунок 6 – Зубцы на графике электрокардиограммы [11].

В таблице 3 приведены параметры ЭКГ в норме.

Таблица 3 - Нормальные показатели для взрослого пациента [11] :

Знак графика	Значение
ЭОС	не отклонена
ЧСС	60-80
Зубец S	отрицательный, ниже зубца R
Зубец P	положительный
Зубец T	положительный
Зубец Q	отрицательный
Интервал QT	максимум 450 миллисекунд
Интервал QRS по ширине	примерно 120 миллисекунд
Частота желудочных комплексов	65-105



### Заключение

В данной работе мы показали актуальность выбранной темы, окунулись в историю развития электрокардиографии, рассказали о принципах данного метода диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. При электрокардиографии на мониторе или на бумаге отражается *графическое изображение деятельности сердца* (электрокардиограмма), что позволяет специалисту сделать важные заключения: ЭКГ позволяет выявить признаки коронарной недостаточности, нарушений ритма и проводимости, гипертрофии различных отделов органа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. «Значение ЭКГ и его возможности в диагностике заболеваний сердца» [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. [https://meduniver.com/Medical/Cardiologia/znachenie\\_ekg.html](https://meduniver.com/Medical/Cardiologia/znachenie_ekg.html) - дата обращения - 20.11.2022
2. «Сердечно-сосудистые заболевания», центр общественного здоровья и медицинской профилактики» [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. <https://profilaktika.ru/for-population/profilaktika-zabolevaniy/serdechno-sosudistye-zabolevaniya/chno-takoe-serdechno-sosudistye-zabolevaniya/> - дата обращения - 16.11.2022
3. «Животное электричество» Луиджи Гальвани, онлайн энциклопедия sitekid.ru [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. [https://sitekid.ru/fizika/laquozhivotnoe\\_elektrichestvoraquo\\_luidzhi\\_galvani.html](https://sitekid.ru/fizika/laquozhivotnoe_elektrichestvoraquo_luidzhi_galvani.html) - дата обращения - 30.11.2022
4. «История электрокардиографов: от солевых ванн до карманных экг»
5. [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. <https://www.ecardiograf.ru/istoriya-elektrokardiografov-ot-solevyh-vann-do-karmannyh-ekg> - дата обращения - 24.11.2022
6. Нестерова Е.А. Основы электрокардиографии. Нормальная электрокардиография (модуль для непрерывного медицинского образования)/ Нестерова Е.А. // Кардиология: новости, мнения, обучение.: Журнал для непрерывного медицинского образования врачей - №2 – 2016.
7. Мурашко В.В. Электрокардиография / Струтынский А.В. – 17-е издание - Москва: Изд-во «МЕДпресс-информ» 2021.
8. Соколова А.А. Метод и алгоритмы обработки электрокардиосигнала для выявления эпизодов желудочковых экстрасистол/ Ульяницкий Ю. Д. – СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ» - 2019.
9. Присакарь А.В. Исследование методами нелинейной динамики ЭКГ для диагностики кардиозаболеваний/ Козловских А.В. – Томск: НИУ ТПУ – 2016.

10. «Анатомия сердца человека» автор: коллектив клуба oum.ru [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. <https://www.oum.ru/literature/anatomiya-cheloveka/anatomiya-serdtsa-cheloveka/> - дата обращения -16.11.2022
11. «Анатомия и физиология сердца» презентация ГБПОУ МО «Московский областной медицинский колледж №1» Наро-фоминский филиал [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. <http://sizovavvc.ru/wp-content/uploads/2018/09/Лекция7анатвеч.pdf> - дата обращения - 30.11.2022
12. «Техника снятия электрокардиограммы» [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. <https://www.ecardiograf.ru/tehnika-snyatiya-elektrokardiogrammy> - дата обращения -24.11.2022
13. «Устройство электрокардиографа» [Электронный ресурс] / Поисковая система Гугл, 2022. [https://studopedia.ru/2\\_127270\\_ustroystvo-elektrokardiografa.html](https://studopedia.ru/2_127270_ustroystvo-elektrokardiografa.html) - дата обращения - 24.11.2022

## **БИОРОБОТ ТАРАКАН**

**Н.П. Кошелева, В.Ю. Коротаева, М.В. Морозова, Е.В. Хомутова,  
А.А. Топорова (ред. И.В. Шарапов)**

В данном реферате представлена основная информация о таком изобретении, как биоробот на основе таракана. Целью нашей работы было изучение основных принципов функционирования робота. Также мы рассмотрели различные методы управления тараканом.

### **Введение**

Стихийные бедствия, аварии и катастрофы весьма частые явления в нашем мире. Каждый год в том или ином регионе происходят сильные разливы рек, прорывы дамб и плотин, землетрясения, бури и ураганы, лесные и торфяные пожары. Каждому стихийному бедствию, аварии и катастрофе присущи свои особенности, характер поражений, объем и масштабы разрушений, величина бедствий и человеческих потерь.

Одним из масштабных последствий как стихийных бедствий, так и техногенных катастроф можно считать разрушения зданий, и в случае, если это не загородные дома, а многоквартирные дома или, к примеру, торговые центры из железа и бетона, могут потребоваться более технически сложные спасательные работы.

К примеру, аварийно-спасательные работы при землетрясениях должны начинаться немедленно и вестись непрерывно, днем и ночью, в любую погоду, обеспечивать спасение пострадавших в сроки их выживания в завалах. В ходе ведения спасательных работ в завалах и в других сложных условиях могут назначаться микропаузы - "минуты тишины" продолжительностью 2-3 минуты для кратковременного отдыха и прослушивания завалов с целью поиска пострадавших. Задействуется огромное число людей и различной техники, и конечно, как можно представить спасательные работы без собак-спасателей.

Дрессировка собак спасателей требует от хозяина выдержки и понимания. А от животных для успешного обучения нужны послушание и терпеливый труд по отработке технических навыков в поиске,

обнаружении и спасении людей. Четвероногих учат преодолевать препятствия, взбираться по лестницам, а также вырабатывают навыки безопасного передвижения среди развалин. Но кто же достаточно приспособлен для перемещения в труднопроходимых завалах без специального обучения? Учёные обратили своё внимание на тараканов.

Существует множество исследований, основанных на физиологии реальных живых насекомых, для создания микророботов, как ползающих, так и летающих, однако механически система должна быть создана с нуля, имитируя все возможные движения лапок (крыльев) насекомого; система потребляет энергию, а значит, значительную часть механизма будет занимать энергоноситель; также, система, полностью созданная человеком, требует продумывания и программирования всех возможных ситуаций взаимодействия с окружающей средой, а также механизмов внутри системы. В связи с вышеперечисленными пунктами направление исследований повернуло в сторону создания биороботов. Использование смешанной системы частично решает вышеперечисленные проблемы.

