

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
кафедра Основ радиотехники

ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

Выпуск 7



Москва

2023

РЕДКОЛЛЕГИЯ ВЫПУСКА

Магистранты кафедры ОРТ:

Булгакова Юлия Владиславовна

Голубева Елизавета Николаевна

Жучкова Полина Михайловна

Исаев Максим Андреевич

Козловская Ирина Викторовна

Пархоменко Ярослава Сергеевна

Тимченко Сергей Михайлович

Филиппов Даниил Валерьевич

Шарапов Игорь Валерьевич

Седьмой выпуск обзорных статей по медицинской электронике подготовлен студентами первого курса 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-15,16,17,18-23 в рамках освоения дисциплины «Введение в медицинскую электронику» и по достоинству оценены на зачетных занятиях.

Тематика статей весьма разнообразна. Это и медицинские приборы, используемые в домашних условиях, и инновационные диагностические методики, такие как оптическая эластография, терапевтические приборы, фантомы, экзоскелеты и много другое. Всего в сборнике представлено 17 статей.

*Доцент кафедры Основ радиотехники
Жихарева Галина Владимировна*

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНАЯ МЕМБРАННАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ (ЭКМО) И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В КРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ЧЕЛОВЕКА С.В. Лаперчук, А.А. Алемасов, К.М. Безбенко, Б.Д. Егоров, Д.В. Ефимов, П.В. Коцуба (ред. М.А. Исаев, С.М. Тимченко)	5
ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ ЗДОРОВЬЯ П.Д. Карпухин, А.А. Симонов, И.А. Мозголов, С.А. Софронов, А.В. Чиннов, М.И. Щуров (ред. Ю.В. Булгакова, С.М. Тимченко)	34
ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ Д.А. Поляков, Н.Д. Белов, П.Д. Пашкина (ред. И.В., Шарапов, С.М. Тимченко)	49
ПРОТЕЗИРОВАНИЕ. ЕГО ЗНАЧИМОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ А.С. Голубинская, У.Д. Донева, В.А. Соловьева, С.Е. Пономарева, В.В. Шевченко (ред. Я.С. Пархоменко, С.М. Тимченко)	63
СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ С.А. Белобородова, И.А. Кладинова, А.А. Красильникова, В.А. Паршикова, Е.В. Фомина (ред. М.А. Исаев, С.М. Тимченко)	88
АППАРАТЫ ДЛЯ НАРКОЗА И.С. Петрушин, А.И. Вагин, М.И. Грибанов, Г.В. Строганов, Т.И. Стащенко, А.А. Никитин (ред. Д.В. Филиппов, С.М. Тимченко)	106
РЕНТГЕН И X-ЛУЧИ М.М. Ермолаев, К.Э. Жилина, М.Н. Лапшин, М.М. Чичерова, В.В. Киреева, А.И. Маслова (ред. Д.В. Филиппов, С.М. Тимченко)	120
АППАРАТЫ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ И.М. Ляпина, Е.Ю. Фокина, С.А. Прокутина, А.В. Луконина, К.И. Спектор (ред. Ю.В. Булгакова, С.М. Тимченко)	130
ПЕЧАТЬ ОРГАНОВ НА БИОПРИНТЕРЕ Д.С. Ляпидовская, Е.А. Стукаленко, Б.Б. Шумов, Д.Г. Гадоев, Р.Р. Амиров, А.Р. Кантакузов (ред. П.М. Жучкова, С.М. Тимченко)	146

ЭНЦЕФАЛОГРАММА ИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИМПУЛЬСЫ
ГОЛОВНОГО МОЗГА

И.Д. Надеждин, А.Е. Баулина, С.Л. Тришкин, И.А. Богомолов,
П.А. Кузьмина (ред. П.М. Жучкова, С.М. Тимченко) 161

МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ТРЕПАНАЦИИ

М.М. Орлов, Е.С. Сурова, Г.В. Рахматулин, В.А. Лобова, Е.М. Костяев,
Д.С. Жидков (ред. Е.Н. Голубева, С.М. Тимченко) 174

МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНДОСКОПИИ

К.К. Скворцов, Д.С. Садовов, А.Д. Богатырев, Н.С. Калущих,
А.И. Тухватуллин, Я.И. Абрамов, Е.Н. Голубева
(ред. Е.Н. Голубева, С.М. Тимченко) 185

ПРОДАЖА МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Е.В. Машина, Н.С. Лесин, М.А. Самохвалова, А.Ю. Константинов
(ред. Я.С. Пархоменко, С.М. Тимченко)..... 202

ЦИФРОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ А.Д. Азызов, Ф.С. Кичиков,
М.Д. Меренков, Д.А. Зуев, Ф.Р. Блинов

(ред. И.В. Шарапов, С.М. Тимченко) 225

ДОМАШНИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДАВЛЕНИЯ: ТОНОМЕТРЫ

К.Э. Бошков, С.А. Мурадов, Д.А. Ситниченко, К.Э. Ласточкин
(ред. И.В. Козловская, С.М. Тимченко) 238

РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА С ПОМОЩЬЮ ЭКЗОСКЕЛЕТА

М.С. Месяц, И.А. Кокунов, О.В. Тимашова, Е.А. Стебенева
(ред. И.В. Козловская, , С.М. Тимченко) 251

ФАНТОМЫ В МЕДИЦИНЕ. ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Е.Р. Рязанцев, М.И. Кузнецов, И.Д. Захаров
(ред. И.В. Козловская, С.М. Тимченко) 264

ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНАЯ МЕМБРАННАЯ ОКСИГЕНАЦИЯ (ЭКМО) И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В КРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ЧЕЛОВЕКА

**С.В. Лаперчук, А.А. Алемасов, К.М. Безбенко, Б.Д. Егоров, Д.В. Ефимов,
П.В. Коцуба (ред. М.А. Исаев, С.М. Тимченко)**

В данной статье представлена основная информация об экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО). Целью нашей работы стало изучения принципа действия аппаратов искусственного кровообращения. Также мы рассмотрели историю создания и эволюцию данных аппаратов. ЭКМО является сложной и высокотехнологичной процедурой, требующей специальной подготовки и опыта со стороны медицинского персонала. Благодаря своей эффективности и возможности спасения жизни пациента, метод широко применяется в клинической практике.

Введение

ЭКМО является искусственной системой замещения газообменной функции лёгких (оксигенация, элиминация углекислого газа) и кровообращения, обеспечивающей доставку кислорода к периферическим тканям при грубых, жизнеугрожающих расстройствах системной гемодинамики и/или лёгочного газообмена, когда другие методики их лечения и коррекции неэффективны. Метод подведения и пропускания крови в искусственном экстракорпоральном контуре приводит к тромбообразованию, что предполагает достижение и поддержание терапевтической гипокоагуляции (снижение способности крови сворачиваться с появлением склонности к повторным кровотечениям). Облигатное использование антикоагулянтных (вещества и лекарства, угнетающие активность свёртывающей системы крови и препятствующие образованию тромбов) препаратов повышает риск развития геморрагических осложнений, в том числе и жизненно угрожающих кровотечений и кровоизлияний.

1 Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО)

Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) является одним из методов протезирования жизненно важных функций организма, таких как газообменная функция легких и насосная функция сердца. ЭКМО уже на протяжении десятилетий используется в качестве кардиореспираторной поддержки при патологии сердца и легких, рефрактерной(невосприимчивой) к общепринятым методам лечения. Аппарат ЭКМО это аппарат искусственного кровообращения, состоящий из ротаметра, в котором происходит смешивание воздуха и кислорода, оксигенатора, в котором происходит оксигенация крови и элиминация из нее углекислоты, и помпы, или насоса, который способен обеспечить поток крови в объеме до 7 л/мин. Конструктивным отличием аппарата ЭКМО от интраоперационного аппарата искусственного кровообращения(используемого в период с момента помещения на операционный стол и до перевода в реанимационное отделение), рутинно используемого при проведении операций с остановкой сердца, является отсутствие у аппарата ЭКМО кардиотомного резервуара (для фильтрации, дебульбации и хранения крови во время процедур).

2 История развития технологии ЭКМО

Идея разработки методов экстракорпорального кровообращения (ЭКК) посещала многих исследователей еще в начале 19 века. Так, Le Gallois (Лё Галуа) в 1813 году была предложена сама теория того, что функции частей тела, отделенных от организма, способны восстанавливаться после проведения искусственной перфузии. Первые успешные эксперименты ЭКК на животных продемонстрировал в 1926 году российский исследователь С.С. Брюхоненко. Началом же эры ЭКК для человечества можно считать 16 мая 1953 года, когда Джон Гиббон выполнил первую в мире успешную операцию по закрытию дефекта межпредсердной перегородки с использованием созданного им аппарата искусственного кровообращения. Попытки применения ЭКК в условиях отделений интенсивной терапии (ИТ) были ограничены большим

количеством осложнений, в частности, массивным гемолизом, который развивался по причине несовершенства экстракорпоральных контуров использования оксигенаторов пузырькового типа. Прорыв был совершен в 50 60 годы XX века, когда Вильям Кольф, Клоуз, Теодор Колоубоу, Роберт Бартлетт в разное время были разработали и успешно апробировали оксигенаторы мембранного типа, которые исключили прямой контакт крови пациента и газовой фазы. В тот же период по явился термин «экстракорпоральная мембранная оксигенация» – (ЭКМО).

Первый успешный опыт лечения пациента с острым респираторным дистресс синдромом (ОРДС), возникшем в результате политравмы, был опубликован Дэвидом Хиллом в 1972 году.

Пациент выжил, не смотря на использование несовершенных пузырьковых оксигенаторов, которые приводили к большому числу различных осложнений. В 1975 году Роберт Бартлетт доложил о первом опыте применения ЭКМО у ребенка с ОРДС, возникшем в результате аспирации мекония. Эти годы можно считать точкой отсчета для клинического применения ЭКМО и изучения ее эффективности с позиции доказательной медицины. С 80 х годов XX века стало появляться все большее количество сообщений о применении ЭКМО в кардиохирургической практике как метода поддержки кровообращения. Однако число осложнений в связи с несовершенством аппаратной составляющей метода оставалось достаточно высоким, что ставило под сомнение целесообразность использования ЭКМО с позиции эффективности и безопасности. Первое многоцентровое исследование в США было проведено в 1979 году. Результаты были очень разочаровывающими с большим количеством смертельных исходов (90%) и отсутствием различий с контрольной группой. С появлением новых технологий (насос центрифужного типа вместо роликового; появление мембранных оксигенаторов, покрытых гепарином магистралей и др.) и совершенствованием метода проведение данной процедуры стало более безопасным и востребованным. Значительный всплеск интереса к ЭКМО наблюдался в 2009 году во время пандемии вируса гриппа, когда данная

технология сыграла важную роль в терапии острой дыхательной недостаточности вследствие тяжелого ОРДС. В настоящее время ЭКМО уверенно внедряется в клиническую практику как метод сердечно легочной поддержки не только в кардиохирургических, но и в многопрофильных стационарах, и имеет сформулированные показания и противопоказания. Последние данные свидетельствуют о расширении показаний для использования ЭКМО, которые несколько отличаются от традиционных – дыхательной недостаточности (ДН) на фоне ОРДС и сердечной недостаточности. Попытки оживления человека после наступления смерти имеют давнюю историю. В своих ранних формах реанимация, возможно, так же стара, как человечество. В египетской мифологии Исида, богиня плодородия, воды и ветра, изображалась дышащей в рот своему мужу богу Осирису, тем самым, оживляя его. Теоретические основы МКС (медицины критических состояний) были заложены во второй половине XVII в., когда в Лондонском королевском обществе, первой в мире Академии наук, проводились эксперименты по изучению механики дыхания и кровообращения, инфузионной терапии, переливанию крови и др.

2.1 Аппараты-предшественники (их плюсы и минусы)

Ведущую позицию в академии занимала группа под руководством Р. Бойля (1627—1691), имевшего диплом врача, но занимавшегося физикой, химией, теологией.

Входившие в число членов-учредителей Лондонского королевского общества У. Пэгги (1623-1687) и Т. Уиллис (1621 — 1675) Уильям Пэтти Томас Уиллис (1623-1687) (1621-1675) провели в 1650 г. первую успешную сердечно-легочную реанимацию, которая была описана в медицинской литературе. Р. Ловер (1631- 1691) исследовал в эксперименте переливание крови, а также жировую и воздушную эмболию, а Р. Гук (1635—1703) — физик и механик — роль пневмоторакса в нарушении дыхания, проводя искусственную вентиляцию легких (ИВЛ) у животных.

Первая трансфузия крови человеку (1667 г.) связана с именами Ж.-Б. Дени, впоследствии профессора медицины, и хирурга Эммерец, которые

произвели переливание крови от животного (ягненка) человеку. В дальнейшем Ж.-Б. Дени произвел еще несколько подобных переливаний. Он писал: «Животные не портят своего здоровья ни излишеством в пище и питье, ни сильными страстями; над животными можно употребить насилие, чего нельзя и опасно делать с людьми; животных можно приготовить к этой операции отборной пищей и, если молоко и мясо животных составляют питательную пищу для больных и здоровых людей, почему же не употребить их кровь?»

2.2 Исторические события и открытия, позволившие создать ЭКМО

Использования пузырькового оксигенатора для перфузии изолированной почки 1882 г. (Австрия).

ОКСИГЕНАТОРЫ — устройства, обеспечивающие функцию экстракорпорального газообмена путем насыщения венозной крови кислородом и удаления углекислого газа. Иногда их называют искусственными легкими. Венозная кровь и кислород в этих О., поступая снизу в газообменную камеру, контактируют между собой и образуют большую поверхность быстро меняющейся пенной структуры, в которой осуществляется контактный газообмен. Превращение пенной структуры в капельножидкое состояние происходит в следующей, пеногасительной камере.

Артериализованная кровь, прошедшая через фильтр и полностью освобожденная в спиралеобразных или наклонных стоках от пузырьков газа, поступает в отстойную камеру, откуда возвращается насосом в сосудистое русло организма.

Схема **пузырькового оксигенатора** (ВФ-1) представлена на рисунке 1.

Первый примитивный аппарат для искусственного кровообращения, включавший механические устройства для оксигенации и нагнетания крови, был создан Фреем и Грубером (1885, Австрия, Германия)

Венозная кровь из сосудов больного самотеком переливается в оксигенатор, располагающийся ниже уровня операционного стола, где насыщается кислородом, освобождается от избытка углекислоты и далее артериальным насосом нагнетается в кровяное русло больного.

Перед тем как попасть в кровяное русло больного кровь проходит через теплообменник (устройство для поддержания необходимой температуры крови) и фильтр-ловушку, предохраняющий от попадания в сосудистое русло больного эмболов (тромботические массы, кусочки кальция с клапанов и пузырьки газа).

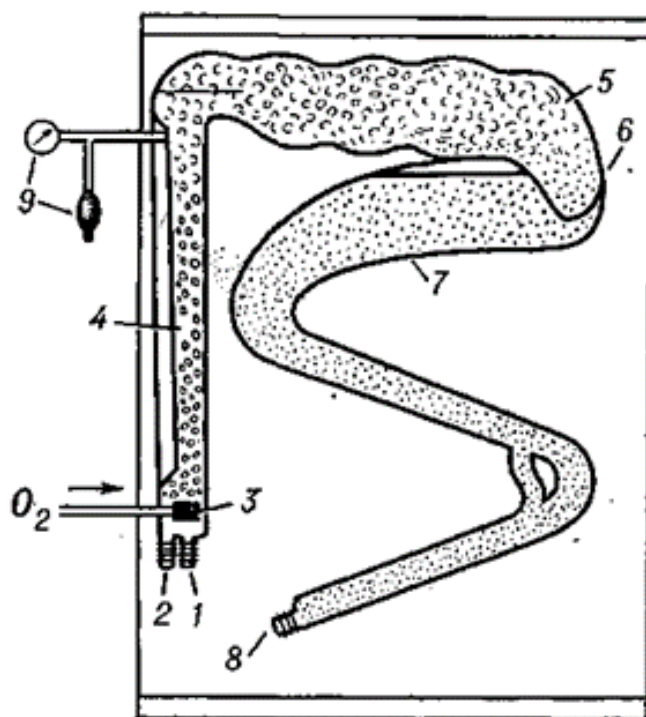


Рисунок 1 – Схема пузырькового оксигенатора (ВФ-1): 1 – вход для венозной крови; 2 – вход для отсасываемой кардиотомической крови; 3 – диффузор для кислорода; 4 – надувная газообменная камера; 5 – пеногасительная камера; 6 – фильтр; 7 – отстойная камера; 8 – выход артериализованной крови; 9 – манометр и баллончик для сжатия газообменной камеры

Кровь из вскрытых полостей сердца и поврежденных тканей эвакуируется в АИК с помощью специального устройства — так называемого коронарного отсоса.

Патология и осложнения. Во время операции с искусственным кровообращением наблюдается состояние, приближающееся к такому, которое возникает при массивном повреждении тканей в сочетании с большой кровопотерей, то есть к геморрагическому шоку.

Обезболивание не в состоянии сделать организм полностью нечувствительным к воздействиям искусственного кровообращения, особенно его гуморальному компоненту.

Наиболее характерны изменения гемодинамики. Так как минутный объем кровообращения во время перфузии поддерживается работой артериального насоса, эти изменения обусловлены главным образом сдвигами в системе сосудов.

Для искусственного кровообращения характерно снижение общего периферического сопротивления и АД (артериального давления). При этом сопротивление в различных участках сосудистой системы меняется по-разному, обуславливая перераспределение кровотока в организме; при этом наблюдаются две тенденции: так называемое защитное перераспределение и централизация кровообращения.

Нарушение свертывания крови после операции с искусственным кровообращением наблюдается нередко. Наиболее частыми причинами его могут быть неадекватная нейтрализация гепарина протамина сульфатом, дефибринация плазмы и разрушение тромбоцитов в АИК. Эффективными мерами борьбы с этим осложнением являются введение дополнительных доз протамина сульфата под контролем повторного титрования крови больного, переливание фибриногена и тромбоцитной массы.

Более редким, но опасным осложнением операций с искусственным кровообращением является фибринолиз. Основными причинами его возникновения являются массивная гемотрансфузия на фоне искусственного кровообращения. К возникновению фибринолиза более предрасположены больные с приобретенными пороками сердца, сопровождающимися функциональными нарушениями паренхиматозных органов.

Эффективной мерой борьбы с любой формой нарушения свертывания крови является переливание цельной донорской крови.

Открытие гепарина. Открытие гепарина датируется 1916 годом. В этом году его совершенно случайно открыл тогда еще студент медицинского факультета Университета Джонса Хопкинса (Балтимор, США).

Джей Маклин при исследовании липоидов-фосфатидов печени (гепар-фосфатид) и сердца (куорин). Исследуя гепар-фосфатиды, Маклин заметил, что они не только не повышают свертывание крови, а наоборот, проявляют антикоагулянтную активность.

Два года спустя Хауелл выделил исключительный антикоагулянт из печени и назвал его гепарином (от греч. *hepar*, или «печень»).

Хотя гепарин Хауелла не отличался чистотой и вызывал токсические реакции, его будущее было многообещающим. После утверждения метода очистки гепарина он впервые был применен в 1937 г. знаменитым канадским хиругом Гордоном Мюрреем.

Механизм действия гепарина обусловлен его способностью специфически связываться с антитромбином III, что резко повышает ингибирующее действие последнего по отношению к тромбину и другим протеазам, участвующим в свертывании крови. Как было выяснено, гепарин также может проявлять гиполипидемическое действие, повышая активность липопротеинлипазы. Липопротеинлипаза с помощью протеогликановых цепей гепарин-сульфата связывается со стенкой капилляров. В значительных количествах липопротеинлипаза содержится в сердце, жировой ткани, селезенке, легких, мозговом веществе почек, диафрагме, молочных железах, в крови же липопротеинлипаза почти не содержится.

Гепарин, который снижает способность крови к тромбообразованию в сосудах, используют во время операций на открытом сердце, коронарного шунтирования, почечного гемодиализа, переливания крови и при беременности. Гепарин, применяемый в медицине, производят из легких крупного рогатого скота и кишечника свиней. Препарат Гепарин

выпускается в виде раствора для инъекций, геля или мази. Действующим веществом в любых формах выпуска препарата является гепарин натрия.

Автором **метода и прототипа современного аппарата искусственного кровообращения** является советский ученый – патофизиолог С.С. Брюхоненко.

В 20-е годы XX века, изучая причины лихорадочных состояний и механизмы терморегуляции, он начал разрабатывать методику переживания изолированной головы собаки, жизнь которой поддерживалась с помощью изобретенного им аппарата – автожектора. Эти эксперименты начиная с 1925 г. широко демонстрировались на съездах физиологов и патологов, в том числе в присутствии зарубежных специалистов. На научную общественность производило неизгладимое впечатление, когда отделенная от тела и лежащая на блюде голова собаки в течение нескольких часов сохраняла целый ряд признаков жизни.

Познакомившись с С.С. Брюхоненко, и под впечатлением от его исследований А. Беляев написал свой фантастический роман «Голова профессора Доуэля».

После разработки первого оксигенатора – пенного аэратора (совместно с В. Д. Янковским) стало возможно проводить полноценное ИК в современном его понимании.

Сначала С.С. Брюхоненко применял автожектор для «оживления организма из состояния клинической смерти», а потом и при внутрисердечных операциях, которые с 1929 г. проводил совместно с Н.Н. Теребинским. Суть эксперимента заключалась в искусственном создании и последующем устранении различных пороков и дефектов клапанов у собак в условиях ИК. Результаты исследований были опубликованы во французском журнале физиологии и общей патологии в 1929 г. Описывая метод и аппарат ИК, Брюхоненко указывал: «Решение проблемы кровообращения всего организма открывает дорогу производству операций на сердце (например, на клапанах его)». Кроме изобретения автожектора, который был запатентован в Англии, Германии, Франции, С. С. Брюхоненко разрабатывал фундаментальные

направления, которые переросли в современные экстракорпоральные технологии. В его лаборатории проводились опыты с применением системной гипотермии, в том числе с целью защиты миокарда, предполагалось использование ИК для решения задач трансплантологии.

Автожектор Брюхоненко представлен на рисунке 2. Автожектор обеспечивает кровообращение по замкнутому кругу и как в организме, так и в изолированном органе автоматически поддерживает кровяное давление на заданном уровне. Аппарат сконструирован по принципу работы сердца теплокровных животных (рисунок 2): в нем имеются два перфузионных насоса мембранного типа — артериальный и венозный — с устройством для регуляции объемной скорости кровотока, работающих от разных электроприводов. Венозный насос отсасывает кровь из полых вен и прогоняет ее через вентилируемые изолированные легкие, подключенные к системе аппарата с целью газообмена циркулирующей крови (впоследствии с этой целью стали применять специальное устройство — оксигенатор пенного типа, предложенный С. С. Брюхоненко и В. Д. Янковским).

Насыщенная кислородом кровь поступает затем в резервный сосуд, из которого при помощи артериального насоса нагнетается в артерии. Регулирование артериального и венозного давления осуществляется автоматически при помощи контактного манометра. Необходимая температура крови поддерживается системой электрообогрева резервного сосуда и магистральных трубок. Максимальная производительность аппарата (объемная скорость кровотока) — 2,5 л/мин.

В 1929 г. проф. Н.Н. Теребинский в лаборатории экспериментальной терапии НХФИ начал проводить на собаках операции моделирования заболеваний атриовентрикулярных клапанов с помощью автожектора С.С. Брюхоненко. Однако осуществление подобных операций осложнилось тем, что Н.Н. Теребинский после подключения ИК так и не сумел добиться полной остановки сократительной деятельности сердца, в то же время после прекращения ИК восстановить ее до нормального уровня удавалось далеко не всегда, причем только на короткое время. Также выполнению

операций на открытом сердце препятствовала высокая токсичность имевшихся в распоряжении С.С. Брюхоненко и Н.Н. Теребинского антикоагулянтных препаратов, без которых не мог работать автожектор, а затем, после начала производства в 1935 г. отечественного гепарина, — отсутствие его антидота (протаминсульфат был открыт в 1937 г.). Поэтому основную массу экспериментальных операций по моделированию клапанных пороков сердца и их последующей коррекции (всего около 300 операций) Н.Н. Теребинский сделал в 1929—1937 гг. на работающем сердце, а к операциям на клапанах сердца с полным ИК всего организма он вернулся только в 1940 г.

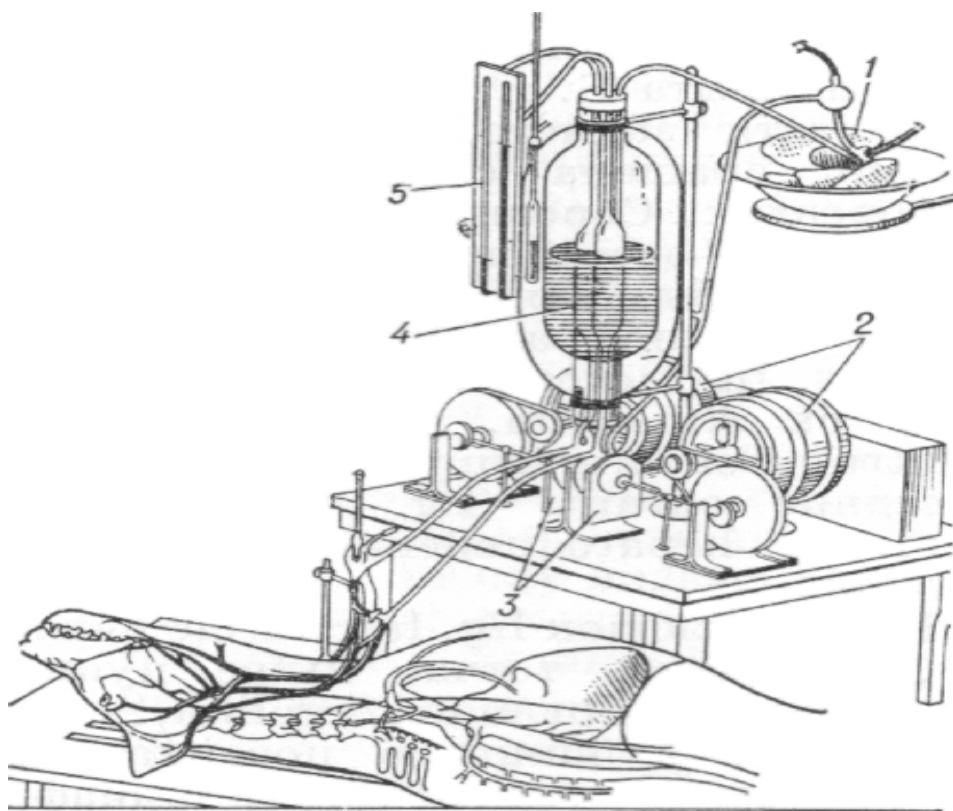


Рисунок 2 – Автожектор Брюхоненко: 1 – изолированные легкие; 2 – электроприводы; 3 – перфузионные насосы; 4 – резервный сосуд с насыщенной кислородом кровью; 5 – контактный манометр.

Идея «оживления из состояния клинической смерти» нашла свое практическое развитие в методиках вспомогательного кровообращения. Концепция о возможности экстракорпорального кровообращения

развивалась и во всем мире. В 1937 г. J. Gibbon высказался об ИК как о методе, способном обеспечить сердечную хирургию. Он отметил, что машина в состоянии заменить функцию сердца и легких, давая возможность хирургу устранять внутрисердечные пороки под контролем зрения в относительно сухом и обескровленном поле, в то время как мозг, миокард, печень, почки и другие ткани будут получать адекватный поток оксигенированной крови из аппарата «сердце – легкие».

Долгая работа исследователей увенчалась успехом 6 мая 1953 г., когда J. Gibbon выполнил первую успешную операцию ушивания межпредсердного дефекта на открытом работающем сердце в условиях полного сердечно-легочного обхода, он использовал полноценную систему обеспечения функций сердца и легких у 18-летней пациентки с сердечной недостаточностью.

Произведя разрез в области подмышки, он подключил катетеры к венам и артериям. Спустя всего 26 минут Гиббон закончил операцию по устранению дефекта межпредсердной перегородки и отключил девушку от аппарата. Пациентка выжила.

С этого момента начался клинический этап развития перфузиологии. В 50-е и 60-е годы XX в. во всем мире, особенно в Северной Америке и Европе, наблюдался настоящий «бум» использования экстракорпорального кровообращения (ЭКК).

В нашей стране первые операции с ИК были выполнены в институте, руководимом А. А. Вишневым, в 1957 г. История развития ИК в нашем Центре началась после образования Института грудной хирургии, где сразу была создана экспериментальная группа под руководством В. С. Раевского, а затем в 1960 г. – лаборатория искусственного кровообращения, руководимая М. Е. Кламмером. В 1959 г. в Институт приехала группа американских кардиохирургов под руководством Melrose, которые совместно с нашими сотрудниками выполнили несколько операций с ИК. Проведение ИК в то время было сопряжено с большой затратой времени и труда.

Модели используемых аппаратов состояли из физиологических узлов многоразового применения, требовали для своего заполнения большого объема донорской крови (до 4–6 л), были сложны в управлении и крайне ненадежны. Массивная гемотрансфузия с ее осложнениями, неадекватное анестезиологическое пособие и перфузионное обеспечение, агрессивность материалов экстракорпорального контура делали процедуру ИК травматичной и опасной.

На протяжении 50 лет с момента первой успешной операции на открытом сердце происходило постоянное усовершенствование аппаратов, появлялись оксигенаторы и экстракорпоральные контуры с минимальными первичными объемами заполнения, внедрялись новые биосовместимые материалы. Все это должно было минимизировать неблагоприятное воздействие перфузии на организм. Разработка и внедрение гемодилюции (Panico, Neptune, 1959), гипотермии в сочетании с искусственным кровообращением (Sealy, 1958) и защиты миокарда (Melrose, 1955) способствовали оптимизации перфузионного протокола и повлекли за собой ряд фундаментальных исследований, посвященных изучению патофизиологических и клинических аспектов этих направлений.

2.3 Кто, когда и при каких обстоятельствах создал технологию

Идея разработки методов экстракорпорального кровообращения (ЭКК) посещала многих исследователей еще в начале 19 века. Так, Le Gallois в 1813 году была предложена сама теория того, что функции частей тела, отделенных от организма, способны восстанавливаться после проведения искусственной перфузии. Первые успешные эксперименты ЭКК на животных продемонстрировал в 1926 году российский исследователь С.С. Брюхоненко. Началом же эры ЭКК для человечества можно считать 16 мая 1953 года, когда J. Gibbon выполнил первую в мире успешную операцию по закрытию дефекта межпредсердной перегородки с использованием созданного им аппарата искусственного кровообращения.

Попытки применения ЭКК в условиях отделений интенсивной терапии (ИТ) были ограничены большим количеством осложнений, в

частности, массивным гемолизом, который развивался по причине несовершенства экстракорпоральных контуров и использования оксигенаторов пузырькового типа. Прорыв был совершен в 50-60 годы XX века, когда W. Kolff, G. Clowes, T. Kolobow, R. Bartlett в разное время были разработаны и успешно апробированы оксигенаторы мембранного типа, которые исключили прямой контакт крови пациента и газовой фазы. В тот же период появился термин «экстракорпоральная мембранная оксигенация» – (ЭКМО). Первый успешный опыт лечения пациента с острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС), возникшем в результате политравмы, был опубликован D. Hill в 1972 году. В 1975 году R. Bartlett доложил о первом опыте применения ЭКМО у ребенка с ОРДС, возникшем в результате аспирации мекония. Эти годы можно считать точкой отсчета для клинического применения ЭКМО и изучения ее эффективности с позиции доказательной медицины. С 80-х годов XX века стало появляться все большее количество сообщений о применении ЭКМО в кардиохирургической практике как метода поддержки кровообращения. Однако число осложнений в связи с несовершенством аппаратной составляющей метода оставалось достаточно высоким, что ставило под сомнение целесообразность использования ЭКМО с позиции эффективности и безопасности.

С появлением новых технологий (насос центрифужного типа вместо роликового; появление мембранных оксигенаторов, покрытых гепарином магистралей и др.) и совершенствованием метода проведение данной процедуры стало более безопасным и востребованным. Значительный всплеск интереса к ЭКМО наблюдался в 2009 году во время пандемии вируса гриппа А/Н1N1, А/Н5N1, когда данная технология сыграла важную роль в терапии острой дыхательной недостаточности вследствие тяжелого ОРДС.

В настоящее время ЭКМО уверенно внедряется в клиническую практику как метод сердечно-легочной поддержки не только в кардиохирургических, но и в многопрофильных стационарах, и имеет сформулированные показания и противопоказания. Последние данные

свидетельствуют о расширении показаний для использования ЭКМО, которые несколько отличаются от традиционных – дыхательной недостаточности (ДН) на фоне ОРДС и сердечной недостаточности. Например, раннее подключение у пациентов с остановкой кровообращения и, таким образом, расширение традиционной сердечно-легочной реанимации (СЛР) до экстракорпоральной сердечно-легочной реанимации. Также в литературе представлены случаи подключения ЭКМО при кардиогенном шоке (КШ), рефрактерном к медикаментозной терапии и внутриаортальной баллонной контрпульсации, при обструктивном шоке, вследствие тромбоэмболии легочной артерии, а также при гипотермии, после утопления, после отравления кардиотоксичными препаратами, при обструкции дыхательных путей и при тяжелых нарушениях электролитного состава крови.

3 Основы работы ЭКМО

Система ЭКМО представляет собой полностью замкнутый контур, состоящий из насоса крови, оксигенатора, трубок и сосудистых канюль (Рисунок 3).

Во время проведения ВАЭКМО насосная функция сердца и газообменная функция лёгких (оксигенация, элиминация CO₂) частично (частичная ВА ЭКМО) и полностью (полная ВА ЭКМО) искусственно замещаются.

При частичной ВА ЭКМО кровь из экстракорпорального контура поступает в аорту (центральная ВА ЭКМО) или периферическую (бедренную, сонную, подключичную и т. п.) артерию (периферическая ВА ЭКМО), смешиваясь с потоком крови из левого желудочка.

В этой связи содержание O₂ и CO₂ в артериальной крови будет определяться суммарным вкладом в газообмен оксигенатора и собственных лёгких, а уровень системного кровотока будет представлять собой сумму объёма кровотока, нагнетаемого кровяным насосом контура ЭКМО, и объёмом кровотока, создаваемого самим сердцем. При полной ВА

ЭКМО системный кровоток и газообмен целиком зависят от эффективности работы системы ЭКМО, особенно в клинических ситуациях резкого нарушения насосной функции сердца и/или газообменной функции лёгких.

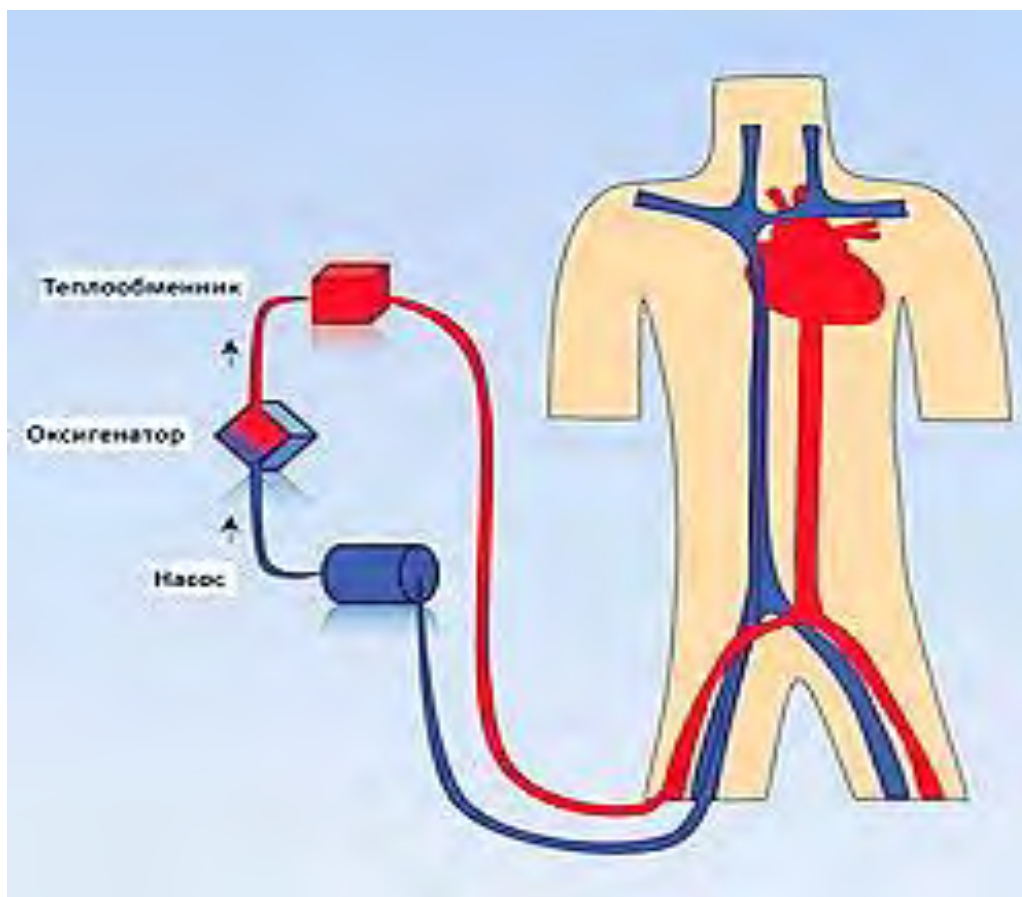


Рисунок 3 - Схематичное строение ЭКМО

Мембранные оксигенаторы капиллярного типа. Современные оксигенаторы, предназначенные для проведения ЭКМО, имеют капиллярное или полуволоконное строение.

В зависимости от расположения крови по отношению к мембране капиллярного волокна выделяют два основных типа мембранных капиллярных оксигенаторов. Кровь, поступившая в оксигенатор (кровяная фаза), может располагаться или с внешней стороны капиллярного волокна, омывая его снаружи (первый тип), или проходить внутри капиллярного волокна (второй тип). При втором типе существует

повышенный риск тромбоза капилляров и нарушения газообменной функции мембранного оксигенатора, в связи, с чем в настоящее время выпускаются капиллярные оксигенаторы первого типа. В зависимости от характера пространственного взаимоотношения выделяют капиллярные оксигенаторы с параллельным, противоположным и поперечным направлением потоков крови и газа. Внутреннее устройство (конструкция) оксигенатора должно быть таким, чтобы обеспечивать равномерное распределения крови вокруг всех капиллярных волокон, что исключало бы попадание в системной кровотока крови, не подвергшейся экстракорпоральной оксигенации и элиминации углекислоты. В современных мембранных капиллярных оксигенаторах газовый поток проходит внутри оксигенатора, кровь расплзается со стороны внешней поверхности 8 капиллярного полиметилпептенового волокна с биосовместимым покрытием, что способствует улучшению физико-биологических свойств капиллярной мембраны, повышению продолжительности её оптимального функционирования в целях длительного использования во время ЭКМО. Наличие тонкого слоя биосовместимого покрытия, прикрывающего микропоры капиллярной полиметилпептеновой мембраны сделало капиллярную мембрану истинно диффузионной.

Обеспечение терморегуляции при проведении экстракорпоральной мембранной оксигенации. Во время прохождения крови по экстракорпоральному контуру и через оксигенатор происходит потеря тепла, что может привести к понижению температуры тела с последующими гемодинамическими, метаболическими, газообменными и реологическими расстройствами. В связи с этим одним из обязательных условий при проведении ЭКМО является поддержание на оптимальном уровне теплового баланса организма, что может быть достигнуто как применением наружных систем согревания пациентов, так и специальных теплообменных устройств (теплообменников), обеспечивающих активное согревание или активное/пассивное охлаждение крови при её прохождении по экстракорпоральному контуру.

Теплообменники являются обязательный компонентом всех оксигенаторов, использующихся как для проведения ИК, так и ЭКМО.

Основная функция теплообменника заключается в регуляции температуры крови пациента во время экстракорпоральной перфузии. С помощью теплообменника возможно как поддержание, так повышение или понижение температуры крови и соответственно температуры организма в целом в зависимости от наличия нормо-, гипо- или гипертермии. Процесс теплообмена между теплообменной водой и кровью в современных оксигенаторах, происходит непосредственно внутри оксигенатора. Теплообменная вода поступает во внутреннюю часть оксигенатора через соответствующее входное отверстие, где дальше распределяется по сети полиуретановых волокон, противоположным своим концом открывающихся в выходное отверстие. В современных оксигенаторах используются полиуретановые волокна, потому что они имеют удовлетворительные теплопроводящие характеристики, являются биологически-инертными материалами, не приводящими к значительной контактной активации клеточных и неклеточных компонентов крови, и их прочностные характеристики исключают прорыв волокна с последующим проникновением теплообменной воды в кровь.

Насос крови. Для экстракорпорального кровообращения применяется два вида насосов: роликовые и ротационные. Роликовые насосы используются чаще в кардиохирургии для проведения ИК. Для целей вспомогательного кровообращения целесообразно применять центрифужные (ротационные) насосы т. к. они меньше повреждают форменные элементы крови, имеют меньший объём заполнения и меньший размер.

Существует три разновидности ротационных насосов: аксиальные, диагональные и радиальные. При проведении ВА ЭКМО чаще используют ротационные радиальные (центрифужные) и диагональные насосы.

Артериальные и венозные канюли, предназначенные для проведения ЭКМО «Канюля» относится к катетеру, который

устанавливается непосредственно в сосуд для ЭКМО, чтобы отличить это устройство от других катетеров.

Венозные и артериальные канюли предназначены для забора крови и последующего её возврата в организм после прохождения через оксигенатор. Канюли для ЭКМО, выпускаемые различными фирмами-производителями, имеют сходное строение, скоростные и резистивные характеристики.

Правильный выбор размера (диаметра) и длины канюль влияет на адекватность осуществления экстракорпорального кровообращения и самой процедуры ЭКМО, особенно при периферической методике её проведения. Венозные канюли делятся на однопросветные и двухпросветные. Однопросветные венозные канюли предназначены для забора крови из нижней или верхней поллой вены, и могут быть установлены пункционным закрытым (чрезкожным) или открытым способом через бедренную (правую или левую) или внутреннюю яремную вену (как правило, правую). В отличие от искусственного кровообращения (кардиохирургические операции) при проведении ЭКМО происходит активная аспирация крови в венозную канюлю с помощью насоса крови. В случае проведения ВВ ЭКМО однопросветная канюля, установленная в контрлатеральную бедренную вену или правую внутреннюю яремную вену, обеспечивает также возврат оксигенированной крови в организм. Для осуществления ВВ ЭКМО применяется также двухпросветная (или двухходовая) венозная канюля, устанавливаемая через правую внутреннюю яремную вену и обеспечивающая одновременный забор и возврат крови.

При проведении периферической ВА ЭКМО для возврата крови в системный кровоток применяется прямая армированная артериальная канюля, диаметр (размер) и длина которой определяется предполагаемой наибольшей объёмной скоростью экстракорпорального кровотока, а также анатомическими особенностями, прежде всего размером артериального сосуда, в который будет происходить установка канюли (бедренная артерия, подключичная артерия, сонная артерия).

4 Область применения ЭКМО

Активно развивающимся направлением является использование ЭКМО в качестве гемодинамической поддержки при проведении планового ЧКВ (чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) — это минимальноинвазивное вмешательство, которое выполняется через небольшой прокол в коже) у пациентов с многососудистым, технически-сложным для стентирования поражением коронарного русла, в том числе ствола левой коронарной артерии. Манипуляции эндоваскулярного хирурга на таком коронарном русле сопряжены с высоким риском развития ишемии миокарда и жизнеугрожающими нарушениями ритма. Внутриаортальная баллонная контрпульсация (ВАБК), являющаяся «золотым стандартом» гемодинамической поддержки, в условиях нарушения ритма оказывается неэффективной. Поэтому ЭКМО является более рациональным методом механической поддержки кровообращения у таких больных.