Так, незачем создавать робота с нуля, нужно создать лишь систему управления насекомым. Мышцы имеют удивительное разнообразие функций в передвижении, служа двигателями, тормозами, пружинами и без сбоев функционируя как единое целое. [1]

От энергоносителя теперь не требуется поддерживать в движении всю систему, ёмкости должно хватать лишь на генерацию управляющих импульсов. Также, увеличивается разнообразие возможных устройств электропитания, от литиевых или солнечных батареек до глюкозного топливного элемента.

Значительно облегчается программное обеспечение движения робота, ведь таракан уже приспособлен к прохождению сложных препятствий, из-за чего, например, в процессе тестирования исследователи управляли траекторией движения таракана, но преодоление препятствий оставляли на само насекомое.

Из вышеописанного становится очевидно, какая система является более стабильной и манёвренной в естественной среде.

## 1 Метод управления путём внешних стимуляций

Метод управления тараканом путём внешнего воздействия вряд ли можно назвать осуществимым в условиях поисково-спасательных операций, однако он является самым примитивным – базовым способом создания биотехнической системы, не требующим сильных знаний в энтомологии, но уже позволяющим задавать нужное нам направление движения насекомого.

Принцип работы достаточно прост. Тараканы используют усики на голове, чтобы ориентироваться в окружающем мире (рисунок 1). Когда усики таракана касаются препятствия, нейроны передают электрический сигнал о прикосновении, и насекомое поворачивает в другую сторону. Задача устанавливаемого на таракана оборудования состоит в генерации слабых электрических импульсов, имитирующих для него стену, а значит, заставляющих поворачивать в противоположную сторону. Микростимуляции, используемые в устройстве – это та же нейротехнология, которая используется в кохлеарных имплантатах, а также в транскраниальной магнитной стимуляции для лечения болезни Паркинсона.

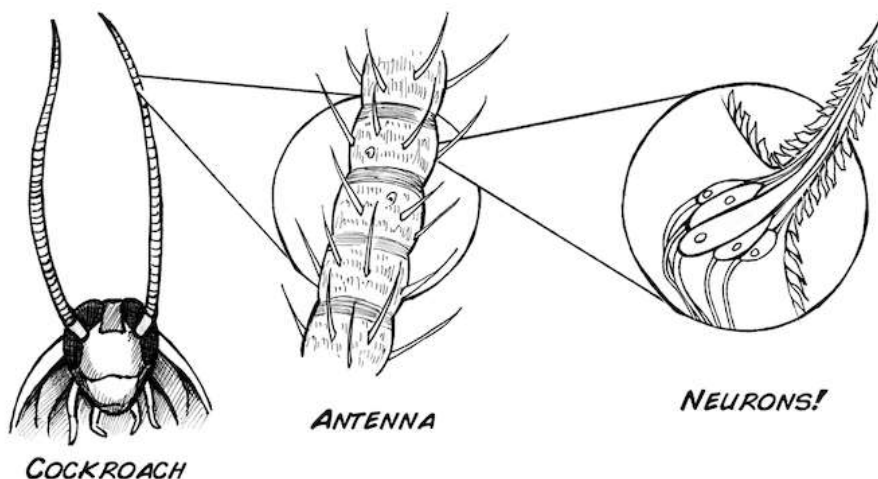


Рисунок 1 - Способ ориентирования таракана с помощью усиков

В 2013 году на сайте Kickstarter был опубликован проект RoboRoach (рисунок 2) небольшого стартапа Backyard Brains: все, кто хотел, могли приобрести у авторов комплект электроники, который можно приклеить

на спину насекомому под наркозом и после небольшого периода адаптации управлять им со своего смартфона. Цель разработчиков помочь в обучении следующему поколению студентов нейробиологов и инженеров и создать возможность исследовать и учиться на практике. [2]

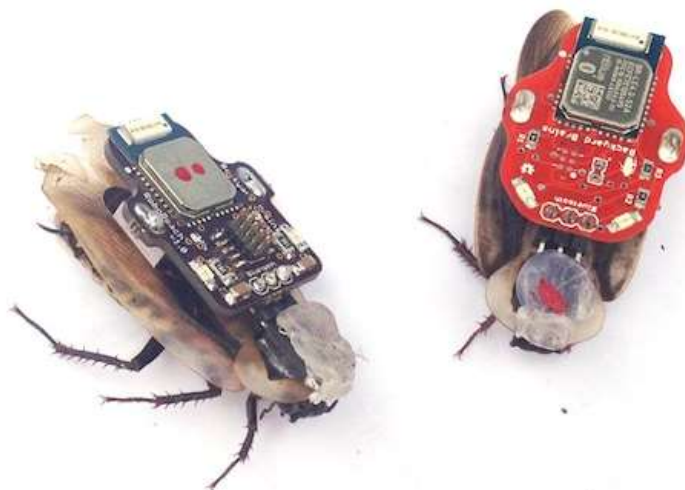


Рисунок 2 - проект RoboRoach

На примере RoboRoach можно увидеть, почему же данный тип приведения таракана в движение не подходит для решения более масштабных задач, нежели обучение. Со временем, уже через несколько минут, насекомое перестанет реагировать на импульсы, ведь мозг учится и адаптируется, и чем чаще повторять периоды адаптации и отдыха, тем быстрее будет происходить адаптация к раздражителям.

Опуская факт непостоянства системы управления, данный биоробот был бы менее устойчивым в условиях среды со сложными препятствиями, проигрывая системе со встроенными электродами из-за более хрупкой и подверженной внешним воздействиям конструкции.

## **2 Метод изменения направления с внедрением электродов**

Следующий биоробот на основе таракана создавался в 2021 году командой инженеров из Сингапура, Китая, Германии и Великобритании под руководством Хиротаки Сато из Наньянского технологического университета специально для облегчения проведения поисково-спасательных операций и двигался за счёт вживления по одному

электроду в церки (рисунок 3) - усикообразные органы в задней части – насекомого. [3]