По статистике 3-5 % обычных кардиохирургических операций могут осложняться посткардиотомной острой сердечной недостаточностью, клинические проявления которой характеризуются как синдром малого сердечного выброса и кардиогенный шок (КШ). Примерно 1 % из этих пациентов требуют послеоперационной механической поддержки кровообращения из-за рефрактерных к стандартным терапевтическим подходам нарушений гемодинамики. Острый инфаркт миокарда осложняется КШ в 3-8 % случаев. При этом летальность достигает порядка 80 %, и может быть даже выше без агрессивного лечения. Поэтому, кроме классического медикаментозного лечения, при КШ весьма перспективным представляется использование механической поддержки кровообращения.

Острая дыхательная недостаточность на фоне потенциально обратимых процессов, таких как ОРДС, а также использование ЭКМО в качестве моста к трансплантации легких, стали наиболее распространенными показаниями к данному методу у взрослых. Предпосылками к этому стал известный факт, что вентиляция с высоким

давлением в дыхательных путях и большим дыхательным объемом может иметь пагубные последствия, такие как вентилятор-индуцированное повреждение легких, развитие пневмоторакса. Таким образом, использование ЭКМО у этих пациентов позволяет обеспечить «отдых» и защиту легких посредством менее агрессивных настроек аппарата искусственной вентиляции. ЭКМО может играть определенную роль в лечении пациентов с септическим шоком, передозировкой гипотензивных препаратов, тиреотоксикоз-индуцированной сердечной недостаточностью.

По данным регистра ELSO, на январь 2016 года выживаемость среди пациентов, потребовавших поддержки в виде ЭКМО, среди взрослых составляет 56 %, а среди детей – 67 %.

4.1 Показания и противопоказания к подключению ЭКМО

В мета-анализе, охватывающем 12 исследований и 1866 пациентов, было установлено, что суммарная частота осложнений ЭКМО при КШ была следующей: ишемия нижних конечностей – 16,9 %, ампутация нижней конечности – 4,7 %, неврологические осложнения – 13,3 %, острое повреждение почек – 55,6 %, заместительная почечная терапия – 46,0 %, значимое кровотечение из места канюляции – 40,8 %, а также тяжелая инфекция – 30,4 %. Данные других авторов показывают близкую по значению высокую частоту осложнений. Некоторые исследования показывают долгосрочные нейрокогнитивные аномалии в более чем 50 % случаев, а также ухудшение качества жизни пациентов после ЭКМО. Длительность пребывания пациентов в отделении интенсивной терапии, как правило, очень большая и стоимость их лечения, как правило, гораздо выше, чем при проведении традиционной терапии.

5 Современная классификация технологии ЭКМО

По канюляции относительно сердца выделяют:

- Центральное ЭКМО, подразумевает хирургическую (открытым способом) постановку канюль непосредственно в сердце и корень/дугу аорты, доступ осуществляется как правило через стернотомию, реже торакотомию, применяется у детей и взрослых, чаще при кардиохирургических вмешательствах (рисунок 4 А).

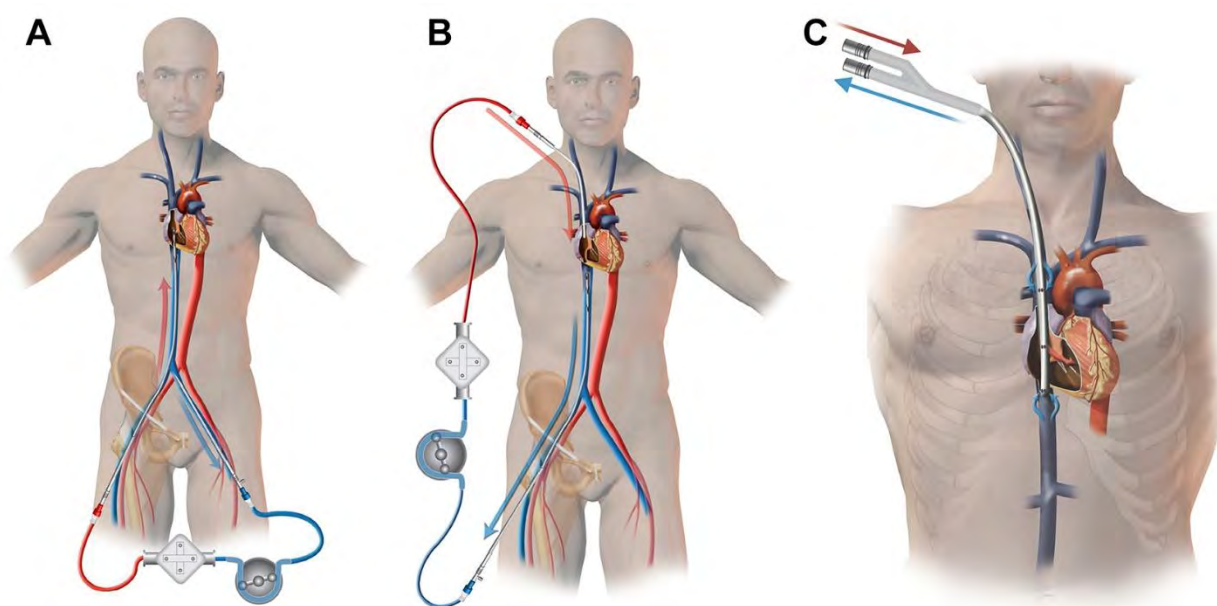


Рисунок 4 - Схема подключения ЭКМО относительно сердца:

А – центральное, Б – периферическое, В – центрально-периферическое

- Периферическое ЭКМО, подразумевает постановку канюль в крупные сосуды пункционным или хирургическим способом, имеет ряд преимуществ, сопряженных с меньшими рисками развития кровотечений, инфекции, позволяет активизировать пациента (вертикализация, гимнастика) (рисунок 4 Б), однако при ретроградной схеме перфузии в аорте может потенцировать синдром «Арлекино» (гипоксия миокарда, головного мозга и правой верхней конечности) при сочетании у пациентов циркуляторной и дыхательной недостаточности.

- Комбинированный вариант ЭКМО, сочетающий центральную и периферическую канюляции, применяется с целью уменьшения потенциальных осложнений, сопряженных с центральной канюляцией

(кровотечение, инфицирование), отчасти упрощает возможность активизации пациента (рисунок 4 В).

По типу кровообращения выделяют:

- Веноартериальное (В-А) ЭКМО, подразумевает забор венозной крови из крупного венозного сосуда или правого предсердия, возврат оксигенированной крови в крупный артериальный сосуд, применяется преимущественно у пациентов с циркуляторной недостаточностью для моделирования необходимой объемной скорости перфузии и поддержания системной гемодинамики, как правило, это категория пациентов с рефрактерной традиционной терапией (рисунок 5 А).

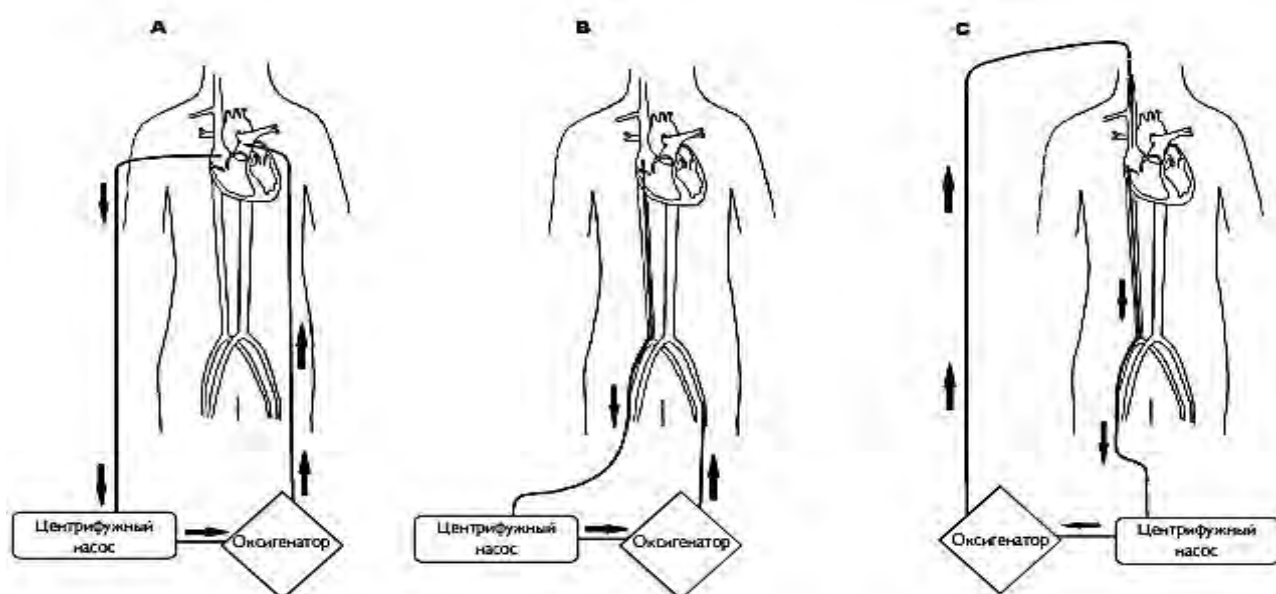


Рисунок 5 – Схемы подключения различных типов экстракорпоральной мембранной оксигенации: вено-артериальная ЭКМО с центральной канюляцией (А); вено-артериальная ЭКМО с периферической (бедренной) канюляцией (В); вено-венозная ЭКМО с двумя канюлями (С). Стрелками указано направление тока крови в экстракорпоральном контуре

- Вено-венозное (В-В) ЭКМО, подразумевает забор и возврат венозной крови из крупного венозного сосуда, применяется у пациентов с дыхательной недостаточностью рефрактерной к традиционной респираторной терапии (высокопоточная оксигенотерапия ВПОТ, ИВЛ, ВИВЛ) (рисунок 4 В, С).

- Артериовенозное (А-В) градиентное (без использования насоса) ЭКМО (рисунок 6), применяющаяся при дыхательной недостаточности, в большей степени сопряженной с гиперкапнией, например, у пациентов с тяжелым течением ХОБЛ. В этом случае забор артериальной крови осуществляется из бедренной артерии, а возврат декарбоксилированной и дополнительно оксигенированной крови – в бедренную вену.

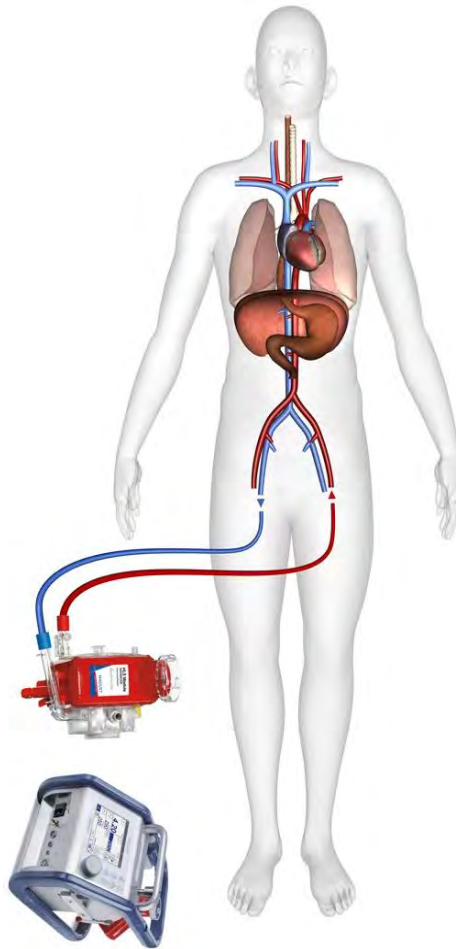


Рисунок 6 - Схема периферического артериовенозного без насосного ЭКМО

Перфузия осуществляется без насоса аппарата ЭКМО за счет градиента давления между бедренной артерией и веней.

Объемная скорость потока крови через оксигенатор регулируется поддержанием уровня артериального давления, в ряде случаев для этого применяются катехоламины.

Есть более сложные гибридные (рисунок 7 А) и параллельные (рисунок 7 Б) схемы осуществления перфузии.

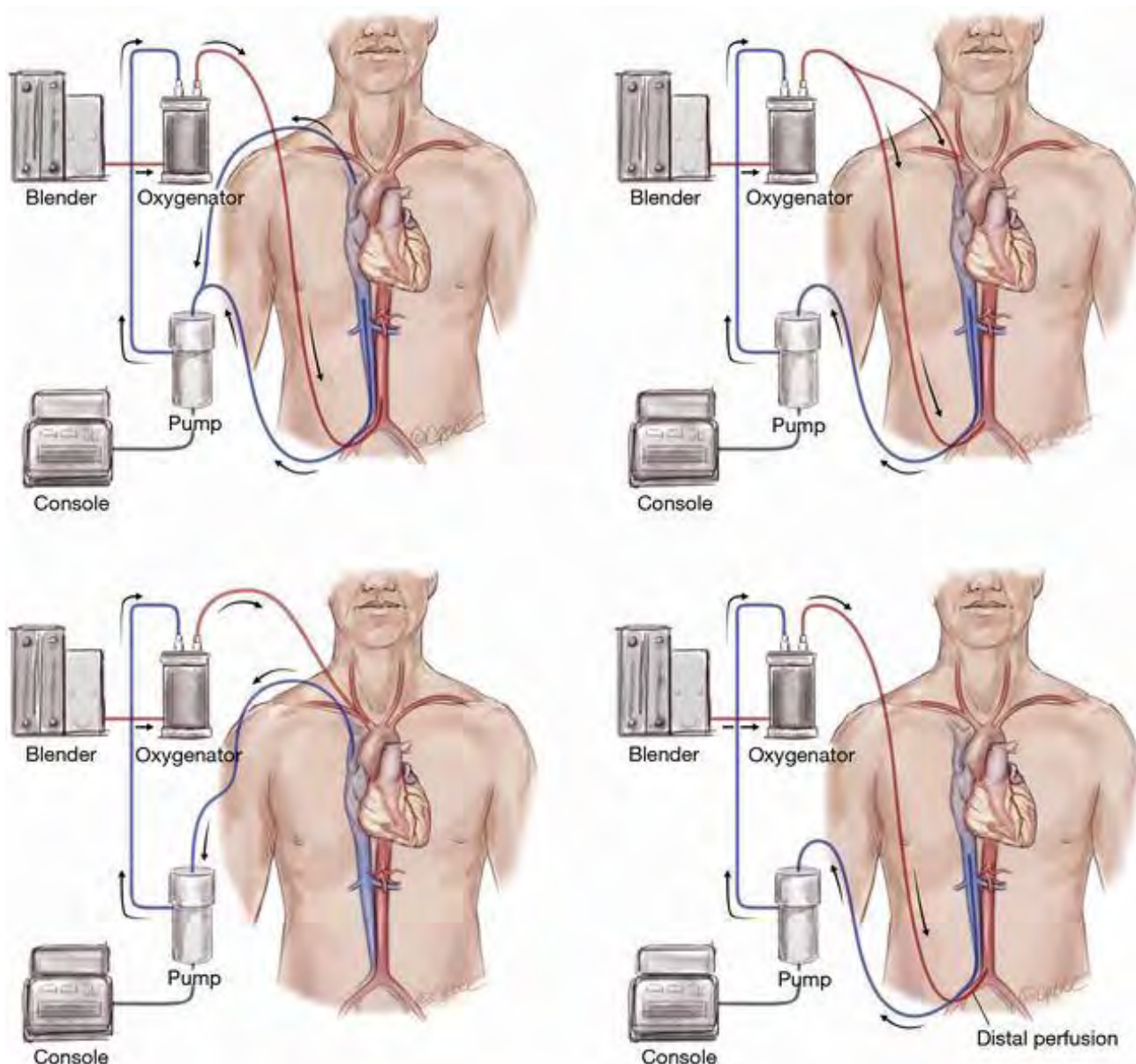


Рисунок 7 – Схемы осуществления перфузии: А – гибридный контуры ЭКМО; Б – параллельные контуры ЭКМО

- Гибридная вено-артериально-венозная (В-АВ) ЭКМО, подразумевает необходимость постановки дополнительной возвратной артериальной канюли для предотвращения гипоксии верхней части туловища при развитии синдрома «Арлекина».
- Гибридная вено-венозно-артериальная (ВВ-А) ЭКМО, подразумевает необходимость постановки дополнительной заборной (дренажной) канюли в крупную вену и/или правое предсердие при недостаточном притоке крови в контур аппарата ЭКМО.

- Параллельный вено-венозный или параллельный веноартериальный контур ЭКМО, применяется при необходимости перфузии на больших скоростях при ограниченности номинальной мощности одного оксигенатора.

Такая потребность может возникнуть у крупных пациентов с большой площадью поверхности тела или большим весом, так же клинически может возникнуть необходимость при высоком сердечном выбросе на фоне сепсиса или гиперметаболического синдрома.

5.1 Перспективы развития ЭКМО в будущем

Перспективы развития и применения аппарата ЭКМО весьма обнадеживающие. Во-первых, постоянно совершенствуются конструкция и функциональность аппаратов, что позволяет уменьшить их размеры и вес, сделать их более мобильными и удобными в использовании. Это делает процедуру экстракорпоральной оксигенации доступной для большего числа медицинских учреждений и позволяет проводить ее даже в условиях, где ранее не было возможности оказать такую помощь пациентам. Во-вторых, прогресс в области биоматериалов позволяет создавать достаточно прочные и безопасные мембраны для экстракорпоральной оксигенации. Это способствует улучшению эффективности и долговечности аппаратов ЭКМО, а также снижает риск возникновения осложнений и побочных эффектов. В-третьих, постоянно совершенствуются алгоритмы работы аппаратов экстракорпоральной мембранной оксигенации. Новые исследования позволяют улучшить параметры поддержки жизнедеятельности пациента, разработать индивидуальные программы лечения и достичь максимально эффективных результатов.

Поэтому можно уверенно сказать, что аппарат экстракорпоральной мембранной оксигенации имеет огромный потенциал и будет продолжать развиваться в будущем. Применение данной технологии будет расширяться и станет все более востребованным в лечении различных критических состояний, таких как острая сердечная недостаточность, травмы легких, острая респираторная недостаточность и др. Аппарат

ЭКМО станет неотъемлемым инструментом в руках врачей, помогая спасать жизни и обеспечивать быстрое восстановление пациентов.

5.2 Как отразилось использование данной технологии на певице МакСим

Ольга Шупко, научный руководитель сети клиник иммунореабилитации, сообщила, что у певицы МакСим после использования аппарата ЭКМО могут возникнуть аутоиммунные осложнения, и потребуются долгий реабилитационный период.

Врач пояснила, чем грозит длительное пребывание под аппаратом ЭКМО и всерьез опасается за здоровье певицы: «Необходима продолжительная терапия, чтобы убрать хроническое воспаление. В противном случае после коронавируса могут развиваться аутоиммунные осложнения. Избежать этого поможет адаптационная медицина.»

Реабилитация будет долгой. Ольга Шупко сообщила, что при столь обширном поражении лёгких реабилитация будет длительной, и певица ещё не скоро сможет восстановить свою концертную деятельность:

Тренировки митохондрий с помощью гипокситерапии — метод лечения при помощи вдыхания воздуха. Потребуется и восстановление кишечной микробиоты, так как COVID ее сильно разрушает, а микробиота — это также наш иммунитет.

Заключение

Таким образом, экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) является жизнеспособной стратегией спасения кардиохирургических пациентов с 40% выживаемостью до выписки. Тщательное внимание к управлению объемом и переливанию крови являются важными показателями потенциальной выживаемости. ЭКМО уже является нашим будущим. Нынешняя медицина с каждым днем достигает новых новых высот. Применение данной технологии будет расширяться и станет все более востребованным в лечении различных критических состояний.

Литература

1. Корнелюк Р.А., Шукевич Д.Л. Экстракорпоральная мембранная оксигенация в интенсивной терапии критических состояний // Медицина в Кузбассе. Т.15, № 4, 2016. С. 3-9. <https://cyberleninka.ru/article/n/ekstrakorporalnaya-membrannaya-oksigenatsiya-v-intensivnoy-terapii-kriticheskikh-sostoyaniy/viewer>
2. Бахарев С.А. Комплексная оценка механизмов развития и коррекция геморрагических осложнений при проведении экстракорпоральной мембранной оксигенации. Диссертация канд. наук. 2021. <https://www.dissercat.com/content/kompleksnaya-otsenka-mekhanizmov-razvitiya-i-korreksiya-gemorragicheskikh-oslozhnenii-pri>
3. Клинические рекомендации. Применение экстракорпоральной мембранной оксигенации. <https://transpl.ru/images/cms/data/pdf/Klinicheskie-rekomendacii-membranoj-oksigenacii.pdf?ysclid=ln0r3s53il215152143>
4. Рекомендации ELSO по сердечно-легочной экстракорпоральной поддержке жизнедеятельности. Организация экстракорпорального жизнеобеспечения, Версия 1.3. Ноябрь, 2013. <https://экмо.пф/rekomendatsii/ekmo-obshchie>
5. Петрова Елена. Искусственное сердце и легкие: как спасают певицу МакСим в коме // kp.ru <https://www.kp.ru/daily/28297/4436509/>
6. Дьячкова Дарья. Врач назвал последним этапом перевод на ЭКМО, к которой подключена певица МакСим // Life.ru. 28.06.2021. <https://life.ru/turbopages.org/life.ru/s/p/1406327>
7. Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарноэпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями // Руководство – СПб.: ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова, 2022. – 113 с. <https://fcmk.minzdrav.gov.ru/wpcontent/uploads/2023/03/rukovodstvo-nir-ekmo.pdf>
8. Краткая история интенсивной терапии и реаниматологии. http://мкмиит.пф/REANIM/LEKCII/1_01.pdf
9. История переливания крови. История трансфузиологии. <https://meduniver.com/Medical/Xirurgia/272.html>
10. Оксигенаторы. БМЭ <https://бмэ.опг/index.php/ОКСИГЕНАТОРЫ>
11. Аппарат искусственного кровообращения реферат. 02.11.2023. <https://obrazovanie-gid.ru/referaty/apparat-iskusstvennogo-krovoobrascheniya-referat.html>
12. Серяк В.В., Мачнева И.В. Гепарин: история открытия и использование. <https://scienceforum.ru/2017/article/2017031976>

13. Аверина Т.Б., Самуилова Д.Ш. Что необходимо знать кардиологу об искусственном кровообращении? Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева РАМН, Москва, 2007 http://heart-master.com/wp-content/uploads/2013/04/2007_12_102-118.pdf
14. Салькова А. Искусственное сердце: качать – не перекачать 65 лет первой операции с аппаратом искусственного кровообращения. https://www.gazeta.ru/science/2018/05/06_a_11741593.shtml#:~:text=Американский%20хирург%20Джек%20%28Джон%29%20Гиббон%20Си%20отключил%20девушку%20от%20аппарата
15. Богопольский П. М., Глянцев С.П., Логинов Д.Т. Сергей Сергеевич Брохоненко-создатель искусственного кровообращения. <https://www.mediasphera.ru/issues/kardiologiya-i-serdechno-sosudistaya-khirurgiya/2016/6/1199663852016061074>
16. Для чего нужен аппарат ЭКМО? <https://ekstraverty.ru/dlya-cego-nuzen-apparat-ekmo>
17. Чем грозит аппарат ЭКМО здоровью певицы МакСим. Мнение специалистов. <https://tvcenter.ru/zvezdy/chem-grozit-apparat-ekmo-zdorovyu-pevitsy-maksim/>

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ ЗДОРОВЬЯ

**П.Д. Карпухин, А.А. Симонов, И.А. Мозголов, С.А. Софронов, А.В. Чиннов,
М.И. Щуров (ред. Ю.В. Булгакова, С.М. Тимченко)**

Введение

Пригодные для ношения устройства диагностики здоровья – это технологии, предназначенные для непрерывного амбулаторного контроля жизненно важных показателей здоровья человека в повседневной жизни (во время работы, дома, при занятиях спортом) и выявления возможных заболеваний на ранних стадиях.

Персональные технологии диагностики здоровья включают в себя различные устройства и приложения, которые позволяют пользователю контролировать и анализировать свои биологические данные. Эти данные могут быть связаны с физиологическими показателями пользователей, такими как пульс, кровяное давление, уровень кислорода в крови, температура тела, сон и многое другое.

Рынок портативных устройств для диагностики здоровья предоставляют людям новые возможности для самоконтроля и поддержания ЗОЖ.

Проблема данной темы заключается прежде всего в улучшение доступности и эффективности диагностики заболеваний в сфере здравоохранения. Традиционно, диагностика проводится при помощи лабораторных исследований, обследований и консультаций, что требует времени и финансовых затрат, а также может быть недоступно для жителей удаленных регионов и людей с ограниченными возможностями.

Персональные технологии диагностики здоровья представляют собой возможность улучшить доступность и эффективность диагностики. С развитием смартфонов и других персональных устройств, люди могут проводить диагностику заболеваний прямо у себя дома, без обращения к специалистам. Из этого вытекает актуальность нашего проекта.

Цель данного обзора состоит в том, чтобы представить последние данные о развитии мировой индустрии носимых устройств здоровья (Wearable Health Devices – WHDs) и также выделить основные тенденции, которые будут преобладать в этой сфере в ближайшие годы.

1 Персональные технологии диагностики здоровья

В последнее время все больше внимания уделяется вопросам здоровья и его мониторинга. Одним из перспективных направлений в этой области являются персональные технологии диагностики, позволяющие контролировать различные показатели организма.

Основное преимущество персональных технологий диагностики заключается в их доступности. Благодаря развитию технологий, многие устройства для мониторинга стали более доступными для широкого круга пользователей. Это позволяет контролировать свое здоровье, не прибегая к услугам медицинских учреждений.

Кроме того, персональные технологии диагностики отличаются удобством использования. Многие устройства имеют компактный размер и могут работать от аккумулятора, что делает их удобными для использования в любых условиях.

Еще одним преимуществом персональных технологий является возможность индивидуального подхода к диагностике. Результаты измерений могут быть доступны только самому пользователю, что обеспечивает конфиденциальность и позволяет контролировать состояние своего здоровья на индивидуальном уровне.

Однако, у персональных технологий диагностики есть и недостатки. Один из них – это субъективность результатов. Точность измерений зависит от правильности использования устройства и индивидуальных особенностей организма. Также, некоторые устройства могут быть сложными в использовании для людей, не имеющих медицинского образования.

2 Мониторинг функций организма

2.1 Электрокардиография

ЭКГ (электрокардиограмма) – графическое отображение электрических потенциалов, возникающих при сокращении сердца. Является крайне популярным и абсолютно безопасным способом проверки состояния сердца, не имеет противопоказаний и ограничений и может проводиться на постоянной основе. Преимущества данного способа неизмеримы, а потому возможность использовать его без посещения врача не является невозможной.

Благодаря ЭКГ можно диагностировать множество сердечно-сосудистых проблем, так, к примеру, можно диагностировать инфаркт и исследовать его тяжесть: зона некроза, локализация, глубина поражения.

Рассматривая ЭКГ устройства, мы можем вычленить множество категорий людей, для которых возможность исследовать свой организм в домашних условиях является необходимостью:

1. Люди с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Благодаря ЭКГ аппарату можно в кратчайшие сроки зарегистрировать критические ситуации.

2. Спортсмены и люди, занимающиеся активным видом деятельности. С помощью ЭКГ аппарата они смогут оптимизировать свои тренировки, не перегружая свой организм.

3. Люди преклонного возраста. Чем старше человек, тем выше риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, а благодаря постоянному наблюдению, мы можем предотвратить большинство проблем.

4. Люди, проходящие постоперационный период. После операций на теле, организм испытывает сильный стресс, пытаясь вернуться в прежнее состояние, а потому риск сердечно-сосудистых заболеваний возрастает.

Таким образом, спрос на персональные устройства ЭКГ крайне высок, а потому развитие данной сферы – неизбежное будущее нашего мира.

К сожалению, в данный момент в медицинской литературе мало упоминаются портативные ЭКГ-устройства. Прямо фигурирующих всего 6,

а косвенных упоминаний не более 20. Таким образом, не смотря на развитие данной индустрии, количество четких исследований их эффективности скудно. Но несмотря на это, имеющиеся данные указывают на трудно оспоримую полезность технологии.

Портативные ЭКГ-аппараты разделяются на 2 вида: устройства с одним отведением для конечности и устройства с грудными отведениями.

Устройства с одним электродом будут полезны категории пациентов с особыми эпизодическими нарушениями ритма, но для остальных они не будут полезными, в силу слабой чувствительности аппарата. Скорее такие устройства вызывают опасность, так как часто выдают либо ложноотрицательные результаты, скрывающие потенциальные проблемы, либо ложноположительные, вынуждающие посещать больницы, загружая работу медиков.

Устройства же с грудным отведением являются более приоритетными для обычных людей, но, к сожалению, они все еще не подходят для определения ишемии сердца, как это способны делать стандартные ЭКГ-аппараты, но в остальном прекрасно копируют их работу. Носимые устройства с несколькими нагрудными электродами будут иметь беспрецедентную полезность в диагностике стабильной стенокардии.

2.2 Устройства диагностики дыхательной системы

За последние годы качество воздуха во многих городах значительно ухудшилось, а после пандемии COVID-19 количество проблем, связанных с заболеваниями дыхательной системы, увеличилось, а потому индустрия устройств защиты и диагностики в этой сфере развивается быстрыми темпами.

Дыхание – необходимость для человеческого организма, а потому устройства для защиты или поиска проблем с дыханием являются актуальной темой на данный момент.

Не стоит оставлять без внимания людей, не способных самостоятельно дышать. Для них были созданы системы СИПАП и БИПАП. Оба вида систем помогают людям с апноэ или респираторными

болезнями, помогая дышать во сне, а если быть точным, они предотвращают закрытие дыхательных путей во время сна. СИПАП-аппараты направлены только на подачу воздуха в легкие, а БИПАП – на подачу и отвод воздуха из легких. Аппараты определяют давление в легких в конкретный момент и изменяют его, поддерживая постоянное дыхание. Данные аппараты также уже распространены в розничной продаже и помогают множеству людей ежедневно.

Для исследования базовой работы дыхательной системы используют спирографы и спирометры. Спирометрия – процедура исследования состояния дыхательной системы по таким параметрам, как: объем легких в различных состояниях, скорость на выдохе и общий объем легких. Спирография же в свою очередь преобразует полученные данные от спирометрии и выводит их в графическую запись. Портативные же аппараты спирометрии, которые используют люди с хроническими заболеваниями легких для постоянного контроля состояния своего организма, выводят результаты на дисплей. Спирометрия помогает сравнить состояние легких в разные моменты времени, выявляя отклонения от нормы даже при слабозаметных симптомах.

2.3 Измерение уровня кислорода и глюкозы в крови

Измерение уровня кислорода в крови является важным аспектом мониторинга здоровья, поскольку это может помочь предупредить развитие различных заболеваний. Молекулы этого газа переносят клетки гемоглобина, а уровень кислорода называется сатурацией. Нормальным является значение более 94%. Это необходимо для многих процессов в организме, включая обмен веществ и работу мозга. Низкий уровень кислорода может привести к усталости, головным болям и другим проблемам.

Пульсоксиметрия – это метод исследования, который позволяет определить уровень насыщения крови кислородом и частоту пульса. Он используется в медицине для диагностики различных заболеваний, а также для контроля за состоянием здоровья.

Пульсоксиметр – это прибор, который используется для проведения пульсоксиметрии. Он состоит из двух основных частей: датчика, который прикрепляется к пальцу пациента, и монитора, который показывает уровень насыщения крови кислородом и пульс.

Существуют два основных типа пульсоксиметрии – инвазивная и неинвазивная. При инвазивной пульсоксиметрии датчик вводится в вену пациента, что может вызывать дискомфорт и риск инфицирования. Неинвазивная пульсоксиметрия проводится с использованием датчика, который крепится к пальцу или мочке уха пациента. Этот метод является более безопасным и удобным для пациента.

Принцип работы неинвазивного пульсоксиметра: имеется два источника света инфракрасный светодиод и красный светодиод. Инфракрасный свет проникает через ткани и поглощается гемоглобином, который переносит кислород. Если кровь насыщена кислородом, то гемоглобин поглощает инфракрасный свет, а если нет, то свет проходит через кровь без поглощения. Красный светодиод служит для определения пульса, он излучает свет, который проходит через ткани и попадает на фотодетектор. Изменение поглощения инфракрасного света позволяет определить степень насыщения крови кислородом, а изменение поглощения красного света – частоту пульса. Дальше он передает эту информацию на монитор, который отображает результаты в виде процентов.

Измерение уровня глюкозы в крови также является важным аспектом контроля диабета. Глюкоза – это простой углевод, который является основным источником энергии для клеток нашего организма. Когда уровень глюкозы в крови повышается, это может привести к различным заболеваниям, включая диабет, сердечно-сосудистые заболевания и ожирение. По данным Всемирной организации здравоохранения людей, за период с 1980 по 2014 г. количество человек, страдающих диабетом, выросло на 314 миллионов. Стоит отметить, что на рост заболеваемости играет размер ВНД на душу населения. Так в странах

с низким и средним уровнем дохода распространенность диабета растет быстрее, чем в странах с высоким уровнем [6].

Сахарный диабет – это группа метаболических заболеваний, характеризующихся хронической гипергликемией, которая является результатом нарушения секреции инсулина, действия инсулина или обоих этих факторов. При тяжелых формах сахарного диабета жизненно важно контролировать концентрацию глюкозы в крови, постоянно измеряя ее уровни и вводя инсулин для поддержания его стандартных значений. Для измерения уровня глюкозы в крови используются глюкометры. Они представляют собой небольшие приборы, которые измеряют концентрацию глюкозы в небольшом объеме крови. Глюкометры обычно имеют небольшой дисплей, на котором отображается уровень глюкозы. В настоящее время существует 3 основных вида глюкометров:

1. Инвазивные глюкометры - это устройства для измерения уровня глюкозы в крови, которые требуют прокола кожи и взятия образца крови. Они являются наиболее точными и надежными методами измерения уровня глюкозы, но также могут быть более болезненными и неудобными для некоторых людей.

2. Частично-инвазивные глюкометры - это устройства, которые требуют минимальной инвазии для взятия образца крови. Они обычно используют тонкую иглу или канюлю для забора крови из пальца, мочки уха или других доступных мест. Эти устройства могут быть более удобными для некоторых людей, но они все еще могут быть немного болезненными.

3. Неинвазивные глюкометры это устройства, которые не требуют взятия образца крови для измерения уровня глюкозы. Вместо этого они используют различные технологии, такие как спектроскопия ближней инфракрасной области (NIRS), фотоплетизмография или термальная радиационная визуализация, чтобы измерить уровень глюкозы в интерстициальной жидкости или коже. Эти устройства могут быть более комфортными для некоторых людей, но их точность может быть ниже, чем у выше перечисленных глюкометров.

2.4 Измерение цикла физической активности

Измерение цикла физической активности - это процесс измерения количества движений, которые совершает человек в течение определенного периода времени. Это может включать в себя ходьбу, бег, езду на велосипеде, плавание и другие виды физической активности.

Существует несколько способов измерения физической активности:

1. Калориметр – это прибор, используемый для измерения количество тепла, которое выделяет тело человека во время физической активности, и на основе этого определяет, сколько энергии было потрачено.

Калориметр состоит из двух основных частей: датчика температуры и измерительного устройства. Датчик температуры помещается на тело человека и измеряет температуру кожи. Измерительное устройство анализирует данные, полученные от датчика, и производит вычисления.

Использование калориметра позволяет определить, насколько эффективно человек использует свою энергию во время физической активности. Это может помочь спортсменам оптимизировать тренировки и улучшить свои результаты, а также может быть полезно для людей, занимающихся фитнесом или просто ведущих здоровый образ жизни.

2. Шагомер – это устройство, считающее количество шагов, которые делает человек. Он обычно крепится на пояс или одежду и может быть использован для контроля физической активности. Шагомер работает путем измерения ускорения вашего тела, когда вы идете, то совершаете движение вперед и назад. Это движение создает небольшие колебания в вашем теле. Шагомер использует эти колебания, чтобы определить, сколько шагов вы сделали. Он измеряет изменения в скорости и направлении движения. Затем он складывает все эти изменения, чтобы получить общее количество шагов.

3. Фитнес-трекер – это более продвинутый вариант шагомера, который может отслеживать не только количество шагов, но и другие параметры, например, устройство имеет встроенный пульсометр для

измерения частоты сердечных сокращений пользователя, что может помочь пользователю определить уровень его физической нагрузки.

4. Умные часы – это еще один способ измерения физической активности. Принцип работы похож на фитнес-трекер. Однако его отличие заключается в том, что их носят постоянно. Это позволяет следить за физической активностью весь день. С их помощью можно с легкостью определить качества сна, так как встроенный датчик сердечного ритма измеряет частоту сокращений.

5. Приложения для смартфонов – существует множество приложений, которые могут помочь отслеживать физическую активность. Они могут считать шаги с помощью акселерометра и GPS, отслеживать сон и многое другое.

3 Тенденции рынка

3.1 Существующие устройства

Рассмотрим уже существующие девайсы на рынке, но важно помнить, что на данном этапе развития они не являются полноценной заменой стандартной диагностики. Они предназначены для дистанционного контроля врачом состояния здоровья пациента. На основе полученных данных специалист сможет принимать важные медицинские решения.

Диагностика атеросклероза от Aum Cardiovascular (рисунок 1). Предназначение: проверка коронарных артерий. Способ применения: Девайс прикладывается к груди пациента на 20 мин. Когда кровь проходит через артерии, возникает турбулентность, которая генерирует аудиосигнал. Гаджет улавливает его и анализирует. Полученные данные позволяют установить диагноз.

Мобильный монитор Caretaker (рисунок 2). Предназначение: позволяет выписывать больных домой раньше. Проверяет уровень кислорода в крови, частоту дыхания, пульс, давление и температуру. Способ применения: Девайс надевается на запястье. Измерения

передаются на мобильное устройство, а затем направляются лечащему врачу.



Рисунок 1 – Устройство для диагностики атеросклероза от Aum Cardiovascular



Рисунок 2 – Мобильный монитор Caretaker

Мобильное УЗИ MobiUS SP1 (рисунок 3). Предназначение: Устройство может использоваться для первичного медицинского обслуживания, неотложной помощи, обследования сосудистой системы и акушерства/гинекологии.

Способ применения: Данные УЗИ передаются на мобильное устройство посредством USB-кабеля. Также допускается синхронизация с ПК.

Электронный стетоскоп для iPhone от Stethee (рисунок 4). Предназначение: Устройство позволяет определить наличие шумов в

сердце. Для прослушивания можно использовать обычные наушники, или Bluetooth-гарнитуру.



Рисунок 3 – Мобильное УЗИ MobiUS SP1

Способ применения: Приложение создает аудиофайл в wav-формате и сохраняет результаты теста в виде изображения с достаточно высоким разрешением, что позволяет масштабировать его.

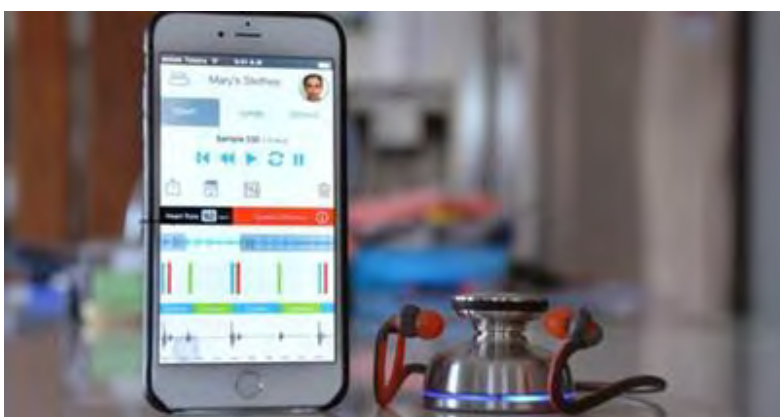


Рисунок 4 – Электронный стетоскоп для iPhone от Stethee

Мобильный глюкометр OneTouch VerioSyng (рисунок 5).
Предназначение: нужен для быстрого измерения уровня глюкозы в крови.
Способ применения: Девайс подключается к iOS устройству. В него вставляется тестовая полоска с каплей крови. Полученные данные выводятся на экран. Их можно сохранить на мобильном устройстве. Также приложение помогает проверить концентрацию потребляемых углеводов и вводимого инсулина.



Рисунок 5 – Мобильный глюкометр OneTouch VerioSyng

3.2 Перспективные проекты

Мировой рынок медицинских изделий на данный момент является одним из самых быстрорастущих и перспективных. Он обладает значительным потенциалом для развития, особенно на международной арене. Особое внимание стоит уделить сектору устройств, которые используются для постоянного мониторинга здоровья, ведь его объем стремительно растет. Прогнозируется, что рынок носимых медицинских гаджетов увеличится в 2,5 раза в ближайшие пять лет, при этом сами устройства станут более умными и удобными, меняя подходы к контролю за здоровьем.

Активное развитие получит и рынок "умной" одежды. По данным Global Market Insights, сектор интеллектуального текстиля составил 2,147 млрд долларов в 2021 году, а к 2030 году прогнозируется его рост до 16,421 млрд долларов [7].

Носимые устройства стали мировым трендом последних лет. Согласно исследованию Research and Markets, к 2027 году ожидается, что объем данного рынка превысит 60,4 млрд долларов [8].

В условиях пандемии COVID-19 актуальность телемедицинской помощи значительно возросла, и технологии в этой области активно улучшаются. Если верить исследованию McKinsey & Company, 46% потребителей здравоохранения продолжают использовать

телездоровоохранение, а 76% интересуются его использованием для диагностики здоровья без посещения специалиста [9].

Также появляется все больше приложений, напоминающих пациенту о приеме лекарств и измерении важных показателей здоровья, таких как давление и сахар в крови.

«Совсем недавно в России был запущен пилотный проект по обеспечению мониторинга состояния здоровья пациентов с использованием дистанционных высокотехнологичных устройств и сервисов. В рамках этого проекта, людям, страдающим диабетом или гипертонией, выдаются диагностические приборы, данные с которых поступают на цифровую платформу для дальнейшей обработки врачами-специалистами», – сообщает Минздрав России [4].

Быстрое развитие затронет в частности рынок носимых устройств. Согласно исследованию Ericsson ConsumerLab, внедрение датчиков, вживленных в тело, может стать следующим шагом в этой сфере. Такие имплантаты будут передавать информацию на другие носимые устройства пользователя, такие как смартфоны и фитнес-браслеты.

3.3 Проблемы внедрения и их решения

Одна из ключевых ценностей WHDs – возможность объединения нескольких биосенсоров в единый устройство, а затем обработка данных и оповещение через медицинские приложения. Однако, существует ряд преград для внедрения таких технологий. Прежде всего, это связано с проблемами недостаточной безопасности передаваемой информации. Для решения этой проблемы предлагается создание определенных принципов, которые гарантировали бы конфиденциальность и правомерное использование электронных медицинских данных. Для обеспечения их безопасности может быть использована биометрическая технология, включающая отпечатки пальцев, радужную оболочку глаза.

Одним из ключевых аспектов внедрения WHDs является оптимизация финансирования системы здравоохранения и снижение стоимости медицинских услуг.

С развитием технологий требуется непрерывное совершенствование методов диагностики для повышения их точности и надежности. Это включает в себя разработку новых датчиков, улучшение алгоритмов обработки данных и создание более удобных и доступных устройств для проведения диагностики.

Персональные технологии должны иметь способность быстро и точно диагностировать заболевания или состояния здоровья, чтобы пациенты могли получать быструю медицинскую помощь. Однако, возникает проблема увеличивающегося объема данных, которые требуется обработать для диагностики, поэтому нам необходимы более мощные алгоритмы обработки данных и вычислительные ресурсы для борьбы с этой проблемой.

Одной из важных задач персональных технологий для диагностики здоровья является возможность получения результатов анализа в режиме реального времени. Это позволяет быстро определить состояние здоровья и принять соответствующие меры. Однако, для этого необходимо разработать быстрые и надежные алгоритмы обработки данных, а также создать устройства с высокой производительностью для проведения диагностики.

С привлечением больших транснациональных компаний, таких как Google и Яндекс, а также стартапов в области инновационных материалов, электроники и телекоммуникационных информационных технологий WHDs ожидается преодолеть существующие преграды и укрепить свое присутствие на потребительском рынке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, внедрение персональных технологий диагностики здоровья в нашу повседневную жизнь стало мощным прорывом в мире медицины. Использование таких устройств является достаточно эффективным и современным способом контроля важных показателей здоровья человека, так как они позволяют собирать и анализировать

данные о состоянии пациента, обеспечивая возможность предупреждения заболеваний разной сложности.

Однако следует помнить, что, к сожалению, в настоящее время такие технологии не могут заменить полноценное медицинское обследование. Результаты диагностики, полученные с помощью личных устройств мониторинга необходимо показывать специалисту, так как только он имеет право назначать лечение.

Кроме того, необходимо соблюдать соответствующие меры безопасности для защиты личной информации пациента при использовании подобных технологий в медицине.

Литература

1. Толстихин А.Н., Черменев Д.А., Зайцева А.О. Электронные мобильные средства мониторинга физической активности человека // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. 2020. Вып. 5. С. 44-50.
2. Иванов И.А. Технологические тренды в области имплантируемой и носимой электроники и модификаций возможностей человека. М.: Электронное издательство «Эгитас», 2022 г.
3. Шадеркин И.А., Шадеркина В.А. Удаленный мониторинг здоровья: мотивация пациентов // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2020(3):37-43; <https://doi.org/10.29188/2542-2413-2020-6-3-37-43>.
4. В России стартовал пилотный проект по дистанционному мониторингу состояния здоровья пациентов с использованием высокотехнологичных устройств и сервисов [Электронный ресурс] <https://minzdrav.gov.ru/> (Дата обращения: 03.11.2023)
5. Аксенова Е.И., Андрусов В.Э., Горбатов С.Ю. Персональные технологии диагностики здоровья // Экспертный обзор. Москва ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ» -2023.
6. Диабет [Электронный ресурс] <https://www.who.int/ru/> (Дата обращения: 03.11.2023)
7. Smart and Interactive Textiles Market Size [Электронный ресурс] <https://www.gminsights.com/> (Дата обращения: 03.11.2023)
8. Global Wearable Medical Devices Market Outlook and Projections, 2019-2027 [Электронный ресурс] <https://www.researchandmarkets.com/> (Дата обращения: 03.11.2023)
9. Telehealth: A post-COVID-19 reality? [Электронный ресурс] <https://www.mckinsey.com/> (Дата обращения: 03.11.2023)

ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

**Д.А. Поляков, Н.Д. Белов, П.Д. Пашкина
(ред. И.В., Шарапов, С.М. Тимченко)**

Данная публикация представляет собой всесторонний обзор последних исследований о применении оптической эластографии в медицине. Как современный метод, оптическая эластография позволяет измерять и визуализировать деформации тканей под воздействием нагрузки без необходимости инвазивных процедур. В статье освещены основные принципы и методики данной техники, а также ее потенциал в диагностике различных заболеваний, таких как заболевания поджелудочной и предстательной железы, печени и глаз.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодняшняя медицина стремится к постоянному развитию и использованию новых способов для более эффективной диагностики и лечения различных заболеваний. Однако, существуют актуальные проблемы, связанные с точностью и объективностью оценки состояния тканей и органов. В этом контексте, оптическая эластография представляет собой инновационный подход, основанный на измерении и визуализации механических свойств внутренней среды. Основной целью данного исследования является полный обзор научных исследований, касающихся применения оптической эластографии в медицине. Мы рассматриваем важность и перспективы данного метода, его преимущества и ограничения, а также возможности его дальнейшего развития и расширения применения. Полученные результаты позволят расширить наше понимание и определить будущие направления использования оптической эластографии в медицинской практике.

1. Введение в оптическую эластографию

1.1 История развития эластографии

Первоначально эластография была предложена в начале 90-х годов прошлого века как метод для оценки упругих свойств тканей с использованием ультразвуковой томографии. В то время исследователи прикладывали рукой прямое давление к определенной области тела пациента и анализировали изменение тканевого отклика. Это позволяло получить представление о жесткости и эластичности тканей. Однако такая методика имела ряд ограничений, связанных с субъективностью и низкой репродуктивностью результатов. Вследствие этого исследователи начали искать более точные и надежные способы проведения эластографии. В 2000-х годах появились первые ультразвуковые аппараты, специально разработанные для проведения эластографии. Они использовали метод сдвиговых волн, основанный на создании и анализе ультразвуковых волн в тканях. Этот метод стал широко применяться в медицинской диагностике, так как он предоставлял более точные и воспроизводимые результаты. С течением времени эластография стала все более распространенной и нашла свое применение в различных областях медицины. Например, она используется для диагностики и оценки степени фиброза печени, определения раковых опухолей и других патологических изменений. В последующие годы эластография продолжала развиваться. Одним из важных достижений было внедрение метода импульсной эластографии, который позволяет получать более детальную информацию о механических свойствах тканей. В этом методе ультразвуковая волна генерируется коротким импульсом, который вызывает возбуждение упругих волн в тканях. Затем происходит анализ отклика тканей на эти волны, что позволяет определить их упругие свойства. Также с развитием технологий и появлением новых алгоритмов обработки данных, методы эластографии стали более точными и чувствительными. Это дало возможность проводить более надежное и раннее выявление различных патологий, таких как злокачественные опухоли, воспалительные процессы или фиброз печени. Сегодня эластография является широко применяемым

методом в медицинской диагностике. Она предоставляет информацию о жесткости тканей, что помогает врачам в диагностике, контроле лечения и принятии решений о дальнейших мероприятиях. В итоге, развитие эластографии существенно повлияло на возможности медицинской диагностики, позволяя ранее обнаруживать и оценивать различные патологии тканей. Этот метод продолжает развиваться, и в будущем можно ожидать еще более точных и передовых технологий в области эластографии [1].

2. Основы оптической эластографии

2.1 Механизм работы

Эластография – это уникальная технология, которая позволяет врачам диагностировать различные заболевания, анализируя упругость или жесткость тканей внутри нашего организма. Для этого используются специальные инструменты, такие как ультразвуковые сканеры или МРТ-томографы, которые создают изображения и проводят анализ деформаций. Процесс начинается с измерения упругости через механическое воздействие. Врач применяет волну ультразвука или магнитное поле и наблюдает, как ткань реагирует на это воздействие. Вся эта процедура опирается на простой принцип, ткани в нашем организме имеют различную плотность и, следовательно, разную эластичность. Одна из наиболее интересных особенностей эластографии заключается в использовании модуля Юнга, который является физической величиной, характеризующей способность сопротивляться растяжению или сжатию при упругом изменении формы. Модуль Юнга вычисляется на основе анализа деформаций и может различаться для разных типов тканей (таблица 1). Полученные данные передаются в компьютер и обрабатываются специальными программами. Благодаря анализу этих данных, врачи могут делать выводы о состоянии области изучения и возможных заболеваниях, что предоставляет им больше информации, чем стандартное УЗИ, и позволяет определить тип опухоли без необходимости проведения биопсии. Именно поэтому эластография – это метод, который

помогает получить более полное представление о функциональности ткани в данный момент и обнаружить потенциальные заболевания.

Таблица 1 - Модуль упругости некоторых материалов

Материал	Модуль Юнга Е, Па
Эластин	10^5 - 10^6
Коллаген	10^7 - 10^8
Мембрана эритроцита	$4 \cdot 10^7$
Клетки гладких мышц	10^4
Мышца в покое	$9 \cdot 10^5$
Кость	$1,2 \cdot 10^{10}$
Сухожилие	$1,6 \cdot 10^8$
Нерв	$18,5 \cdot 10^6$
Вена	$8,5 \cdot 10^5$
Артерия	$5 \cdot 10^4$
Древесина	$12 \cdot 10^9$
Резина	$5 \cdot 10^6$
Сталь	$2 \cdot 10^{11}$

2.2 Различные модальности

Эластография сдвиговой волны является методом оценки механических характеристик тканей с использованием ультразвуковых волн. Это неинвазивная процедура, которая позволяет визуализировать и картографировать механические свойства тканей, такие как жесткость, эластичность и деформируемость. Она может быть полезной для

диагностики различных заболеваний, таких как опухоль, фиброз, цирроз печени и заболевания щитовидной железы.

Транзиентная эластография (Transient Elastography, TE) является одним из подвидов метода эластографии сдвиговой волны. Она является широко используемым методом для оценки жесткости печени.

Принцип транзиентной эластографии основан на исследовании распространения упругих волн в печени. С помощью специализированных ультразвуковых преобразователей небольшой пульсирующий механический импульс подается на поверхность тела пациента в области печени (рис. 1). Затем измеряются упругие волны, которые распространяются внутри печени и отражаются обратно к преобразователю. Измеряется скорость распространения этих волн, которая в свою очередь связана с жесткостью ткани печени.

Транзиентная эластография позволяет быстро и безболезненно оценить степень фиброза печени, что является важным для диагностики заболеваний печени, таких как цирроз или гепатит. Исследование может быть выполнено без пациента, требующего госпитализации, и не требует специальной подготовки. Кроме того, этот метод является повторяемым и удобным для мониторинга эффективности лечения, поскольку он может использоваться для последовательных измерений во времени.

Результаты могут быть представлены в виде карты жесткости, где более жесткие области указывают на наличие рубца или патологии.

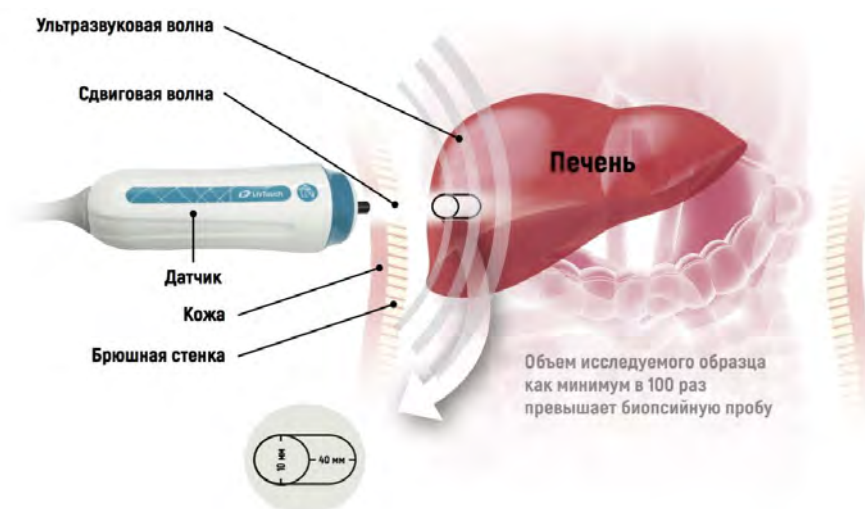


Рисунок 1 – Пример работы ЭСВ на печени

ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) эластография с применением Shear Wave Elastography (SWE) является еще одним подвидом метода эластографии сдвиговой волны. SWE представляет собой более продвинутую версию техники, которая обеспечивает более точные и количественные измерения жесткости тканей. SWE генерирует сдвиговые волны в тканях и измеряет их скорость распространения. Эти измерения представляются визуально, как цветовая карта жесткости, где более жесткие области представлены темным цветом, а более мягкие – светлым (рис. 2).

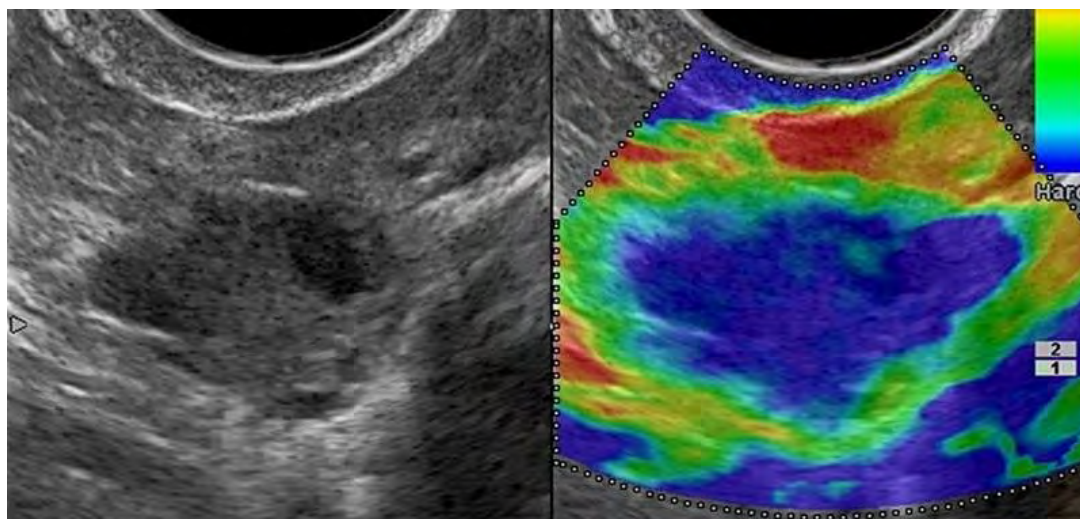


Рисунок 2 – Эластографическое изображение: синий цвет отражает самые плотные (жесткие) ткани, красный – менее плотные ткани, зеленый цвет показывает здоровые, более мягкие ткани

ARFI с SWE нашли применение в оценке различных органов и тканей, включая печень, щитовидную железу, молочные железы, предстательную железу и другие. Они могут быть полезны для диагностики заболеваний, мониторинга эффективности лечения и планирования хирургических вмешательств.

Отличие ARFI с использованием SWE от других методов заключается в использовании специальных звуковых импульсов внутри тканей для создания акустической радиационной силы. Это позволяет получать более детальную информацию о механических свойствах тканей, таких как их

жесткость и упругость. ARFI с использованием SWE широко применяется в диагностике различных заболеваний, включая опухоли молочной железы, предстательной железы и щитовидной железы.

В целом, метод эластографии сдвиговой волны и его подвиды, такие как транзистентная эластография и ARFI с использованием SWE, предоставляют ценную информацию о механических свойствах тканей. Они помогают врачам диагностировать и контролировать различные заболевания [2, 4].

3 Применение в диагностике заболеваний

3.1 Дифференциальная диагностика опухолей путем эластографии

Новой диагностической методикой эластографии в настоящее время широко пользуются для того, чтобы выявить опухоли поверхностно расположенных органов и тканей. Наиболее известной является методика компрессионной эластографии, при которой оценивается деформация тканей органа и возможность оценки соотношения величин деформации в разных участках зоны исследования. Но при проведении данной методики выявляется существенный недостаток - невозможность проведения количественной оценки упругости (или жесткости) тканей. Также классифицируют еще одну методику: эластография сдвиговой волны (ЭСВ). Используют методы: механического импульсного давления, акустического радиационного давления, акустических радиационных импульсах давления. В ходе обследования замеряется скорость продвижения сдвиговых волн в тканях и их упругость. В дополнение к обычной эхографии эластография дополняет обследование опухолей, ведь она помогает контрастнее показать объем злокачественных тканей [3].

3.2 Оценка эластических свойств тканей

Для того чтобы оценить эластичность исследуемых тканей используются различные показатели, применяемые в ходе математических вычислений. По «Модулю Юнга» и «коэффициенту Пуассона» оценивается податливость тканей или степень деформации

после воздействия. Приведем пример оценки поражений матки путем применения эластографии (рис. 3). Исследование было проведено в академической больнице в Нидерландах. Принимали участие в исследовании пациентки с подозрением на фиброму матки или аденомиоз. Обследование выполнялось следующим образом: одновременно с двухмерным ультразвуковым сканированием проводилась эластография органа, что помогло конкретизировать характер поражений [6].

3.3 Мониторинг эластичности при лечении

Мониторинг эластичности проводился, как и при первичном обследовании, так и при дальнейшем лечении. Фибромы выглядят темнее, чем миометрий, имеют выраженную капсулу и четкие контуры. Аденомиоз светлее, чем миометрий, не имеет четких контуров и неправильной формы. На основе выявленных характеристик тканей, пациенткам поставили наиболее точные диагнозы [5].

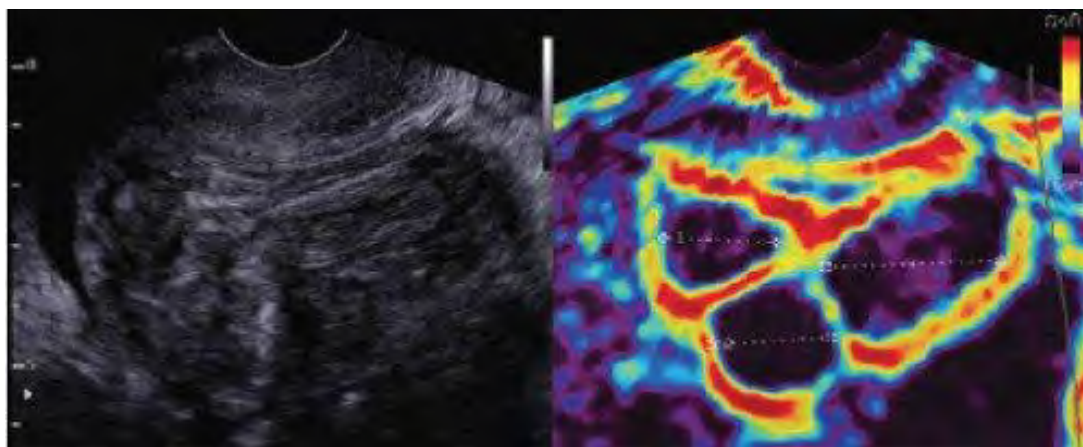


Рисунок 3 – Эластографическое изображение, полученное с помощью технологии ElastoScan™.

4 Оптическая эластография в гастроэнтерологии

4.1 Исследование поджелудочной железы

Исследование поджелудочной железы с использованием эластографии проводилось в МЛПУ "Клиническая больница No1" г. Смоленска. Данное исследование включало обследование 27 пациентов с разными клиническими формами поджелудочной железы, включая

псевдокисты при хроническом панкреатите, цистаденокарциномы и кисты при внутрипротоковой папиллярно-муцинозной аденоме. Все участники исследования проходили ультразвуковое исследование поджелудочной железы и печени, фиброгастродуоденоскопию (ФГДС) и эластографию при проведении эндосонографии у одного и того же врача в одном кабинете. Результаты исследования показали, что компрессионная эластография поджелудочной железы при эндосонографии является высокочувствительным методом для диагностики различных патологий, таких как цистаденокарциномы и псевдокисты. Коэффициент разницы SR, отражающий жесткость тканей, использовался для оценки степени жесткости опухолей и кист. Уровни коэффициента разницы SR варьировались в зависимости от типа патологии и колебались от 34,1 до 42,5 у.е. при цистаденокарциноме, от 44,7 у.е. при солидно-псевдопапиллярной опухоли и до 13 у.е. при постнекротических кистах. Компрессионная эластография поджелудочной железы при эндосонографии показала чувствительность в 96,7%, специфичность - 89,2% и точность - 94,5% [8].

4.2 Исследование печени

Исследование печени с использованием ультразвуковой эластометрии проводилось в Центральном Научно-Исследовательском Институте гастроэнтерологии. Цель исследования заключалась в оценке возможностей ультразвуковой эластометрии (ТЭ) в диагностике фиброза печени при различных хронических диффузных заболеваниях печени, включая неалкогольный стеатогепатит (САСГ). Результаты исследования показали, что непрямая ультразвуковая эластометрия является полезным методом для оценки степени фиброза печени. Корреляционный анализ показал значимую положительную связь между стадией фиброза, определенной морфологическими методами, и результатами не прямой эластометрии. Это подтверждает диагностическую значимость ультразвуковой эластометрии в оценке фиброза печени. Дополнительные исследования показали, что ТЭ может использоваться для исключения наличия фиброза и цирроза печени у пациентов с хроническими

заболеваниями печени. Однако в случае выраженного фиброза пункция печени остается наиболее точным диагностическим методом. Кроме того, транзиторная эластография показала диагностическую значимость для раннего выявления неалкогольного стеатогепатита и повреждения сосудов. Некоторые исследования также исследовали связь между жесткостью печени и уровнем гиалуроновой кислоты в сыворотке крови для предварительной оценки фиброза печени [7].

5 Применение оптической эластографии в офтальмологии и урологии

5.1 Диагностика заболеваний глаза

В современной офтальмологии катаракта является одной из самых распространенных проблем. Это сложное заболевание, которое возникает из-за нарушения обменных процессов, генетической предрасположенности и воздействия внешних факторов. Оценка механической твердости хрусталика является важным аспектом для оптимизации процесса факоэмульсификации и снижения возможных осложнений. Однако существующие методы оценки твердости хрусталика достаточно субъективны и основаны на визуальной оценке с использованием биомикроскопии. В офтальмологии также применяются ультразвуковые исследования для оценки состояния хрусталика. Динамическая эластография с использованием ультразвука является широко применяемым методом для оценки упругих свойств тканей в различных областях медицины. В офтальмологии эластография пока не используется в клинической практике, однако существуют исследования, в которых плотность хрусталика оценивается с помощью компрессионной эластографии. Некоторые исследователи предлагают комбинированное применение ультразвуковой эластографии и оптической когерентной томографии (ОКТ), называемой ОКТ-эластографией. Данный подход предлагает более высокое пространственное разрешение изображения и повышенную скорость сбора данных [10].

5.2 Диагностика заболеваний предстательной железы

Исследование было проведено на группе из более чем 300 пациентов, выбранных на основе результатов клинического обследования и лабораторных методов диагностики. В исследуемую группу вошли пациенты с плотными участками в структуре предстательной железы при пальцевом ректальном исследовании и/или повышенным уровнем простатического специфического антигена (ПСА) по результатам лабораторных исследований. Пациенты в этой группе имели уровень ПСА от 4,5 до 70 нг/мл и объем предстательной железы от 40 до 90 см³, средний возраст составил 63 года. Исследование включало комплексное ультразвуковое исследование с применением эластографии и трансректальную аспирационную биопсию предстательной железы (рис. 4). Первый этап исследования включал стандартное ультразвуковое исследование, где определялся объем предстательной железы, оценивались структура и эхогенность железы, семенных пузырьков и парапростатической клетчатки в стандартных и произвольных плоскостях. На втором этапе проводилась оценка васкуляризации ткани предстательной железы с использованием методов цветового Допплеровского картирования (ЦДК) и энергетического картирования (ЭК), где выявлялись участки деформации и усиления сосудистого рисунка. На третьем этапе проводилось исследование с использованием эластографии, где оценивался весь объем предстательной железы, ее капсулы, семенных пузырьков и парапростатической клетчатки. Особое внимание уделялось измененным участкам, выявленным на предыдущих этапах исследования. Результаты исследования показали, что на первых двух этапах у 184 пациентов были выявлены гипозоногенные участки, а у 52 были обнаружены области сниженной эхогенности неоднородной структуры. У 74 исследуемых на этих участках было обнаружено усиление и/или деформация сосудистого рисунка в режимах ЦДК и ЭК. Таким образом, результаты исследования с использованием стандартных ультразвуковых методов позволили предположить наличие ракового поражения предстательной железы в 236 случаях [9].

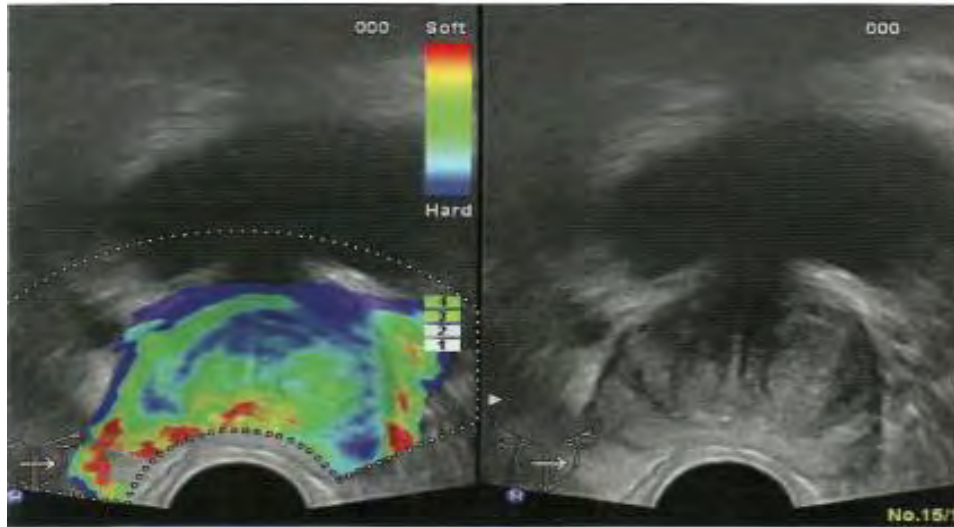


Рисунок 4 – Исследование с разделением на два экрана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптическая эластография один из наиболее эффективных методов в медицинской диагностике. Она позволяет:

- диагностировать опухоли: проводится оценка жесткости пораженной части тела, выявляется ее тип (злокачественная или доброкачественная).
- диагностировать печень: метод ОЭ широко используется для оценки жесткости печени. Это важно при диагностике цирроза печени и мониторинге его прогрессии.
- диагностировать болезни молочной железы: применяется в оценке состояния молочных желез.
- мониторить лечение: с его помощью прослеживаются изменения в свойствах тканей, используется для оценки эффективности лечения.
- обходиться без инвазивных исследований: процедура ОЭ является безболезненной и безопасной.

Обобщая вышесказанное, оптическая эластография представляет собой мощный инструмент в медицинской практике, который способствует ранней диагностике, мониторингу и лечению различных заболеваний, особенно тех, которые связаны с изменениями механических свойств тканей.

Перспективы дальнейшего развития эластографии включают в себя множество возможностей для улучшения метода и его применения в медицинской практике. Например:

- улучшение технических аспектов: продолжается работа над улучшением устройств, разрабатываются технологии, которые помогут увеличить разрешения изображений, улучшить чувствительность и специфичность метода.
- разработка многомодальных методов: разработчики стремятся к созданию многомодальных методов диагностики, которые комбинируют эластографию с другими техниками (например, обычное УЗИ, магнитно-резонансная томография) для получения более полной информации о состоянии тканей.
- приложения в онкологии: эластография имеет большой потенциал в онкологии, позволяя наиболее точно определять характер опухолей и их реакцию на лечение.
- развитие портативных устройств: работы ведутся над созданием портативных устройств для эластографии, что позволит проводить исследования во время процедурных вмешательств и в местах, где трудно установить крупное оборудование.
- исследование новых областей медицины: эластография может быть применена в разных областях медицины, таких как кардиология (для оценки жесткости сердечных тканей), ревматология (для исследования суставов), где механические свойства тканей играют важную роль в диагностике и мониторинге заболеваний.

Литература

1. Осипов Л.В. Технологии эластографии в ультразвуковой диагностике. Обзор. <https://izomed.ru/files/000032.pdf>
2. Григорий А.М. Ультразвуковая эластография: виды, достоинства, возможности и пределы методик. Лекция для врачей. <https://shopdon.ru/blog/ultrazvukovaya-elastografiya-vidy-dostoinstva-vozmozhnosti-i-predely-metodik-lektsiya-dlya-vrachey/>
3. Эластография: физика и принципы 19.09.2020 <https://ilivtouch.ru/elastografiya/>

4. Морозова Т.Г. Борсуков А.В. Современная характеристика эластографических методов исследования на примере их комплексного использования. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-harakteristika-elastograficheskikh-metodov-issledovaniya-na-primere-ih-kompleksnogo-ispolzovaniya>
5. Оценка эластических св-в тканей и мониторинг эластичности при лечении <https://cyberleninka.ru/article/n/opticheskaya-kogerentnaya-elastografiya-v-otsenke-biomehanicheskikh-svoystv-opuholi-v-hode-himioterapii-pilotnoe-issledovanie>
6. W.J.K. Hehenkamp, MD, PhD and B. Stoelinga, MD. Оценка поражений матки методом эластографии в реальном времени <https://www.medison.ru/si/art419.htm>
7. Променашева Т.Е. Козлова Н.М. Транзиторная эластография как метод неинвазивной диагностики неалкогольной жировой болезни печени <https://cyberleninka.ru/article/n/tranzitornaya-elastografiya-kak-metod-neinvazivnoy-diagnostiki-nealkogolnoy-zhirovoy-bolezni-pecheni>
8. Борсуков А.В. Морозова Т.Г. Новые диагностические возможности эндосонографии при заболеваниях поджелудочной железы с применением эластографии <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-diagnosticheskie-vozmozhnosti-endosonografii-pri-zabolevaniyah-podzheludochnoy-zhelezy-s-primeneniem-elastografii>
9. А.В. Зубарев, С.М. Алферов, Ю.П. Трибунов, В.Е. Гажонова, Е.А. Панфилова, А.В. Емельяненко Эластография в дифференциальной диагностике заболеваний предстательной железы. ФГУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Уд Президента РФ <https://kremlin-medicine.ru/index.php/km/article/download/646/637>
10. Сакалова Е.Д., Андреева И.В., Аль-Махдар Я.М. Современные ультразвуковые методы исследования биомеханических свойств хрусталика. Обзор литературы. Офтальмология. 2021;18(3S):688-694. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3S-688-694>

ПРОТЕЗИРОВАНИЕ. ЕГО ЗНАЧИМОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

**А.С. Голубинская, У.Д. Донева, В.А. Соловьева, С.Е. Пономарева,
В.В. Шевченко (ред. Я.С. Пархоменко, С.М. Тимченко)**

Данный реферат посвящен теме «Протезирование. Его значимость и практическое применение». Эта тема остается актуальной обществе на протяжении многих столетий, так как она напрямую связана с тем, чтобы заменить утраченные или поврежденные органы человеческого тела с помощью протезов. Поэтому в ходе написания работы будет изучена история появления первых протезов, собрана и проанализирована информация о различных видах протезирования, его эффективности и влияния на качество жизни людей с ограниченными возможностями. А также определена важность и практическая значимость протезирования в обществе, вместе с его достоинствами и недостатками в использовании.

Введение

Данная работа по теме "Протезирование" представляет обзор на историю протезирования, его практическое применение и проблематику, а также принципы работы протезов и их виды.

В данном реферате изучается тема протезирования, а именно его значимость и практическое применение. В рамках исследования проанализированы различные виды протезов, их эффективность и влияние на качество жизни людей с ограниченными возможностями. В первой части рассматривается история и начало протезирования, как одного из самых важных процессов. Вторая часть осуществляет обзор существующих видов протезов, их принцип работы и возможности. Рассматриваются протезы для конечностей, органов и систем организма. Внимание уделяется различным технологиям использования протезов, в зависимости от области применения. Проведен анализ значимости протезирования для людей с ограниченными возможностями. Исследованы психологические и физические аспекты, которые оказываются под влиянием использования протезов. Рассмотрены

исследования о повышении качества жизни и самооценки людей благодаря протезам. В третьей части проекта рассмотрены практические применения протезирования. Исследованы отрасли медицины, где протезы являются важными инструментами восстановления функций организма. Проанализированы конкретные случаи применения протезов и их результаты.

В статье показана важность и значимость протезирования. Проанализированы его преимущества и недостатки, сделан прогноз развития технологий протезирования.

Протезирование – это процесс восстановления или полного замещения необратимо поврежденных или утраченных частей тела с помощью специальных медицинских приборов – протезов. Именно поэтому протезирование является важнейшей отраслью в техническом развитии человечества, которое напрямую связано с медициной и восстановительной хирургией.

Протезирование имеет огромное значение в жизни человека, потому что благодаря протезам, люди, столкнувшиеся с потерей или повреждением конечностей, могут вернуться к обычному, привычному для них образу жизни. Протезы способны вернуть людям веру в свои возможности и силы, несмотря на свои физические ограничения, так как протезирование позволяет людям вновь стать равноправным членом общества. Благодаря развитию науки и техники появляются сложные и усовершенствованные протезы, которые становятся более эффективными и доступными, тем кто хочет вернуть функциональность своего тела и улучшить качество своей жизни.

С каждым годом современные технологии и новые разработанные материалы позволяют создавать протезы, которые максимально приближены к человеческим конечностям или органам. Новые технологии позволяют создать протезы с учетом индивидуальных особенностей человеческого организма, что дает возможность сделать протез более эффективным и удобным в повседневном использовании.

Протезирование в наше время – это не только замена утраченных или повреждённых из-за несчастного случая частей тела, но и восстановление функциональности и улучшение качества жизни для тех, кто потерял нормальную работоспособность своих органов в результате естественного процесса старения. Благодаря постоянному развитию и совершенствованию данной отрасли, протезирование помогает людям преодолевать жизненные трудности и возвращаться к нормальной и полноценной жизни

Так как протезирование в наше время сильно развивается и имеет огромное значение для жизни общества, мы хотим изучить историю и развитие протезирования, больше узнать о практическом применении протезов, выявить проблематику и полностью оценить значимость протезов в жизни человека.

1 История протезирования

История протезирования начинается еще с древних времен. Самые первые упоминания об искусственных конечностях можно встретить в древнеегипетских и древнеримских текстах, а самые первые функциональные протезы, известные исторической науке, появились в Древнем Египте более 5 тыс. лет назад. В эти времена протезы были простыми, недостаточно эффективными. Из-за этого они позволяли лишь частично восстановить функциональность организма человека. Такие протезы позволяли человеку справиться с потерей конечности, но не заменяли её. Поэтому в древние времена искусственные конечности выполняли больше эстетическую функцию, а не полноценно заменяли утраченные конечности или органы. Для создания первых протезов использовали различные материалы: дерево, кости животных и различные металлы. Именно из-за таких материалов протезы были грубыми и неудобными для использования в повседневной жизни. [1]

В наше время сохранилось несколько примеров протезов с древнеегипетских времен. Так в каирском музее хранится протез правой руки, созданный в конце XXVI века до нашей эры. Этот протез был

выполнен из дерева с кожаными ремешками, с помощью которых он крепился к телу человека. Причем кожаные ремни при движении помогали протезу выполнять некоторые жизненно важные функции: движение пальцев, сжатие и разжатие кисти руки, а также сгибание в локте. Также до наших времен сохранился деревянный протез пальца ноги (рис. 1), созданный около 3-х тыс. лет назад. Он позволял человеку сохранять устойчивость при ходьбе, правильно распределяя вес тела при шаге.

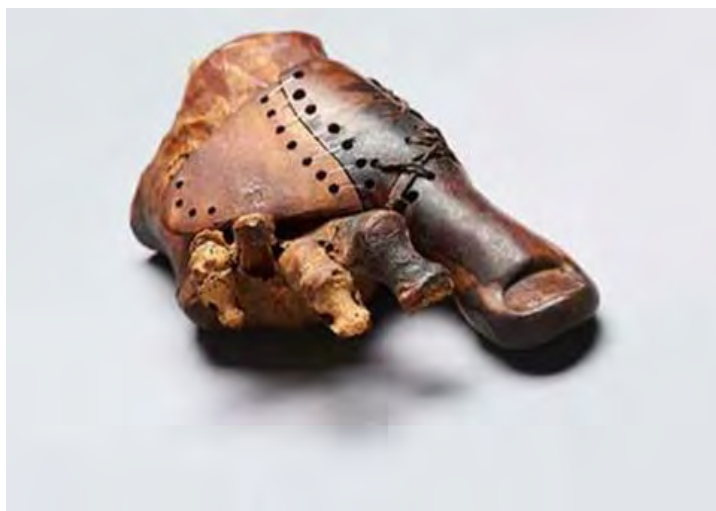


Рисунок 1- Деревянный протез пальца ноги

В Средние века протезирование становится более развитым, появляются искусственные конечности, выполненные из кожи и металла. Поэтому они становятся более функциональными, чем их предшественники. Однако протезы все равно остаются довольно грубыми и неудобными.

Именно в средние века была создана железная рука, которая долгое время считалась вершиной в производстве искусственных конечностей. А все, потому что протез был выполнен в форме латной перчатки, каждый палец которой имел возможность согнуться и зафиксироваться в произвольном положении (рис. 2). Таким образом протез позволял человеку брать и удерживать достаточно тяжелые предметы. В Средние века протезы могли себе позволить лишь знатные и состоятельные люди,

но вместе с развитием этой отрасли протезы становятся более доступными для обычных людей (рис. 3).



Рисунок 2 - Протез в форме латной перчатки

С развитием промышленности в 18–19 веках протезирование получило новый импульс. Это произошло благодаря появлению в медицине антисептиков. Раньше, после полной утраты или повреждении конечности, люди умирали от заражения или потери крови. В начале 19 века протезирование стало отдельной областью медицинской науки. Вместе с этим были созданы более сложные и совершенные протезы, предназначенные для верхних и нижних конечностей, так как на протяжении всего века ученые проводили эксперименты в создании различных систем механических протезов. В 1860 году граф Бофор представил миру упрощенную версию механического протеза руки. Механическая рука была проста в изготовлении, но имела множество механизмов, позволяющих выполнять различные движения и задачи. Этот протез руки был дешевым по стоимости сборки, поэтому именно он стал более доступным для тех, кто нуждался в протезировании. Данная металлическая рука стала значительным открытием в области технического прогресса и протезирования для своего времени. Она стала примером того, как механические протезы могут помочь людям вернуть функции утерянных конечностей.

С тех пор протезирование стало еще больше развиваться, протезы становились все более сложными, инновационными, эффективными и доступными для обычных граждан. Так, в 20 веке были разработаны первые электронные протезы, которыми человек мог управлять при помощи мышц и нервной системы. Такие протезы стали более удобными в эксплуатации, что открыло множество возможностей для людей, потерявших конечности.



Рисунок 3 - Развитие протезов

Сегодня протезирование является сложной и многогранной отраслью медицины, для которой используют самые современные технологии и материалы, позволяющие создать максимально функциональный протез. Так, с появлением 3D принтера, у инженеров 21 века появилась возможность создавать более точные и индивидуальные протезы, которые максимально соответствуют физиологии человека и его потребностям. Современные протезы с каждым годом становятся настолько реалистичными и функциональными, что их достаточно сложно отличить от настоящих конечностей человека (рис. 4). Все потому, что инженеры стали уделять внимание не только функциональности моделей протезов, но и его эстетическому виду.



Рисунок 4 - Современный протез

Сейчас ученые 21 века с помощью исследований в направлении нейротехнологий приближаются к тому, чтобы создать протезы, которыми возможно управлять с помощью мыслей.

2 Принцип работы и виды протезирования

Бионические протезы – инновационное достижение современной медицины, которое позволяет людям, потерявшим конечности, восстановить свою моторику и вести полноценную жизнь. Они основаны на принципе передачи сигналов от мозга к искусственной конечности, благодаря которому она может выполнять движения, аналогичные действиям человеческого организма. Для понимания работы бионических протезов необходимо иметь представление о нормальной физиологии человека. Наше тело автоматически выполняет множество движений, которые становятся для нас рутиной: вставание, умывание, чистка зубов, одевание и т. д. Однако все эти движения начинаются с мысли. Мы сначала думаем о том, что хотим сделать, а затем мозг посылает сигналы соответствующим мышцам, чтобы они выполнили нужное действие. Этот процесс происходит так быстро и естественно, что мы обычно не задумываемся над его сложностью. В случае с бионическими протезами восстановление этого сложного процесса требует особого подхода.

Сначала электрод, расположенный рядом с нервом, считывает сигналы движения, которые мозг передает мышцам. Эти сигналы отправляются на процессор, встроенный в протез, который интерпретирует их и преобразует в команды для движения искусственной конечности. Хотя этот процесс происходит достаточно быстро, он все равно несколько отстает от скорости движений живой конечности. Однако современные технологии продолжают развиваться, и исследователи постоянно работают над улучшением бионических протезов. Они стремятся сделать передачу сигналов более точной, практически мгновенной, чтобы протезы становились еще функциональнее и удобнее для пользователей. Кроме того, некоторые исследования направлены на разработку интерфейсов между нервной системой и протезом, которые позволят более естественно взаимодействовать с окружающей средой. Создание новейших бионических протезов уже внесло значительный вклад в реабилитацию людей с ограниченной подвижностью. Они помогают вернуть людям потерянную функциональность и независимость. В будущем, с постоянными усовершенствованиями и развитием технологий, мы можем ожидать еще более продвинутых и интегрированных бионических протезов, которые будут становиться все более сходными с натуральными человеческими конечностями. [2]

Протезирование можно классифицировать по видам органов, которые необходимо заменить:

1. Одной из самых популярных областей протезирования считается **протезирование конечностей** (рис. 5). Протезирование верхних конечностей — это процесс восстановления или замены отсутствующих или поврежденных частей верхней конечности с помощью протеза. Целью этой процедуры является улучшение функциональности и качества жизни людей, лишенных рук или пальцев. [3].

Простейший протез верхней конечности включает искусственную руку или запястье, которые присоединяются к плечу или ниже локтя (рис. 6). Этот тип протеза используется для выполнения основных задач, таких как: удержание предметов, рукопожатие, сжатие и разжимание кисти.



Рисунок 5 - Протез конечности



Рисунок 6 - Простейшие протезы

Современные протезы верхних конечностей разрабатываются с использованием передовых технологий, таких как микроэлектроника и компьютерные системы управления. В некоторых протезах используют искусственные мышцы, которые контролируются с помощью электромиографии (ЭМГ) — методе, позволяющем измерять электрическую активность мышц (рис. 7). [4]

Принцип работы таких протезов основан на электромиографическом сигнале, который генерируется мышцами пациента. Этот сигнал измеряется с помощью электродов, размещенных на коже, и передается на

электронную систему управления протезом. Система анализирует сигнал и интерпретирует его согласно предварительным настройкам пользователя.



Рисунок 7 – Электромиография

Затем, на основе обработанных данных, протез выполняет команды, сгенерированные мышцами, и активирует двигатели, которые управляют искусственной рукой или запястьем. Например, когда мышцы предплечья пациента сжимаются, протез может сжать кисть руки и схватить предмет или разжать и освободить его.

Продвинутые технологии также позволяют использовать мышцы в других частях тела для управления протезом, например, мышцы груди или плеча. Это обеспечивает большую свободу движения и более точный контроль над протезом.

2.1 Протезирование органов двигательной систем

Различные области тела имеют свои особенности работы протезов. Однако, основные принципы функционирования остаются неизменными.

Обнаружение движений:

Протезы могут быть оснащены датчиками, которые регистрируют движения и передают информацию о них (рис. 8). К примеру, протез руки может содержать датчики в манжете, способные распознавать электрические сигналы от мышц, оставшихся на плече, и преобразовывать их в команды для управления протезом.

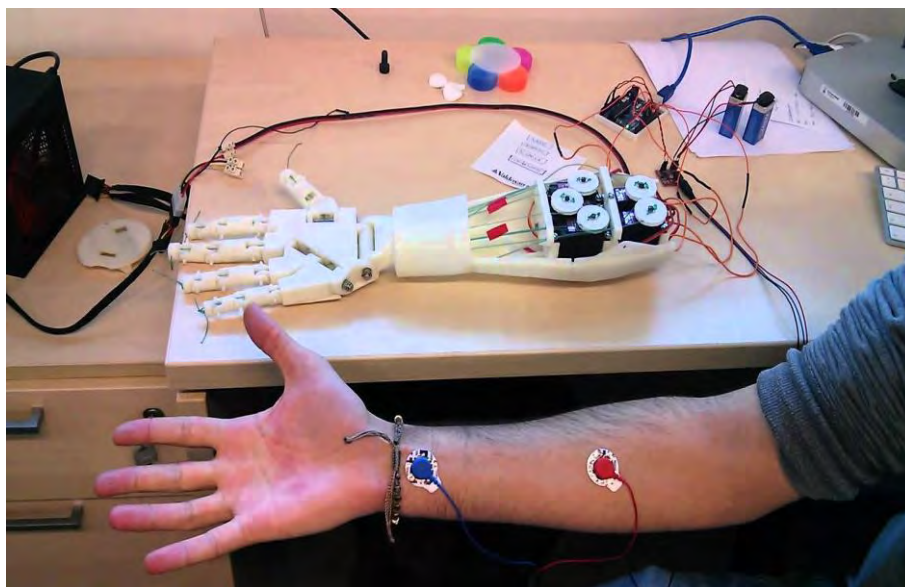


Рисунок 8 - Датчики протеза

Управление протезом. Сигналы, полученные от датчиков, поступают в электронную систему протеза, которая анализирует их и принимает соответствующее решение о нужном действии. Например, если пользователь сокращает мышцы предплечья, то протез руки может согнуться, имитируя это движение при помощи механических и электрических механизмов (рис. 9). [5]

Приводы и механизмы. Протезы обычно оснащаются приводами и механизмами, способными выполнять разнообразные движения (рис. 11). Например, протез ноги может содержать электромоторы, позволяющие сгибать и разгибать колени и голеностопный сустав (рис. 10), а также гидравлические системы, обеспечивающие динамическую поддержку при ходьбе. [6]

Интеграция со здоровой тканью. Протезы должны быть разработаны таким образом, чтобы они хорошо взаимодействовали с

оставшейся здоровой тканью тела. Например, протез ноги может иметь специальную форму и использовать определенные материалы, обеспечивающие комфорт и эффективную передачу нагрузки на оставшуюся ногу [5].