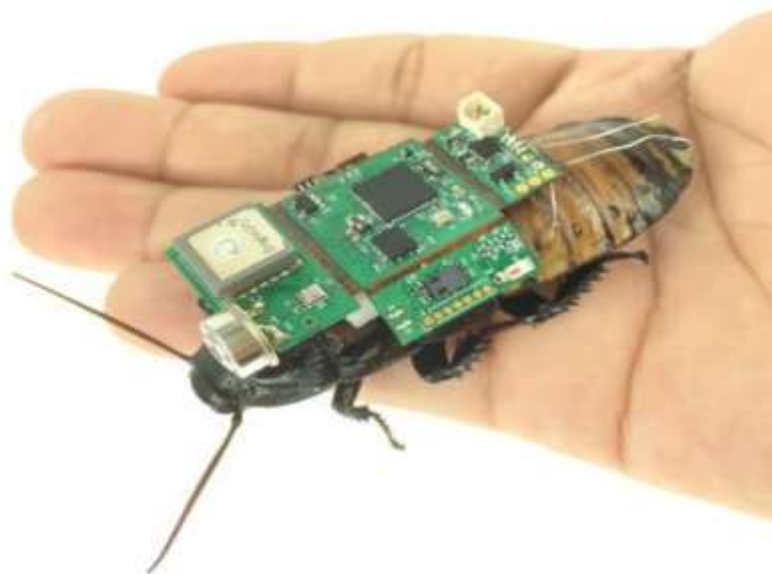


Рисунок 3 - биоробот с вживленными в церки электродами

При электростимуляции этих органов таракан поворачивает в противоположную сторону: при стимуляции левой церки он поворачивает в правую сторону и наоборот. А если стимулируются оба органа, таракан продолжает двигаться вперед, но значительно ускоряется.

Помимо электродов в рюкзаке таракана расположены микроконтроллер с акселерометром, Bluetooth-антенна, аккумулятор и инфракрасная камера с разрешением 32 на 32 пикселя. Также на нем закреплено три инфракрасных метки — они нужны для точного отслеживания положения. Для этого инженеры использовали внешнюю систему слежения, состоящую из нескольких камер, с помощью которых система в реальном времени рассчитывает трехмерное положение маркеров в пространстве.

На микроконтроллере киборга работает простой алгоритм навигации. Авторы задавали ему координаты точек назначения, а от системы отслеживания движений он получал собственное местоположение и угол относительно цели. Если угол отличается от нулевого на величину, превышающую заданный порог, алгоритм дает команду на электростимуляцию, чтобы таракан повернул обратно. А если

он замедлился или застрял и скорость снизилась ниже пороговой, стимуляции подвергаются обе церки, чтобы таракан ускорился.

Помимо алгоритма навигации авторы также разработали алгоритм обнаружения человека. Он работает в два этапа. На первом он определяет, что в поле зрения камеры в принципе находится объект, потенциально представляющий интерес. Для «срабатывания» алгоритма необходимо, чтобы в кадре находилось более 15 пикселей с температурой от 28 до 38 градусов Цельсия. Затем кадр анализируется с помощью алгоритма на основе метода опорных векторов, который был обучен на инфракрасных изображениях людей.

Разработчики продемонстрировали работу киборга, симулировав поисково-спасательную операцию (рисунок 4). Таракана запустили на пол с расставленными высокими и низкими препятствиями и несколькими точками, представляющими интерес для спасателей, в части из которых были люди. В результате таракан обошел все точки и успешно определил, в каких из них находились люди, а не другие теплые предметы, такие как микроволновая печь.

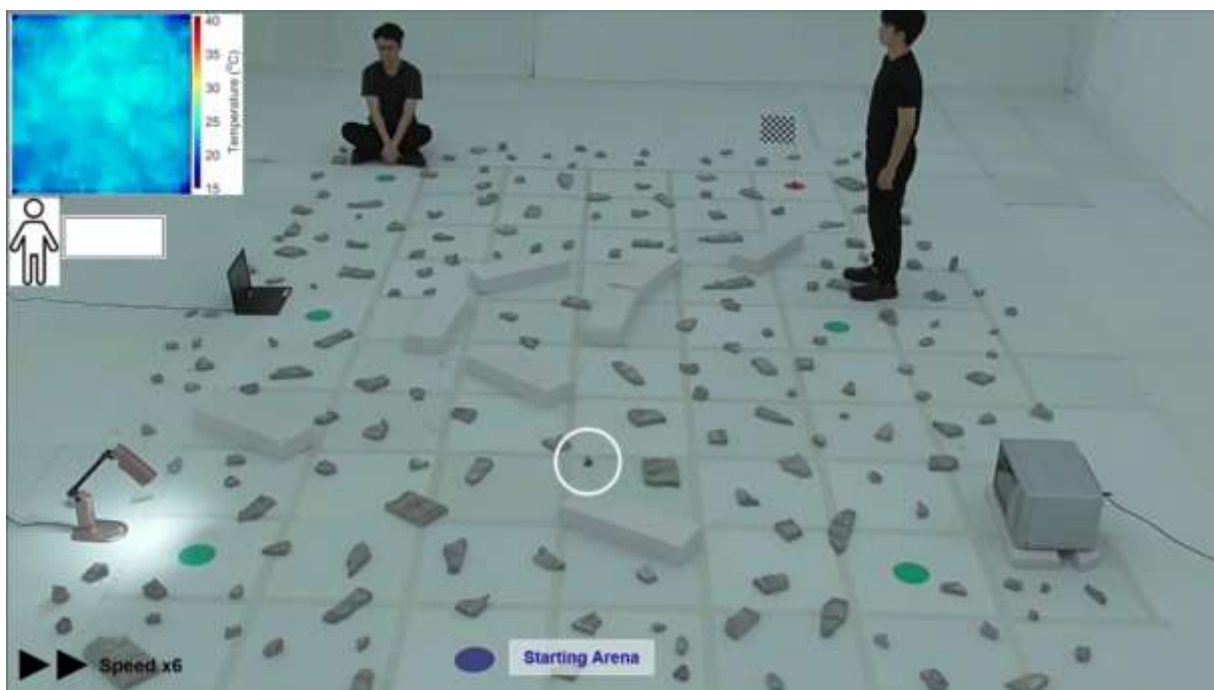


Рисунок 4 - симуляция поисково-спасательной операции для демонстрации работы биоробота



Это исследование демонстрирует первую в мире гибридную систему насекомого и компьютера, предназначенную для поисково-спасательных миссий, которая способна к автономной навигации и обнаружению присутствия человека в неструктурированной среде. Настраиваемый алгоритм управления навигацией, использующий также внутренние навигационные возможности насекомого, позволяет исследовать и преодолевать сложные ландшафты. Для обнаружения присутствия человека используется инфракрасная камера и программа, способная к обучению. Низкое энергопотребление предполагает пригодность системы для часовых операций и ее потенциал для реализации в реальных миссиях. [4]

### **3.Метод полного контроля передвижения с внедрением электродов**

Всё та же команда вскоре занялась разработкой биоробота, не просто подгоняемого электрическими импульсами, а полностью подконтрольного человеку за счёт управления лапками насекомого. Данная система максимально приближена к роботу, но, в отличие от машины, полностью создаваемой человеком, не нуждается в сложном проектировании механизма, а только в понимании и верном описании взаимодействия его частей. Для реализации данной идеи команда исследовала воздействие электрическими импульсами на переднюю лапку на примере жука. [5]