Рисунок 9 - Протез руки



Рисунок 10 - Протез ноги



Рисунок 11 – Правильная форма протеза ноги

Протезирование органов двигательной системы – это сложный и многогранный процесс, который требует комплексного подхода от специалистов в областях медицины, инженерии и реабилитации. Каждый протез разрабатывается индивидуально, учитывая особенности каждого пациента и его потребности. [7, 8]

2.2 Протезирование органов слуха и зрения

Протезирование органов слуха – это слуховые аппараты или импланты среднего или внутреннего уха (рис. 12).



Рисунок 12 - Слуховой протез

Протезирование глаз – это тип протеза, представляющий собой специальные контактные линзы или искусственные глаза, заменяющие естественный (рис. 13).



Рисунок 13 - Протез глаза

Протезирование органов слуха осуществляется путем применения слуховых имплантов. Внешняя часть улавливает звуковые волны из окружающей среды при помощи микрофона и преобразует их в электрические сигналы. Внутренний компонент, который вставляется хирургическим путем внутрь уха, принимает эти электрические сигналы и передает их непосредственно в слуховой нерв. Эти электрические сигналы достигают мозга, где они трактуются как звуки. Благодаря слуховым имплантам люди с нарушением слуха могут восстановить способность слышать и общаться с внешним миром.

Протезирование глаз, в свою очередь, реализуется при помощи ретинальных имплантов (рис. 14). Эти устройства имитируют функционирование здоровой сетчатки глаза, преобразуя световые сигналы в электрические импульсы. Ретинальные импланты вводятся хирургически либо в глазное яблоко, либо с помощью зонда под кожу. После вживления имплант передает сигналы прямо в зрительный нерв

или в мозг, после чего они интерпретируются в виде изображений. Хотя протезирование глаз все еще находится на ранней стадии развития, благодаря данным технологиям люди, страдающие от слепоты или значительной потери зрения, могут восстановить способность видеть, частично или полностью.



Рисунок 14 - Ретинальный имплант

2.3 Протезирование органов дыхания и сердечно-сосудистой системы

Протезирование легких представлено:

- 1) искусственными легкими;
- 2) аппаратами искусственной вентиляции легких (рис. 15).



Рисунок 15 - Аппарат искусственной вентиляции легких

Протезирование сердца представлено искусственными клапанами (рис. 16) и искусственные сердечными ритмическими имплантатами (рис. 17).

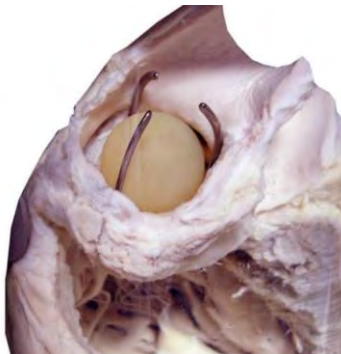


Рисунок 16 - Искусственный клапан



Рисунок 17 - Сердечный ритмический клапан

Принципы работы протезов для органов дыхания

1. Обеспечение проходимости дыхательных путей: протезы, такие как трахеостомические канюли или трахеостомические трубки, используются для поддержания проходимости трахеи и облегчения дыхания у пациентов с нарушением дыхательных путей.

2. Искусственная вентиляция легких: аппараты искусственной вентиляции легких используются для поддержания дыхания у пациентов, у которых есть проблемы с функцией легких, например при острой или хронической респираторной недостаточности.

3. Трансплантация легких: в случае тяжелых заболеваний легких или невозможности эффективной вентиляции, может потребоваться

трансплантация легких, когда больному пересаживают отдельный или оба легких от донора.

Принципы протезирования сердечно-сосудистой системы

1. Трансплантация сердца: в случаях тяжелой сердечной недостаточности или других сердечных заболеваний, когда консервативное лечение неэффективно, может быть рекомендовано протезирование путем трансплантации сердца, когда больному пересаживают сердце от донора.

2. Кардиостимуляция: кардиостимуляторы, такие как пейсмейкеры или имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы, используются для восстановления нормального сердечного ритма у пациентов с аритмией или сердечной блокадой.

3. Искусственные клапаны сердца: при врожденных пороках сердца или повреждении естественных клапанов может потребоваться замена клапана

2.4 Протезирование зубов и челюстей:

Протезирование зубов и челюстей – это процесс восстановления или замещения утраченных зубов и областей челюсти. Во время этой процедуры применяются различные зубные протезы, включая временные съемные протезы, частичные или полные съемные протезы, а также импланты зубов (рис. 18).

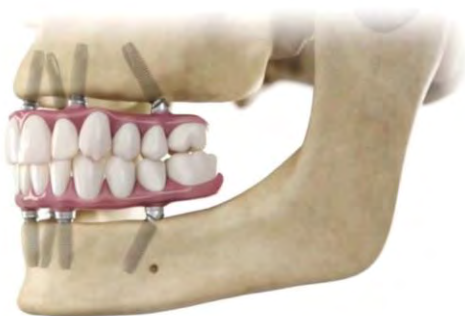


Рисунок 18 - Имплант зубов

Зубные протезы являются съемными устройствами, которые заменяют потерянные зубы и восстанавливают функции челюстей. Они

изготавливаются из акрила, и имитируют естественный вид зубов (рис. 19), и могут адаптироваться к окружающим зубам и тканям.



Рисунок 19 - Зубные протезы

Импланты зубов представляют собой альтернативу съемным протезам. **Имплант** — это искусственный корень зуба, который вставляется в челюсть и служит основой для установки замещающего зуба. Хирургическая процедура позволяет приварить имплант к кости челюсти (рис. 20), а затем на него устанавливается коронка, имитирующая естественный вид зуба.



Рисунок 20 – Импланты в кости челюсти

Принцип работы зубных протезов заключается в создании прочного и комфортного устройства, способного заменить потерянные зубы и

восстановить функцию жевания и речи. Протезы могут быть съёмными или установленными на оставшиеся зубы или импланты.

Импланты зубов функционируют путем интеракции с костной тканью челюсти. После установки импланта, кость начинает расти и вращаться в его поверхность. Это обеспечивает прочную основу для замещающего зуба и поддерживает здоровую структуру челюсти и форму лица.

В целом, протезирование зубов и челюстей играет важную роль в стоматологической практике. Оно помогает пациентам восстановить уверенность в своей улыбке и улучшить функциональность пищеварительной системы.

3. Сферы применения протезов

Протезы верхних конечностей могут быть специально разработаны для спортсменов с ампутацией конечностей. Они позволяют участвовать в соревнованиях, включающих лыжный спорт, плавание, баскетбол, гольф и другие.

Протезы верхних конечностей могут помочь пациентам вернуться к повседневным задачам, таким как питание, одевание и даже выполнение профессиональных обязанностей, которые дают людям возможность активно участвовать в повседневной и досуговой деятельности. Они позволяют использовать спортивный инвентарь, играть на музыкальных инструментах, рисовать и заниматься другими видами хобби.[3]

Протезы верхних конечностей могут помочь людям возвращаться к работе после ампутации. Они могут использоваться при выполнении различных профессиональных задач, таких как печать, письмо, управление приборами, аппаратами и т. д.

Использование протезов верхних конечностей может значительно улучшить качество жизни людей, помогает им вернуться к повседневной деятельности и выполнять профессиональные задачи.

Протезы органов слуха и зрения имеют широкий спектр применения и могут помочь людям с различными проблемами.

3.1 Протезы органов слуха

Протезы органов слуха могут быть использованы для людей со слабым слухом или с полной его потерей в результате старения (пресбиакузис), шума, инфекций.

Коррекция врожденной глухоты: Протезы слуха могут быть использованы для коррекции врожденной глухоты у детей или взрослых. Одним из примеров таких устройств является кохлеарный имплант – медицинский прибор (протез), воздействующий непосредственно на слуховой нерв, и позволяющий компенсировать потерю слуха некоторым пациентам с выраженной или тяжелой степенью нейросенсорной (сенсоневральной) тугоухости.

3.2 Протезы органов зрения

Коррекция неправильного зрения: Контактные линзы и очки являются протезами органов зрения, которые помогают исправить проблемы с преломлением света и улучшить зрение у людей с близорукостью, дальнозоркостью, астигматизмом и пресбиопией.

Восстановление зрения: Протезы органов зрения также могут использоваться для восстановления зрения у людей, страдающих от различных заболеваний глаз, таких как катаракта, глаукома или дегенеративные заболевания сетчатки (например, макулодистрофия). Одним из примеров таких устройств является искусственная сетчатка (Retinal Prosthesis).

Таким образом, протезы органов слуха и зрения играют важную роль в улучшении качества жизни людей с проблемами слуха и зрения. Они позволяют им быть более независимыми, участвовать в общественной жизни и наслаждаться миром звуков и изображений.

3.3. Протезы органов дыхания и сердечно-сосудистой системы

Протезы органов дыхания и сердечно-сосудистой системы используются для лечения различных врожденных и приобретенных заболеваний, связанных с дыхательной и сердечно-сосудистой системами.

Некоторые из областей применения протезов органов дыхания и сердечно-сосудистой системы включают:

Лечение заболеваний клапанов сердца. Протезы клапанов сердца используются для восстановления нормальной функции сердечных клапанов при их повреждениях или деформациях. Клапаны сердца могут быть заменены искусственными протезами или же проведением операции по восстановлению собственных клапанов пациента.

Имплантация искусственного сердца. Искусственные сердца широко используются в тех случаях, когда функция естественного сердца настолько сильно ослаблена, что оно не способно обеспечить достаточное кровообращение в организме. Искусственное сердце может быть временным решением до трансплантации сердца или постоянным протезом.

Протезирование сосудов. Протезы сосудов используются для восстановления нормального кровообращения в случаях сужения, истончения или закупорки артерий или вен. Протезы сосудов могут быть использованы как временное решение для обеспечения кровотока, или же могут использоваться на постоянной основе для восстановления нормальной функции сосудов.

Искусственные легкие могут быть использованы в случаях тяжелой респираторной недостаточности, когда естественные легкие не способны обеспечить достаточное поступление кислорода в кровь. Они могут быть установлены внутри организма или использоваться как внешний дыхательный аппарат. [9]

В целом, протезы органов дыхания и сердечно-сосудистой системы играют важную роль в лечении различных заболеваний и помогают пациентам восстановить нормальную функцию дыхания и кровообращения.

3.4 Сфера применения зубных протезов

Зубные протезы используются в стоматологии для восстановления зубных рядов у пациентов, которые потеряли свои естественные зубы. Они могут применяться в следующих случаях:

Полная утрата зубов. Зубные протезы могут быть установлены пациентам, у которых отсутствуют все зубы в верхней и/или нижней челюсти.

Частичная утрата зубов. При частичной потере зубов зубные протезы используются для восстановления отсутствующих зубов и сохранения оставшихся зубов от смещения или изменения прикуса.

Сломанные или поврежденные зубы: Зубные протезы могут быть использованы для замены зубов, которые были серьезно повреждены или сломаны в результате травмы или кариеса.

Косметические причины. Зубные протезы также могут быть использованы с эстетической целью, чтобы улучшить внешний вид зубов пациента и вернуть ему уверенность в себе.

Поддержка лицевой структуры. Утрата зубов может привести к изменению формы лица. Зубные протезы используются для поддержания анатомически правильной формы и улучшения функциональности челюсти.

Улучшение прикуса. Зубные протезы могут быть использованы для коррекции неправильного прикуса или выравнивания зубов, обеспечивая правильное смыкание челюстей во время жевания и разговора.

4. Современные проблемы протезирования

Современное протезирование, несомненно, является инновационной областью медицины, которая позволяет сделать жизнь людей с потерей конечностей более комфортной и функциональной. [10] Однако, несмотря на все достижения, в этой области все еще существуют некоторые проблемы:

Высокая стоимость. Современные протезы, особенно те, которые используют передовые технологии и материалы, могут быть очень дорогими. Это делает их недоступными для некоторых людей, особенно в странах, которые только начали свое технологическое развитие, где здравоохранение недостаточно развито.

Несовершенство функциональности. в некоторых случаях, протезы не могут полностью заменить естественные конечности в функциональном плане. Они могут ограничивать движение или менее точно воспроизводить широкий спектр движений. Это может создавать трудности в выполнении определенных задач и повышать уровень неудовлетворенности у пациентов.

Проблемы совместимости с протезом. Протезы обычно создаются с учетом стандартных анатомических параметров большинства людей, но каждый человек имеет свою уникальную физиологию. Это может приводить к проблемам совместимости с протезом, что создает дискомфорт при ношении и использовании.

Сложность обслуживания. Протезы требуют регулярного обслуживания и замены изношенных деталей. Это может быть сложным и дорогостоящим процессом, особенно для пациентов, у которых нет доступа к специализированным центрам протезирования.

Психологический аспект. Несмотря на все улучшения, использование протезов может быть психологически сложным для пациентов. Они могут страдать от недостатка уверенности в себе, социального стигмата или чувства потери своей идентичности.

Заключение

Наша работа позволяет понять, что протезирование является неотъемлемой частью современной медицины, а также позволяет сделать множество выводов о самих протезах и о их практической значимости в жизни людей.

Создание протезов стало возможным благодаря совместным усилиям инженеров и медицинских специалистов, которые еще с Древних времен начали разработку того, что поможет людям с ограниченными возможностями вернуться к полноценной жизни. Модели протезов с каждым годом становятся более совершенными, потому что для их создания используют новейшие научные разработки и материалы. Именно поэтому в наше время существуют протезы, которые могут удовлетворить

индивидуальные потребности человека, что делает протезы более функциональными и комфортными в использовании.

Протезирование имеет огромную практическую значимость для людей с ограниченными возможностями, так как протезы позволяют им вернуться к нормальной повседневной жизни. Протезы возвращают людям возможность заниматься любимой работой, спортом и вести активный образ жизни. Так же протезирование имеет для людей не только физическую, но и эмоциональную значимость, так как протезы возвращают человеку чувство полноценности и независимости перед обществом.

Так как протезирование очень значимо в современном мире, оно останется актуальной темой на многие десятилетия вперед, что поможет развивать в более широких направлениях, создавая самые совершенные и функциональные аппараты.

Литература

1. Ширшова Л. От подпорки до кибертела история и будущее протезов [Электронный ресурс] <https://u-sity.net/advice/5916-ot-podporki-do-kibertela-istoriya-i-budushhee-protezov.html> 14 (дата обращения: 12.10.23)
2. Небога Л. Бионический протез устройство, установка, принцип работы. Бионические протезы конечностей [Электронный ресурс] <https://fb.ru/article/196231/bionicheskiy-protez-ustroystvo-ustanovka-printsip-raboty-bionicheskie-protezyi-konechnostey> (дата обращения: 21.10.23)
3. Рук больше, чем ног: какими бывают современные протезы и кто производит их в России и в мире | Rusbase [Электронный ресурс] <https://rb.ru/longread/modern-prosthesis/> (дата обращения: 13.10.23)
4. Роботроника, остеосинтез, протезирование будущего. MEDNAVIGATOR.ru. Поиск и подбор лечения в России и за рубежом. [Электрон. Ресурс] <https://протезирование-конечностей.рф/протезы-конечностей-будущего/> (дата обращения: 20.10.23)
5. Компания СПТМ-Орто М [Электронный источник] <https://cptm-ortho.ru/prosthesis/protezy-verhni-konechnostej/?yclid=16613899132552609791> (дата обращения: 24.10.23)
6. 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> (дата обращения: 13.10.23)

7. Сычев И. Бионические руки история, будущее и реальность [Электронный ресурс] <https://habr.com/ru/articles/394579/> (дата обращения: 21.10.23)
8. Бионический протез руки. [Электрон. Ресурс] <https://healthperfect.ru/bionicheskiy-protez-ruki.html> (дата обращения: 15.10.23)
9. Berbyuk, V. (1997). Dynamics and Optimal Control Problems for Biotechnical Systems "Man-Prosthesis". In: Van Campen, D.H. (eds) IUTAM Symposium on Interaction between Dynamics and Control in Advanced Mechanical Systems. Solid Mechanics and Its Applications, vol 52. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5778-0_5
10. Практическая медицина Бельгильдеев М.Г., Осмоналиева И. Ж. и Байкеев Р.Ф. 19 том. Протезирование конечностей.

СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ

**С.А. Белобородова, И.А. Кладинова, А.А. Красильникова,
В.А. Паршикова, Е.В. Фомина (ред. М.А. Исаев, С.М. Тимченко)**

В работе были рассмотрены слуховые аппараты, история их развития дальнейшие перспективы, с целью подробнее рассмотреть их устройство и физиологические особенности строения уха человека. В ходе написания реферата были изучены принципы работы аппаратов, их особенности и роль в жизни людей с нарушением слуха. Так как этот прибор стали массово использовать в повседневной жизни, идет его постоянная модернизация. В результате работы составлена чёткая картина о работе данных медицинских аппаратов и влиянии их на человека с проблемами слуховой системы.

Введение

Слуховой аппарат – это устройство для улучшения слуха и разборчивости речи. Обычно, его ношение назначают людям с таким типом потери слуха, как «нейросенсорная (сенсоневральная) тугоухость», при котором происходит частичное повреждение крошечных волосковых клеток внутреннего уха. Оставшиеся здоровые волосковые клетки улавливают звуки, издаваемые слуховым аппаратом, и отправляют их в виде нейронных сигналов в мозг через слуховой нерв. Слух – это невероятно сложный неврологический процесс, который помогает нам всегда оставаться на связи с внешним миром.

1 История развития слуховых аппаратов

Сегодня слухопротезированием уже никого не удивишь. Оно позволяет людям вести нормальную жизнь, несмотря на тугоухость и глухоту, что, в свою очередь, помогает детям нормально развиваться и не отставать от своих сверстников.

Современные слуховые аппараты миниатюрны и при хорошем подборе практически незаметны для окружения. Сложные микросхемы обеспечивают высокое качество передачи звука, а используемые цифровые технологии позволяют сделать аппараты еще и «умными». Они

могут не только отлично передавать звуки, но и улавливать среди них человеческую речь, усиливая ее звучание и помогая не упустить детали, сказанные собеседником. Это позволяет человеку с ограниченным слухом чувствовать себя комфортно при общении с окружающими. Все это существует благодаря постоянному прогрессу и достижениям медицины и науки. Но так было не всегда.

Несколько веков назад глухота и тугоухость считались «карой», ведь вылечить этот недуг не было возможности. Однако велись активные поиски решения этой проблемы. Было установлено, что первые слуховые приборы появились в Древнем Египте. Примерно в третьем тысячелетии до нашей эры ученые этой страны сделали поразительное открытие: они обнаружили, что если узкий конец рупора приставить к уху, а широкий – к источнику звука, то его восприятие улучшается и звук усиливается. Поэтому самыми первыми слуховыми аппаратами в Древнем Египте стали обычные рога быков, у которых мастера спиливали кончик, в результате чего рог становился подобием рупора.

Во времена фараона Рамзеса II Египет достиг своего наивысшего расцвета – в том числе и в области медицины. Тогда наиболее богатые приближенные фараона стали заказывать себе слуховые аппараты, выполненные не из бычьих рогов, а из металлов. Стоили такие устройства по тем временам баснословно дорого. В гробнице Тутанхамона был даже найден подобный слуховой аппарат, сделанный из чистого золота.

Однако, несмотря на свои глубокие познания в медицине, египетские врачи продолжали считать, что чем больше рупор – тем больше усиливается звук. В результате чего богатые египтяне заказывали себе слуховой аппарат, опираясь на то, какие размеры тот имел. Это заблуждение просуществовало очень долго, поэтому на протяжении многих столетий обладание такого большого рупора были исключительно привилегией знатных и богатых людей. Носить их с собой, разумеется, было крайне неудобно – прежде всего, из-за веса и размеров [1].

После открытия Парацельса того, что восприятие усиленного звука не зависит от размеров рупора, в Англии, начиная с XVI века, стали

изготавливать более миниатюрные модели из дерева. Технология изготовления английского слухового аппарата была проста: в бруске просверливалось сквозное отверстие, после чего на токарном станке полученному полому бруску придавалась форма небольшого рупора. Готовое изделие покрывалось лаком и имело небольшой размер.

В результате, слуховые аппараты стали стоять относительно недорого и доступны куда большему числу людей. В то время даже появилась мода на ношение слухового аппарата на цепочке.

Следующий этап развития слухопротезирования неразрывно связан с достижениями ученых конца XIX века, а именно с открытиями Александра Грэхем Белла и Томаса Эдисона. Для данной области науки значимым событием является усовершенствование Белла своего изобретения, телефона. Александр Грэхем с помощью угольного микрофона и батареи смог усилить звук в приборе.

Томас Эдисон знаменит тем, что создал угольный передатчик – устройство, которое могло переводить звуки в электрические сигналы, передаваемые по проводам, а на «выходе» обратно преобразуемые в звук. Технологии угольного передатчика и угольного микрофона с батареей – стали основой создания первых электронных слуховых аппаратов.

Также следует отметить, что если бы не промышленная революция в Европе в XIX веке, то массовый выпуск слуховых аппаратов вряд ли бы стал возможным. В 90-х годах 19 столетия сразу несколько компаний Германии, США и других стран занялись разработкой приборов для улучшения слуха. Каждая из них создавала свой дизайн и применяла свой подход. Но первый выпуск слуховых аппаратов, предназначенных для массового использования, начался только в 1898 году. Этот коммерческий проект осуществила DictographCompany.

Однако запатентован первый слуховой аппарат был только через год, американцем Миллером Хатчисоном, работающим в компании Acourphone в Алабаме (США). Основными компонентами этого прибора были угольный передатчик и батарея, из-за которых он имел большие размеры, и мог располагаться только на столе.

Следующим шагом в развитии слухопротезирования стало появление электронных ламп. Производители оборудования быстро среагировали на появление нового изобретения, и в 1920 году увидел свет первый слуховой аппарат с электронными лампами, благодаря которым качество и громкость звука повысились. Однако на размер устройства это никак не повлияло, оборудование так и осталось громоздким. Главной причиной являлись размеры используемых батарей.

Проблема с размерами слуховых аппаратов решилась сама собой, как только были изобретены транзисторы, произошло это только в 1952 году. Изначально, слуховой аппарат устанавливали в душке очков, однако подобное расположение устройства способствовало искажению звука. Ввиду этого, через время были разработаны приборы, которые крепились за ухом. Именно таким слуховой аппарат дошел и до нас [2].

Развитие цифровых технологий затронуло многие области современного мира, в том числе и медицину. В частности, это касается и слухопротезирования. Цифровые аппараты, появившиеся в 1990 году, обладали куда лучшим качеством звука и были способны приспосабливаться к окружающей обстановке быстрее.

Цифровые и компьютерные технологии используются и по сей день, однако с далеких девяностых, они были значительно усовершенствованы. Изобретение микросхем малых размеров позволяет сегодня создавать миниатюрные слуховые аппараты, которые можно располагать внутри слухового канала, а количество возможных функций с каждым днем только возрастает [3].

2 Физиология процессов

Анатомия и физиология центральных отделов слуховой системы

Ухо — это лишь вспомогательный слуховой аппарат. Образование, которое помогает усиливать и передавать звуковые сигналы.

Строение уха. Ухо состоит из трех отделов: наружное ухо, среднее ухо, внутреннее ухо.

Звуковой сигнал сначала проходит через наружное ухо, а именно ушную раковину и затем по наружному слуховому проходу. Далее доходит до барабанной перепонки, т. е. среднего уха, и вызывает ее колебание. Барабанная перепонка отделяет наружное ухо от среднего.

В среднем ухе между барабанной перепонкой и улиткой расположена барабанная полость. Колебание барабанной перепонки передаются на три слуховые косточки: молоточек, сращенный с барабанной перепонкой так называемой рукояткой и головкой с наковальней (второй косточкой), которая в свою очередь подвижно соединена со стремечком. Они не только передают, но и усиливают звуковой сигнал.

В конечном итоге, стремечко передает сигнал перегородке, отделяющей среднее ухо от внутреннего, а именно на овальное окно, располагающиеся в верхней части этой перегородки и закрытой основанием стремечка, и на круглое окно, располагающиеся в нижней части перегородки, ведущее к началу улитки, т. е. внутреннему уху.

Также в среднем ухе есть такое образование как евстахиева труба. Она соединяет полость среднего уха с носовой полостью, тем самым уравнивая давление в полости среднего уха и окружающей средой.

Далее колебание овального и круглого окна переходит в колебание жидкости во внутреннем ухе, а колебание жидкости усиливается слуховыми рецепторами. Слуховые рецепторы преобразуют звуковые сигналы в нервные импульсы и именно с них начинается как таковой анализатор слуха человека (рисунок 1).

Слуховой анализатор состоит из трех отделов:

- рецепторный отдел – периферический отдел, состоящий из слуховых рецепторов;
- проводниковый отдел, состоящий из слухового нерва, по которому слуховые сигналы переходят в центральный отдел;
- центральный отдел, находящийся в коре больших полушарий

Но перед этим следует разобрать такой отдел, как внутреннее ухо. Внутреннее ухо состоит из костного и перепончатого лабиринта.

Костный лабиринт состоит из таких отделов как: преддверие — полость, на наружной стенке которого расположены овальное и круглое окна (та самая перегородка), улитка — костный спиральный канал в 2,5 оборота, и три полукружные каналы — это три канала, находящиеся в трех разных плоскостях в пространстве и отвечают за обнаружение движения и положения головы и передачу этой информации в мозг для поддержания равновесия и ориентации в пространстве.

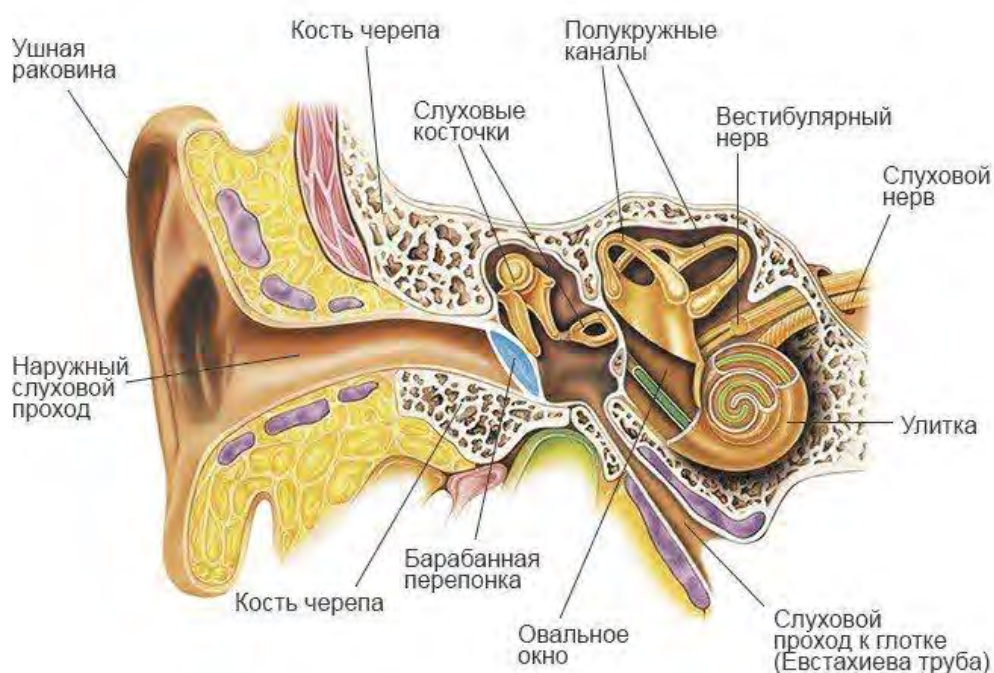


Рисунок 1 – Анатомия уха

Костный лабиринт выстлан эпителиальной тканью, которая вырабатывает ту самую жидкость – перилимфу.

В перилимфе внутри костного лабиринта находится перепончатый лабиринт. Он повторяет его очертания. Перепончатый лабиринт содержит периферические отделы слухового анализатора слуха. Состоит из перепончатой улитки и улиткового протока, где находятся слуховые рецепторы кортиева орган, а также трех полукружных каналов и двух мешочков, расположенных в преддверии и играющих роль вестибулярного аппарата (рисунок 2).

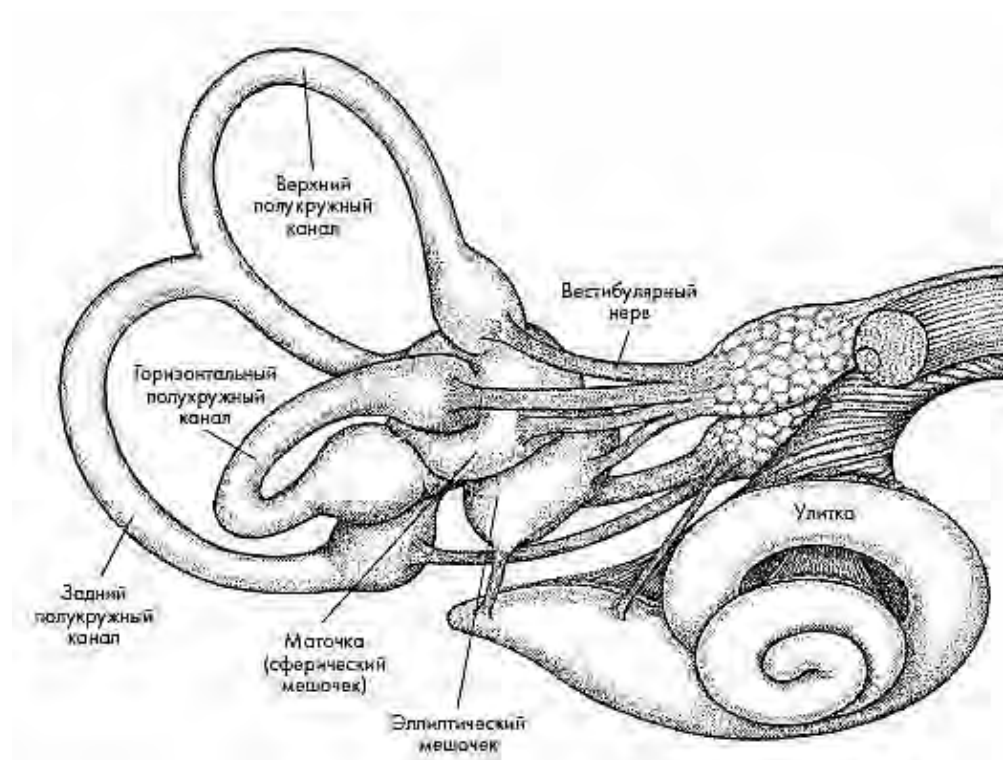


Рисунок 2 – Строение перепончатого лабиринта

Кортиев орган – периферический отдел слухового анализатора, расположенный внутри перепончатого лабиринта улитки. Он преобразует звуковые колебания в процесс нервного возбуждения. Волосковые клетки имеют волоски, которые возвышаются над поверхностью и достигают покровной мембраны (мембраны тектория). Последняя отходит от края спиральной костной пластинки и свисает над кортиевым органом.

При звуковом раздражении внутреннего уха возникают колебания основной мембраны, на которой расположены волосковые клетки. Такие колебания вызывают растяжение и сжатие волосков о покровную мембрану, и порождают нервный импульс в чувствительных нейронах спирального ганглия, а затем передаются в продолговатый мозг (Рисунок 3).

Спиральный ганглий является ключевой структурой слуховой системы, ответственной за передачу звуковой информации от волосковых клеток спирального органа к слуховому нерву и далее к мозгу для обработки и интерпретации звуков.

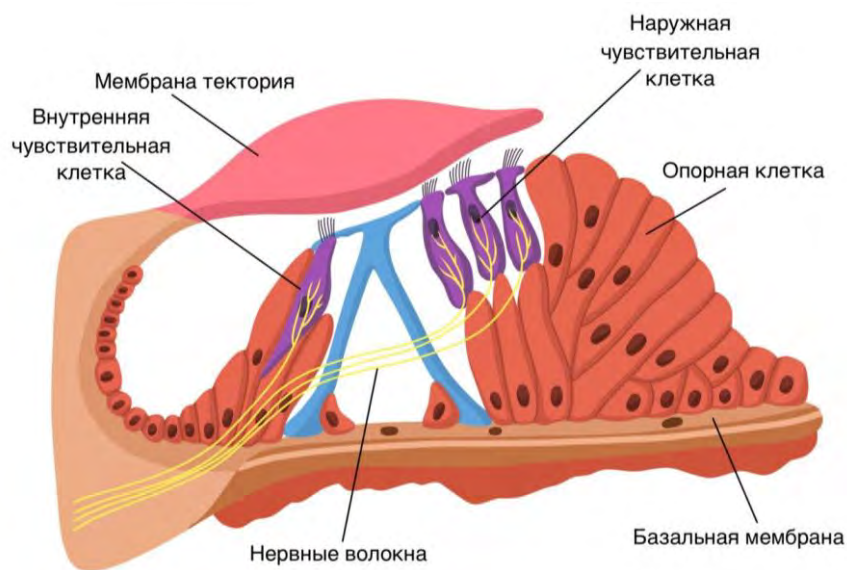


Рисунок 3 – Кортиев орган

По слуховым рецепторам звуковой сигнал поступает через слуховой нерв в слуховую зону височной доли коры больших полушарий. Таким образом происходит поступление звукового сигнала (Рисунок 4).

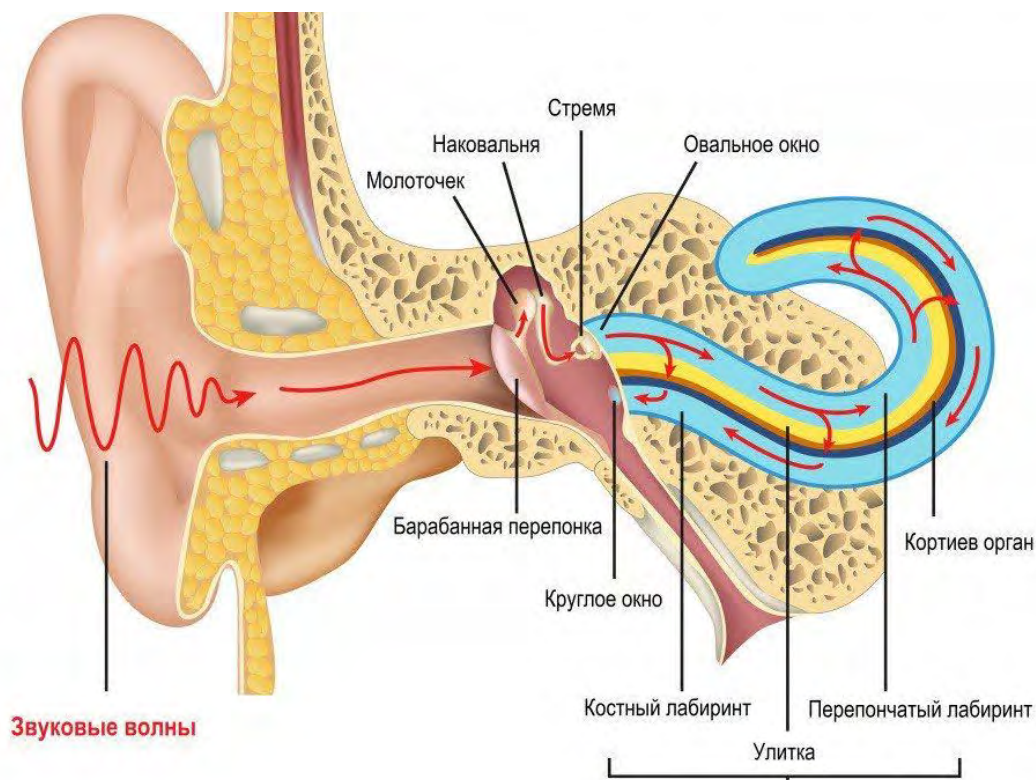


Рисунок 4 – Процесс слушания

Основанная функция слухового анализатора заключается в восприятии, проведении и преобразовании звуковых сигналов.

Физиология слуха состоит из звукопроводения и звуковосприятия.

Наружное и среднее ухо, а также перилимфа внутреннего уха относятся к звукопроводящему аппарату. А внутреннее ухо, спиральный орган и нервные пути относятся к звуковоспринимающему аппарату.

Человек воспринимает звуки с частотой колебаний от 16 до 20000 Гц, причем высокочастотные звуки воспринимаются нижней частью завитки, а низкочастотные – его верхушкой [6].

3 Физические основы

Физика звука. Звук – это волна, которая отличается определённой частотой от других волновых явлений.

Частота – число колебаний (в данном случае звуковых) за единицу времени. Если нас интересует количество колебаний в секунду, то имеет смысл измерять частоту в Герцах (Герц (Гц) – число колебаний в секунду). Если звуковая волна имеет частоту от 16 до 20000 Гц, то человеческое ухо может её уловить.

Кроме частоты широко используются такие понятия, как высота звука, тембр, громкость. Каждой из этих весьма субъективных оценок соответствует определённая физическая характеристика звуковой волны. Начнём с того, что звук, как правило, представляет собой сложный сигнал, который является следствием наложения сразу нескольких волн с разными частотами. Этот набор называется акустическим спектром (спектр - диапазон частот звука). Эти частоты различаются количеством колебаний в секунду. Если в каком-то звуке присутствуют колебания всех частот в определённом диапазоне, например, от 10 — 100 Гц, то такой спектр называется сплошным. В природе таких звуков не бывает.

Физические основы работы аппарата слуха человека.

Слуховая система связывает непосредственно приёмник звуковой волны с головным мозгом. Она получает, преобразовывает и передаёт информацию.

Она состоит из:

- 1) наружного уха
- 2) среднего уха;
- 3) внутреннего уха.

Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода.

С помощью ушной раковины, на которой звуковые волны преломляются (огибаются вокруг неё), человек научился определять источник звука. В зависимости от разности фаз, волны, приходящие от одного и другого уха, определяют направление источника звука. Из наружного уха звук переходит в среднее ухо, значительную часть которого составляет барабанная перепонка, способная вызывать колебания на внешних звуковых частотах (20–20 000 Гц). На нем создаётся звуковое давление (p_1), определяющее силу звукового давления (F_1):

$$F_1 = p_1 \cdot S_1$$

$S_{1,2}$ - площадь барабанной перепонки.

На овальное окно внутреннего уха действует сила F_2 :

$$F_2 = p_2 \cdot S_2$$

p_2 - звуковое давление в жидкой среде

Среднее ухо увеличивает в 26 раз (или на 26 дБ) давление, передаваемое из внешней среды внутреннему уху. Кроме того, при звуке большой интенсивности, среднее ухо ослабляет его при передаче внутреннему уху.

Барабанная перепонка вступает в резонанс с частотой, поступающей к ней звуковой волны. Она обладает частотно-избирательными свойствами. Во внутреннем ухе происходит: колебание мембраны овального окна — сложные колебания основной мембраны — раздражение рецепторов — генерация электрического сигнала, поступающего в мозг. [4]

Устройство слухового аппарата. Слуховой аппарат состоит из следующих основных частей (Рисунок 5):

- микрофоны — принимает входящие звуки;

- усилитель — обрабатывает и усиливает поступающие звуки;
- динамик (ресивер) — посылает обработанные звуки нужной громкости в ухо;
- батарейный отсек — для элементов питания (батареек) или аккумулятор;
- ушной вкладыш — обеспечивает передачу звука в ухо и фиксирует слуховой аппарат на ухе.



Рисунок 5 – Устройство слухового аппарата

Каждый слуховой аппарат имеет микрофон, который улавливает и посылает звук в виде электрического сигнала на усилитель.

Тот, в свою очередь, обрабатывает полученный звуковой импульс и посылает его на телефон, где усиленный электрический сигнал преобразуется обратно в звук. В заушном аппарате эти части помещены в твердый корпус, расположенный за ухом пациента. Рожок слухового аппарата крепится также за ухом, подобно дужке очков. Его функция сводится к соединению телефона слухового аппарата со вкладышем, расположенным внутри слухового прохода. Важно, чтобы посадка рожка была плотной. К нему одним своим концом присоединяется пластиковая трубочка. Она участвует в передаче звука от телефона к вкладышу

слухового аппарата. Её длина и диаметр зависит от размера ушной раковины, типа аппарата и степени потери слуха.

Вкладыш для слухового аппарата может быть либо стандартным, либо изготовленным индивидуально по слепкам слухового канала. С помощью него устройство фиксируется в ушном проходе, обеспечивая передачу звука непосредственно на барабанную перепонку.

Еще одной функцией вкладыша является препятствие для выхода усиленного звука через слуховой проход наружу (свист). Форма и размеры вкладыша зависят от модели слухового аппарата и тяжести потери слуха.

Принцип действия всех слуховых аппаратов, не зависимо от страны и фирмы производителя, одинаков: звук поступает в слуховой аппарат через один или несколько микрофонов, далее происходит процесс обработки усилителем, а после с помощью специального телефона сигнал посылается непосредственно в ухо.

Кроме этого, для работы всех этих элементов необходим источник питания, поэтому важной составляющей слухового аппарата, является батарейка.

Принципы построения цифровых слуховых аппаратов.

Современные слуховые аппараты – сложные цифровые устройства с собственными специализированными процессорами, микрофонами и динамиками. Миниатюризация всех компонентов позволяет создавать небольшие слуховые аппараты – от носимых (карманных) до внутриушных и внутриканальных. Все специализированные устройства обладают примерно одинаковым функционалом и построены на аналогичных принципах.

Основные функции слуховых аппаратов:

- частотно-зависимое усиление;
- компрессия;
- фильтрация и шумоподавление;
- подавление акустической обратной связи.

Параметры слухового аппарата подбираются индивидуально в зависимости от характера снижения слуха пользователя. Диагностика и

определение требуемых параметров проводятся в том числе методом аудиометрии, при которой в звукоизолированных помещениях с использованием специального оборудования пользователю воспроизводятся тональные сигналы определенных частот и фиксируется порог восприятия каждого сигнала. Таким образом формируется аудиограмма для каждого уха, где каждой частоте соответствует значение порога слышимости. В зависимости от величины падения слуха различают степени тугоухости от I до IV.

Аудиограмма позволяет выполнить расчет необходимого (целевого) усиления и выходной мощности, обеспечивающих максимально комфортное для пользователя звучание.

Усиление – увеличение громкости выбранных частот, выполняемое по различным алгоритмам (методам): Berger (Berger et Al), POGO (Prescription Of Gain and Output – предписание усиления и выхода) и NAL-R (National Acoustic Laboratories, Australia – Национальные акустические лаборатории Австралии). Слуховые аппараты реализуют один из алгоритмов, соответствующие коэффициенты усиления настраиваются специалистом – аудиологом в соответствии с параметрами снижения слуха пользователя.

Акустическим усилением называется разность между выходным уровнем звукового давления, создаваемого слуховым аппаратом в имитаторе уха и входным уровнем звукового давления, измеренным в тестовой точке. Величина максимального акустического усиления определяет применимость СА к различным степеням потери слуха.

Компрессия — процесс выравнивания громкости звука в аппарате таким образом, чтобы тихие звуки усиливались в соответствии с заданными параметрами, а громкие оставались на прежнем уровне (без усиления). Таким образом, слух предохраняется от усиления громких звуков до неприемлемых значений. Алгоритмы компрессии реализуются только в топовых моделях слуховых аппаратов.

Одним из недостатков компактных и миниатюрных слуховых аппаратов является возникающая в них акустическая обратная связь –

прием микрофоном аппарата и усиление звука, исходящего из динамика самого аппарата. Для подавления этого эффекта в слуховых аппаратах используются специальные фильтры и алгоритмы, усложняющие процесс обработки звука [7].

Важными параметрами любого слухового аппарата являются частота дискретизации и задержка обработки сигнала. Частота дискретизации определяет полосу пропускания аппарата, чем выше частота дискретизации – тем больший диапазон звуков доступен пользователю. В современных цифровых слуховых аппаратах полоса пропускания составляет около 10 кГц, так как повышение частоты дискретизации требует больших вычислительных ресурсов и, соответственно, приводит к повышенному энергопотреблению. Поэтому разработчикам слуховых аппаратов всегда приходится выбирать – увеличивать полосу пропускания или экономить ресурс батарей слухового аппарата.

Задержка обработки сигнала складывается из продолжительности всех этапов обработки звука в слуховых аппаратах. Слишком высокая временная задержка приводит к окрашиванию звука собственного голоса. Таким образом, чем меньше задержка обработки сигнала, тем комфортнее звук аппарата для пользователя.

Для обработки используются банки фильтров анализа (БФА) и синтеза (БФС), производится подавление акустической обратной связи, при этом параметры усиления и компрессии подбираются и настраиваются по результатам аудиометрии пользователя (Рисунок 6) [5].

4 Перспективы

В ближайшем будущем важным сдвигом будет разработка слуховых аппаратов с возможностью воспроизведения звука в 360 градусов. Это позволит людям с проблемами слуха улучшить ощущение звукового пространства и локализацию источников звука.

Еще одним интересным направлением в будущем развитии слуховых аппаратов является интеграция с другими медицинскими устройствами. Слуховые аппараты смогут стать частью так называемых "умных"

медицинских средств, обеспечивая связь и синхронизацию с другими устройствами, такими как сердечные мониторы или устройства контроля кровяного давления, для более полного медицинского мониторинга и предоставления более точной информации для диагностики и лечения.

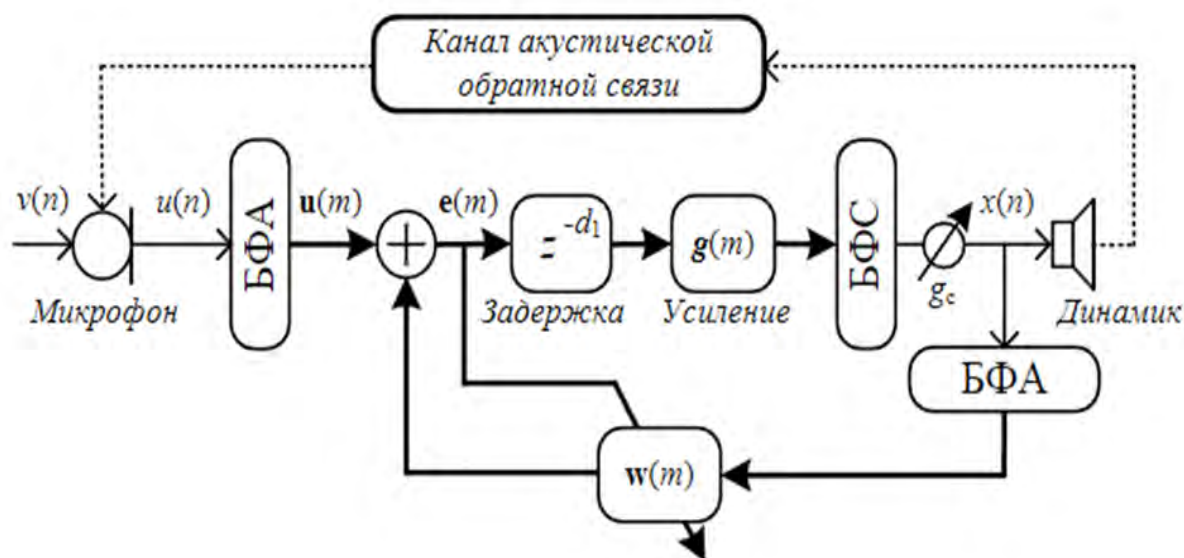


Рисунок 6 – Общая схема работы современных слуховых аппаратов.

В последние годы все большую популярность набирают имплантируемые слуховые устройства. Эти устройства будут внедрены внутрь уха, чтобы помочь восстановить слух. Импланты обладают большей функциональностью и способны воспроизводить звуки более натурально, поскольку они напрямую стимулируют кохлеарный нерв.

Научные исследования в области слухового протезирования также продолжаются, и с каждым годом появляются новые достижения. К примеру, исследования в области нейротехнологий и применения искусственного интеллекта в слуховом протезировании позволяют разрабатывать более точные и эффективные методы восстановления слуха [7].

5 Анализ рынка слуховых аппаратов

Сравнительный анализ слуховых аппаратов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ слуховых аппаратов

Название слухового аппарата	Ценовой сегмент	Кол-во каналов обработки сигналов	Кол-во встроенных программ	Шумоподавление	Поддержка программирования и приложения
Слуховой аппарат Signia STF P T1	Эконом 14 500р	2	3	Есть, базовый уровень	Нет
Слуховой аппарат Signia XTM S P4	Эконом 29 000р	8	4	Есть, базовый уровень	Есть
Слуховой аппарат LiNX2 LS562-DRW	Средний 55 000р	12	4	Есть, базовый уровень	Есть
Слуховой аппарат Oticon Xceed 3 BTE SP	Средний 74 000р	48	8	Есть, базовый уровень	Есть
Слуховой аппарат Phonak Audeo M50-R	Средний 108 000р	12	8	Есть, макс. уровень	Есть
Слуховой аппарат Phonak Audeo M90-R	Премиум 198 000р	20	8	Есть, макс. уровень	Есть
Слуховой аппарат Signia Styletto Connect 3Nx	Премиум 227 880р	24	6	Есть, макс. уровень	Есть
Слуховой аппарат Signia Styletto Connect 7Nx	Премиум 477 880р	48	6	Есть, макс. уровень	Есть

На основании проведенного анализа данных по составленной нами таблице на основании предложений рынка, мы можем сделать вывод что в разных ценовых сегментах есть разнообразие по количеству каналов обработки. Чего нельзя сказать про количество встроенных программ. В экономе доступно только до 4 программ, а в среднем и премиум ценовом сегменте от 6 до 8. Шумоподавление присутствует в каждом сегменте, базовое или максимальное в зависимости от цены. Поддержка программирования и приложения не доступны только для слухового аппарата с самой низкой ценой, что приемлемо, при этом в экономе сегменте при цене от 29 000 руб. и в среднем и премиум сегментах она присутствует.

В целом, можно сделать вывод что и в экономе и в среднем ценовом сегментах можно найти достойные слуховые аппараты, не уступающие по функционалу ценовому сегменту премиум. Также по проанализированным отзывам на рынке можно сделать вывод, что средний и экономе сегменты более популярны среди потребителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные слуховые аппараты являются сегодня самым популярным и эффективным способом улучшения слуха. Они помогают скорректировать практически любую потерю слуха (тугоухость) с помощью новейших технологий, которые были недоступны в устройствах, созданных в прошлые годы.

Сегодня человеку с тугоухостью доступен большой выбор слуховых аппаратов разных стилей и размеров, на любой вкус, образ жизни и финансовые возможности. Однако первые приспособления, предназначенные для повышения порога слышимости, были исключительно акустическими и имели вид рожка, узкая часть которого вставлялась в ухо. Современные слуховые аппараты дают пользователю гораздо больше, чем их аналоговые предшественники – они не просто усиливают звук. Важно понимать, что слуховой аппарат не восстановит слух, также, как и очки не восстановят зрение. Однако регулярное

ношение слухового аппарата значительно улучшит способность слышать и понимать услышанное. В заключение можно отметить, что слуховые аппараты повышают качество жизни у 80% пользователей. Это проявляется избавлением от постоянного чувства физической и психологической усталости, повышением качества сна, отсутствием депрессивных проявлений, улучшением памяти, нормализацией внутрисемейных отношений.

Литература

1. История развития слуховых аппаратов // STUDFILES Url: <https://studfile.net/preview/9267343/page:9/> (дата обращения: 28.10.2023)
2. История развития слухопротезирования // МЕД АУДИО Url: <https://www.medaudio.ru/istoriya-razvitiya-sluhoprotezirovaniya.htm> (дата обращения: 27.10.2023)
3. Как появился слуховой аппарат. История создания // Ю-МЕД центр слуха Url: <https://you-med.ru/stati/vopros-otveti/istoriya-poyavleniya-sa> (дата обращения: 29.10.2023)
4. Физика звука // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» Url: <https://cyberleninka.ru/article/n/fizika-zvuka/viewer>
5. Дубинец И.Д., Кофанов Р.В., Коршун А.В., Громова Н.М., Чиньков Н.А., Зырянова К.С., Кириллов Е.С. Перспективы предоставления высокотехнологичной медицинской помощи детям с патологией слуха на Южном Урале. Челябинск: ГОУ ВПО «Челябинская государственная медицинская академия».
6. Боярчук Е.Д., Виноградов А.А., Шейко В.И., Виноградов О.А. Анатомия, физиология и патология органа слуха: учебное пособие для студентов высших учебных заведений (пробный вариант). – Луганск: Альмаматер, 2007. – 89 с.
7. Что такое слуховой аппарат // О слуховых аппаратах // Центр хорошего слуха Url: <https://sluh.by/o-sluhovyyh-apparatah/chto-takoe-sluhovoj-apparat/> (дата обращения: 31.10.2023)

АППАРАТЫ ДЛЯ НАРКОЗА

**И.С. Петрушин, А.И. Вагин, М.И. Грибанов, Г.В. Строганов,
Т.И. Стащенко, А.А. Никитин (ред. Д.В. Филиппов, С.М. Тимченко)**

В данной работе представлена основная информация об аппаратах для наркоза. Рассмотрены виды аппаратов, принцип работы, для чего и где они используются. Также были сделаны выводы о перспективах развития этой сферы. Кроме того, в работе представлены самые распространенные модели, а также описаны недостатки данных аппаратов.

Введение

В настоящее время анестезия является неотъемлемой частью хирургической практики, позволяющей обеспечить безопасность и комфорт пациентов во время операций. Одним из ключевых инструментов в процессе обеспечения анестезии являются аппараты наркоза. Эти устройства предназначены для подачи и контроля, дозированного смеси анестезирующих газов и паров, обеспечивающих потребности организма в аналгезии и безболезненном состоянии. В течение десятилетий технология аппаратов наркоза претерпела значительные изменения, начиная от первых простых моделей до современных компьютеризированных систем. В данном реферате мы рассмотрим принципы работы и основные типы аппаратов наркоза, а также их влияние на безопасность и эффективность анестезиологической практики.

1 Что из себя представляют аппараты для наркоза

Аппараты для наркоза представляют собой медицинские устройства, используемые для подачи и контроля анестезирующих газов и паров пациенту во время операции или других процедур, требующих обезболивания. Они играют важную роль в облегчении боли и санации пациента во время хирургических вмешательств.

Существует несколько типов аппаратов для наркоза, которые используются в зависимости от конкретных требований и обстоятельств. Некоторые из них включают:

Ингаляционные аппараты (рис. 1): они работают путем подачи анестезирующих газов и паров через маску или трубку, которые пациент дышит во время операции. Ингаляционные аппараты обеспечивают контролируемое соотношение анестетика и кислорода, чтобы поддерживать нужный уровень сна и безболезненности пациента.



Рисунок 7 – Аппарат ингаляционного наркоза АНпСП-01 «ТМТ»

Инфузионные аппараты: они применяются для внутривенного введения анестетиков и обезболивающих препаратов. Инфузионные аппараты позволяют более точно контролировать скорость введения анестезии, что особенно полезно при долгих операциях.

Аппараты для доставки анестезии под давлением: они используются для поддержания постоянного давления и потока анестетиков во время

операции. Это особенно важно при длительных операциях или в случаях, когда пациенту требуется глубокий наркоз.

Все аппараты для наркоза обладают несколькими функциями, которые обеспечивают безопасность и эффективность процесса наркоза. Это включает в себя мониторинг уровня анестетиков в крови и выдыхаемого газа, контроль давления, потока кислорода и анестетиков, а также систему для удаления углекислого газа и других отходов пациента.

Аппараты для наркоза имеют различные модели и функции в зависимости от производителя и требований клиники или больницы. Они должны соответствовать стандартам безопасности и проходить регулярное обслуживание и калибровку, чтобы обеспечить безопасность и эффективность процедуры наркоза.

2 Как работают аппараты для наркоза

Устройства для наркоза, такие как аппараты для анестезии, работают путем сочетания различных компонентов, которые обеспечивают доставку анестетического газа или пара на выбранную смесь с воздухом и доставку этой смеси пациенту.

В состав аппарата для наркоза входят:

Баллон с медицинским газом, в котором содержится анестетический газ, такой как азот оксид, кислород или иногда смесь этих газов.

Дроссель, который регулирует скорость подачи газа из баллона.

Распределитель, который смешивает выбранный газ с воздухом и создает рабочую смесь для доставки пациенту.

Дыхательная система, включая маску, трубку или дыхательную машину, через которую пациент вдыхает анестезирующий газ.

Регулятор давления, который контролирует давление газа, чтобы обеспечить безопасную доставку.

Аппараты для наркоза обладают различными функциями и настройками, которые позволяют анестезиологу контролировать концентрацию анестетического газа, давление, дыхательные объемы и другие параметры, в зависимости от нужд пациента и процедуры.

Важно отметить, что работа с аппаратом для наркоза требует специальной подготовки и обучения, чтобы обеспечить безопасность и эффективность процедуры. Это включает в себя постоянное мониторирование пациента и следование протоколам и стандартам безопасности.

3 Для чего и где используются аппараты для наркоза

Аппараты для наркоза используются в различных медицинских процедурах, в том числе:

- Хирургические операции: Аппараты для наркоза применяются для поддержания глубокого сна и обеспечения безболезненности пациента во время различных операций. Они помогают поддерживать стабильное состояние дыхания и сердечно-сосудистой системы.
- Роды: В случае необходимости, аппараты для наркоза используются для обеспечения комфорта и контроля боли во время родов. Они могут быть полезны при кесаревом сечении или сложных родах.
- Медицинские процедуры: в некоторых случаях, например, при проведении эндоскопического исследования или других инвазивных процедур, аппараты для наркоза могут использоваться для обеспечения санации и комфорта пациента.
- Интенсивная терапия: Аппараты для наркоза могут быть применены в интенсивной терапии для обеспечения механической вентиляции легких и поддержания необходимого уровня санации у пациентов, которые не могут самостоятельно поддерживать дыхание или находятся в коме.

Это лишь несколько примеров случаев, когда используются аппараты для наркоза. Врачи определяют необходимость и режим использования наркоза для каждого конкретного пациента в зависимости от его медицинского состояния и нужд.

Кардиологические процедуры: во время сердечно-сосудистых процедур, таких как ангиопластика или шунтирование коронарных

артерий, аппараты для наркоза могут быть необходимы для поддержания стабильности сердечной деятельности и обеспечения безболезненного процесса.

Детские процедуры: Аппараты для наркоза широко используются при проведении операций у детей. Они помогают ребенку оставаться спокойным и беспробудным во время хирургического вмешательства.

Другие медицинские процедуры: Аппараты для наркоза также могут быть полезны при проведении болевых процедур, например, пункций, внутривенных инфузий или иных манипуляций, требующих обезболивания.

Интубация: при некоторых состояниях пациента может потребоваться искусственная вентиляция легких, для чего пациенту вводят трубку в дыхательные пути. Аппараты для наркоза позволяют контролировать дыхание и уровень санации во время интубации.

Пациенты с респираторной недостаточностью: при некоторых заболеваниях, таких как бронхиальная астма или респираторные инфекции, аппараты для наркоза могут использоваться для облегчения дыхания и снятия возможной задержки дыхания.

Медицинская практика: Аппараты для наркоза могут быть также применены во время проведения эпидуральных инъекций, проведения анестезии перед процедурами, такими как гастроскопия или колоноскопия, или при необходимости пролонгированной общей анестезии для пациентов.

4 Самые распространенные модели, их преимущества и недостатки

На данный момент существует несколько новых моделей аппаратов для наркоза, которые внедряются в медицинскую практику и предлагают улучшенные функции и возможности. Вот несколько примеров их положительных сторон и недостатков:

Модели с контролем дыхания (рис. 2). Некоторые новые модели аппаратов для наркоза обладают усовершенствованной системой

контроля дыхания. Это позволяет точно регулировать параметры дыхания пациента, включая вдохи и выдохи, объем вентиляции и частоту дыхания. Это помогает избежать гипо и гипервентиляции, обеспечивая адекватную вентиляцию легких и безопасность пациента.



Рисунок 8 – Наркозно-дыхательный аппарат WATO EX-35

Меньший размер и портативность (рис. 3): некоторые новые модели аппаратов для наркоза имеют более компактный дизайн и легче переносимы. Это делает их более удобными в использовании в операционных, на палатах или вне больничных условий. Благодаря простому мобильному дизайну, такие аппараты могут быть легко транспортированы и использованы там, где это необходимо.

Улучшенная эффективность (рис. 4): некоторые новые модели аппаратов для наркоза предлагают более совершенные системы администрирования анестетиков, что делает их более эффективными и предсказуемыми. Это может помочь уменьшить риск передозировки или недостаточной санации, а также обеспечить максимальный комфорт и безопасность пациента.



Рисунок 9 – Аппарат ингаляционного наркоза АИНпСП-01/15
портативный

Многофункциональность (рис. 5, 6): некоторые новые модели аппаратов для наркоза могут иметь дополнительные функции и режимы работы, позволяющие адаптироваться к различным ситуациям. Например, они могут предлагать специальные режимы для пациентов с ожогами, детей или пациентов с особыми потребностями.

Недостатки новых моделей аппаратов для наркоза обычно связаны со специфическими требованиями и условиями. Некоторые из них могут быть:

Цена – новые модели аппаратов для наркоза могут иметь более высокую стоимость по сравнению с более старыми моделями или базовыми моделями. Это может создавать дополнительные затраты для медицинских учреждений и ограничивать доступность для некоторых клиник.



Рисунок 10 – Наркозно-дыхательный аппарат WATO EX-35 (MINDRAY)

Требования к обучению: Новые модели аппаратов для наркоза могут иметь более сложные системы управления и настройки, требующие дополнительного обучения для медицинского персонала. Это может потребовать времени и ресурсов для обеспечения должного обучения персонала.

Технические проблемы: как любая новая технология, новые модели аппаратов для наркоза могут иметь различные технические проблемы или

ограничения. Это может включать программные ошибки, сбои в работе или проблемы с обслуживанием и ремонтом.



Рисунок 11 — Многофункциональный аппарат для наркоза

Важно отметить, что новые модели аппаратов для наркоза обычно разрабатываются и внедряются с целью улучшения безопасности и эффективности процедур наркоза. Хотя они могут иметь свои недостатки и ограничения, общая тенденция состоит в совершенствовании и развитии этой важной медицинской технологии.



Рисунок 12 – Mindray WATO EX 65

5 Выводы о перспективах развития

По состоянию на последние исследования в области медицинской аппаратуры, перспективы развития аппаратов для наркоза выглядят весьма обнадеживающе. Современные тенденции в этой области указывают на постоянное усовершенствование технологий, связанных с мониторингом пациентов и контролем глубины анестезии. Исследования в области фармакологии и нейрофизиологии позволяют создавать более точные и безопасные препараты для наркоза.



Рисунок 13 – Наркозный Аппарат AVANCE CS2

Следует отметить, что современные аппараты для наркоза стремятся к минимизации рисков и побочных эффектов. Новейшие технологии включают в себя использование искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа данных, собранных в реальном времени. Это позволяет аппаратам более точно регулировать дозировку анестезии в зависимости от индивидуальных особенностей пациента, уровня боли и других факторов.

Другим важным направлением развития аппаратов для наркоза является разработка более эффективных методов доставки анестетиков, таких как интравенозная, ингаляционная и эпидуральная анестезия. Это

позволяет анестезиологам выбирать оптимальный способ введения вещества, исходя из потребностей пациента и операции.

Благодаря инновационным исследованиям в области нанотехнологий также появляются новые возможности для создания более компактных и эффективных аппаратов для наркоза. Наноматериалы могут быть использованы для улучшения свойств анестетиков и оборудования, делая их более стабильными и долговечными.

Однако, несмотря на все достижения, существуют вызовы, связанные с безопасностью и эффективностью новых технологий. Необходимо продолжать исследования в области фармакологии и клинической медицины для более глубокого понимания воздействия анестетиков на организм человека и разработки новых методов контроля за процессом наркоза.

Таким образом, перспективы развития аппаратов для наркоза включают в себя интеграцию передовых технологий, применение научных методов исследования, а также постоянное внимание к вопросам безопасности и эффективности. Эти усилия направлены на обеспечение более высокого уровня ухода за пациентами и улучшение результатов медицинских вмешательств.

Заключение

Таким образом, аппараты для наркоза являются неотъемлемой частью современной медицинской практики. Они играют ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта пациентов во время хирургических и диагностических процедур, где необходимо обеспечить обезболивание и санацию. В данном исследовании мы рассмотрели основные аспекты и характеристики аппаратов для наркоза и сделали следующие выводы:

Аппараты для наркоза представляют собой сложные устройства, спроектированные для точного управления поставкой анестезирующих газов и паров пациентам. Они обеспечивают надежное поддержание анестезии и мониторинг важных физиологических параметров.

Современные аппараты для наркоза обладают рядом инновационных функций, таких как автоматическое регулирование концентрации анестезирующих средств, интегрированные системы мониторинга, а также различные режимы и настройки для удовлетворения разнообразных хирургических потребностей.

Важным аспектом использования аппаратов для наркоза является обучение и опыт медицинского персонала. Правильная настройка и обслуживание аппаратов, а также навыки анестезиологов и медсестер, играют критическую роль в обеспечении безопасности пациентов.

Аппараты для наркоза имеют широкое применение, не только в операционных, но и в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Они способствуют поддержанию жизненных функций пациентов в состоянии обезболивания и санации. Несмотря на существование аппаратов для наркоза с разной степенью автоматизации и функциональностью, безопасность пациента всегда должна оставаться в центре внимания. Регулярное обучение и обновление оборудования необходимы для минимизации рисков. В заключение, аппараты для наркоза играют важную роль в современной медицинской практике, обеспечивая безопасность и эффективность хирургических и диагностических процедур. Правильное использование и обслуживание этого оборудования совместно с квалифицированным медицинским персоналом остаются ключевыми факторами для успешной анестезии и обеспечения благополучия пациентов.

Литература

1. Фармакология / Под. ред. Ю. Ф. Крылова и В. М. Бобырева. Москва, 1999. <https://www.rlsnet.ru/library/books/farmakologiya-pod-red-yu-f-krylova-i-v-m-bobyreva-moskva-1999>
2. Федотов С.С. Аппараты для ингаляционного наркоза, искусственной вентиляции легких. Оренбург: ГОУВПО «Оренбургский государственный университет», 2004.
3. Фролов С.В., Куликов А.Ю., Строев В.М. Наркозно-дыхательная аппаратура. Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013.

4. Полушин Ю.С., Александрович Ю.С., Барсукова И.М. Основы анестезиологии и реаниматологии. М.: Эко-Вектор, 2023.
5. Руководство по анестезиологии и реаниматологии / Под ред. Ю.С. Полушина, Санкт-Петербург: ВМА, 2004.
6. Кизименко А.Н. Анестезиология и реаниматология. Витебск: ВГМУ, 2016.

РЕНТГЕН И Х-ЛУЧИ

**М.М. Ермолаев, К.Э. Жилина, М.Н. Лапшин, М.М. Чичерова,
В.В. Киреева, А.И. Маслова (ред. Д.В. Филиппов, С.М. Тимченко)**

Введение

Тема данного реферата является актуальной на сегодняшнее время в практическом здравоохранении, что обуславливается постоянной востребованностью в диагностике, в связи с возрастающей значимостью для здоровья человека. Так же данная область исследования применяется и в других научных сферах, не связанных с медициной.

В этой теме будет рассматриваться история появления Х-лучей, принцип их возникновения, влияния на организм человека и дальнейшее развитие в данной области науки.

Целями работы является изучения принципа появления рентгеновского излучения, факторов, которые этому способствуют, и физические характеристики возникающих лучей.

Для достижения поставленных целей, был произведён анализ и изучение научных статей, справочников и документаций, посвящённых этой теме.

Данная работа представляет весомую значимость для населения, так как большая часть людей не имеют ни малейшего представления о принципе работы рентгенологических аппаратов. Впоследствии это может приводить к гиперболизации опасности радиологического оборудования и отрицания его использования, что повлечёт развитие серьёзных заболеваний. Или напротив, люди могут не брать в расчёт вредное влияние рентгеновского излучения, и начать подвергать свой организм чрезмерному облучению, что так же повлечёт развитие патологий.

История открытия рентгена

История рентгена берет своё начало в самом конце 19 века. Именно тогда, в 1895 году, Вильгельм Конрад Рентген впервые зарегистрировал

затемнение фотопластинки под действием рентгеновского излучения. Его заслуга перед историей заключается не только в открытии «неизвестного» излучения, но и в открытии методов рентгенодиагностики: «Если держать между разрядной трубкой и экраном руку, то видны темные тени костей в слабых очертаниях тени самой руки». Это было первое рентгеноскопическое исследование человеческого тела, проведенное и описанное первооткрывателем икс-лучей. Это открытие стало первым в мире методом медицинской визуализации, до этого нельзя было прижизненно, не инвазивно получить изображение органов и тканей. Однако, справедливости ради следует отметить, что не он первым узнал о существовании этих лучей и не он первым их использовал на практике для получения изображения. Первые снимки в катодных лучах (а это и есть лучи, названные впоследствии рентгеновскими) были сделаны в городе Баку еще в 1884 году. Как и в случае с Америго Виспучи, который не знал, что уже открыл Америку, рентгеновские лучи долгое время и многие учёные «держали в руках» не объявляя на весь мир об открытии.

За свои открытия Вильгельм Конрад Рентген был удостоен Нобелевской премии по физике в 1901 году. Его работа положила основу для развития рентгеновской томографии, рентгеновской флюороскопии и других методов образования изображений на основе рентгеновских лучей. С тех пор рентгеновская диагностика стала неотъемлемой частью медицинской практики.

Вклад открытия рентгена

На момент открытия икс-лучей, только эта сфера деятельности и пользовалась спросом, но в 1913 году всё изменилось. Американскому физику-экспериментатору Уильяму Кулиджу, удалось создать мощную высоковакуумную рентгеновскую трубку, которая была способна выдержать напряжение в 100 000 вольт, что позволило получать рентгенограммы различных материалов. Теперь у ученых появилась возможность производить анализа кристаллов и молекул, а также

исследовать минералы, металлы, археологические находки и многое другое.

Вскоре после открытия Рентгена рентгеновские лучи стали широко применяться в медицине для обнаружения различных заболеваний и повреждений, таких как переломы костей, опухоли и другие патологии. Они также нашли применение в науке, промышленности и других областях. Перспективность использования икс-лучей в медицине была столь очевидна, что сразу же начинают появляться фирмы, производящие промышленным путем рентгенодиагностическое оборудование. В начале становления рентгенодиагностики в Европе и в России отдавали предпочтение берлинским аппаратам. Они были несовершенными во всех отношениях, но позволяли делать вполне сносные рентгенограммы. Еще более интересным является тот факт, что на заре становления рентгенодиагностики предпочтение отдавалось рентгеноскопии, т.е. просмотру изображения на экране с дальнейшей зарисовкой, если это требовалось, полученного изображения буквально от руки. Это отчасти объяснялось преимущественным использованием лучей рентгена в хирургии, где они часто использовались непосредственно перед операцией, относительно большой стоимостью фотографии, отсутствием необходимости хранения результатов исследования.

Рентгенология очень быстро развивалась в 20 веке, благодаря усовершенствованию технологий и методов исследования, а также расширению областей применения. В начале века были разработаны новые типы рентгеновских трубок, которые позволяли получать более яркие и четкие изображения. Это привело к расширению области применения рентгенологии в медицине и других областях. В 1920-х годах были разработаны новые типы рентгеновских пленок и методы их обработки, что позволило получать ещё более качественные изображения. Ближе к середине 20-ого века изобретатель Стерлинг Ньюберри выпустил первый теневой рентгеновский микроскоп. Чуть позже компания «General Electric» взяла подобные аппараты на конвейерное производство. В 1970-х годах были разработаны первые КТ-сканеры, которые позволяли получать

более детальные изображения внутренних органов и тканей. В 1980-х годах были разработаны первые МРТ-сканеры, которые позволяли получать изображения тканей и органов с крайне высокой детализацией и без использования рентгеновских лучей. Также в то время были разработаны новые методы лечения и диагностики, основанные на использовании рентгеновского изображения в режиме реального времени. Это позволило выполнять различные процедуры с высокой точностью и меньшими рисками для пациента. Стали применяться новые методы лечения рака с использованием рентгеновских лучей и других видов излучения. Это привело к значительному улучшению результатов лечения и выживаемости пациентов с раком.

Дальнейшее развитие радиологии привело не только к совершенствованию техники, но и к бурному развитию различных направлений в рентгенологии, а также методик исследования различных органов и систем. Стали зарождаться отрасли диагностики практически для каждого раздела медицины: рентгеноостеология, рентгенокардиология и ангиология, рентгенопульмонология, рентгеногастроэнтерология, рентгеногепатология, нейрорентгенология, рентгеноурология и рентгенонефрология, акушерско-гинекологическая рентгенология, рентгеномаммология. Интересным является тот факт, что их зарождение происходило в первые 10-20 лет со дня открытия рентгеновских лучей в различных странах мира, а развитие, естественно, продолжается и сегодня.

Сегодня рентгенология является важной областью медицинской диагностики и имеет широкий спектр применений. Рентгеновские лучи используются для создания изображений внутренних структур тела. Рентгенологические исследования, такие как рентгенография, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) и ангиография, позволяют обнаруживать и диагностировать различные заболевания и состояния, включая переломы, опухоли, инфекции и другие патологии. Интервенционная рентгенология: Эта область рентгенологии включает минимально инвазивные процедуры, выполняемые с

использованием рентгеновского изображения в режиме реального времени. Примеры включают катетеризацию, эмболизацию, биопсии и различные виды лечебных процедур, таких как установка стентов и дренажных систем. Рентгеновская техника используется в радиационной терапии для лечения различных видов рака. Рентгеновские лучи применяются для точного облучения опухоли с целью уничтожения раковых клеток. Рентгеновские методы применяются в промышленности для неразрушающего контроля и проверки качества различных материалов и изделий, таких как сварные соединения, металлические конструкции, электроника и другие. Рентгенология также включает изучение эффектов рентгеновского излучения на организм человека и разработку методов защиты от излучения. Дозиметрия используется для измерения и контроля дозы получаемого радиационного облучения.

Современная рентгенология продолжает развиваться, внедряя новые технологии и методы, такие как цифровая рентгенография, трехмерная томография, улучшение качества изображений и снижение дозы радиации для пациента. С каждым годом технологии становятся все более совершенными, что позволяет врачам проводить диагностику с большей точностью и эффективностью.

Вред от частых рентгеновских исследований

Рентгеновские исследования являются неотъемлемой частью медицинской практики и широко используются для диагностики различных заболеваний. Однако, несмотря на их полезность, частые рентгеновские исследования могут иметь некоторые негативные последствия для здоровья пациента.

Одним из основных вредных эффектов рентгеновского излучения является его способность вызывать радиационный риск. При повышенной дозе облучения, особенно при длительном и повторяющемся воздействии, могут возникнуть мутации в клетках организма, что может привести к развитию раковых опухолей. Поэтому, частые рентгеновские

исследования могут увеличить риск развития онкологических заболеваний.

Кроме того, рентгеновское излучение может оказывать вредное воздействие на гонады (яичники и яички), что может привести к нарушению их функций и проблемам с репродуктивной системой. У женщин повышенный риск возникновения мутаций в яйцеклетках, что может привести к генетическим аномалиям у потомства. У мужчин частые рентгеновские исследования могут вызвать снижение сперматогенеза.

Также, повторяющиеся рентгеновские исследования могут негативно влиять на щитовидную железу. Щитовидная железа является одним из наиболее чувствительных к радиации органов человека, и ее функция может быть нарушена при частом облучении. Это может привести к развитию щитовидной недостаточности и другим проблемам со здоровьем.

Также, повторяющиеся рентгеновские исследования могут привести к накоплению дозы облучения в организме, что может увеличить риск развития радиационной болезни и других заболеваний, связанных с воздействием радиации.

Также, повторяющиеся рентгеновские исследования могут привести к накоплению дозы облучения в организме, что может увеличить риск развития радиационной болезни и других заболеваний, связанных с воздействием радиации.

В целом, необходимо соблюдать осторожность при проведении рентгеновских исследований и избегать их частого повторения, особенно уязвимым группам населения, таким как дети, беременные женщины и люди с повышенной чувствительностью к радиации. Врачи должны оценивать пользу от проведения рентгеновского исследования и возможные риски для пациента перед его проведением.

Польза рентгеновских исследований

Рентгеновские исследования являются одним из основных методов диагностики различных заболеваний. Благодаря рентгеновским снимкам

врачи могут получить важную информацию о состоянии внутренних органов и тканей пациента.

Основная польза рентгеновских исследований заключается в возможности обнаружения различных патологий, таких как переломы костей, опухоли, инфекционные процессы, камни в почках и желчном пузыре, а также другие заболевания. Рентгеновские снимки позволяют врачам увидеть изменения в структуре и форме органов, что помогает установить точный диагноз и назначить правильное лечение.

С помощью рентгеновских исследований возможно также контролировать динамику заболевания и оценивать результаты лечения. Врачи могут сравнивать рентгеновские снимки до и после проведенного лечения, чтобы оценить эффективность применяемых методов лечения и принять решение о необходимости корректировки терапии.

Кроме того, рентгеновские исследования могут быть полезны при планировании хирургических операций. Они позволяют врачам получить представление о структуре и расположении органов, что помогает минимизировать риски при проведении операций и выбрать наиболее оптимальный хирургический доступ. Также рентгеновские снимки могут использоваться для навигации во время хирургического вмешательства.

В целом, рентгеновские исследования являются важным инструментом в диагностике различных заболеваний. Они позволяют врачам получить наглядное представление о состоянии внутренних органов и тканей пациента, что помогает установить точный диагноз и назначить эффективное лечение.

Рентгенография

Для начала из стеклянной трубки выкачивают воздух. Внутри так же находятся два электрода. «Катод», заряжен отрицательно, а «Анод» (который ещё называют «Мишень») положительно.

Катод представляет собой спираль из вольфрамовой нити, которая укрепляется на молибденовых стержнях и помещается в металлический

колпак. Он направляет поток электронов в виде узкого пучка в сторону анода.

Анод делается из меди в связи с его теплопроводными свойствами, имеет массивные размеры. Конец, обращенный к катоду, косо срезается под углом 45-70°. В центральной части скошенного анода имеется вольфрамовая пластинка, на которой находится фокус анода – данный участок по размерам в 10-15 мм², где в основном и образуются рентгеновы лучи.

Процесс образования рентгеновых лучей

Вольфрамовая спираль катода при подведении к ней тока низкого напряжения (4–15 В, 3–5 А) накаливается, образуя свободные электроны вокруг нити. Включение тока высокого напряжения создает на полюсах рентгеновской трубки разность потенциалов, в результате чего свободные электроны с большой скоростью (от 100000 до 325000 мм/сек.) устремляются к аноду в виде потока электронов – катодных лучей, которые, попав на фокус анода, резко тормозятся, вследствие чего часть кинетической энергии электронов превращается в энергию электромагнитных колебаний с очень малой длиной волны.

Фокус рентгеновской трубки – это участок на аноде, куда попадают электроны и где генерируются рентгеновы лучи. Чем меньше фокус, тем резче и структурней рисунок и наоборот, чем он больше, тем более расплывчатым становится изображение исследуемого объекта. Но есть важное замечание! Чем острее фокус, тем быстрее трубка приходит в негодность из-за расплавления вольфрамовой пластинки анода. Поэтому в современных аппаратах трубки конструируются с несколькими фокусами: малым, большим, и линейным в виде узкой полосы с коррекцией угла скоса анода в 71°, что позволяет получать оптимальную резкость изображения при наибольшей электрической нагрузке на анод.

Из потока катодных лучей только около 1% энергии превращается в рентгеновы лучи, остальная энергия переходит в тепло, что приводит к перегреванию анода. На охлаждение анода отведено масса способов:

водяное охлаждение, калориферно-воздушное, масляное охлаждение под давлением и другие комбинированные способы.

Принципы получения изображения

Получение изображения основано на ослаблении рентгеновского излучения при его прохождении через материалы различной плотности с последующей регистрацией его на рентгеночувствительную плёнку. Таким образом на плёнке получается усреднённое изображение всех тканей (тень). В современном рентгеновском цифровом оборудовании регистрация выходного излучения - может производиться на специальную кассету или на специальный фотосенсор с фотодиодами, чувствительными к рентгеновским лучам, называемый УРИ (Усилитель Рентгеновского Излучения), в состав последнего входит ЭОП (Электронно-Оптический Преобразователь). При этом печать плёнок производится только при необходимости, а диагностическое изображение выводится на монитор.

Заключение

1. Важность рентгенологических технологий.

Рентгенологические технологии играют ключевую роль в современной медицине, диагностике и исследованиях. Они позволяют врачам невидимым для глаза человека способом видеть внутренние структуры органов и тканей, выявлять различные патологии, определять степень их развития, исследовать состав материалов, а также использовать в промышленности для контроля качества и безопасности изделий.

2. Эволюция рентгенологических технологий.

Исторический путь развития рентгенологии свидетельствует о постоянном совершенствовании и улучшении технических средств, что приводит к повышению точности и эффективности диагностики. С появлением цифровой рентгенографии, мультиспиральной компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии и других современных методов, мы получили возможность более точно и быстро

диагностировать разнообразные заболевания, что существенно влияет на успешное лечение пациентов.

3. Будущее рентгенологии.

Современные перспективы развития рентгенологических технологий обещают ещё более впечатляющие результаты. Развитие искусственного интеллекта и машинного обучения позволит автоматизировать анализ полученных изображений и улучшит скорость и точность диагностики. Нанотехнологии и новые материалы будут способствовать созданию более компактных и функциональных медицинских устройств. Также, совершенствование дозировки излучения сделает рентгенологические процедуры более безопасными для пациентов.

В заключении, следует подчеркнуть, что рентгенологические технологии имеют яркие перспективы в различных областях, включая медицину, науку и промышленность. Их постоянное развитие и совершенствование способствует улучшению качества жизни и безопасности людей. Поэтому, дальнейшие исследования и инвестиции в данную область технологий являются крайне важными для общества.

Литература

1. История развития рентгенологии: от открытия рентгена до современных технологий. <https://web.archive.org/web/20120122004244/http://www.xray.rusmedserv.com/history/>
2. Принципы и применение рентгеновской дифракции. <https://nova78.ru/chto-takoe-rentgenovskaya-difraktsiya-i-kak-ona-rabotaet/>
3. Шеин Е.А. Устройство и принцип работы рентгеновского дифрактометра общего значения, фазовый анализ. <http://elib.osu.ru/handle/123456789/10659>
4. Савицкий Я.В. современные возможности метода рентгеновской томографии при исследовании керна нефтяных и газовых месторождений. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-vozmozhnosti-metoda-rentgenovskoy-tomografii-pri-issledovanii-kerna-neftyanyh-i-gazovyh-mestorozhdeniy?ysclid=lpeani48uf860429510>
5. Применение рентгеновской флуоресценции в анализе материалов. https://ru.wikipedia.org/wiki/Рентгенофлуоресцентный_анализ

АППАРАТЫ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

**И.М. Ляпина, Е.Ю. Фокина, С.А. Прокутина, А.В. Луконина, К.И. Спектор
(ред. Ю.В. Булгакова, С.М. Тимченко)**

Целью нашей группы стало изучение аппаратов ИВЛ и их функций. В ходе работы мы расскажем о типах ИВЛ, изучим историю данных аппаратов, а также узнаем в каких случаях следует применять их. Кроме того, мы рассмотрим технику безопасности при использовании ИВЛ, а также узнаем о роли искусственного интеллекта при работе с данными аппаратами.

Введение

Сегодняшняя медицина стремится к постоянному развитию и использованию новых способов для более эффективного лечения различных заболеваний. В этом контексте, аппараты искусственной вентиляции легких представляют собой инновационный подход, основанный на подаче газовой смеси в легкие с целью насыщения крови кислородом. Основной целью данного исследования является обзор научных статей, касающихся применения ИВЛ в медицине. Мы рассматриваем их функции, виды, историю, а также дальнейшее развитие данных аппаратов. Полученные результаты позволят определить направления использования аппаратов искусственной вентиляции лёгких в медицинской практике.

1 Определение и назначение

Аппараты ИВЛ - это медицинские устройства, предназначенные для предоставления искусственной вентиляции легких пациентам, у которых возникают проблемы с дыханием или кислород обменом.

Эти аппараты используются в различных областях медицины, включая реанимацию, интенсивную терапию, анестезиологию и даже на отделениях, где требуется поддержание дыхания у пациентов с хроническими заболеваниями.

Аппараты ИВЛ могут предоставлять разные уровни поддержки дыхания, включая контролируемую вентиляцию и поддержку спонтанного дыхания.

Они обычно включают в себя дыхательную машину, которая поставляет кислород в организм в нужной концентрации и с заданным давлением в легкие пациента.[1]

Главной целью и задачей аппаратов ИВЛ является обеспечение достаточного уровня кислорода в организм и удаление углекислого газа, благодаря этому поддерживается нормальное функционирование органов и систем, когда человек не способен самостоятельно дышать или нуждается в дополнительной помощи поддержания дыхания.

Аппараты искусственной вентиляции легких применяются в различных ситуациях, когда пациенту требуется поддержка дыхания.

Некоторые ситуации:

Респираторная недостаточность. Это пациенты с тяжелыми формами пневмонии, астмы, обструктивными заболеваниями легких, и некоторыми другими, которые могут в последствии привести к нарушению обмена газов в легких.

Травмы грудной клетки. После ситуаций с травмами грудной клетки, таких как повреждение легких и диафрагмы.

Хирургические вмешательства. После сложных операций, в особенности операций на грудную клетку.

Остановка дыхания. В случае остановки дыхания вследствие сердечно-сосудистой недостаточности, при отравлении и еще некоторых причин.

Так же могут быть и другие обстоятельства, которые могли бы привести к нарушению дыхания, например, сильнейшие ожоги или тяжелые инфекционные заболевания(COVID-19).

Но более точное применение ИВЛ зависит от конкретных ситуаций, в которых применяется ИВЛ по врачебным указаниям.[2]

2 История развития

У многих античных авторов медицины встречается как искусственное дыхание методом «рот в рот» и разрез трахеи, так и использование различных трубок. Трубки устанавливались в трахею через рот или с помощью трахеотомии, то есть трубка проводилась в трахею через отверстие, выполненное ниже голосовых связок. Уже тогда люди осознавали необходимость замещения дыхания в случае удушья или утопления.

Во время Эпохи Возрождения Андреас Везалий, профессор анатомического Падуанского университета, осуществил первую в мире трахеотомию, вдув воздух в лёгкие животного, после чего продолжили функционировать сердце и лёгкие. Именно Андреас Везалий считается основателем трахеотомии, которая спасла множество жизней.