Ниже представлен анатомический вид трех пар антагонистических групп мышц, которые контролируют переднюю ногу жука, и красными крестиками обозначены места имплантации для стимуляции электродов (рисунок 5). (А) Группы мышц протракции/ретракции (вытягивания/втягивания) находятся внутри сегмента груди насекомого - проторакса, соединяют коксу с пронотумом и контролируют движение вытягивания/втягивания коксы. (В) Группы мышц элевации/депрессии находятся внутри коксы и контролируют элевационное/депрессивное движение лапки. Группы мышц разгибания/сгибания находятся внутри лапки и контролируют такие её движения, как разгибание/сгибание. [6]

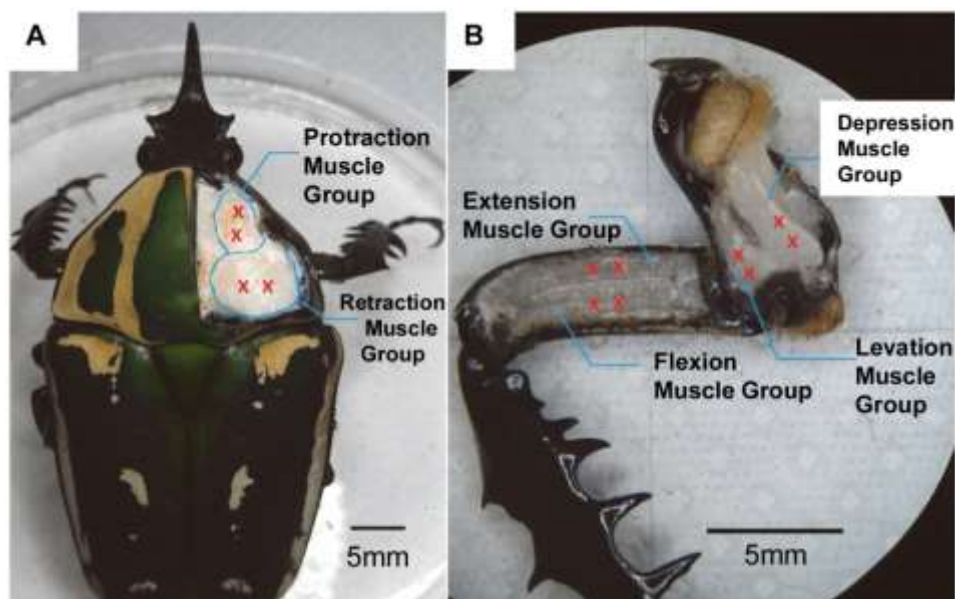


Рисунок 5 - анатомический вид трех пар антагонистических групп мышц

Для получения подходящего порогового напряжения неимплантированный конец провода подключали к выходному каналу функционального генератора (Agilent, 33220A). Частота импульса стимуляции фиксировалась на уровне 30 Гц. Напряжение стимуляции варьировалось с шагом 0,25 В, начиная с начального напряжения стимуляции 0,25 В.

Чтобы исследовать вызванное движение ног из-за различных частот стимуляции, три типа движения: вытягивание/втягивание, элевация/депрессия и разгибание/сгибание были проанализированы индивидуально. Например, при исследовании реакции вытягивания/втягивания на различные частоты стимуляции ограничили движения левации/депрессии и разгибания/сгибания. Два маркера, размещенные на ноге жука, были распознаны системой 3D-захвата движения как сплошной сегмент линии, а третий маркер, размещенный на теле жука, указывал на положение жука. Система 3D-захвата движения распознавала и сохраняла координаты  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  всех маркеров.

Все значения углового смещения были рассчитаны относительно начального (покоящегося) положения ноги. Положение каждого сегмента ноги в состоянии покоя (до электрической стимуляции) определялось как исходное положение (исходное положение варьируется от жука к жуку; вариация составляет порядка нескольких градусов). Каждый раз после стимуляции мышцы ноги исследователи вручную позиционировали ногу в исходное положение, проверяя 3D-координаты маркеров, размещенных на ноге жука.

Когда напряжение стимуляции превышало 1,5 В, максимальное угловое смещение как для вытягивания, так и для втягивания оставалось относительно постоянным. Для достижения оптимальных результатов исследователи должны были установить напряжение стимуляции как можно ниже, чтобы свести к минимуму любое возможное повреждение мышц жука, одновременно гарантируя, что напряжение стимуляции было достаточно высоким, чтобы надежно вызвать желаемое движение ноги. Таким образом, было выявлено и зафиксировано напряжение стимуляции на уровне 1,5 В для всех последующих экспериментов. При напряжении стимуляции 1,5 В успешность индуцирования движения ног в нужном направлении составляла 100% (количество жуков = 42). Кроме того, после многократного применения электрической стимуляции к одной группе мышц более 200 раз в течение одного дня в течение одного эксперимента не наблюдалось явных признаков того, что мышца жука была повреждена стимулирующим напряжением 1,5 В.

Также было подтверждено, что энергопотребление привода лапки насекомого было удивительно низким (от 100 мкВт до милливатта), что характеризует потенциальную систему достаточно хорошо для продолжения исследований и потенциального использования.

#### **4 Перезаряжаемая система**

Уже в этом году команда представила таракана (рисунок 6), оснащённого беспроводным модулем управления передвижением, литий-полимерным аккумулятором и ультратонким органическим модулем с

солнечной батареей. Была разработана стратегия крепления ультратонких пленок на брюшке, которая не мешала основному движению насекомых. Наблюдение за поперечным сечением живота показало, что каждый сегмент частично перекрывался во время деформации живота. Ход каждого сегмента составлял до 2,5 мм. Свободу движений живота реализовывали с помощью комбинированной технологии ультратонких полимерных пленок и адгезивно-неадгезивной прокладочной структуры, допускающей изгибание пленки.

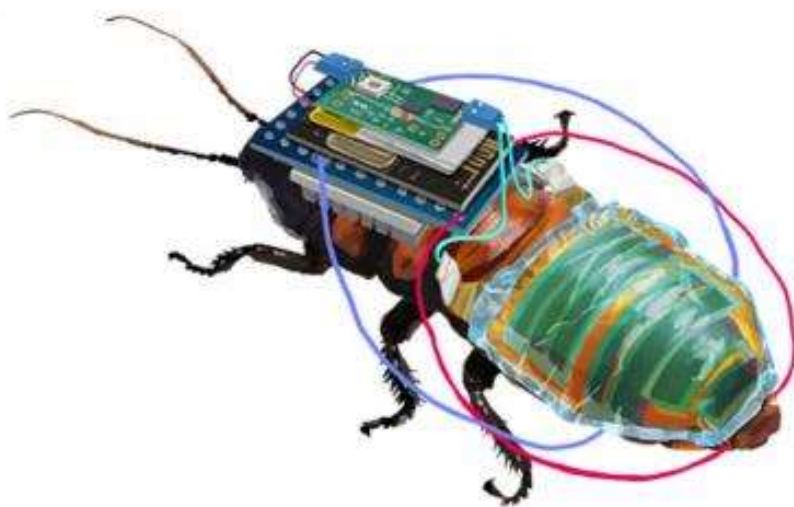


Рисунок 6 - таракан с беспроводным модулем управления

После того, как смоделированное солнечное освещение было применено к органическому солнечному элементу модуля в течение 30 мин, управление локомоцией поворота вправо проводилось беспроводным способом. Сигналы стимуляции передавались по беспроводной сети в течение 2,1 мин с заряженной батареей. В течение этого периода несколько раз происходило изменение движения, что подтвердило, что беспроводное управление неоднократно было успешно выполнено. (рисунок 7).