После Эпохи Возрождения английский изобретатель Роберт Гук проводил исследования в области искусственной вентиляции. Поставленный эксперимент доказал, что для поддержания жизни является важным не только движение легких, но и постоянный газообмен. Данное открытие привело к тому, что исследователи предлагали различные конструкции наборов для реанимации.

В 1904 году хирург Эрнст Зауэрбрух стал проводить операции на грудной клетке с использованием камеры с переменным давлением воздуха. При понижении давления воздух устремлялся в легкие, при повышении — выходил из легких. В камере находилось только тело пациента, снаружи оставалась только голова

В 1928 году в Бостоне в такой аппарат впервые поместили восьмилетнюю девочку, умиравшую от полиомиелита. В результате чего ее состояние быстро пришло в норму.

В 1952-м был создан усовершенствованный аппарат, получивший прозвище «Железные легкие». В период высокой заболеваемости полиомиелитом в «Железные легкие» помещали тысячи детей. «Железные легкие» были практически единственным аппаратом, с помощью которого лёгкие пациентов вентилировались с помощью давления. Иногда

тяжелобольным пациентам приходилось несколько дней неподвижно лежать в таком аппарате. Длина «Железных легких» составляет чуть больше 2 метров, а вес — около 340 кг.

На сегодняшний день искусственная вентиляция легких -одна из важнейших отраслей реанимации и интенсивной терапии. Усовершенствование аппаратов искусственной вентиляции легких ведётся на протяжении веков. Сегодня прогресс и опыт, полученные за все время, дают возможность спасать жизни пациентов, в том числе и оказывать помощь тяжелобольным людям с Covid-19. Современные аппараты ИВЛ решают большое количество задач: от вспомогательной поддержки до полноценной вентиляции легких.[2]

3 Принцип работы

Принцип работы ИВЛ заключается в поставке воздуха или смеси кислорода и воздуха в легкие.

Составляющие ИВЛ

Дыхательный аппарат. Устройство, которое генерирует поток воздуха или кислорода и направляет его в легкие человека. Аппарат может быть ручным, называемый так же «Амбу», им управляет врач или медсестра, или автоматически/механический, он настроен на определенные параметры и работает самостоятельно.

Эндотрахеальная трубка. Это гибкая трубка, которая вставляется в дыхательные пути пациента через рот или нос и закрепляется в трахее. Это обеспечивает прямой доступ к легким и позволяет поставлять воздух или кислород непосредственно в легкие.

Мониторинг. Врачи и медсестры следят за пациентом, контролируя его жизненные показатели, такие как частота дыхания, объем вентиляции, концентрация кислорода в крови и уровень углекислого газа. Именно это позволяет правильно настраивать параметры ИВЛ для качественной вентиляции.[3]

Аппарат искусственной вентиляции легких может подключаться к пациенту:

- инвазивным способом, при котором воздух нагнетается через интубационную трубку, вводимую в дыхательные пути, или через трахеостому;
- неинвазивным путём — через маску.

Аппарат искусственной вентиляции лёгких обеспечиваются воздушной смесью из:

- центральной системы газоснабжения медицинского учреждения;
- баллона сжатого воздуха;
- миникомпрессора;
- кислородного генератора.

Аппарат ИВЛ должен подавать пациенту смесь газов, подогретую до нужной температуры и с необходимой влажностью.

4 Типы и модели

Аппараты ИВЛ можно разделить следующим образом:

По способу вентиляции легких:

Неинвазивный: ИВЛ этого вида используются как в лечебных учреждениях, так и в домашних условиях. В аппаратах данного вида вентиляция легких осуществляется через маски (рис. 1).



Рисунок 1 – Неинвазивный ИВЛ

Инвазивный: Данное оборудование применяется в роддомах, в отделениях хирургии, реанимации, анестезиологии и интенсивной терапии. В аппаратах этого вида воздух передается через интубационную трубку, вводимую в дыхательные пути, или через трахеостому (рис. 2).



Рисунок 2 – Инвазивный ИВЛ

Комбинированный: Данные ИВЛ представляют собой универсальные аппараты с большими возможностями. Оборудование позволяет выбирать любые режимы вентиляции в зависимости от потребностей пациента.

По возрасту пациента:

Для детей старше 6 лет и взрослых: Оборудование представлено моделями как для интенсивной терапии, так и специального назначения.

Для детей младше 6 лет: Аппараты данного типа просты в управлении. Это позволяет в полном масштабе отслеживать состояние ребенка.

Для новорожденных детей: Ключевая особенность этих устройств — широкий выбор режимов работы. Может обеспечить как полноценную респираторную поддержку, так и незначительную помощь в самостоятельном дыхании.

По типу привода:

Ручной: Подача воздуха осуществляется посредством мускульной работы оператора. Для функционирования устройства не требуется электричество. Чаще всего оборудование этого типа используется либо бригадами скорой помощи, либо как страховочное устройство.

Электрический: Оборудование этого типа обладает широким функционалом и реализует различные методы вентиляции легких. Современные аппараты ИВЛ позволяют систематизировать данные о пациенте, контролировать ключевые параметры жизнедеятельности пациента. Но для работы необходим внешний источник питания.

Пневматический: Эти устройства работают в автономном режиме и не зависят от внешнего источника энергии. Для их функционирования используется сжатая газовая смесь, которая может находиться во внешних или внутренних баллонах.

Комбинированный: Аппарат ИВЛ этого типа отличается компактностью и высокой надежностью. Энергия для респираторной поддержки в таких моделях поступает из внешнего источника газовой смеси. Для управления оборудованием, обязательно требуется наличие электрической сети.

По типу конструкции:

Портативные: Приборы обладают базовыми опций, отличаются компактностью. Портативные модели наиболее удобны для использования на выезде.

Стационарные: Это универсальные устройства с широким функционалом, работающие от сети. Большинство данных моделей имеют достаточно крупные размеры, из-за чего применяются только в стационаре.

Высокочастотные струйные аппараты.

Это отдельный класс медицинского оборудования для искусственной вентиляции легких. Его отличие — использование частоты с 80 до приблизительно 600 циклов/мин. Оборудование этого типа позволяет поддерживать вентиляцию во время бронхоскопии.

Высокочастотные устройства обеспечивают доступ врачу к зоне хирургических манипуляций и при этом постоянный газообмен. Также они позволяют предотвратить риск возникновения легочной травмы.

5 Индикации и противопоказания

Случаи, когда ИВЛ может быть необходимой:

Пневмония: ИВЛ может потребоваться при тяжелых случаях вирусной или бактериальной пневмонии, когда пациент не способен поддерживать нормальное дыхание.

Травма груди: Пациенты с серьезными травмами грудной клетки могут потребовать ИВЛ для поддержания нормальной функции легких.

Операции: Во время хирургических операций пациентам может потребоваться ИВЛ для обеспечения анестезии и безопасной хирургической процедуры.

Сердечно-легочная реанимация (СЛР): ИВЛ может использоваться при проведении СЛР для восстановления дыхания и циркуляции у пациентов с остановкой сердца и дыхания.

Острая обструкция дыхательных путей: При аллергическом отеке, анафилактическом шоке или других состояниях, которые приводят к затрудненному дыханию, ИВЛ может спасти жизни.

Случаи, когда ИВЛ может быть нежелательной или противопоказанной:

Прогрессирующая терминальная болезнь: У пациентов с неизлечимыми или терминальными состояниями, которые не желают продолжать лечение, ИВЛ может быть нежелательной.

Долгосрочная зависимость от ИВЛ: Применение ИВЛ в течение долгого времени может привести к мускульной слабости и другим осложнениям, поэтому при долгосрочных применениях могут возникнуть вопросы о целесообразности.

Внутричерепные повреждения: При некоторых формах тяжелых повреждений мозга или невосполнимых ущербах для ЦНС ИВЛ может быть бессмысленной.

Терминальная стадия онкологических заболеваний: У пациентов с неизлечимыми онкологическими заболеваниями, находящимися в терминальной стадии, ИВЛ может быть нежелательной, если не способна улучшить их качество жизни.

Воля пациента: Важно учитывать пожелания и волю пациента в отношении ИВЛ и предоставления неотложной медицинской помощи. Решение о том, когда применять ИВЛ, должно приниматься врачами на основе оценки состояния пациента, его пожеланий и медицинских показаний. Важно учитывать эти факторы, чтобы обеспечить наилучшее заботу о пациенте.[4]

6 Безопасность и качество ухода

Безопасность эксплуатации аппаратов искусственной вентиляции легких является важной проблемой, требующей строгого соблюдения правил и норм. Сложность данного вида медицинской техники, а также частое использование аппаратов ИВЛ в экстремальных ситуациях, подчеркивают необходимость обеспечения безопасности как для пациентов, так и для медицинского персонала. Аппараты ИВЛ работают на электроэнергии и сжатых газах, включая кислород, а также могут использоваться с взрывоопасными анестетиками. Поэтому особая осторожность и соблюдение общих правил безопасности являются обязательными при работе с этими аппаратами. Помещения, где происходит использование аппаратов ИВЛ, должны соответствовать требованиям правил безопасности и санитарии, установленным соответствующей организацией.

Функциональная безопасность в медицинской технике включает меры, предотвращающие возможность причинения вреда пациенту или медицинскому персоналу. В случае использования аппарата искусственной вентиляции легких (ИВЛ) сжатый газ должен быть подведен без возможности попадания других газов, кроме предназначенного. Меры безопасности включают использование разных соединений для разных газов, а также маркировку соединительных

устройств. Важно предотвратить чрезмерное повышение давления в дыхательном контуре с использованием специальных устройств, таких как водяной затвор или предохранительные клапаны. Надо также следить за уровнем воды в водяном затворе и обеспечить возможность аварийной вентиляции вручную. Аппараты ИВЛ должны быть оборудованы блокировками, чтобы предотвратить ошибки в управлении.

В аппараты для длительной работы необходимо включать сигнализаторы о нарушении режима ИВЛ. Они должны оповещать световыми и звуковыми сигналами о опасном снижении дыхательного объема и давлении конца вдоха ниже 0,5 кПа. Сигнализация сработает при отключении пациента от аппарата, разгерметизации дыхательного контура или поломке аппарата. Пороговое значение давления может использоваться и у взрослых, и у детей. Желательно, чтобы сигнализатор предупреждал также о нарушении электроснабжения или пневмопитания. Работоспособность сигнализаторов следует периодически проверять, моделируя опасные ситуации.[5]

При проверке технического состояния аппарата ИВЛ необходимо следовать нескольким шагам:

1. Изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации для определения возможности применения аппарата в условиях наркоза.
2. Проверить полноту комплекта и собрать аппарат согласно инструкции, удалив транспортировочные крепления.
3. Осмотреть арматуру аппарата, удостовериться в правильном подключении к электросети, защитному заземлению и источникам сжатого газа.
4. Включить аппарат в сеть и проверить его работоспособность, отмечая характерные признаки, такие как шум, дыхательный цикл и движение мехов.
5. Проверить герметичность дыхательного контура, закрыв отверстие для присоединения пациента и убедившись, что давление в контуре соответствует требуемым значениям.

6. Произвести санитарную обработку аппарата и деталей дыхательного контура согласно инструкции.

7. Перед каждым присоединением к пациенту убедиться в правильном подключении электро- или пневмопитания и наличии необходимых присоединительных элементов.

8. Проверить заполнение аппарата водой и, если необходимо, проверить наличие анестетика в случае использования наркозного блока.

9. Проверить срабатывание предохранительных и защитных устройств.

Это важные правила, обеспечивающие безопасность пациента и медицинского персонала при использовании аппарата ИВЛ. Обеспечение качественного ухода за пациентами на искусственной вентиляции легких (ИВЛ) играет важную роль в обеспечении безопасности и эффективного лечения. Существует несколько основных причин, по которым квалифицированный уход является необходимым.

Прежде всего, квалифицированный медицинский персонал играет ключевую роль в мониторинге и настройке оборудования для ИВЛ. Они следят за параметрами дыхания пациента и корректируют настройки в соответствии с его потребностями. Это важно для обеспечения правильной работы аппаратов ИВЛ.[6]

Другая важная причина - обеспечение безопасности пациента. ИВЛ может быть связана с риском различных осложнений, таких как баротравма легких, инфекции и повреждения дыхательных путей. Квалифицированный персонал помогает предотвратить эти осложнения или выявить их своевременно.

Медицинский персонал также отслеживает состояние пациента, особенно если он находится в критическом состоянии. Показатели, такие как уровень кислорода и углекислого газа в крови, артериальное давление и сердечный ритм, регулярно контролируются для обеспечения стабильного состояния пациента.

Эффективный уход за дыхательными путями является неотъемлемой частью ухода за пациентами на ИВЛ. Это включает

удаление слизи и секретов, предотвращение коллапса легких и поддержание открытости дыхательных путей. Это помогает оптимизировать обмен газов и улучшить качество дыхания.

Квалифицированный персонал также обеспечивает комфорт и психологическую поддержку пациентам на ИВЛ. Эти пациенты могут испытывать как физический, так и эмоциональный дискомфорт, и им необходима подходящая медикаментозная и психологическая помощь.

Наконец, медикаментозное управление является важной частью ухода за пациентами на ИВЛ. Они могут требовать лекарственной терапии, такой как седативные препараты и мускулорелаксанты. Квалифицированный персонал назначает и контролирует прием лекарств, чтобы поддерживать стабильное состояние пациента.

Важно отметить, что уход за пациентами на ИВЛ требует специальных знаний и навыков, и должен осуществляться квалифицированными медицинскими профессионалами, такими как врачи, медсестры и респираторные терапевты. Неквалифицированный уход может привести к серьезным осложнениям и угрожать жизни пациента.

Системы искусственного интеллекта (ИИ) позволяют улучшить управление и мониторинг аппаратов искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Комбинирование ИИ с ИВЛ позволяет предсказывать параметры настройки ИВЛ в режиме реального времени, основываясь на данных о состоянии пациента. Это помогает обеспечить более точную и эффективную вентиляцию.[7]

7 Технологические инновации

Современные аппараты ИВЛ оснащены множеством сенсоров и мониторов, которые постоянно отслеживают физиологические показатели пациента, такие как уровень кислорода в крови, давление воздуха в дыхательных путях, частота дыхания и т.д. Это позволяет медицинскому персоналу точно контролировать и адаптировать параметры ИВЛ в режиме реального времени для каждого пациента.

Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) могут быть применены в медицинском обучении с целью тренировки персонала на симуляторах ИВЛ и улучшения их навыков в работе с этими аппаратами (рис. 3).



Рисунок 3 – Аппарат VR и AR

Современные технологии позволяют создавать более компактные и портативные аппараты ИВЛ, что увеличивает их мобильность и доступность для использования в различных клинических ситуациях.

Интеграция телемедицинских решений позволяет мониторить пациентов на расстоянии и обеспечивать им консультации и поддержку в режиме реального времени. Это особенно важно в условиях пандемии COVID-19. С увеличением подключенных устройств и распространением интернета вещей к аппаратам ИВЛ возникает необходимость обеспечения безопасности и защиты данных пациентов [8].

Скорее всего, интеграцию моноблока с медицинскими устройствами станет реализовывать крупнейший отечественным производитель аппаратов ИВЛ - фирма Хирана+. Подразумевается создание информационного-аналитического обеспечения, с целью оборудования российских аппаратов искусственной вентиляции легких.

КИУИВЛ(комплекс интеллектуального управления аппаратами искусственной вентиляции легких) будет смотреться, как блок, связанный с механизмом ИВЛ. С помощью программного обеспечения, установленного на КУИВЛ, можно будет получать информацию от устройства искусственной вентиляции легких вместе с продолжительным хранением информации и отображением исходных параметров, благодаря методам искусственного интеллекта.

Эти инновации направлены на повышение эффективности и безопасности лечения пациентов, использующих аппараты искусственной вентиляции легких. Они также обеспечивают медицинскому персоналу дополнительные сведения и инструменты для более качественного ухода за пациентами.

С увеличением подключенных устройств и распространением интернета вещей к аппаратам ИВЛ возникает необходимость обеспечения безопасности и защиты данных пациентов [9].

8 Практическое применение

Практическое применение, когда аппараты ИВЛ могут спасти жизнь

Искусственная вентиляция легких – крайняя мера, необходимая в том случае, когда дыхательная система человека не справляется самостоятельно. Известно, что без питания кислородом человек может прожить до 7 минут, дальше происходят необратимые изменения в мозге, остановка сердца и смерть. Аппарат ИВЛ замещает функцию дыхания, очень часто подключение к аппарату ИВЛ является последним шансом на спасение пациента.

Одно из осложнений от COVID-19,– это быстрое развитие тяжелой пневмонии, при котором возникает острая дыхательная недостаточность. Такого пациента нужно как можно быстрее подключить к аппарату искусственной10й вентиляции легких, иначе существует риск летального исхода. Он насыщает легкие кислородом и устраняет из них углекислый газ. Решение о подключении пациента к аппарату ИВЛ принимает только

врач, анализируя динамику его заболевания, клиническую картину и сведения, полученные в результате лабораторных исследований.

Аппаратами ИВЛ оснащаются отделения интенсивной терапии, реанимационные, машины и вертолеты скорой помощи. Но во время пандемии резкий рост количества больных с пневмонией привел к тому, что во всем мире возникла нехватка аппаратов ИВЛ.

Применение искусственной вентиляции легких помогает многим пациентам пережить состояние, угрожающее жизни. Благодаря ИВЛ дыхательная мускулатура находится в нужном тонусе, регулируя потребление кислорода и работоспособность грудной клетки. При положительной динамике человека снимают с аппаратной терапии. Ему рекомендуются дыхательные техники, которые помогают пациенту вновь дышать самостоятельно. [10]

Заключение

Интенсивная вентиляционная терапия (ИВЛ) является важным методом поддержания дыхательной функции у пациентов с различными состояниями, которые ограничивают их способность самостоятельно дышать. В ходе нашего реферата мы рассмотрели ключевые аспекты ИВЛ, включая ее цели, индикации, методику проведения и потенциальные осложнения.

В заключение, ИВЛ является жизненно важной методикой, спасающей жизни многих пациентов, однако ее применение должно быть обоснованным и осуществляться в соответствии с лучшими клиническими практиками. Врачи и медицинский персонал должны быть хорошо подготовлены и обладать необходимыми знаниями и навыками для эффективной и безопасной реализации ИВЛ.

Интенсивная вентиляционная терапия остается неотъемлемой частью современной медицины и продолжит развиваться, чтобы улучшать качество жизни и выживаемость пациентов с респираторными заболеваниями и состояниями.

Литература

1. Лебединский К. М. «Основы респираторной поддержки», СПб, 2006.
2. Искусственная вентиляция легких: показания и противопоказания [Электрон. ресурс] https://medaboutme.ru/articles/iskusstvennaya_ventilyatsiya_legkikh_pokazaniya_i_protivopokazaniya/ (дата обращения 04.11.2023).
3. История появления аппарата искусственной вентиляции легких. [Электрон. ресурс] <https://uk-cert.ru/news/ivl-history/> (дата обращения 04.11.2023).
4. Аппараты ИВЛ. Обзор и особенности. [Электрон. ресурс] <https://rumex.ru/information/apparaty-IVL-obzor-i-osobennosti-90/> (дата обращения 04.11.2023).
5. Искусственная вентиляция легких (ИВЛ) – что это такое и когда нужна респираторная поддержка? [Электрон. ресурс] <https://sleep-resp.ru/hrap-i-apnoe/pap-terapiya/iskusstvennaya-ventilyatsiya-legkikh/>. (дата обращения 04.11.2023).
6. Аппаратов искусственной вентиляции легких. [Электрон. ресурс] <https://lassamed.ru/articles/reanimatsiya/ivl/?ysclid=ln3d16w2es870866122> (дата обращения 15.09.2023).
7. Байболдина А.А., Ганиева А.С. Перспективы развития аппаратов ИВЛ. //Сборник трудов конференции, с. 15-21. Изд-во УГАТУ, 2021 (дата обращения 15.09.2023).
8. Виленский А., Хрусталева А., Деханова А. Высокотехнологичные медицинские изделия: сегментация рынка и перспективы развития». ООО «Научно-технический центр "Мдитекс"», 2021 <https://pulsoksimetr.ru/articals/ivl/istoria.php> (дата обращения 04.11.2023).
9. Аппараты ИВЛ и искусственный интеллект [Электрон. ресурс] <https://www.it-world.ru/it-news/tech/194559.html>. (дата обращения 04.11.2023)
10. Искусственный интеллект будет управлять аппаратами вентиляции легких [Электрон. ресурс] <https://pharmmedprom.ru/news/iskusstvennii-intellekt-budet-upravlyat-apparatami-ventilyatsii-legkih/>. (дата обращения 04.11.2023)

ПЕЧАТЬ ОРГАНОВ НА БИОПРИНТЕРЕ

Д.С. Ляпидовская, Е.А. Стукаленко, Б.Б. Шумов, Д.Г. Гадоев, Р.Р. Амиров,
А.Р. Кантакузов (ред. П.М. Жучкова, С.М. Тимченко)

Введение

Биопринтер (рисунок 1) – это устройство, предназначенное для создания трехмерных биологических конструкций, таких как ткани, органы или полноценные организмы, путем нанесения биологических материалов на строительную платформу в точно определенной последовательности и конфигурации.

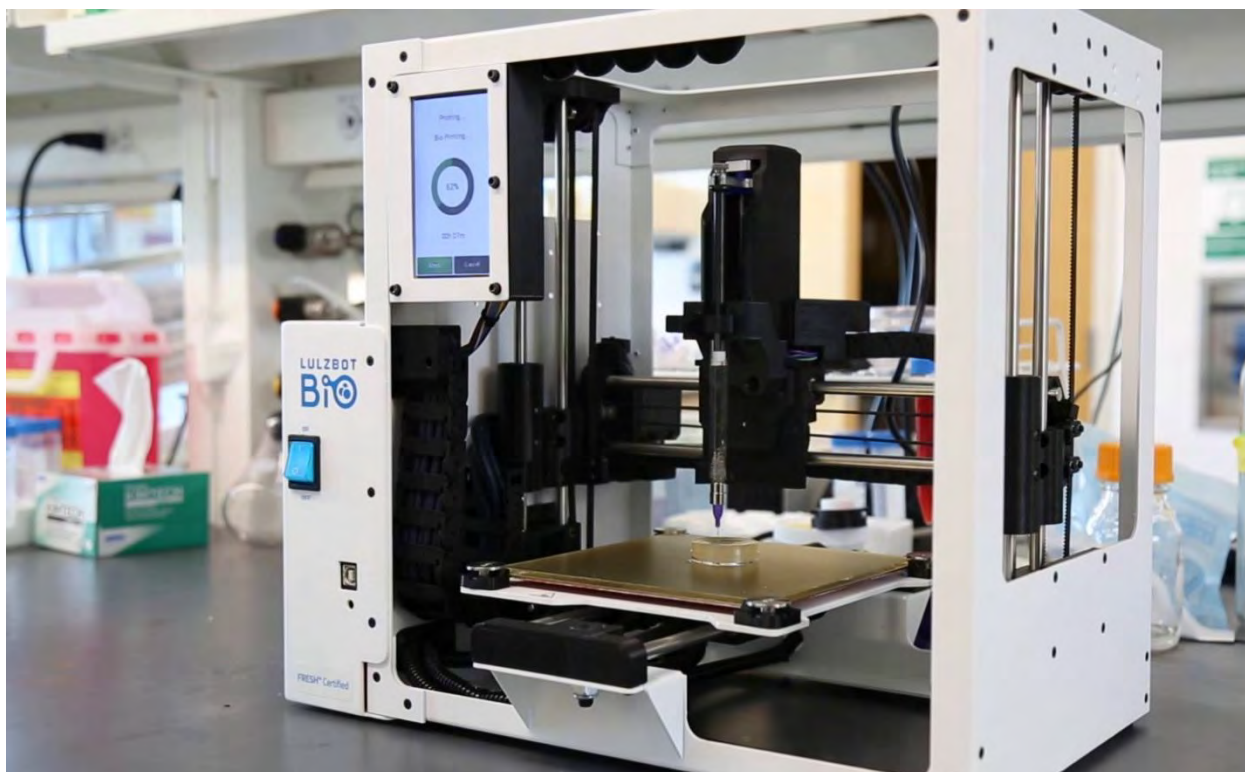


Рисунок 1 – Биопринтер “the LulzBot Bio”

Основной принцип работы биопринтера основан на принципе аддитивного производства, то есть слоистом создании объектов путем нанесения материалов поочередно на предыдущий слой, пока не достигнута желаемая форма и структура. Одним из основных элементов биопринтера является головка печати, с помощью которой наносится

биологический материал. Эта головка оснащена небольшими соплами или иглами, через которые происходит вывод материала путем контролируемой экструзии или электроосмотической помпы.



Рисунок 2 – Биопринтер “FELIX BIOprinter”

В качестве биологического материала могут использоваться клетки, биологические гели, гидрогелевые составы, биополимеры и другие биологически активные вещества. Компоненты материала должны обладать определенной степенью биосовместимости и биоразлагаемости, чтобы быть совместимыми с живыми тканями и органами.

Процесс биопечати выполняется в несколько этапов. Сначала создается трехмерная модель органа или ткани с использованием компьютерного моделирования. Затем данные модели передаются в программное обеспечение биопринтера, которое управляет движением головки печати и нанесением материала. В процессе печати материал слой за слоем наносится на строительную платформу до получения конечного продукта.

Биопринтеры имеют широкий спектр применений. Они могут использоваться для создания искусственных кожи, кровеносных сосудов, костной ткани, хрящевых структур и многого другого. Они также могут быть использованы в медицинских исследованиях и разработке новых лекарственных препаратов.

Однако, несмотря на все преимущества, существуют некоторые вызовы и ограничения в области биопечати. Один из них - это сложность создания сложных структур, таких как функциональные органы, из-за необходимости точного контроля различных факторов, таких как плотность клеток, их организация и взаимодействие с окружающей средой.

Тем не менее, развитие биопринтеров представляет собой обширное поле исследований и привлекает все большее внимание научного сообщества и индустрии, поскольку он обещает преобразовать медицину и другие области, такие как фармацевтика и пищевая промышленность.

Устройство биопринтера

3D-биопринтинг – это одна из новейших технологий, которая появилась и начала разрабатываться в начале 2000-х годов. Первый патент, связанный с этой технологией, был подан в США в 2003 году, а получен в 2006. Биопринтер был придуман, когда один ученый разобрал принтер и обратил внимание, что отверстия для вывода краски сходны по диаметру с диаметром живых клеток. 3D-биопринтинг очень похож на известную многим обычную печать: тут есть принтер – печатающее устройство, «бумага» - основа на которую наносится «чернила», в качестве «чернил» тут выступают живые клетки. Из клеток с помощью принтера может быть напечатан какой-либо орган, например для дальнейшей трансплантации больному. Главная особенность биопринтинга состоит в том, что получившийся в результате печати объект – это живая ткань, это не статичный готовый неизменный объект, это постоянно изменяющаяся после печати структура. Биопринтер состоит из нескольких основных компонентов:

1. Рама и корпус: предоставляют прочную и устойчивую платформу для работы устройства.

2. Система перемещения: включает в себя механизмы, позволяющие точно перемещать печатающую головку в трехмерном пространстве. Это может быть осуществлено с помощью шаговых двигателей или других подобных механизмов.

3. Печатающая головка: основной компонент биопринтера, который наносит биологический материал на строительную платформу. Она может быть оснащена различными насадками и соплами для нанесения различных типов материалов, таких как клетки, биологические гели и полимеры.

4. Камера или чаша среды: используется для поддержания оптимальных условий окружающей среды для роста и развития биологического материала. Это может включать в себя поддержание определенной температуры, влажности и концентрации газов.

5. Контроллер: управляющая система, которая контролирует все аспекты работы биопринтера, включая перемещение печатающей головки, дозирование материала и поддержание условий окружающей среды.

6. Программное обеспечение: специальное программное обеспечение, которое позволяет пользователю создавать и моделировать трехмерные структуры, а затем отправлять их на печать с помощью биопринтера.

7. Биологический материал: это сами клетки, биологические гели или полимеры, которые используются для создания трехмерных структур. Они загружаются в печатающую головку и наносятся на строительную платформу по заданному шаблону. Все эти компоненты работают вместе, чтобы создавать сложные биологические структуры, которые могут быть использованы в медицине и других областях.

Биопринтеры имеют большой потенциал для создания индивидуальных органов и тканей для трансплантации, а также для исследования и тестирования новых лекарственных препаратов.

Биопринтеры в медицине

Биопринтеры имеют огромный потенциал в медицине. Они могут использоваться для создания индивидуальных органов и тканей для трансплантации, что может значительно сократить время ожидания на трансплантацию и улучшить результаты для пациентов (рисунок 3). Биопринтеры могут создавать сложные структуры, которые точно соответствуют анатомическим особенностям пациента, что помогает избежать отторжения и повышает шансы на успешную трансплантацию.



Рисунок 3 – Макет сердца напечатанного на биопринтере

Они также могут быть использованы для исследования и тестирования новых лекарственных препаратов. Биопринтеры позволяют создавать модели органов и тканей, на которых можно тестировать эффективность и безопасность новых препаратов. Это позволяет сократить время и затраты на разработку новых лекарств и улучшить процесс их тестирования.



Рисунок 4 – Полимерные материалы для биопринтера

Биопринтеры также могут использоваться для создания биологических структур для исследовательских целей. Они позволяют ученым изучать биологические процессы и понимать, как они взаимодействуют с различными материалами и условиями окружающей среды. Это может привести к новым открытиям и разработке новых методов лечения и диагностики различных заболеваний.

В целом, биопринтеры представляют собой инновационное устройство, которое имеет огромный потенциал для преобразования медицины. Они могут помочь решить проблемы дефицита органов для трансплантации и улучшить процесс разработки и тестирования новых лекарственных препаратов.

Биопринтинг в России

В России также активно развивается направление биопринтинга в медицине. Ведущие научные и медицинские учреждения страны работают

над разработкой и применением биопринтеров для создания органов и тканей.

Например, в 2018 году в Москве был создан первый в России биопринтер, способный создавать живые клетки и ткани. Это открытие открывает новые перспективы в области трансплантологии и регенеративной медицины.

Также в России проводятся исследования по использованию биопринтеров для создания моделей органов и тканей для тестирования лекарственных препаратов. Это позволяет ученым проводить более точные и эффективные исследования, что может привести к разработке новых лекарственных средств. Российские ученые также активно работают над разработкой новых материалов для биопринтеров, которые бы обеспечивали высокую точность и качество создаваемых структур. Таким образом, биопринтинг в России является перспективным направлением, которое может значительно улучшить возможности медицины и способствовать развитию новых методов лечения и диагностики.

Биопринтинг в мире

В мире биопринтинг также активно развивается и применяется в медицине. Ведущие научные и медицинские учреждения разных стран работают над созданием и использованием биопринтеров для различных целей.

Например, в США и Европе проводятся исследования по созданию органов и тканей с помощью биопринтеров (рисунок 5). Биопечать используется для создания моделей органов для обучения хирургов и планирования сложных операций. Также проводятся эксперименты по созданию функциональных органов, которые могут быть использованы для трансплантации.

В Японии и Китае также активно разрабатываются и применяются биопринтеры. В Японии уже проведены успешные эксперименты по созданию кожи и хрусталика глаза с помощью биопечати. В Китае созданы

3D-напечатанные кости, которые были успешно имплантированы в организмы животных.



Рисунок 5 - Комбинированный 3D-биопринтер восстанавливает кость и кожу одновременно

Также биопринтинг применяется в космической медицине. Например, NASA проводит исследования по созданию 3D-напечатанных органов и тканей для использования в космических условиях, где доступ к медицинской помощи ограничен.

Таким образом, биопринтинг является перспективным направлением в медицине по всему миру. Он предоставляет новые возможности для лечения и диагностики, а также может значительно сократить время и затраты на разработку новых лекарственных препаратов и методов лечения.

Сложности в эксплуатации 3D принтера для печати органов

Стоит отметить, что 3D-печать органов является одним из самых перспективных и инновационных направлений в современной медицине. Эта технология позволяет создавать точные копии человеческих органов и тканей, что открывает огромные возможности для проведения сложных

операций, обучения студентов медицинских вузов и исследования новых методов лечения.

Однако, несмотря на все преимущества, использование 3D-принтеров для печати органов человека не лишено сложностей и вызывает определенные технические и этические вопросы.

Одной из основных проблем является выбор материала для печати. Для создания точных копий органов необходимо использовать материалы, которые максимально приближены к биологическим тканям. Это позволяет достичь высокой функциональности и совместимости напечатанных органов с организмом человека. Однако такие материалы часто являются дорогостоящими и сложными в использовании, что затрудняет массовое производство и доступность таких технологий для широкого круга пациентов.

Кроме того, сложность устройств, используемых для печати органов, является еще одной проблемой. 3D-принтеры для медицинских целей должны быть высокоточными и обладать большой скоростью печати, чтобы обеспечить точность и эффективность процесса создания органов. Разработка и производство подобных устройств требует значительных затрат и инженерных исследований.

При печати каждого конкретного органа необходимо учитывать его особенности. Например, при печати сердца, необходимо учесть его сложную анатомию и работу клапанов, что требует дополнительных знаний и навыков у специалистов. Также важно учитывать индивидуальные потребности и характеристики каждого пациента, чтобы создать орган, идеально подходящий для его организма.

Важно отметить, что использование 3D-печати органов человека вызывает этические вопросы. Возможность создания точных копий человеческих органов может привести к спорам о том, можно ли использовать такие органы для трансплантации или это нарушает права человека. Вопросы о том, кому принадлежат эти органы и каким образом они могут быть распределены справедливо и безопасно, требуют

серьезного обсуждения и разработки соответствующих правовых и этических норм.

В заключение, можно сказать, что 3D-печать органов человека представляет собой перспективное направление в медицине, которое может изменить подход к лечению и спасти множество жизней (рисунок 6). Однако, для достижения полного потенциала этой технологии необходимо преодолеть ряд сложностей, связанных с выбором материалов, техническими ограничениями и этическими вопросами. При правильном подходе и использовании новых технологий, 3D-печать органов человека может стать революционным прорывом в медицине и помочь в борьбе с множеством заболеваний и состояний, требующих трансплантации органов.

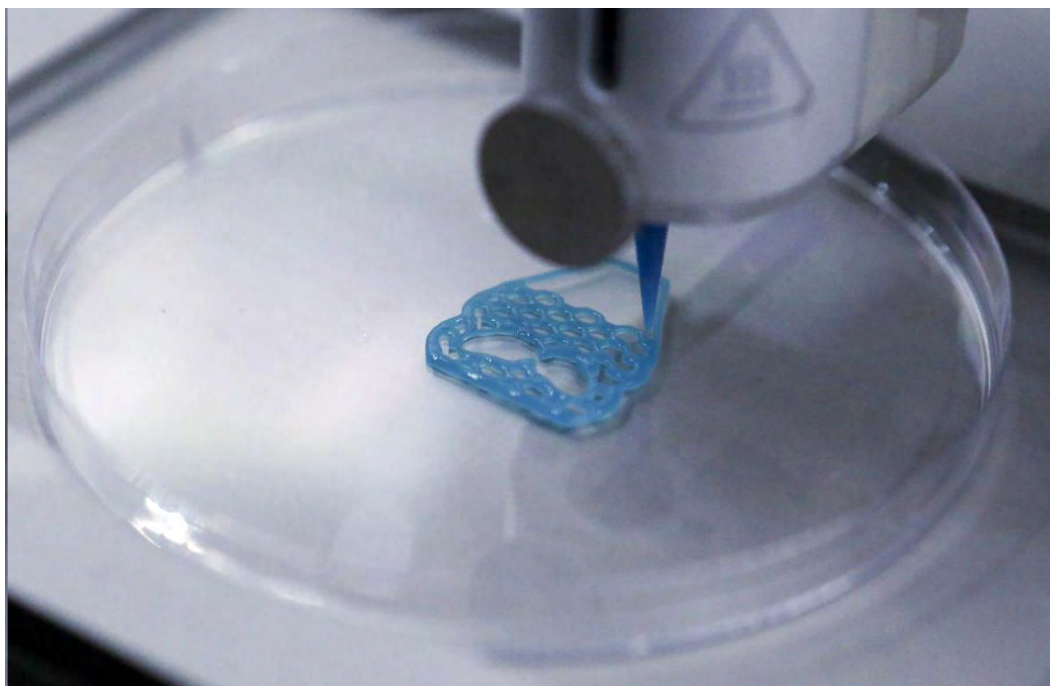


Рисунок 6 - 3D принтер для печати мышечной ткани Ataxia

Необходимые материалы для печати органов на 3D принтере

Для создания точных копий органов с использованием 3D-печати требуются материалы, которые наиболее близки к биологическим тканям. Это позволяет получить органы с высокой точностью и качеством, которые могут быть успешно использованы для трансплантации.

Одним из наиболее распространенных материалов, применяемых в 3D-печати органов, является биопластик. Биопластик обладает биосовместимостью и отлично подходит для создания разнообразных органов, таких как печень, почки, сердце и другие. Он может быть использован для печати каркаса органа, который затем заполняется живыми клетками, создавая настоящую биологическую структуру.

Еще одним материалом, широко используемым в 3D-печати органов, является гидрогель. Гидрогель обладает высокой водоудерживающей способностью и идеально подходит для создания органов, содержащих большое количество воды, например глаз или мозг. Этот материал может быть заполнен живыми клетками, что позволяет создавать точные копии органов с высокой прецизией.

Кроме того, разработаны материалы, которые могут быть использованы для создания костей и хрящей. Например, полимеры, такие как поликапролактон, могут использоваться для создания костной ткани, а хитозан может быть применен для создания хрящевой ткани. Эти материалы позволяют воспроизводить сложные структуры органов, такие как суставы и кости, и предоставляют возможность для создания индивидуальных костных имплантатов.

Однако несмотря на все преимущества, материалы для 3D-печати органов являются дорогостоящими и требуют сложного использования. Их производство требует значительных затрат на исследования и разработки, что ограничивает их массовое производство. Однако благодаря постоянному развитию технологий и снижению затрат, 3D-печать органов становится все более доступной и превращается в перспективное направление медицинской науки и практики.

Использование материалов, максимально приближенных к биологическим тканям, в 3D-печати органов позволяет создавать точные копии органов с высокой прецизией и качеством. Хотя материалы для такой печати являются дорогими и сложными в использовании, их разработка и улучшение открывают новые перспективы в области трансплантации и медицины в целом. Профессионалы в этой области

постоянно стремятся к совершенствованию материалов и технологий, чтобы сделать 3D-печать органов доступной широкому кругу пациентов и способствовать развитию медицинской науки.

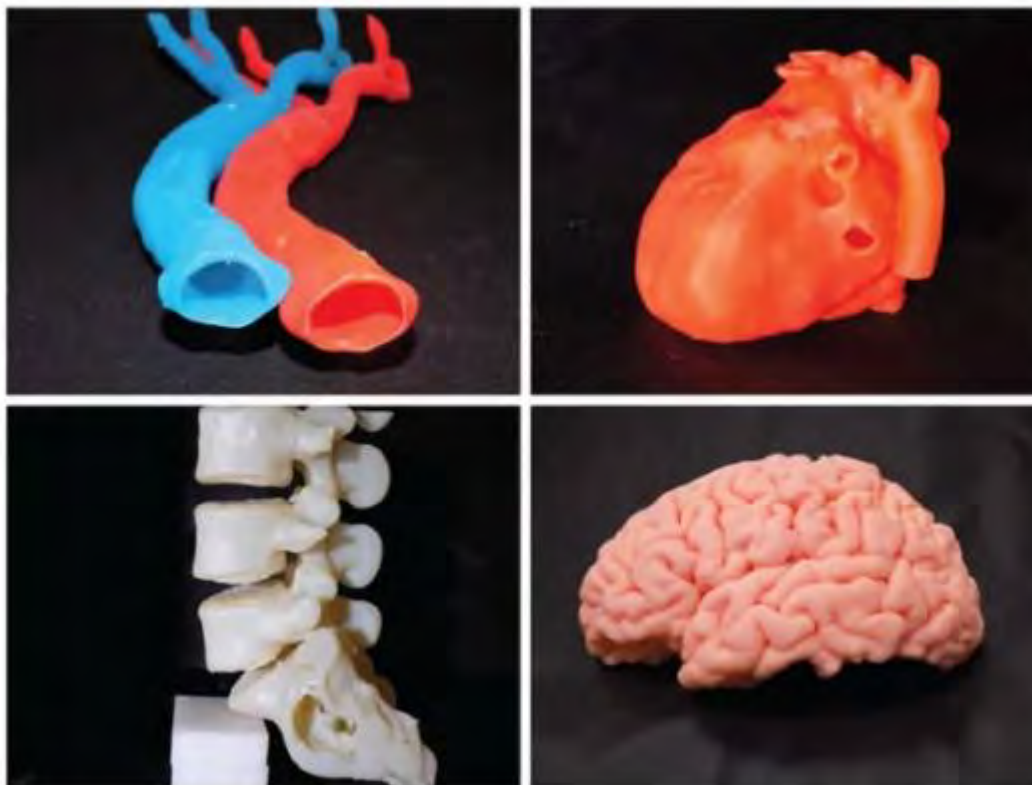


Рисунок 7 – Макеты органов напечатанные на биопринтере

Необходимая квалификация соответствующих специалистов в области печати органов на 3D принтере

Для успешного использования 3D-принтеров в медицине необходимы специалисты с определенной квалификацией. Врачи, работающие с этими устройствами, должны обладать не только глубокими знаниями в области медицины, но и основами инженерии и компьютерных технологий. Они должны быть готовы освоить технические навыки работы с 3D-принтерами, что является первым шагом квалификации для печати органов.

Основные принципы работы с 3D-моделями, владение программным обеспечением для создания и управления 3D-моделями, а также знание материалов, используемых для печати органов, являются неотъемлемой частью технических навыков, которые должны быть у врачей. Только

имея хорошее понимание этих аспектов, врачи смогут создавать точные копии органов, которые будут соответствовать реальным органам человека.

Однако знание технических аспектов не является достаточным. Врачи также должны иметь глубокие познания в анатомии и физиологии человека. Они должны понимать строение и функции различных органов, чтобы создавать органы, которые будут работать и соответствовать реальным органам человека. Изучение анатомии и физиологии становится вторым шагом квалификации для врачей, работающих с 3D-принтерами.

Третьим и последним шагом является изучение новых методов лечения, основанных на использовании 3D-принтеров. Врачи должны быть в курсе последних исследований и разработок в области 3D-печати органов. Они должны быть готовы применять эти новые методы в своей работе, чтобы обеспечить пациентам наиболее эффективное и передовое лечение.

Таким образом, для использования 3D-принтеров в медицине необходимы высококвалифицированные специалисты, обладающие знаниями в области медицины, инженерии и компьютерных технологий. Они должны освоить технические навыки работы с 3D-принтерами, иметь глубокие знания анатомии и физиологии человека, а также быть в курсе последних тенденций в области 3D-печати органов. Только такие специалисты смогут добиться успеха в использовании 3D-принтеров для создания и лечения органов.

Затраты на биопринтер

Стоимость самого биопринтера: биопринтеры доступны в разных ценовых категориях, от нескольких тысяч долларов до нескольких сотен тысяч долларов. Цены варьируются в зависимости от марки, технических характеристик и возможностей конкретной модели.

Материалы для печати: для работы биопринтера требуются специальные биологические материалы, такие как клетки и гидрогели. Стоимость этих материалов может значительно варьироваться в

зависимости от их типа, производителя и качества. Также возможно использование дорогостоящих добавок и препаратов для улучшения свойств материалов или специфических приложений.

Обслуживание и ремонт: биопринтеры требуют регулярного технического обслуживания и иногда могут потребовать ремонта. Стоимость обслуживания и ремонта может варьироваться в зависимости от модели и сложности проблемы.

Дополнительные принадлежности: в зависимости от модели биопринтера вам может понадобиться приобрести дополнительные принадлежности, такие как шприцы, иглы, пишущие головки и т. д. Все эти дополнительные расходы могут быть учтены в общих затратах на биопринтер.

Обучение и поддержка: некоторые поставщики предлагают обучение по использованию биопринтера для персонала, а также техническую поддержку после покупки. Эти услуги могут быть включены в стоимость или потребуют дополнительных расходов.

Стоимость биопринтера может варьироваться от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч долларов, а дополнительные расходы могут составлять доли или даже в несколько раз превышать эту сумму в течение года, в зависимости от области применения и требуемой функциональности. Рекомендуется провести тщательное исследование рынка, чтобы определить стоимость и требования к биопринтеру, наиболее подходящие для ваших конкретных нужд.

Плюсы и минусы биопринтера

Плюсы:

- Биопринтеры позволяют создавать сложные трехмерные структуры из живых клеток, что может быть полезно для регенеративной медицины, тканевой инженерии и других областей.
- Использование биопринтеров позволяет создавать индивидуальные структуры и ткани, что может улучшить результаты лечения и ускорить процесс восстановления.

Минусы:

- Высокая стоимость: биопринтеры могут быть очень дорогими, особенно если учесть стоимость клеток, расходных материалов и обслуживания.
- Ограниченный доступ: на данный момент не все организации могут позволить себе покупку и эксплуатацию биопринтера.
- Не все методики биопечати еще полностью изучены, и некоторые могут иметь ограничения в своих возможностях.
- Этические и правовые вопросы: использование биопринтеров для создания человеческих органов может вызвать этические и юридические вопросы, требующие дальнейшего обсуждения и регулирования.

Заключение

Несмотря на свои преимущества, биопринтеры также имеют ряд ограничений, таких как высокая стоимость, ограниченный доступ и этические вопросы. В целом, будущее биопринтеров выглядит многообещающим, и ожидается, что они будут играть все более важную роль в развитии регенеративной медицины и улучшении качества жизни людей.

Литература

1. ФарммедПром [офиц. сайт] <https://pharmmedprom.ru/articles/bioprinting-skoro-li-v-rossii-nachnut-pechatat-donor-skie-organi-dlya-peresadki/> (дата обращения 07.10.2023)
2. N+1 [офиц. сайт] <https://nplus1.ru/material/2023/09/11/bioprint-queue?ysclid=lnfrlma0e5566235104> (дата обращения 07.10.23)
3. Элементари [офиц.сайт] https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/436797/Biologicheskaya_3D_pechat_v_Rossii?ysclid=lnfrgpx2e5120425546 (дата обращения 07.10.23)
4. RB [офиц. сайт] <https://rb.ru/> (дата обращения 07.10.23)
5. Хабр [офиц. сайт] <https://habr.com/ru/articles/> (дата обращения 07.10.23)

ЭНЦЕФАЛОГРАММА ИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИМПУЛЬСЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

**И.Д. Надеждин, А.Е. Баулина, С.Л. Тришкин, И.А. Богомолов,
П.А. Кузьмина (ред. П.М. Жучкова, С.М. Тимченко)**

Введение

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) головы является методом исследования, который позволяет изучать активность головного мозга путем подачи электрических импульсов на его клетки.

Этот метод является очень информативным и точным, так как он дает полную клиническую картину состояния мозга. ЭЭГ позволяет определить уровень и распространение воспалительных процессов в мозге, обнаружить патологические изменения в сосудах, выявить ранние признаки эпилепсии и опухолевых процессов. ЭЭГ является незаменимым инструментом для диагностики и мониторинга различных неврологических состояний и заболеваний. Энцефалограмма также может быть полезна при изучении когнитивных функций и понимании механизмов работы мозга.

1 Описание метода и его применение

1.1 Об устройстве электроэнцефалографа

Электроэнцефалограф – это медицинский прибор для исследования функционального состояния мозга по его электрической активности. Происходящие в головном мозге физико-химические процессы проявляют себя разными по амплитуде и частоте электрическими колебаниями – альфа-, бета-, гамма-, тета- и дельта-ритмами.

Соотношение между этими ритмами зависит от внешних раздражителей и состояния мозга человека.

Электроэнцефалограф считывает с поверхности головы электрические сигналы и записывает их на бумагу или выводит на экран монитора в виде электроэнцефалограммы (рисунок 1), которая затем

изучается и расшифровывается специалистом с целью постановки диагноза.

Электроэнцефалограф состоит из следующих основных структурно-функциональных частей: электроды, коммутатор отведения, усилитель биопотенциалов, фильтры, система калибровки, регистрирующий механизм.

Бумажнопишущие электроэнцефалографы обладают преимуществом простоты эксплуатации и несколько дешевле при приобретении. Безбумажные обладают преимуществом цифровой регистрации со всеми вытекающими отсюда удобствами записи, архивирования и вторичной компьютерной обработки.

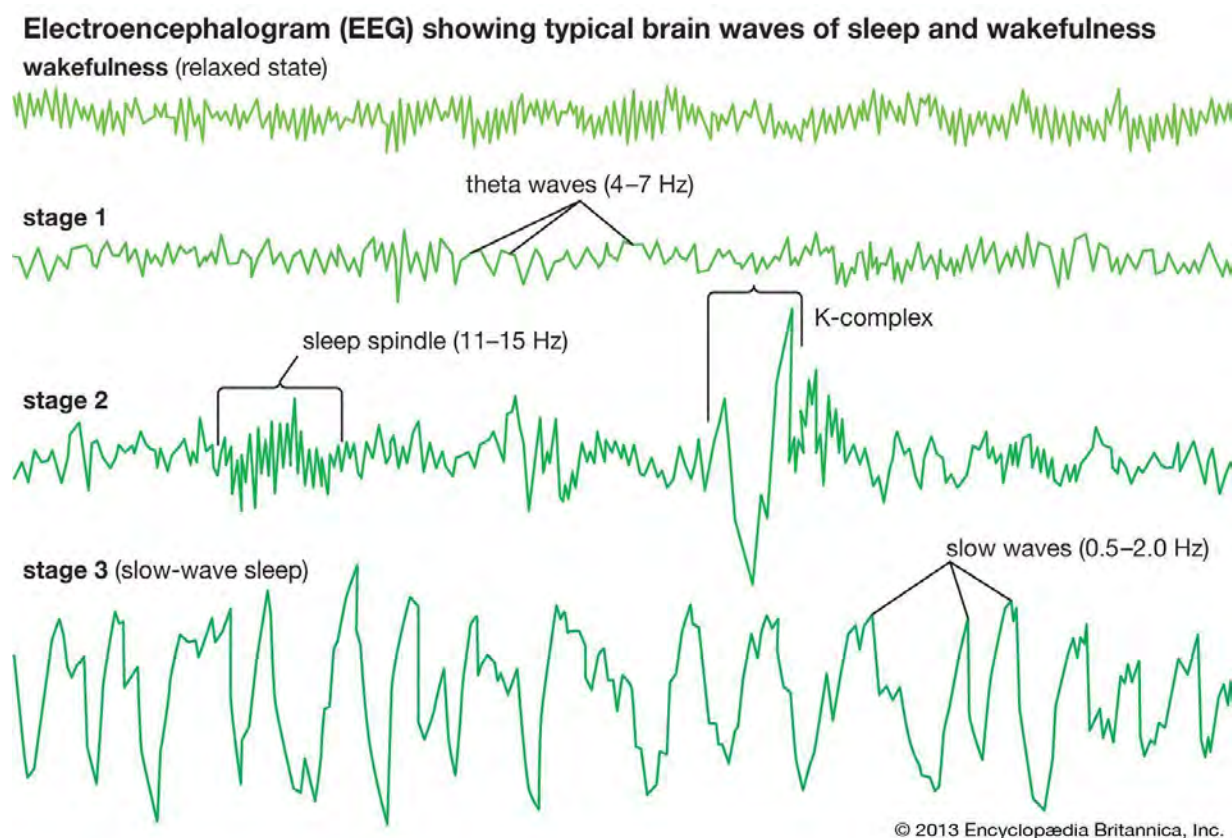


Рисунок 1 – Ритмы головного мозга

1.2 Описание метода

Метод электроэнцефалограммы (ЭЭГ) головного мозга является неинвазивным способом измерения и записи электрической активности

мозга. Он основан на использовании электродов, которые размещаются на поверхности головы пациента (рисунок 2).

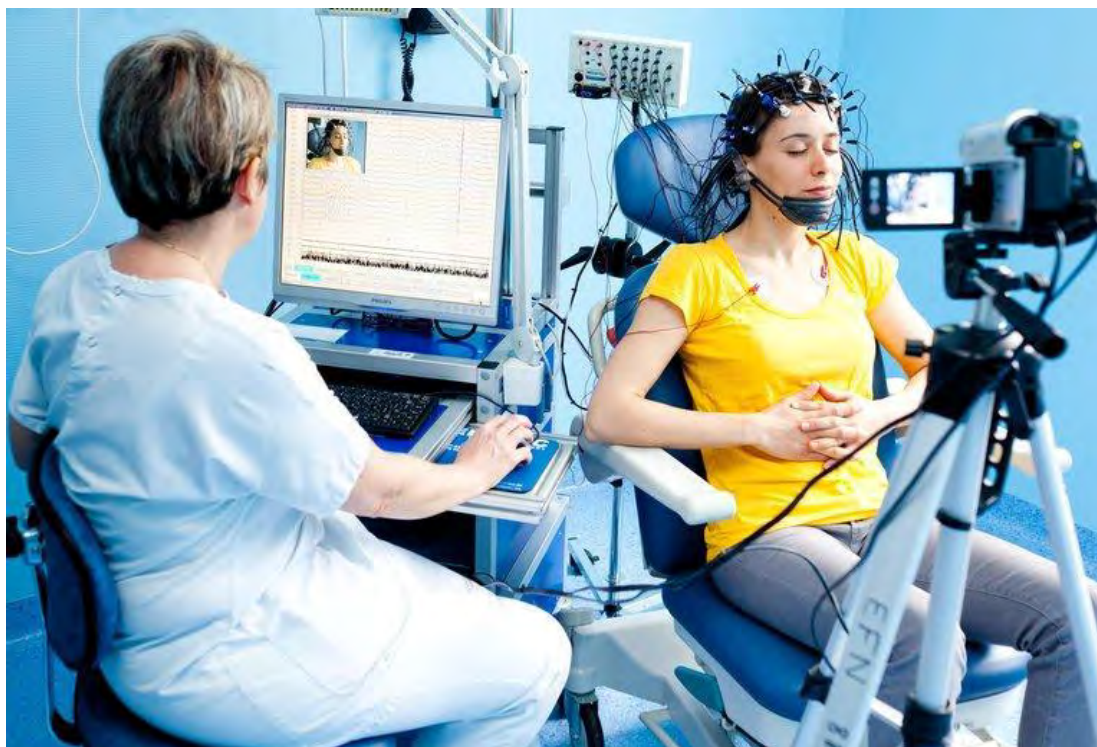


Рисунок 2 – Размещение электродов на голове пациента

Процедура проведения ЭЭГ включает следующие шаги:

1. Подготовка пациента: Пациенту необходимо снять все металлические предметы и удобно расположиться на кресле или кушетке. Важно, чтобы пациент был расслаблен и не испытывал дискомфорта.

2. Подготовка электродов: На поверхность головы пациента накладываются электроды, которые обычно имеют форму металлических дисков или пасты. Электроды размещаются в определенных местах, соответствующих определенным областям мозга.

3. Запись электрической активности: после размещения электродов, специалист включает специальный прибор, который регистрирует электрическую активность мозга. Во время записи пациент должен быть спокоен и мало двигаться, чтобы избежать искажений данных.

4. Анализ данных: Полученные данные ЭЭГ анализируются специалистом, который ищет особенности в виде электрических

импульсов и волн. Эти особенности могут указывать на наличие патологий, таких как эпилепсия или другие неврологические расстройства.

Метод ЭЭГ позволяет изучать как спонтанную активность мозга в покое, так и изменения в активности, вызванные различными стимулами или заданиями. Это позволяет исследователям и врачам получать информацию о работе мозга в различных контекстах и состояниях.

1.3 Применение

ЭЭГ головного мозга имеет широкий спектр применения в медицине и научных исследованиях. В медицине, ЭЭГ используется для диагностики различных патологий и состояний мозга, таких как эпилепсия, нарушения сна, головные травмы, опухоли и другие неврологические расстройства. ЭЭГ также может быть полезна для оценки эффективности лечения и мониторинга прогресса пациента.

В научных исследованиях, ЭЭГ позволяет изучать активность мозга в различных контекстах, таких как когнитивные функции, внимание, эмоции, память и другие психологические процессы. Этот метод также используется для изучения эффектов лекарств и стимуляции мозга, а также для исследования мозговой активности при различных психических расстройствах.

2 История развития энцефалографии

История развития энцефалографии началась в начале 20 века и прошла несколько ключевых этапов.

1. Открытие электрической активности мозга: В 1875 году немецкий врач Ричард Катон обнаружил, что мозг производит электрические импульсы, которые могут быть зарегистрированы с помощью электродов. Однако, его открытие осталось незамеченным научным сообществом.

2. Эксперименты с животными: В начале 20 века, американский физиолог Уильям Джеймс и немецкий физиолог Ганс Бергер провели ряд экспериментов с использованием животных, чтобы изучить

электрическую активность мозга. Они зарегистрировали электрические импульсы (рис.3) с помощью электродов, размещенных на поверхности головы животных.

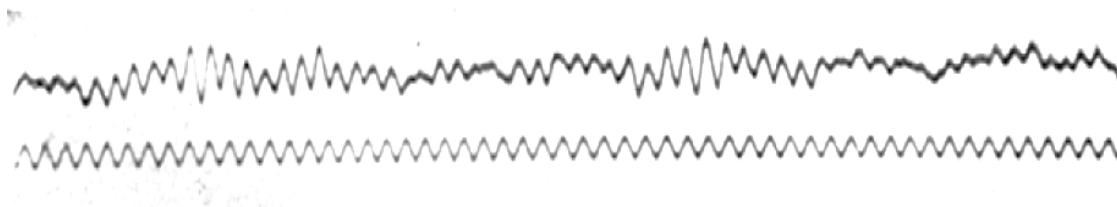


Рисунок 3 – Электрические импульсы головного мозга

3. Изобретение энцефалографа: В 1924 году Ганс Бергер изобрел первый энцефалограф (рисунок 4) - прибор, который позволял регистрировать электрическую активность мозга у человека.

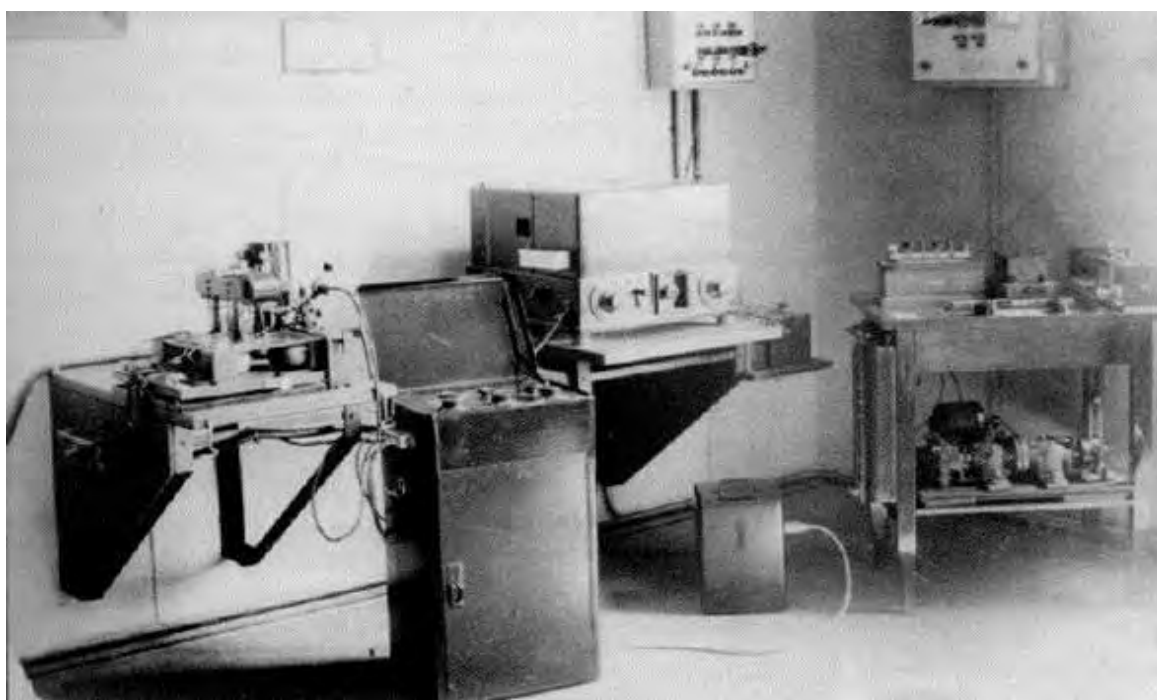


Рисунок 4 – Первый энцефалограф

Это был прорыв в исследовании мозга и открытие нового метода диагностики различных патологий. Следует отдать должное научной честности Ганса Бергера, ведь в своих работах он прямо ссылается на результаты исследований биоэлектрической активности головного мозга,

выполненные русским физиологом Владимиром Владимировичем Правдич-Неминским (1879–1952). В 1912 г. Им были выполнены, а в 1913 г. опубликованы работы на немецком языке, в которых доказывалась возможность регистрации электрической активности мозга с поверхности головы через мозговую оболочку, кости черепа и неповрежденную кожу.

4. Развитие энцефалографии: В последующие годы были разработаны более совершенные модели энцефалографов, которые позволяли более точно измерять и анализировать электрическую активность мозга. Это привело к возможности диагностировать различные заболевания и расстройства мозга, такие как эпилепсия, сонные расстройства и деменция.

3 Электрические импульсы

Электрический импульс – это кратковременное изменение электрического потенциала в нервных клетках или других электрически возбудимых тканях. Он возникает в результате переноса зарядов через мембрану нервной клетки.

Электрические импульсы играют ключевую роль в передаче информации в нервной системе. Они возникают в результате изменения концентрации ионов внутри и вне клетки, что приводит к изменению электрического потенциала мембраны. Когда электрический импульс достигает порогового значения, он вызывает открытие ионных каналов и распространяется вдоль нервного волокна или между нервными клетками.

Электрические импульсы являются основой нервной активности и позволяют передавать сигналы между нервными клетками. Они играют важную роль в регуляции мышечной активности, ощущений, мышления и других функций организма.

Регистрация электрической активности мозга с помощью энцефалографии позволяет изучать и анализировать электрические импульсы, которые возникают в мозге. Это помогает в диагностике

различных патологий и расстройств мозга, а также в исследовании его функционирования.

4 Ценность для общества

Данная процедура имеет большую ценность, так как в настоящее время ЭЭГ — это наиболее информативный и доступный метод обследования, который не вредит пациенту и может безопасно использоваться в детском возрасте. Электроэнцефалография наиболее частый метод исследования, эта процедура имеет низкую стоимость и доступна всем людям.

В каких случаях назначают ЭЭГ?

1. Подозрение на эпилепсию (рисунок 5). Хроническое рецидивирующее заболевание, сопровождающееся судорожными припадками и потерей сознания. Электроэнцефалография позволяет выявить заболевание на ранней стадии, оценить тяжесть расстройства и провести соответствующее лечение.

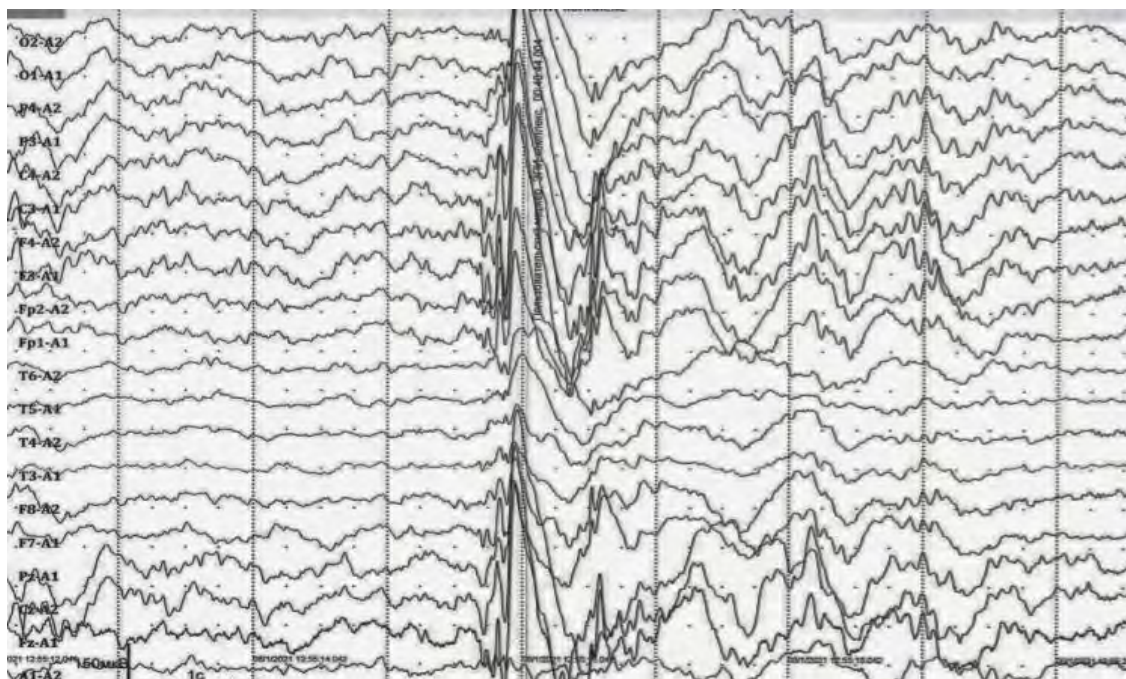


Рисунок 5 – ЭЭГ при эпилепсии

2. Если у пациента в анамнезе имеется опухоль головного мозга (рисунок 6) или есть подозрение на ее наличие. Опухоли непосредственно не обнаруживаются. Однако неоплазию можно заподозрить, если для нее характерен особый паттерн мозговой активности, который повторяется.

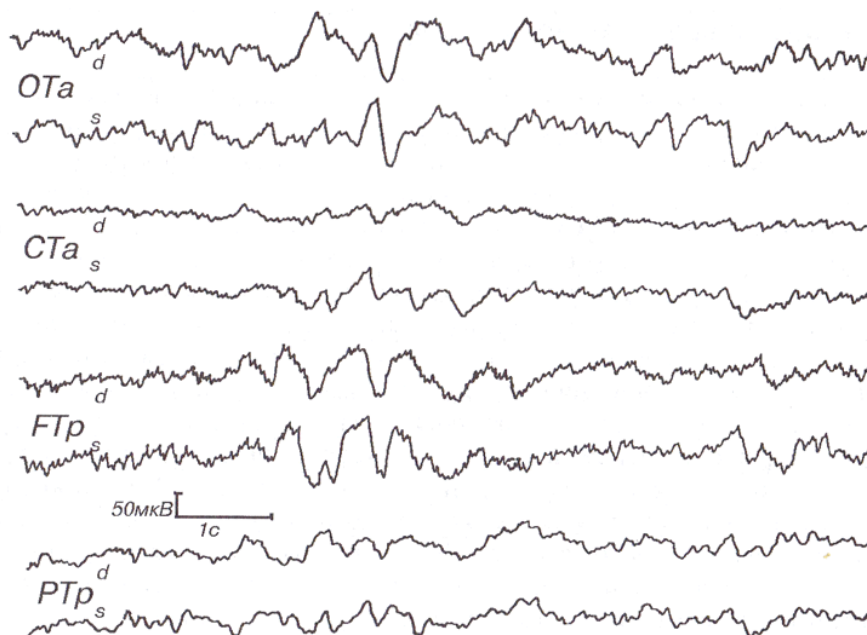


Рисунок 6 – ЭЭГ при опухоли головного мозга

3. Необъяснимые припадки. Не всегда являются эпилепсией. Для их выявления проводится ЭЭГ. Цереброваскулярные аномалии вплоть до сосудистой деменции. По данным ЭЭГ-изображения, снижению биоэлектрической активности можно сделать выводы о характере патологического процесса и его природе.

4. ВСД — это не самостоятельный диагноз, а синдром среди множества заболеваний. Диагностика с помощью ЭЭГ является отправной точкой в поиске виновника.

5. Перенесенные травмы головы. Травмы головы опасны в долгосрочной перспективе. Электроэнцефалография дает возможность выявить изменения на ранней стадии. Электроэнцефалография обычно проводится сразу после травмы или после стабилизации состояния пострадавшего.

6. Дегенеративные поражения головного мозга. Болезнь Альцгеймера (рисунок 7), болезнь Паркинсона (рисунок 8) и различные деменции.

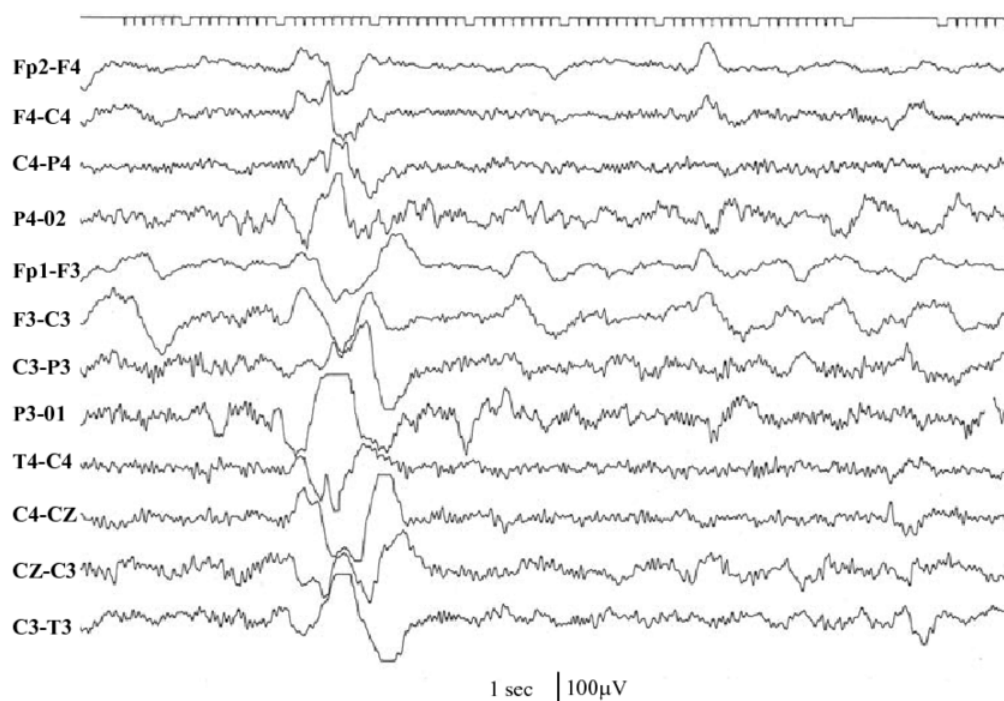


Рисунок 7 – ЭЭГ при болезни Альцгеймера

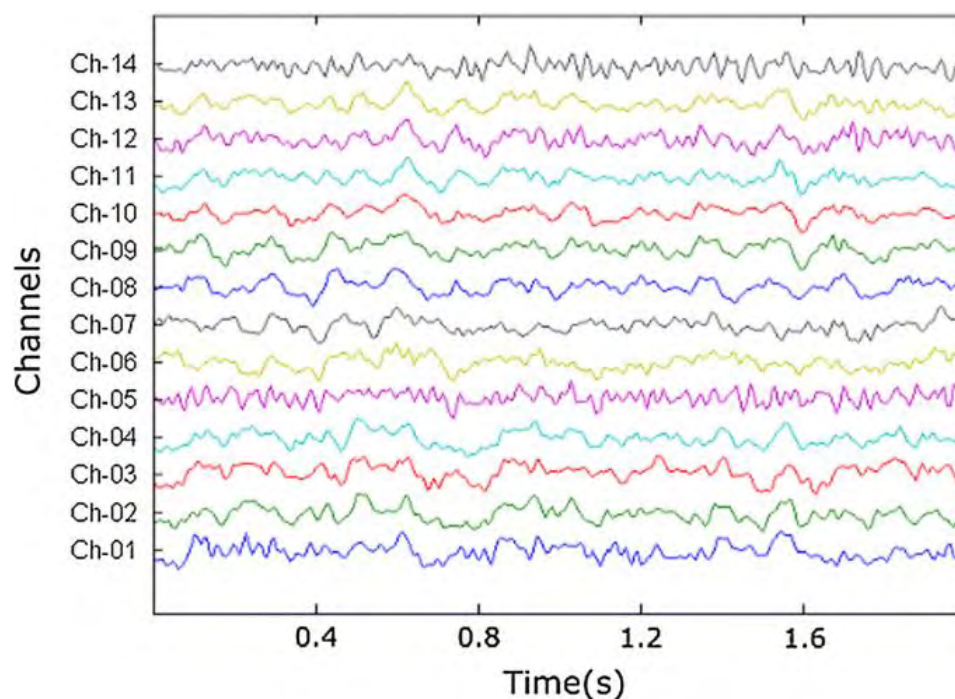


Рисунок 8 – ЭЭГ при болезни Паркинсона

7. Воспалительные заболевания центральной нервной системы.

8. Токсическое повреждение тканей мозга. Задержка развития, заикание у детей. ЭЭГ указывает на эту причину.

ЭЭГ позволяет обнаружить симптомы нарушения работы головного мозга, определить их локализацию и распространённость, и, следовательно, вовремя пресечь дальнейшее распространение проблемы во избежание глобальных последствий для всего организма. Можно с уверенностью сказать, что ЭЭГ спасает человеческие жизни и приносит неоспоримую пользу обществу.

5. Плюсы и минусы ЭЭГ

Плюсы:

Неинвазивность: ЭЭГ является неинвазивным методом, то есть он не требует проникновения внутрь организма. В отличие от других методов, таких как импланты, ЭЭГ не представляет риск для здоровья и не вызывает болевых ощущений.

Высокая временная разрешающая способность: ЭЭГ позволяет измерять электрическую активность мозга с высокой временной разрешающей способностью. Это значит, что ЭЭГ может фиксировать быстрые изменения в электрической активности, что важно для изучения динамики мозговой активности.

Широкий спектр применений: ЭЭГ широко используется в клинической практике, исследованиях мозга и в различных других областях, таких как нейрофидбэк, соноведение и психологические исследования. Он позволяет изучать различные аспекты мозговой деятельности, включая сон, эпилепсию, когнитивные функции и эмоциональные состояния.

Минусы:

Низкая пространственная разрешающая способность: ЭЭГ имеет низкую пространственную разрешающую способность. Это означает, что он не может точно определить местоположение источников электрической активности внутри мозга. Для более точной локализации

электрической активности требуются другие методы, такие как МРТ (магнитно-резонансная томография).

Недостатком является высокая чувствительность прибора к движениям и тремору, обусловленному психоэмоциональным напряжением пациента, вызывает помехи в работе, что может затруднить диагностику.

Ограниченность в измерении глубоких структур: ЭЭГ может фиксировать активность только в верхних слоях мозга, так как электрическая активность затухает при прохождении через толстые слои головы. Это ограничение означает, что ЭЭГ не может точно измерить активность глубоких структур мозга.

Чувствительность к артефактам: ЭЭГ сигнал подвержен влиянию различных артефактов, таких как движение глаз, мышцы или электрические помехи. Эти артефакты могут искажать электрическую активность мозга и могут затруднить интерпретацию сигнала ЭЭГ.

Ограниченность в исследовании индивидуальных нейронных деталей: ЭЭГ не позволяет изучать индивидуальные нейронные детали, так как он записывает электрическую активность в целом. Для более детального изучения отдельных нейронов и их взаимодействия требуются другие методы, такие как электрокортикография или однофотонная эмиссионная компьютерная томография (SPECT).

Это лишь некоторые плюсы и минусы ЭЭГ. При применении данного метода необходимо рассмотреть все особенности и аккуратно интерпретировать результаты.

6 Дальнейшее развитие

Нейроинтерфейс – это система обмена информацией между мозгом человека и электронным устройством. Это технология, позволяющая взаимодействовать с внешним миром на основе электрической активности мозга или записей электроэнцефалографии (ЭЭГ).

На сегодняшний день с помощью ЭЭГ удастся выявлять многие заболевания. В настоящее время разработкой различных

нейроинтерфейсов занимается большое количество различных компаний и стартапов. Одной из главных их особенностей является возможность подключения непосредственно к мозгу. Что именно это может дать? Например, нейроинтерфейсы могут облегчить и радикально поменять жизнь парализованным людям. Даже если они не могут выполнять базовые и самые примитивные вещи, их мозг продолжает функционировать. Нейроинтерфейс позволяет таким людям выполнять определенные действия и считывать намерения с помощью электродов, подключенных к мозгу. Это устройство генерирует нервные импульсы, которые помогают пациентам формировать новые воспоминания или вспоминать лица близких людей.

Ожидается, что развитие этой технологии в ближайшем будущем поможет бороться с деменцией, болезнью Альцгеймера и другими расстройствами памяти. Большое значение ЭЭГ имеет в области медицины. Современные методы обработки данных ЭЭГ позволяют создать впечатляющие способы применения ЭЭГ, так называемые «интерфейсы мозг-компьютер». В будущем такие методы позволят управлять различными устройствами «силой мысли».

Заключение

ЭЭГ (электроэнцефалография) — это неинвазивный метод записи электрической активности мозга с помощью электродов на скальпе. Он обладает высокой временной разрешающей способностью и широким спектром применений в клинической практике и научных исследованиях.

Однако, ЭЭГ имеет низкую пространственную разрешающую способность и не может точно определить местоположение источников электрической активности внутри мозга. Он также ограничен в измерении активности глубоких структур мозга и чувствителен к артефактам. Для более точной локализации и изучения мозговой активности требуются дополнительные методы. Однако с момента изобретения данного метода в 1924 году, с его помощью был внесён огромный вклад в развитие науки в сфере биомедицины. Именно этот метод послужил отправной точкой

многочисленных открытий, помог лучше понять природу центральной нервной системы.

Регистрация электрической активности по-прежнему остается почти единственным способом прямой оценки функционального состояния нервной системы. Также, использование компьютерной обработки ЭЭГ-сигнала существенно повысило потребительские свойства метода: появилась возможность легко получать результаты статистической обработки амплитудно-частотных параметров в реальном масштабе времени.

Ещё был достигнут существенный прогресс в технике регистрации. ЭЭГ-исследование теперь не требует специальных экранированных камер, а может выполняться даже «рядом с постелью больного». Исследование истории электроэнцефалографии доказывает мудрость Ивана Петровича Павлова: «Метод – отец науки».

Литература

1. MedAbout [https://medaboutme-ru.turbopages.org/medaboutme.ru/s/articles/entsefalogramma i sekrety mozga cho mozhno uznat/](https://medaboutme-ru.turbopages.org/medaboutme.ru/s/articles/entsefalogramma_i_sekrety_mozga_cho_mozhno_uznat/) (Дата обращения: 13.10.2023)
2. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. Издательство: МЕДпресс-информ, Москва, 2004.
3. Гнездицкий В.В. Атлас амбулаторного мониторинга ЭЭГ. Москва, 2021.
4. Звёздочкина Н.В. Исследование электрической активности головного мозга человека. Казанский университет, 2004. [https://ru.docs.wps.com/l/sIGntk coveSFqQY](https://ru.docs.wps.com/l/sIGntk_coveSFqQY) (Дата обращения: 17.10.2023)
5. Amzica, Florin; Lopes da Silva, Fernando H. Schomer, Donald L.; Lopes da Silva, Fernando H. (eds.). Cellular Substrates of Brain Rhythms. Vol. 1. Oxford University Press. November 2017.
6. Schenck JF (June 1996). «The role of magnetic susceptibility in magnetic resonance imaging: MRI magnetic compatibility of the first and second kinds». Medical Physics.
7. Neurobotics «Основы ЭЭГ» https://neurobotics.ru/repo/cortex/Основы_ЭЭГ.pdf (Дата обращения: 30.10.2023)

МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ТРЕПАНАЦИИ

**М.М. Орлов, Е.С. Сурова, Г.В. Рахматулин, В.А. Лобова, Е.М. Костяев,
Д.С. Жидков (ред. Е.Н. Голубева, С.М. Тимченко)**

В работе рассмотрена история развития инструментов для трепанации, различные виды таких инструментов, а также перспективы развития. Трепанация является одним из актуальных вопросов нейротравматологии.

Введение

Актуальность темы. Хирургическое лечение тяжелой ЧМТ (черепно-мозговой травмы) является одним из наиболее актуальных вопросов нейротравматологии. Несмотря на проводимое в последнее время комплексное изучение различных аспектов тяжелой ЧМТ, применение современных методов визуализации, мульти модального нейромониторинга, оценки функционального состояния мозга, летальность при тяжелой ЧМТ остается крайне высокой.

Проблема лечения ЧМТ в настоящее время имеет огромное социально-экономическое значение. По данным ВОЗ, частота черепно-мозговых травм (ЧМТ) составляет 1,8–5,4 случая на 10 тыс. населения и имеет рост в среднем 2% в год. В России ежегодно получают ЧМТ свыше 1 миллиона 200 тыс. человек [0]. Соответственно, увеличивается и число больных с последствиями ЧМТ. Известно, что через 1,5–2 года после легких ЧМТ только у 30% пострадавших сохраняется полная клиническая и социальная компенсация, у остальных имеются различные по структуре и выраженности неврологические расстройства, в 58% случаев сопровождающиеся социально-трудовым ограничением [2].

На большое количество проведенных исследований, до сих пор вопрос выбора трепанации черепа при тяжелой ЧМТ остается открытым, недостаточно освещенным в литературе, с порой диаметрально противоположными оценками.

Трепанацию черепа по праву считают одним из наиболее сложных хирургических вмешательств. Операция известна еще со времен седой

древности, когда таким способом пытались лечить травмы, опухоли и кровоизлияния. Конечно, древняя медицина не позволяла избежать различных осложнений, поэтому такие манипуляции сопровождались высокой смертностью. Сейчас трепанация проводится в нейрохирургических стационарах высококвалифицированными хирургами и призвана, прежде всего, сохранить пациенту жизнь.

Трепанация черепа состоит в формировании отверстия в кости, через которое врач получает доступ к головному мозгу и его оболочке, сосудам, патологическим образованиям. Она позволяет также быстро снизить нарастающее внутричерепное давление, тем самым предотвращая гибель больного. Операция по вскрытию черепной коробки может проводиться как планово, в случае опухолей, например, так и экстренно, по жизненным показаниям, при травмах и кровоизлияниях. Во всех случаях высокий риск неблагоприятных последствий, поскольку нарушается целостность костей, возможны повреждения нервных структур и сосудов в процессе операции. Кроме того, сама причина трепанации всегда достаточно серьезная [3].

Операция имеет строгие показания, а препятствия к ней часто относительны, так как ради спасения жизни пациента, хирург может пренебречь сопутствующей патологией. Трепанацию черепа не проводят при терминальных состояниях, тяжелом шоке, септических процессах, а в других случаях она позволяет улучшить состояние больного, даже если имеются серьезные нарушения со стороны внутренних органов [4].

Вскрытие полости черепа, трепанация (лат. *trepanatio*, образованное от *trepanum*, что происходит от греч. *τρίπανον* – «сверло, бур») – является оперативным доступом к головному мозгу и его оболочкам для хирургического вмешательства в них [5].

Недостатком окончательной резекции части черепной кости является наличие постоянного костного дефекта, который, правда, может быть закрыт с помощью краниопластики. Костно-пластическая трепанация предусматривает отделение части и мягких тканей кости от черепа с последующим возвращением обратно [6].

1. История развития медицинского оборудования для трепанации

Трепанирование – древнейшая хирургическая практика. Она упоминалась Гиппократом, который описывал ее как рутинную операцию. Но ее происхождение остается неясным. Она производилась иногда на живых людях – чтобы излечить их от некоторых болезней вроде истерии, эпилепсии, нервных конвульсий – «болезней, причина коих принималась существующею в голове и приписывалась особому духу, там поселявшемуся. Искусственное отверстие, проделываемое в черепе, имело целью дать выход этому духу и тем способствовать освобождению субъекта от болезни. Любопытно, однако, что некоторые из таких трепанированных черепов выказывают кроме отверстия, сделанного при жизни, еще другие, вырезанные, очевидно, после смерти».

Первые в истории человечества хирургии (более 3 тыс. лет до н.э.) использовали примитивный каменный скребок, которым постепенно соскабливали фрагмент крышки черепа. Их последователи вооружались каменными бурами и обсидиановыми ножами. С их помощью делали небольшие углубления в черепе или иногда выпиливали часть кости.

Эпохи мезолита, неолита и бронзы

Об инструментах, применявшихся в этот период в уже широко распространённой практике трепанирования черепов, известно немного. Вместе с тем очевидно, что уже в верхнем палеолите человек обладал сложными навыками обработки кости, из которой изготавливал орудия труда и декоративные предметы, и владел техниками сверления и резьбы, необходимыми для совершения операций.

По-видимому, в каменном и бронзовом веке для трепанирования применяли приспособления, которые могли использоваться и в других целях. Иногда сама форма и размеры трепанационного отверстия позволяют воссоздать приблизительный облик орудий (рисунок 1). Например, отверстие на мезолитическом черепе с Украины было просверлено. О более поздних периодах человеческой истории сохранилась более подробная информация.



Рисунок 14 – Череп древнего человека

Эпоха раннего железа

В 1912 г. Т. Мейер-Штайнег описал инструмент, найденный в окрестностях древнего города Ниневии, и предположил, что он применялся для трепанирования. Это был бронзовый цилиндр, подпиленный, с одной стороны, до образования специальных зубьев. В 1910 г. в Оберменциге, недалеко от Мюнхена в Баварии, была раскопана содержащая кремацию могила «врача» (тоже 200 г. до н.э.). Среди погребального инвентаря имелся железный «пилообразный» инструмент.

Похожий предмет нашли в месте под названием Кизкежег в Венгрии. Другой железный предмет этого типа был обнаружен в кремированном погребении в Галатии Бистритай на севере Румынии. Удивительно, но очень похожие пилки применяли для трепанирования еще в XIX в. в Северной Африке. Характерно, что помимо трепана североафриканские аборигены использовали сверло. Его вращение достигалось за счет простого трения в ладонях. Французские антропологи Мальбо и Верно после соответствующей подготовки экспериментально доказали, что менчар действительно являлся специальным трепаном.

Эпоха Античного времени

Инструменты для трепанации (рисунок 2) представляли собой заострённые или острые режущие предметы (их делали из кварца или обсидиана). Операции на черепе использовались трепан с пилообразными зубцами, венечный и перфоративный буравящий трепан. О том, как они приводились в действие, Гиппократ не говорит. Скорее всего, для этого

использовалась веревка или лук. Упоминаются распаторий, или скребец, зонды. Качество и сложность инструментария — это один из самых впечатляющих аспектов римской медицины. По-видимому, в римской империи существовало специализированное производство медицинских инструментов. Большинство инструментов бронзовые, реже — железные. Римлянам была также известна технология производства стали, и, по сообщению Галена, стальные инструменты наилучшего качества, особенно клинки, производились в альпийской провинции Норикум. При иссечении большого участка повреждённого свода черепа Цельсий рекомендовал сочетать технику лучкового сверления с применением небольшого долота. Специальный инструмент, предназначенный для сверления небольших отверстий, назывался модиолусом, или венечным трепаном [7].



Рисунок 15 – Доисторические инструменты для трепанации

Эпоха Средневековья

Заметное место в истории медицины принадлежит арабским целителям. Абу-л-Касим Аз-Захрави (Абулкасис) родился в Испании, близ Кордовы, и жил на рубеже X-XI вв. В своей врачебной Хирургический инструмент, датируемый X в., был найден в Венгрии при раскопках могильника Тиссаэслар-Башхаломпуста. Это резец с лезвием в форме листа, снабжённый короткой, но массивной рукояткой. Возможно, в результате Великого переселения народов в Европу проникли умения и

навыки, традиционно применявшиеся кочевыми скотоводческими племенами евразийских степей.