Хотя жесткие схемы, используемые в этом исследовании, недостаточно тонкие и легкие, чтобы обеспечить полную свободу движения, их толщину и вес можно уменьшить с помощью точных и

гибких схем с органическими полупроводниками и схем из кремния. Уменьшение толщины печатных плат на грудной клетке должно стать будущим направлением перезаряжаемых насекомых-киборгов. [7]

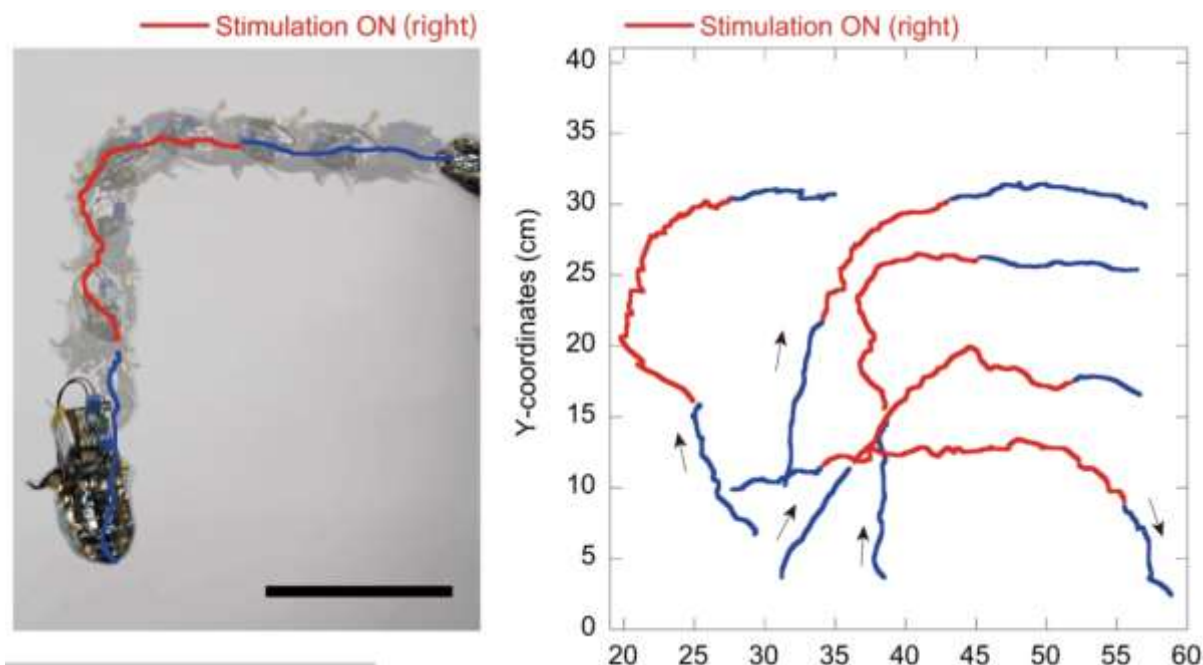


Рисунок 7 - тест беспроводного управления тараканом

### Заключение

На данный момент командой инженеров из Сингапура, Китая, Германии и Великобритании под руководством Хиротаки Сато из Наньянского технологического университета ведётся активная разработка биоробота на основе таракана, который в дальнейшем должен стать незаменим при проведении спасательных работ при катастрофах и стихийных бедствиях.

Помимо уменьшения веса и повышения манёвренности конструкции команда развивает идеи по использованию системы улавливания и анализа звука для поиска людей при разрушениях, а не только инфракрасных датчиков. Также проводятся исследования для создания более подконтрольного робота, что обеспечит меньшее количество рисков и отклонений при реальном использовании биоробота в условиях сложной среды.

## Литература

1. Как двигаются животные: интегративный взгляд [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.288.5463.100> (Дата обращения 07.09.2022)
2. RoboRoach: Управляйте живым насекомым со своего смартфона! by Backyard Brains — Kickstarter [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.kickstarter.com/projects/backyardbrains/the-roboroach-control-a-living-insect-from-your-sm> (Дата обращения 16.09.2022)
3. Рюкзачек для управления тараканом при помощи электростимуляций [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://sevastopol.su/news/tarakana-kiborga-s-teplovoy-kameroj-nauchili-iskat-lyudey> (Дата обращения 31.10.2022)
4. Группа Хиротака Сато//Наньянский технологический университет: Насекомо-компьютерная гибридная система для автономной поисково-спасательной миссии [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://hirosatontu.wordpress.com/research/> (Дата обращения 07.09.2022)
5. Биологический микропривод: постепенное и замкнутое управление движением лапок насекомых путем электрической стимуляции мышц [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0105389> (Дата обращения 07.09.2022)
6. Биологический микропривод: градуированный и замкнутый контроль движения ног насекомых путем электрической стимуляции мышц [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://journals.plos.org/plos\\_one/article/figure?id=10.1371/journal.pone.0105389.g001](https://journals.plos.org/plos_one/article/figure?id=10.1371/journal.pone.0105389.g001) (Дата обращения 02.11.2022)
7. Интеграция сверхмягкого органического солнечного элемента, установленного на теле, насекомых-киборгов с неповрежденной подвижностью [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41528-022-00207-2> (Дата обращения 16.09.2022)

## **СИСТЕМА НЕЙРОКОММУНИКАЦИИ И НЕЙРОТРЕНИНГА**

**Р.А. Журавлев, В. Ватаманюк, Е.В. Швец, Д.А. Першина,  
А.А. Болоненкова (ред. И.В. Шарапов)**

В данной статье представлена информация о системах нейрокоммуникации и нейротренинга. Целью нашей работы является изучение работы аппарата, предназначенного для коммуникации людей с ограниченными возможностями и улучшения когнитивных функций мозга. Кроме того, мы рассмотрели историю создания, задачи и область применения технологии.

### **Введение**

В современном мире стремительно развиваются технологии, что позволяет решить ряд проблем, используя инновационный подход. Изучение работы цнс и мозга человека открывает масштабные перспективы для человечества.

В статье рассказывается о системах нейрокоммуникации и нейротренинга. Нейротренинг - это курс, предназначенный для развития когнитивных функций мозга и улучшения аналитических навыков.

Нейротренинг на «НейроЧат» может быть полезен каждому человеку, который стремится развивать свои умственные способности и сохранять ясность ума. Он также пригодится тем, кто хочет лучше запоминать, быстрее реагировать, эффективнее использовать информацию и справляться с многозадачностью. Нейротренинг используется для реабилитации пациентов с различными заболеваниями, связанными с когнитивными нарушениями.

### **1 Мозг**

Головной мозг является главным регулирующим органом человеческого организма, имеющим сложную структуру. Он относится к центральной нервной системе, которая состоит из множества взаимосвязанных между собой нервных клеток и их отростков. Взаимодействуя посредством синаптических связей, нейроны формируют

сложные электрические импульсы, которые контролируют деятельность всего организма.

Уникальность строения головного мозга заключается в том, что он состоит из различных частей, каждая из которых выполняет определённую функцию, при этом их работа скоординирована благодаря множеству связей, формирующихся между ними и связывающих головной мозг с целым организмом.

*Весь мозг делят на три большие части:*

- ствол мозга;
- мозжечок;
- передний мозг (конечный мозг и промежуточный мозг).

*Также различают пять отделов головного мозга:*

- продолговатый мозг;
- задний (мост и мозжечок);
- средний мозг;
- промежуточный мозг;
- конечный мозг (большие полушария).

Основную массу головного мозга составляет конечный мозг, он покрывает сверху все остальные отделы. Конечный мозг выполняет ассоциативные функции и играет самую значимую роль в восприятии информации, работе нашего сознания и выполнении осмысленных действий, он состоит из двух полушарий. Полушария мозга разделены продольной щелью, в углублении которой содержится мозолистое тело, которое их соединяет. У человека ассоциативная зона занимает около 75 % коры головного мозга. Ассоциативная зона получает и перерабатывает информацию из сенсорной зоны и инициирует целенаправленное осмысленное поведение.

Большие полушария по выполняемым функциям делятся на несколько частей.

*Лобная доля:*

- произвольные движения, за планирование и исполнение которых отвечает моторная кора;



- речь, речедвигательный центр находится в зоне Брока;
- регуляция сложных форм поведения;
- мышление.

*Теменная доля:*

- восприятие и анализ кожно-мышечных раздражений;
- пространственная ориентация.

*Затылочная доля:*

- восприятие и переработкой зрительной информации;
- гиппокамп производит перекодировку информации краткосрочной памяти человека для ее последующей записи в долговременной памяти.

*Височная доля:*

- восприятие слуховых, вкусовых, обонятельных ощущений;
- восприятие речи, происходящее в центре Вернике;
- память;
- восприятие вкуса.

Таким образом, ассоциативные зоны принимают участие в процессе мышления, обучения, то есть обеспечивают непосредственное контактирование человека с окружающим миром, позволяя ему получать информацию, обрабатывать и делиться ей.

Коммуникация с обществом является неотъемлемой составляющей жизни человека, однако нередко встречаются случаи, когда происходят нарушения слуха, в следствии и речи, что препятствует взаимодействию между людьми. Глухонемота – это врожденное или приобретенное отсутствие слуха, которое препятствует развитию речи. При этом речевые центры и органы артикуляционного аппарата остаются не пораженными.

Вместе с тем трудности в общении, а также выполнении повседневных действий, могут быть вызваны двигательной дисфункцией. Во взрослом возрасте основной причиной становятся заболевания, травмы, возрастные изменения. У детей же основная причина нарушения мышечной и двигательной активности заключается в неврологических проблемах, полученных при рождении.[1] Из-за ограничений движений

человек оказывается не способен пользоваться устройствами, на которых необходимо нажимать клавиши или вводить текст с клавиатуры, кроме того он не имеет доступа в интернет. Жизнь людей сильно осложняется отсутствием возможности разговаривать даже с близкими людьми, потому разработка приборов, позволяющих людям поддерживать контакт или проходить реабилитацию после перенесённых травм крайне важна.

## **2 История создания**

На данный момент существует устройство, способное стать помощником для людей, лишенных возможности говорить и двигаться. Система «НейроЧат» создаёт возможность сетевой коммуникации людей, страдающих такими заболеваниями как: ДЦП, БАС, инсульт, рассеянный склероз и различными нейротравмами с близкими, медицинским персоналом и всем миром. Нейрокоммуникационная система «Нейрочат», предназначенная для общения людей, разработана компанией «Нейротренд» под научным руководством доктора биологических наук А.Я. Каплана, заведующего лабораторией нейрофизиологии и нейрокомпьютерных интерфейсов биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Производство нейрокоммуникаций занимает ведущую роль в рамках российской Национальной технологической инициативы, в ней они именуется как «НейроНет». Под этим термином понимается рынок средств человеко-компьютерного взаимодействия. «НейроЧат» стал одной из первых разработок, получивших финансирование. Его создание - это ответ на запрос миллионов людей по всему миру. В распоряжении системы находятся несколько языков, доступных для использования и ввода текста с визуальной клавиатуры.

Уже сейчас «НейроЧат» используется в более чем 40 регионах Российской Федерации, в более чем 60 лечебно-профилактических учреждениях. Он становится спасением для людей, оказавшихся в трудных ситуациях, когда особенно необходима поддержка и понимание. Кроме того, благодаря нейротренингу «НейроЧат» позволяет развивать

когнитивные способности, такие как внимание, память, скорость реакции, основываясь на анализе электрофизиологических параметров деятельности головного мозга.

«Разработка получила премию CES Asia как один из самых интересных и перспективных продуктов. В конце марта мы планируем представить проект на European Neuro Convention (конференция по нейротехнологиям – ред.) в Англии. Это будет первая презентация готового продукта международным заказчикам», — сообщил исполнительный директор отраслевого союза Национальной технологической инициативы (НТИ) «НейроНет» Александр Семенов.

### **3 Задачи систем нейрокоммуникации**

Технологии нейрокоммуникации применяются для взаимодействия с искусственным интеллектом, биомониторинга, решения сложных задач, обучения, моделирования различных ситуаций, формирования эмоций и непосредственно коммуникации. Системы нейрокоммуникации в настоящее время имеют обширные перспективы, что связано с огромным спросом. Ученые активно занимаются разработкой и тестированием устройств, базирующихся на системе мозг-компьютер, которые повышают продуктивность человеко-машинных систем, а также мыслительных и психических процессов. Задачи, которые пытаются решать посредством «НейроЧат», разнообразны, однако есть общие принципы построения интерфейсов.

Сигнал фиксируется с мозга, обрабатывается и управляет внешним устройством. Человек видит результат обработки и может корректировать его, при этом человек учится говорить внятно, а система учится правильно его понимать, таким образом происходит налаживание связи. Обычно человек связывается с системой за счёт воображения, представляя движения различных конечностей, что позволяет вполне устойчиво генерировать несколько команд для управления внешним устройством. Причем исполнение команды может иметь разную длительность. Большая часть приложений интерфейсов предназначены

для людей с тяжелыми двигательными нарушениями. Пациентов можно условно разделить на три группы (рисунок 1). Первая группа — пациенты, которые полностью обездвижены из-за последней стадии бокового амиотрофического склероза или тяжелой формы церебрального паралича. Вторая группа — с частично сохранившейся двигательной активностью, например, движение или мигание глаз, подергивание губами. Третья группа — с оставшимся нервно-мышечным контролем, в частности, с нарушениями речи.

Пациенты первой группы зачастую не способны сознательно управлять интерфейсом. Для третьей группы пациентов существуют способы, которые могут обеспечить более высокую и стабильную скорость передачи информации. Например, уловить движения глаз удаётся быстрее и точнее, чем модуляции потенциалов головного мозга. С помощью технологии контроля движения глаз (айтрекера) может быть получена скорость набора текста порядка десяти слов в минуту. Конечно, были предложены гибридные системы, такие как комбинации нейроинтерфейсов с айтрекерами.



Рисунок 1 – Взаимосвязь между необходимой скоростью передачи информации, возможностями человека и доступными для него приложениями интерфейса

Человек, лишенный возможности двигать руками и набирать текст на клавиатуре, может воспользоваться специальным приложением. Чаще всего оно представляет собой виртуальную клавиатуру (рисунок 2). Пользователь выбирает букву из алфавита с помощью интерфейса, который анализирует его ЭЭГ (электроэнцефалограмма). Например, в одном из вариантов пользователю надо лишь представить, что он двигает рукой или ногой, чтобы выбрать букву. Весь алфавит делится изначально пополам в зависимости от типа воображаемого движения, потом снова пополам и так до выбора конкретного символа[4]. Скорость написания сообщений в этом случае — от 0,5 до 0,85 символа в минуту.

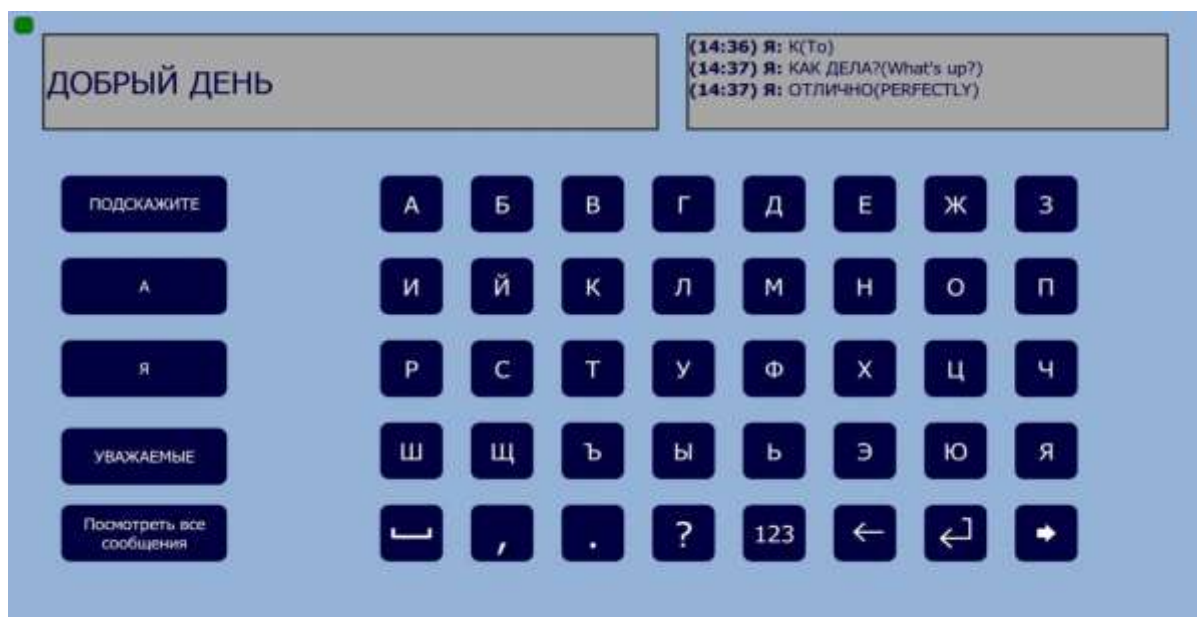


Рисунок 2 – Графический интерфейс приложения

В другой системе символы отображаются на экране в виде матрицы. Здесь задача пользователя, чей ЭЭГ-ответ анализируется в реальном времени, — сосредоточить внимание и концентрироваться на выбранном символе. Строки и столбцы символов на экране по очереди мигают, что приводит к генерации потенциала при совпадении с ожидаемым символом. Когда на экране мигает нужная строка, ЭЭГ изменяется, когда

мигает нужный столбец — изменяется второй раз. Скорость набора — два символа в минуту, метод не требует длительных тренировок.

#### **4 Принцип работы**

В основе работы интерфейса лежит анализ информации, поступающей от пациента по четырем каналам. Это электрические импульсы нейронов, их магнитная активность, скорость течения крови внутри сосудов и изменение метаболизма.

Сигналы электрической активности мозга снимают, используя несколько электродов, размещенных на голове. При применении влажных электродов, смазанных проводящей пастой, сопротивление будет ниже, а сигнал - лучше, но с сухими электродами работать легче. Такая же ситуация с количеством: чем больше электродов, тем больше информации удаётся получить, но проще обращаться с меньшим количеством электродов.

После того, как сигнал снят и очищен от шум, начинается обработка сигнала. Одним из вариантов обработки сигнала является разделение фильтром на полосы частот и отслеживание изменений амплитуды колебаний в разных полосах. Этот метод основан на традиционном разделении сигналов мозга. Можно проанализировать вызванные потенциалы, то есть сигналы, которые появляются, когда человек подвергается воздействию определенного стимула (вспышка, незнакомый звук). В то же время эксперты связывают различные элементы реакции мозга с разными стадиями обработки стимулов.

Различные подходы к сигналам ЭЭГ позволяют получать разные скорости передачи информации, но в целом можно сказать, что регистрация сигналов головного мозга в зрительной коре после предъявления изображений позволяет реализовать скорость передачи информации 60–100 бит/мин, анализ сенсомоторных ритмов, синхронизованных с реальной или воображаемой двигательной активностью, позволяет достичь скорости передачи информации в пределах 3–35 бит/мин.

Существуют и другие методы. Например, МЭГ (магнитоэнцефалография), которая позволяет измерять слабые магнитные поля, генерируемые ионным током в нейронах головного мозга. Сверхпроводниковые квантовые интерферометры или СКВИД-датчики используются для обнаружения очень слабых магнитных полей. Эта технология позволяет записывать события с длительностями около миллисекунды, поэтому используется при работе с детьми и младенцами. Хотя эта технология применяется, она очень дорогая и требует высококвалифицированного персонала и специальных экранированных помещений для ее использования. В последнее время для регистрации мозговой активности все чаще используется спектроскопия в ближней инфракрасной области (NIRS). Это небольшое устройство в виде шапочки, надеваемое на голову. Инфракрасное излучение проникает через кости черепа и прилегающие ткани в лобную и затылочную кору головного мозга и позволяет оценить степень окисления гемоглобина, то есть потребление кислорода мозгом. Здесь, в отличие от ЭЭГ и МЭГ, регистрируется поглощение инфракрасного излучения. Метод чаще всего используется для фиксирования активности в первичной моторной и префронтальной коре головного мозга. В первом случае снимаются сигналы, соответствующие реальным и воображаемым движениям, а во втором случае снимаются сигналы, генерируемые мысленными вычислениями и логическими задачами, музыкой и визуальными образами.

## **5 Использование системы**

Для работы «НейроЧат» потребуется специальный комплект, состоящий из электропроводящего геля и шприца. Нейрогарнитура, которая надевается на голову, питается от аккумулятора, для поддержания его работы прилагается зарядное устройство. Вместе с тем программно-аппаратный комплекс включает в себя программное обеспечение, которое устанавливается на любой настольный ПК или ноутбук. Нейроинтерфейс помогает набирать на экране отдельные слова и

фразы, которые затем могут передаваться собеседнику. Для облегчения задачи используется автокоррекция текста.



Рисунок 3 – Нейрогарнитура с электродами

Для обучения системы необходимо всего 12 минут, после чего она получает возможность распознавать буквы на клавиатуре, а также иные объекты, которые могут заинтересовать пользователя. Точность набора текста составляет около 75%. Кроме текстовых задач, гарнитура может использоваться в связке с различными сервисами, включая YouTube, поисковые системы, медиа-ресурсы.

С помощью нейрокоммуникатора возможно набирать текст на экране компьютера, нажимать функциональные клавиши или применять готовые команды, не используя при этом речь или движения. Выбор



объекта мысленно осуществляется человеком, когда пользователь думает и концентрируется на необходимо символе на виртуальной клавиатуре.

Экспериментальная партия составила несколько сотен аппаратов, они были отправлены в некоторые реабилитационные центры России для тестирования. В настоящее время ведутся переговоры о закупке и поставке оборудования в российские центры. По словам создателей устройства, в будущем оно может найти применение в промышленной и развлекательной сферах.

## **6 Направления применения**

*Три направления применения «НейроЧат»:*

- Социальное (традиционное) – коммуникационное решение для людей с тяжелыми нарушениями речи и движений.
- Образовательное – БОС решение, направленное на повышение концентрации внимания и памяти (тренажер когнитивной сферы).
- Реабилитационное – инструмент для восстановления речи после ОНМК и других неврологических заболеваний а также инструмент для улучшения/профилактики интеллектуальных функций.

На основе системы «НейроЧат» создано множество приложений, которые путем анализа работы мозга и передачи команд на компьютер дают возможность развивать внимание, память и скорость реакции. Курс полезен для людей, обрабатывающих много информации: студентов, работников умственного труда. Нейротренинг используется для реабилитации пациентов с различными патологиями.

Помимо доступа в интернет технология «НейроЧат» может использоваться для связи с медицинским персоналом, управления бытовой техникой, транспортными средствами и серверными роботами. Таким образом, пациенты с нарушениями речи и движений приобретают некоторую степень независимости.

«НейроЧат» изначально разрабатывался как коммуникационная система, основанная на технологии интерфейса мозг-компьютер, для людей с ограниченными двигательными и речевыми функциями. Это

совершенно новый инструмент, который значительно расширяет возможности этих людей.

### **Вывод**

На данный момент существуют системы, позволяющие использовать способности мозга для налаживания контакта с окружающим миром при нарушениях здоровья. Это существенно облегчает жизнь людей и предоставляет им шанс приобрести новые возможности или вернуться к тому, чего они были лишены из-за травмы или заболевания. Кроме такого, благодаря устройствам нейрокоммуникации можно тренировать мозг, развивая когнитивные функции, чтобы сохранять ясность и живость ума в течении долгого времени.

Однако несмотря на значительный прогресс в изучении головного мозга в последние годы, многое в его работе до сих пор остаётся загадкой. Исследование работы нейронов нужно далеко не только для создания интерфейсов. Наблюдение за их работой позволяет обнаруживать повреждения в ткани головного мозга, помогает в диагностике травм мозга, нейродегенеративных изменений в мозге, связанных с возрастом пациента.

### **Литература**

1. Нейрокоммуникации. [Офиц.сайт] <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейрокоммуникации> (Дата обращения 25.09.2022)
2. Коммуникационная система нейрочат. [Офиц.сайт] <https://neurochat.pro/> (Дата обращения 24.10.2022)
3. Описание компонентов АПК Нейро Чата. <https://neurochat.pro/support/obuchayushhie-materialyi/opisanie-komponentov-apk-neirochat> (Дата обращения 24.10.2022)
4. Нейроинтерфейс: как и зачем. [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/435087/Neyrointerfeys\\_kak\\_i\\_zachem](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435087/Neyrointerfeys_kak_i_zachem) (Дата обращения 25.09.2022 )
5. Презентация Нейро Чат. [https://files.sk.ru/navigator/company\\_files/1122150/1584731407 Презентация\\_НейроЧат\\_коммуникация\\_+\\_нейротренинг.pdf](https://files.sk.ru/navigator/company_files/1122150/1584731407 Презентация_НейроЧат_коммуникация_+_нейротренинг.pdf) (Дата обращения 24.10.2022)

6. Языковые области головного мозга: Центр Брока, области Вернике, угловая извилина. [https://meduniver.com/Medical/Neurology/iazikovie\\_oblasti\\_golovnogo\\_mozga.html](https://meduniver.com/Medical/Neurology/iazikovie_oblasti_golovnogo_mozga.html) (Дата обращения 30.09.2022)
7. В интернет- без движений и голоса. <https://www.nkj.ru/archive/articles/33134/> (Дата обращения 25.10.2022)