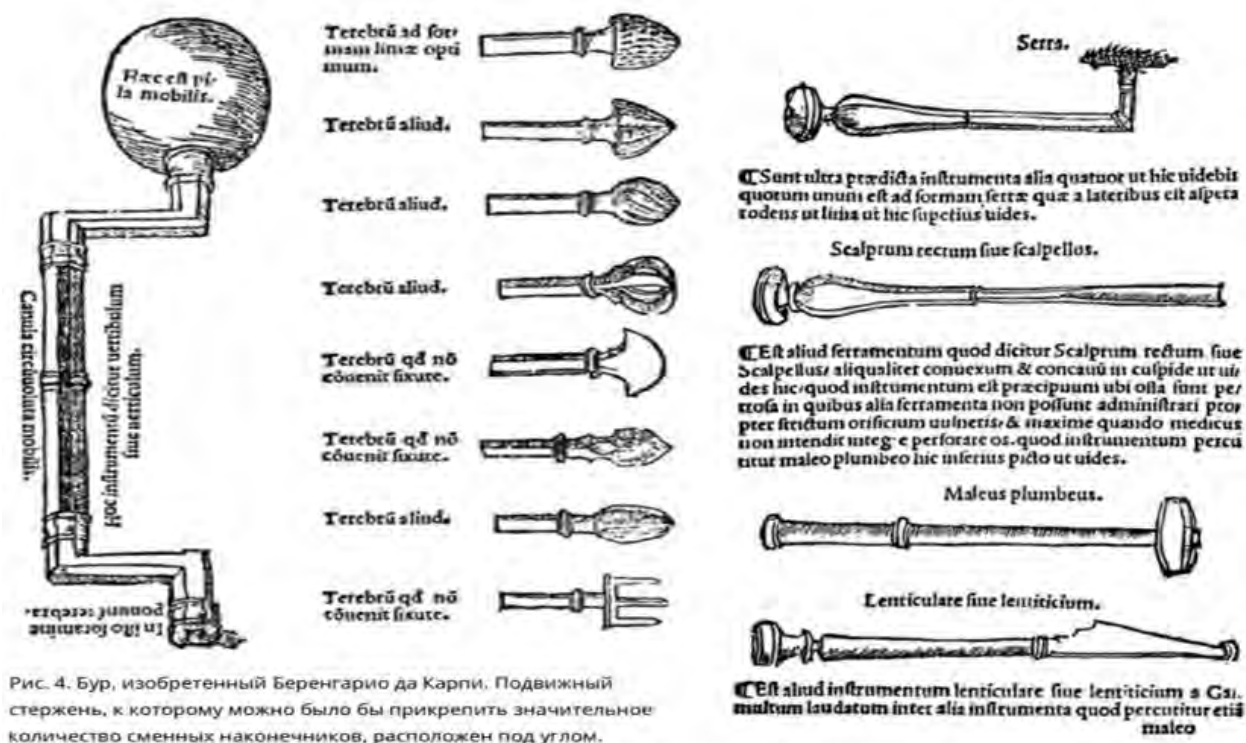


Рисунок 16 – Инструменты для трепанации в средневековье

Современная клиника

К народным инструментам, распространенным среди современных знахарей тюркских племён Кизии, относятся острые скобящие ножи с изогнутым лезвием («екеоре») и пилки («енсеке»). Один из самых успешных целителей Кизии, сделавший за свою жизнь больше сотни операций, отдавал решительное предпочтение изогнутому скребку и не пользовался пилкой.

А в развитых местах клинический набор для трепанации состоял из трепана с набором сменных фаз, пилы Джильи с ручками Оливекрона и проводника Поленова. Для фрезных отверстий использовался специальный перфоратор, который останавливался на ТМО (твёрдая мозговая оболочка) [8].

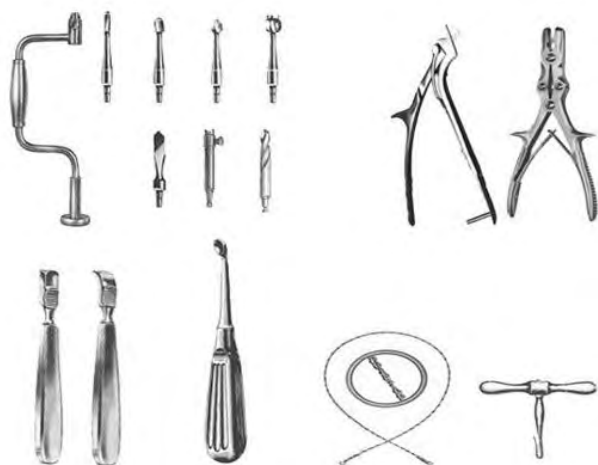


Рисунок 17 – Инструменты для трепанации в современное время

2 ВИДЫ ПРИБОРОВ ДЛЯ ТРЕПАНАЦИИ

Когда речь идет о вскрытии черепа, существует несколько специализированных приборов и инструментов, которые используются для трепанации черепа. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

Коловорот с набором фрез (рисунок 5) – для обработки (сверления и – фрезерования) костей при хирургических операциях, и прежде всего, для трепанации черепа.



Рисунок 18 – Фрез

Кусачки Дальгрена (рисунок 6) – они имеют нож в форме крючка, который укреплен на шарнире одной из губок, и перемещается при смыкании рукояток в прорези второй губки. При этом крючок захватывает костную пластинку и выкусывает ее [9].



Рисунок 19 – Кусачки Дальгрена

Распатор прямой (рисунок 7) – это хирургический инструмент, предназначенный для отделения надкостницы от задней поверхности ребра, при хирургических операциях, также используется в травматологии, патологоанатомии, стоматологии и других областях.



Рисунок 20 – Распатор прямой

Распатор кривой (рисунок 8) – он имеет тоже предназначение что и распатор прямой [10].

Костная ложечка Фолькмана (рисунок 9) – медицинский инструмент, используемый в хирургии для удаления (выскабливания) патологических мягких тканей из костей.



Рисунок 21 – Распатор кривой



Рисунок 22 – Костная ложечка Фолькмана

Пила Джигли (рисунок 10) – применяется при распиливании костей черепа между двумя высверленными в кости отверстиями. Представляет собой свитый из двух стальных пружинных проволок (диаметр 0,34 мм) тросик длиной 500мм [11].

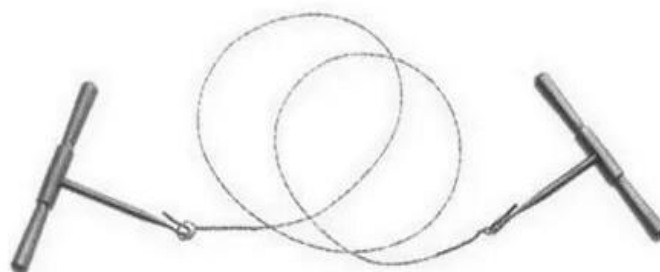


Рисунок 23 – Пила Джигли

Важно отметить, что все эти инструменты должны быть использованы медицинским специалистом, обладающим опытом и квалификацией. Они должны быть четко подготовлены, стерилизованы и использованы в соответствии с медицинскими протоколами и процедурами безопасности.

Надеюсь, эта информация помогла вам лучше понять некоторые из приборов, используемых в нейрохирургии при вскрытии черепа.

3 Перспективы развития трепанации

Трепанация, как способ лечения, появилась во времена первобытнообщинного общества. Древние люди выделяли данный способ лечения как один из эффективных и поэтому часто её использовали. Развитие трепанации прослеживается с первобытных этапов вплоть до сегодняшнего дня. Вначале операция проводилась подручными средствами, такими как, например, камни, ракушки.

Затем появились какие-то металлические инструменты. Но, когда статистика выживших начала свидетельствовать, что более 50% трепанированных людей выживало после операции, 16% трепанированных демонстрировало следы недолгого заживления (самыми успешными были хирурги неолитической Франции-Германии так как там более 90% людей, переживших такую прижизненную манипуляцию, выживали и существовали долгое время), то со временем перспективы выживания снижались и в середине XIX века не один пациент парижских либо лондонских больниц не переживал данного воздействия. До изобретения антибиотиков и анестезии люди как правило умирали.

Затем, с развитием общества люди стали относиться к трепанации более бережнее, что привело к модернизации инструментов и способствовало эффективности данного способа лечения. Уже в современном мире появились операционные столы с серьезными установками и приборами, которые позволяют выполнять довольно сложные операции.

В дальнейшем, мы считаем, возможности вырастут, эта тема актуальна и уникальна по-своему, ее прогресс будет давать людям те результаты, которые усовершенствуют методы трепанирования. Возможно и такое, что медицинское оборудование полностью замениться на компьютерную установку, которая быстро будет выполнять операции людям или в будущем человек создаст капсулу, в которой техника сделает «все сама», а может быть появятся вакцины для полного выздоровления людей, без всяких последствий и осложнений.

Заключение

Трепанация, как способ лечения, появилась во времена первобытнообщинного общества. Древние люди выделяли данный способ лечения как один из эффективных и поэтому часто её использовали. Развитие трепанации прослеживается с первобытных этапов вплоть до сегодняшнего дня. Вначале операция проводилась подручными средствами, такими как, например, камни. Затем, с развитием общества люди стали относиться к трепанации более бережнее, что привело к модернизации инструментов и способствовало эффективности данного способа лечения.

Мы разобрали основные приборы и их применения в данной области

Литература

1. Коновалов А. Н., Лихтерман Л. Б., Потапова А. А. Нейротравма. Ростов-на-Дону, 1999.
2. Шогам И. И., Порошкин А. А. Прогнозирование неврологических последствий черепномозговых травм // Журн. неврол. и психиатр. 1994. Т. 94. № 6. С. 76–81.
3. Ковалев А.И. Хирургия: учебник. - Москва: ГОЭТАР-Медиа, 2014.
4. Суковатых Б.С., Сумин С.А., Горшунова Н.К. Хирургические болезни и травмы в общей врачебной практике: учебное пособие 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016.
5. Островерхов Г.Е., Бомаш Ю.М., Лубоцкий Д.Н. Оперативная хирургия и топографическая анатомия. 6-е изд.: учебник. - Москва: Медицинское информационное агентство, 2021.
6. Литтманн И. Оперативная хирургия. - Будапешт: Академия наук Венгрии, 1981.
7. Медникова М.Б. Трепанации в древнем мире и культ головы. - Москва: Алейта, 2004.
8. Кривеня М. С. Хирургия для студентов медицинских колледжей: учебник. – Минск: Вышэйшая школа, 2012.
9. Безак В.И. Медицинский инструментарий и аппаратура. 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Медицина, 1969.
10. Зайков, А.А., Ашихмин С.П., Бухарин О.М. Техническое оснащение оперативной хирургии (хирургический инструментарий): учебное пособие для студентов. - Киров: Кировский государственный медицинский институт, 2012.
11. Семенов Г.М. Современные хирургические инструменты. 2-е изд. - Санкт-Петербург: Питер, 2013.

МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНДСКОПИИ

К.К. Скворцов, Д.С. Садовов, А.Д. Богатырев, Н.С. Калущих,

А.И. Тухватуллин, Я.И. Абрамов, Е.Н. Голубева

(ред. Е.Н. Голубева, С.М. Тимченко)

В данной работе рассматривается методика капсульной эндоскопии и методика эндоскопии бота. В реферате содержится информация о истории, плюсах, минусах, конфигурации и различиях между двумя методами. В результате у читающего складывается чёткое представление о эндоскопии капсулы и эндоскопии бота.

Введение

Каждый год в современной медицине растёт использование передовых технологий во многих областях, и одной из самых важных и известных является эндоскопия. Этот подход к диагностике и лечению революционизировал медицину, позволяя проводить несколько процедур с использованием минимально инвазивных методов без необходимости открытых хирургических вмешательств.

С развитием медицинской технологии эндоскопия стала важной областью медицины, предоставляя врачам новые и более точные инструменты для проведения операций. Эти передовые технологии значительно улучшили результаты диагностики и лечения, снижая риски для пациентов и обеспечивая более эффективные методы лечения.

Одним из примеров таких медицинских технологий является использование современных эндоскопических капсул, которые обеспечивают более четкое и детальное изображение внутренних органов пациента. Эти капсулы позволяют врачам более точно обнаруживать патологические изменения и применять соответствующие лечебные методы [0].

Кроме того, развитие технологий эндоскопии позволило создать более совершенные и инновационные устройства для эндоскопических процедур. Например, доступны эндоскопические устройства с возможностью использования лазеров, которые позволяют точное

воздействие на поврежденную часть органа и способствуют успешному лечению.

Кроме того, современные технологии в эндоскопии позволяют проводить процедуры с использованием компьютерных систем, что улучшает точность диагностики и упрощает работу врачей. Компьютерные системы помогают анализировать полученные изображения и предоставлять дополнительную информацию о состоянии органов, значительно повышая качество диагностики и облегчая своевременное выявление и лечение заболеваний.

Важно отметить, что развитие технологий эндоскопии сделало операции для пациентов более практичными и комфортными. Например, врачи теперь могут использовать тонкие и гибкие инструменты для эндоскопических исследований, что помогает снизить боль пациента во время процедур. Более того, благодаря использованию новых материалов, эндоскопы стали более гладкими и гигиеничными, что снижает риск инфекций и повышает безопасность для пациентов.

Современные медицинские технологии в эндоскопии имеют огромный потенциал для улучшения здравоохранения. Они увеличивают возможность обнаружения и лечения заболеваний, снижают риск осложнений и повышают шансы пациентов на полное выздоровление. Кроме того, применение новых технологий способствует оптимизации медицинских процедур, позволяя более эффективно использовать ресурсы и повышать общее качество медицинской помощи [2].

1 Эндоскопический бот

Эндоскопические боты (или эндобот) – это уникальное устройство, которое используется для исследования внутренних полостей человеческого организма. Оно представляет из себя тонкого и гибкого робота, который может управляться, как радиоуправляемая модель автомобиля, в точном соответствии с потребностями врача. Они могут стабильно удерживаться в организме человека без дрожания, связанного с

усталостью мышц человека, и использовать весь спектр инструментов, начиная с биопсии и заканчивая прижиганием ран [3].

1.1 История появления

История появления эндоскопических ботов тесно связана с развитием медицинской технологии и потребностями внутреннего исследования человеческого организма. Идея использования роботов для внутренних медицинских процедур возникла в конце 20-го века и постепенно развивалась.

Первые эндоскопические боты были разработаны для применения в гастроэнтерологии, а именно для исследования желудка и кишечника. Они представляли собой небольшие устройства, оснащенные камерами и системами передачи изображений, а также моторизованными приводами для движения по органам пищеварительной системы. Такие боты могли достигать отдаленных участков кишечника и предоставлять врачам детальные изображения и данные для диагностики и лечения различных заболеваний.

В последующие годы эндоскопические боты стали все более компактными и технологически совершенными. Были разработаны более гибкие и маневренные модели, которые могли проникать в самые узкие и сложные места организма. Также были внедрены дополнительные функции, такие как сбор образцов тканей для биопсии или подача лекарственных препаратов на место поражения.

Прогресс в области эндоскопических ботов также связан с развитием миниатюрной электроники, беспроводных технологий и материалов, обладающих «биосовместимостью» с организмом. Это позволило создавать более маленькие и безопасные устройства, которые могли быть введены в организм пациента с минимальным вмешательством и риском для здоровья [2].

1.2 Описание устройства

Основная функция эндоскопического бота (рис. 1, 2) — это передача изображения с помощью эндоскопической камеры на внешний монитор.

Врач может просматривать изображения в реальном времени и обнаруживать патологические изменения внутренних органов.

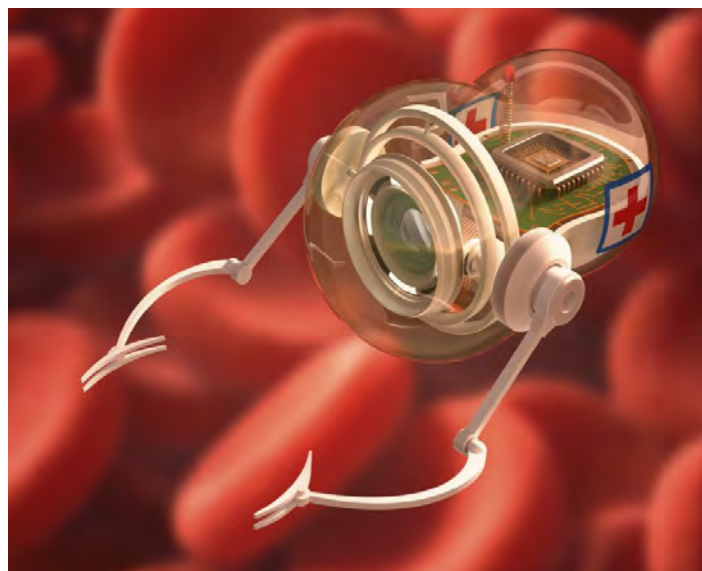


Рисунок 1 – Эндоскопический бот

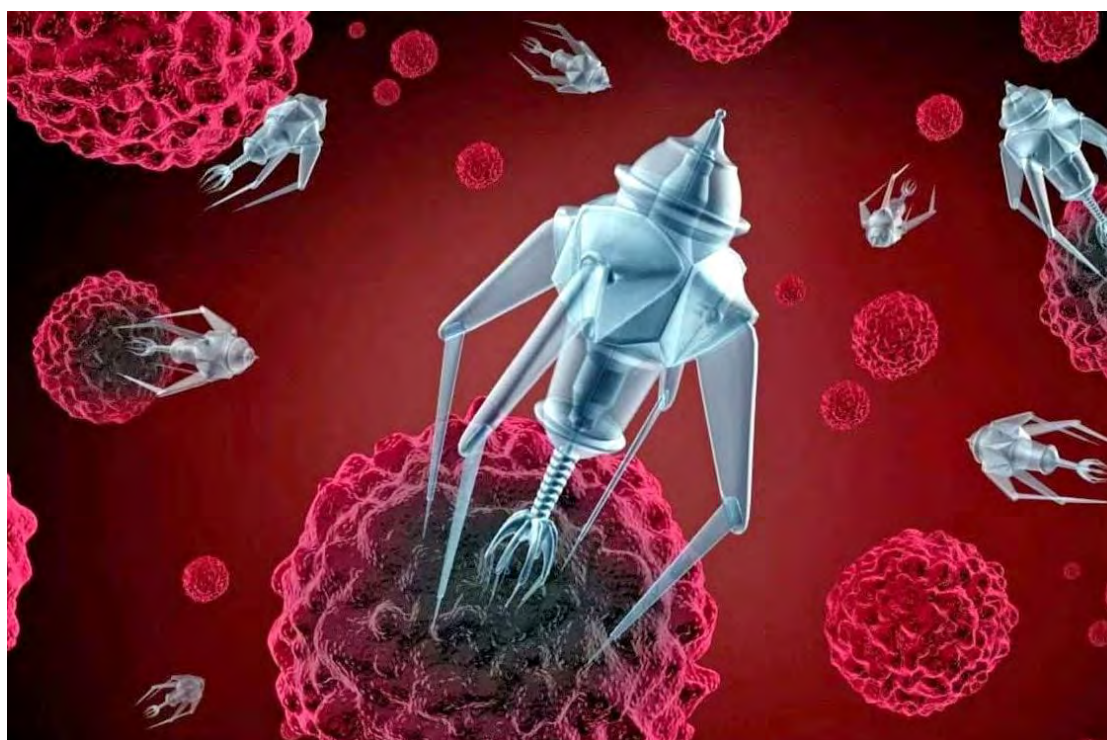


Рисунок 2 – Визуальная демонстрация работы бота

Эндоскопический бот также оборудован моторизованными инструментами, которые могут выполнять различные манипуляции,

такие как захват и удаление тканей или других объектов. Он может быть управляем врачом с помощью специального консольного устройства или иметь автономные функции, которые позволяют ему выполнять определенные задачи самостоятельно.

Эндоскопические боты обычно имеют компактный размер и способны передвигаться по внутренним частям тела пациента с помощью гибкой конструкции и механизмов передвижения.

Решающую роль в работе эндоскопического бота играют точность и разрешение. Чем выше разрешение, тем более детальное изображение может быть получено, что в свою очередь увеличивает точность проводимого медицинского исследования или процедуры. Комбинация этих характеристик обеспечивает оптимальные условия для работы медицинских специалистов и повышает качество оказания медицинской помощи.

Применение эндоскопических ботов может включать такие процедуры, как диагностика и лечение различных заболеваний органов, таких как пищеварительная система, дыхательная система, мочеполовая система и другие. Они могут быть особенно полезны в обнаружении и удалении опухолей, обследовании поражений органов и тканей, лечении заболеваний и выполнении других медицинских процедур.

Важно отметить, что эндоскопические боты разрабатываются для минимально инвазивных процедур и обычно требуют навигационной и визуальной поддержки со стороны врача. Они представляют собой одно из направлений развития медицинской робототехники, призванное улучшить точность диагностики и результаты лечения пациентов [3].

1.3 Выводы

В заключение можно сказать, что эндоскопический бот является инновационной разработкой, которая значительно улучшает эффективность и точность медицинских процедур в сравнении с традиционными эндоскопическими инструментами. Он обеспечивает более точное исследование и лечение, снижает риск осложнений и улучшает результаты процедур. Кроме того, он позволяет врачу достигать

областей организма, к которым ранее было сложно или невозможно получить доступ. С каждым годом эндоскопические боты становятся все более функциональными и точными, что открывает новые перспективы в диагностике и лечении различных заболеваний. Благодаря этим устройствам, медицина стала более доступной, эффективной и безопасной для пациентов во всем мире [0-3].

2. КАПСУЛЬНАЯ ЭНДОСКОПИЯ

Капсульная эндоскопия (рис. 3) – это современный метод исследования органов желудочно-кишечного тракта, позволяющий визуализировать области кишечника, недоступные для традиционных методов гастроскопии и колоноскопии три отдела тонкой кишки: 12-ти перстную, тощую и подвздошную [4].

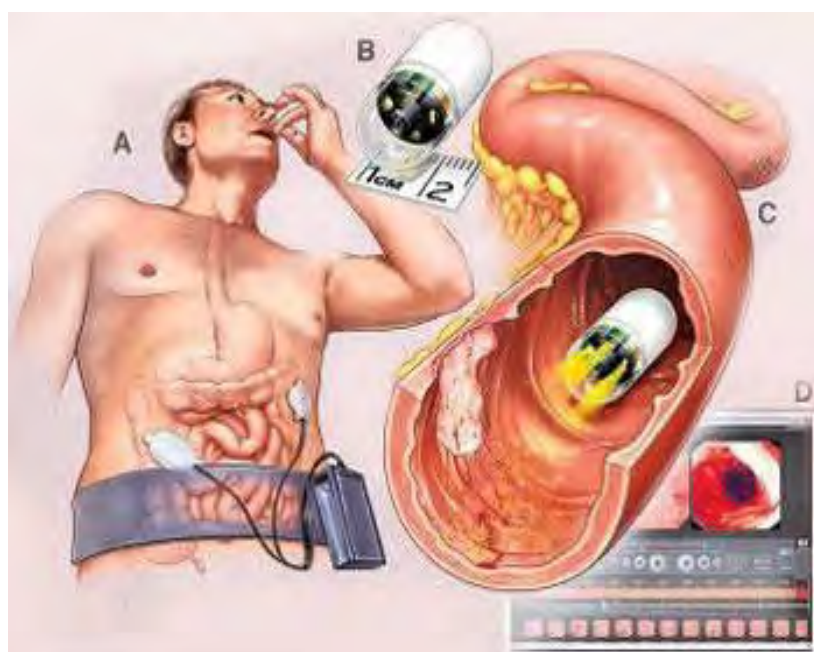


Рисунок 3 – Капсульная эндоскопия

Процедура заключается в проглатывании пациентом капсулы, которая естественным образом проходит через пищеварительный тракт: пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, а затем выделяется из организма. Когда капсула проходит через пищеварительный тракт,

производится захват снимков, передаваемых по беспроводному каналу связи в приемное устройство, находящееся на поясе у пациента.

Через 12 часов устройство возвращается в Медицинский центр, и врач анализирует полученные данные.

Эта процедура к скрининговым исследованиям для раннего выявления заболеваний кишечника пациента [4-6].

2.1 История появления капсульной эндоскопии

Гавриэль Иддан – талантливый механик доктор, старший инженер отдела электрооптических конструкций научно-исследовательской группы министерства обороны Израиля.

Идея возникла в ходе разработки оборонных проектов, в частности, создания систем электрооптической визуализации для ракет в 1981 году. В ходе разработки этого проекта им была придумана концепцию миниатюрной «ракеты», при проглатывании которой, она проходит по желудочно-кишечному тракту и одновременно передает изображения на расположенное снаружи принимающее устройство. Особенный интерес в данной идее вызвала визуализация тонкой кишки, недоступная для исследований ранее.

Далее на протяжении 17 лет идея Гавриэля Иддана не получала должного развития.

Однако в конце 1998 г. Гавриэль Иддан, а так же доктор Пол Свайн и доктор Аркадий Глуховски приступили к воплощению этой увлекательной идеи в жизнь. Столкнувшись с многочисленными затруднениями (размер устройства, сила передатчика, мощностью батарей, разрешением изображений и др.) эти ученые успешно справились с ними.

В январе 1999 г. Были представлены первые работающие модели капсулы.

А в мае 2000 г. доктором Полом Свайном были продемонстрированы результаты экспериментов на животных, проведенными данными капсулами. Врачи были заинтересованы удачными результатами.

И в 2001 г. разработанные видеокапсулы впервые были применены в клинической практике врачей. Новое направление эндоскопии приятно поразило многих пациентов и врачей.

Европейские страны быстро переняли новые технологии в эндоскопии.

В 2002 г. видеокапсульная эндоскопия появилась в России. Это направление эндоскопии активно применяется для изучения состояния органов пищеварения как у взрослых, так и у детей, начиная с 1,5-летнего возраста.

В 2004 году для исследования пищевода GivenImaging разработала пищеводную капсулу (PillCam ESO).

В 2007 году компанией GivenImaging была выпущена более усовершенствованная версия пищеводной видеокапсулы PillCam ESO 2, которая имеет почти в 2 раза большее поле обзора, более высокое качество изображения и широкий динамический диапазон, и освещения.

За последние годы большое количество публикаций доказало, что видеокапсульная эндоскопия является надежным, неинвазивным методом эндоскопического обследования всей слизистой оболочки тонкой кишки.

Начиная с 2010г в развитии капсульной эндоскопии произошло несколько технологических достижений как в самой капсуле, так и в аппаратном и программном обеспечении, чтобы значительно улучшить качество изображения и срок службы батареи.

В конце 2011 года ученые из Норвегии испытали эндоскопическую капсулу способную записывать видео в формате HD. Сейчас исследователи работают над улучшением разработанной технологии и над созданием новой системы создания изображений, которая будет построена на тех же самых принципах, на которых функционируют радары.

На сегодняшний день проведено большое количество исследований во многих странах мира. Разработаны методики проведения, подготовки, уточнены показания и противопоказания для проведения исследования детям в разные возрастные периоды.

Дана оценка информативности метода при патологических процессах, локализованных в глубоких отделах тонкой кишки и за ее пределами, моторной функции разных отделов ЖКТ.

Капсульная эндоскопия активно применяется в таких странах как: Аргентина, Австралия, Австрия, Бельгия, Бразилия, Канада, Чили, Китай, Колумбия, Коста-Рика, Хорватия, Кипр, Чешская Республика, Дания, Доминиканская Республика, Эквадор, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Гватемала, Венгрия, Гонконг, Индия, Израиль, Италия, Республика Корея, Малайзия, Мексика, Марокко, Нидерланды, Норвегия, Панама, Перу, Польша, Португалия, Румыния, Саудовская Аравия, Сербия, Словения, ЮАР, Испания, Шри Ланка, Швеция, Швейцария, Таиланд, Турция, Великобритания, Уругвай, Венесуэла, Республика Беларусь [7].

2.2 Описание устройства

Схема эндоскопической капсулы представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Состав капсулы

В основе данной диагностической методики процедуры лежит одноразовое устройство – капсула. Она выполняет функцию эндоскопа. Размер капсулы небольшой, в среднем – 11 x 26 мм.

Основные элементы капсулы:

- оптический колпак,
- линза и держатель для нее,
- светоизлучающий диод,

- цветная камера с чувствительным сенсором,
- аккумулятор,
- передатчик,
- антенна,
- микросхемы,
- электромагнит,
- корпус.

Как проходит процедура капсульной эндоскопии? В назначенный день пациент приходит в клинику к врачу. К его животу присоединяются датчики, направляющиеся к ресиверу. Записывающее устройство, куда передается вся информация, закрепляется на поясе-держателе пациента. После завершения подготовки к процедуре под присмотром врача-эндоскописта пациент проглатывает видеокапсулу (рисунок 5) и отправляется под наблюдение в дневной стационар. Далее капсула продвигается по ЖКТ пациента, благодаря естественным сокращениям, и выходит естественным образом.



Рисунок 5 – Капсула

За время прохождения каждые 2 с капсула производит около 70 тыс. цветных снимков хорошего качества и в реальном времени передает их на регистрирующее устройство. Приблизительно через 8-10 часов после начала процедуры ресивер издает сигнал, означающий конец записи

данных. Далее всю работу выполняет доктор. С помощью специального программного обеспечения врач может объединить снимки в видеозапись, анализировать изображения, сохранять нужные кадры со своими комментариями [4-6].

Зачем нужна видеокапсульная эндоскопия? Эту процедуру стоит отнести к скрининговым исследованиям для раннего выявления заболеваний кишечника пациента. Капсульная эндоскопия – безопасная и безболезненная альтернатива колоноскопии. Ведь не каждый человек отважится пройти колоноскопию по причине дискомфорта – не столько физического, сколько психологического. Особенно, если отсутствуют явные симптомы патологии. Необходимость скрининговых обследований объясняется тем, что многие проблемы не дают о себе знать долгое время. Особенно важно проходить периодический скрининг у врачей людям из группы риска возникновения колоректального рака. При раннем обнаружении онкопатологии у пациента есть все шансы на благоприятный исход и выздоровление [5].

Когда назначают капсульную эндоскопию? Обследование проводится при:

- снижении веса без видимых причин (при полноценном и стандартном питании),
- примеси крови в кале,
- хронических болях в животе с не выясненными в ходе других исследований причинами,
- стабильном снижении уровня гемоглобина,
- кровотечениях из кишечника и желудка,
- запорах,
- диарее,
- скрытой крови,
- анемии.

Диагностику назначают и в случае, когда имеются противопоказания к таким исследованиям, как колоноскопия или гастродуоденоскопия;

Диагностированная или заподозренная болезнь Крона, неспецифичный язвенный колит, целиакия, энтерит, синдром раздраженного кишечника (СРК);

Подозрение на доброкачественные (полипы) и злокачественные опухоли тонкого кишечника, в том числе GIST и нейроэндокринные;

Глистная инвазия.

В рамках обследования могут быть выявлены **такие патологические состояния, как:**

- острый и хронический гастрит,
- язвы слизистых оболочек,
- эрозии,
- язвенный колит,
- болезнь Крона,
- целиакия,
- полипы желудка и кишечника (как одиночные, так и множественные, доброкачественные и злокачественные),
- карциноид (опухоль тонкого кишечника).

Исследование не проводится при:

- нарушении глотательной функции,
- эпилепсии,
- беременности,
- непроходимости кишечника,
- закрытии просвета органов ЖКТ,
- отверстиях и сужениях в кишечнике,
- отложить диагностику следует при воспалительных и иных заболеваниях до улучшения самочувствия пациента [5,6,8,9].

Для каждого органа разработана своя капсула, с помощью которой врачу удастся получить максимум полезной информации. Также есть устройства, способные делать снимки на всем протяжении ЖКТ. Капсулы отличаются друг от друга по размеру: чем он меньше, тем ниже риск осложнений. Специалистов при выборе капсулы интересует ее скорость записи снимков и угол обзора. От этого зависит то, насколько точная и

полная информация будет у врача по окончании процедуры и обследования [5].

Капсулы сегодня разрабатываются и выпускаются целым рядом производителей. Популярными являются следующие изделия:

- Motilis (Швейцария) и SmartPill (США) – для обследования всего желудочно-кишечного тракта,
- Bravo – позволяет исследовать пищевод,
- Pillcam – для оценки состояния тонкого кишечника,
- AES-GTI – для проведения диагностики и предотвращения запоров благодаря постоянному излучению электрических импульсов [6].

2.3 Выводы

Капсульная эндоскопия – безопасная и безболезненная альтернатива колоноскопии.

В.И. Тимербулатов отмечает, что информативность капсульной эндоскопии в диагностике источников кровотечения, локализующихся в тонкой кишке, на данном этапе превосходит все существующие диагностические методы. Л.В. Домарев и Ю.Г. Старков опубликовали данные, свидетельствующие об успешном применении капсульной эндоскопии в диагностике опухолей тонкой кишки.

Капсульная эндоскопия быстро набирает популярность среди врачей и пациентов благодаря **следующим своим преимуществам**:

- Легкость проведения. Не требуется предварительной медикаментозной подготовки, сама процедура не предполагает разрезов кожи и прочих инвазивных манипуляций.
- Отсутствие дискомфорта во время проведения процедуры.
- Удобство. Капсульная эндоскопия не отрывает человека от привычных дел, не вызывает какого-либо дискомфорта.
- Безопасность. Капсулы одноразовые, поэтому вероятность занесения инфекции исключена. Так как для визуализации органов не нужно вводить эндоскоп, не происходит травматизации тонкой слизистой. Допустимо проводить эндоскопию у детей, начиная с трех лет.

- Нет необходимости в госпитализации: исследование проводится в амбулаторных условиях. Это экономит время пациента, ведь он может отправиться на работу и по другим своим делам.

- Возможность обследования труднодоступных отделов

- Высокое качество снимков на выходе. От этого существенно возрастает информативность обследования.

- Фиксирование не только морфологической картины пищеварительного тракта, но и особенностей моторики.

К недостаткам метода относят:

- Минимальные риски аллергических реакций

- Нет возможности забора ткани с подозрительного участка для последующего изучения в лаборатории. В связи с этим возникают трудности дифференцировки злокачественной опухоли от доброкачественной, диагностика остается незавершенной. Для окончательного установления диагноза требуется проведение других исследований вплоть до диагностической лапароскопии.

- Существует опасность задержки эндокапсулы. По разным источникам она составляет от 1 до 10%. Для ее извлечения в зависимости от локализации требуется введение эндоскопа или хирургическое вмешательство.

- Высокая стоимость. Исследование доступно не всем пациентам, так как его цена варьируется от 35 до 100 тысяч рублей. Она определяется стоимостью импортной видеокапсулы, которая является одноразовой.

- Ограниченное число больниц, где можно пройти капсульную эндоскопию. Данное исследование относится к специализированным видам медицинской помощи [5,6,8].

Заключение

Сравнения эндоскопического бота и капсульной эндоскопии

Эндоскопический бот и капсульная эндоскопия (рисунок 6) – это два метода исследования органов и систем человека.



VS



Рисунок 6 – Эндоскопический бот и капсула

Они имеют свои отличия:

- Эндоскопический бот, будучи роботом или управляемым устройством, позволяет врачу управлять им и направлять в нужные участки для точной диагностики и лечения. Капсульная эндоскопия, наоборот, осуществляется с помощью небольшой капсулы, которую пациент глотает, и она самостоятельно перемещается по органам.

- Эндоскопический бот управляется врачом, в то время как капсульная эндоскопия автономна, и пациент не контролирует ее движение.

- Капсула эндоскопии маленькая и легко проходит через пищеварительную систему, в то время как размер эндоскопического бота может быть больше и требует осторожного введения.

- Эндоскопический бот может использоваться повторно после стерилизации, в то время как капсула эндоскопии является одноразовым устройством.

- Капсульная эндоскопия предназначена для визуализации и диагностики состояний внутри пищевода, желудка и кишечника. Эндоскопический бот, помимо визуализации, способен делать биопсии, удалять опухоли и лечить определенные заболевания.

Выбор метода зависит от конкретного случая и целей исследования. Эндоскопический бот используется в сложных случаях, требующих активного участия врача, а капсульная эндоскопия более комфортна и доступна для пациента, особенно при исследовании тонкого кишечника.

Итог

Эндоскопический метод работы и капсулы на данном этапе человеческой цивилизации является одним из ведущих методов в области обследования ЖКТ, преимуществом которого считается информативность, безопасность, безболезненность, быстрый период восстановления, доступность для детей и взрослых, которая используется для диагностики, лечебных операций, взятия биопсии, пластической хирургии.

Литература

1. Карпов О.Э., Ветшев П.С., Маады А.С., Алексеев К.И., Осипов А.С., Василь И.В. Инновационные эндоскопические технологии в многопрофильном медицинском учреждении. Электронные библиотеки. 2017 С. 52-59.
2. С.А. Блашенцева. Эндоскопия вчера, сегодня и завтра [Электронный ресурс]. - 2019. - URL: <http://pmarchive.ru/endoskopiya-vchera-segodnya-i-zavtra/> (дата обращения 15.10.23)
3. Как работает эндоскопический бот, [Электронный ресурс]. - 2020. - URL: <https://ipzarechniy.ru/kak-rabotaet-endoskopiceskii-bot/> (дата обращения 28.10.23)
4. Королькова О.В., Павлова Я.Е. Волгоградский клинический медицинский центр [Электронный ресурс]. - 2019. - URL: <https://vmkc.ru/endoskop#:~:text=Капсульная эндоскопия&text=Капсульная эндоскопия> – это современный метод (дата обращения 04.10.23)
5. Капсульная эндоскопия, Медицинский центр имени Святослава Федорова, [Электронный ресурс]. - 2021. - URL: <https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fsurgery.fedorovmedcenter.ru%2Fstat%2Fmaloinvazivnaya-khirurgiya%2Fkapsulnaya-endoskopiya%2F%23cto-eto-takoe> (дата обращения 15.10.23)
6. Решетников М.Н., Зубань О.Н., Скопин М.С., Синицын М.В., Плоткин Д.В. МЕДСИ [Электронный ресурс]. - 2019. URL: <https://medsi.ru/articles/kapsulnaya-gastroskopiya-zheludka-podgotovka-pokazaniya-i-protivopokazaniya/> (дата обращения 04.10.23)
7. История капсульной эндоскопии, [Электронный ресурс]. - 2020. - URL: <http://gi-capsule.ru/history> (дата обращения 28.10.23)

8. Расулов М.И. // Капсульная эндоскопия и перспективы развития. Электронные библиотеки. Клин. мед. 2014; 93 (5): С. 32-36
9. НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ клиническая работа, [Электронный ресурс]. - 2020. - URL: https://sklif.mos.ru/departments/endoscopy/clinical_work/videokapsulnaya-endoskopiya/#:~:text=Видеокапсульная%20эндоскопия%20 (дата обращения 15.10.23)

ПРОДАЖА МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Е.В. Машина, Н.С. Лесин, М.А. Самохвалова, А.Ю. Константинов
(ред. Я.С. Пархоменко, С.М. Тимченко)

В работе были рассмотрена проблема продажи медицинской техники, с целью помочь отечественному производству. В ходе написания реферата были изучены крупнейшие производители оборудования, была проанализирована ситуация на рынке медицинского оборудования, были изучены правила продажи медицинской техники. Так как в данное время технологии быстро развиваются, эта проблема актуальна на сегодняшний момент. В результате работы получены советы, которые помогут успешно продавать медицинскую технику.

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: погрешность 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 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.

1.1 Мировые производители

Рассматривая страны и производителей медицинского оборудования, можно выделить нескольких лидеров [2]:

Medtronic (Ирландия, 1949 г.)

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.

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.

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

а) сахарный диабет (рис. 1);



Рисунок 1 – Инсулиновый инфузионный насос

б) нейромодуляция (рис. 2);



Рисунок 2 – Электрокардиостимулятор medtronic adapta

в) нарушения сердечного ритма (рис. 3-5);



Рисунок 3 – Дистанционный кардиомонитор



Рисунок 4 – Кардиомонитор



Рисунок 5 – Аппарат ИВЛ

г) хирургия позвоночника (рис. 6);



Рисунок 6 – Генератор радиочастотный для абляции

д) кардиохирургия (рис. 7);



Рисунок 7 – Автоматический таймер определения времени активированного свертывания крови

е) хирургические навигационные технологии (рис. 8).



Рисунок 8 – Навигационная хирургическая станция

Johnson & Johnson (США, 1886)

Johnson & Johnson 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 (рис. 9). 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. Johnson & Johnson включает в себя 250 компаний, расположенных в 57 странах мира, в которых работают более 125 000 сотрудников.



Рисунок 9 – Система диагностики синдрома сухого глаза мейбография

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. (рис. 10)



Рисунок 10 – Thermo Scientific Benchtop Shakers

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 (рис. 11).



Рисунок 11 – ПОС - анализатор на инфекционные заболевания

General Electric Healthcare (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 (рис. 12).



Рисунок 12 – Наркозно-дыхательный аппарат

Philips (Healthcare) (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 (рис. 13).



Рисунок 13 – Аппарат ИВЛ для реанимации

Fresenius Medical Care (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 (рис. 14).



Рисунок 14 – Аппарат для диализа multiFiltrate

***Becton Dickinson & Company* (США, 1897)**

Becton 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 (рис. 15). Ресурсы Becton 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.



Рисунок 15 – Молекулярная диагностика

Cardinal Health (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.

1.2 Российские производители

Ситуация с медицинским оборудованием на российском рынке не столь однозначна, ведь она тесно связана 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 [3]:

ОРМЕД (Уфа, 1991)

Фирма в Уфе, предлагающая реабилитационные приборы с сертификацией ИСО 9001-2011. Компания – один из ведущих российских производителей аппаратно-программных механотерапевтических комплексов для системы медицинской реабилитации (рис. 16). Производитель на рынке почти 30 лет. За это время в различных медицинских учреждениях установлены более 20 000 аппаратов ORMED. Всё оборудование разрабатывается в сотрудничестве с практикующими врачами и проходит клинические и технические испытания в действующих медицинских центрах. Аппараты ORMED позволяют проводить процедуры равноценно импортным аналогам, при этом стоят на 30-50% меньше.



Рисунок 16 – Аппарат для вытяжения позвоночника

АО «Казанский медико-инструментальный завод» (Киев, 1931)

АО «Казанский медико-инструментальный завод» — уже 90 лет один из крупнейших в России производителей стоматологического, микрохирургического инструментария и полимерных изделий медицинского назначения. Они поставляют свою продукцию не только на российский рынок, но и на рынки свыше 40 стран ближнего и дальнего зарубежья, в том числе Италии, Германии, Болгарии, Венгрии, Польши, США.

Сегодня КМИЗ – это:

- производство европейского образца;
- лидер среди российских производителей;
- система качества, соответствующая международным стандартам

ИСО.

Мадин (Нижний Новгород, 2006)

Группа компаний «Мадин» – российский производитель медицинского оборудования. Они производят: оборудование для медицинской реабилитации в том числе и высокотехнологичные комплексы с биологической обратной связью, аппараты местной и общесистемной физиотерапии и грязелечебные продукты (рис. 18).



Рисунок 18 – Оборудование для медицинской реабилитации:

АО «Загорский оптико-механический завод» (Сергиев Посад, 1935)

ЗОМЗ – один из основных разработчиков и изготовителей большой гаммы наблюдательных приборов, медицинской аппаратуры для диагностики и лечения заболеваний тканей и сосудов глаза, флюорографов и усилителей яркости рентгеновского изображения, а также различных фотометрических приборов (рис. 19). Изделия с маркой ЗОМЗ можно встретить во многих отраслях народного хозяйства, научно-

исследовательских институтах и лабораториях, медицинских учреждениях. Их применение в народном хозяйстве позволяет значительно улучшить качество продукции. Высокоточные изделия ОАО "ЗОМЗ" пользуются большим спросом на внутреннем и международном рынках. Завод поставляет через своих дилеров продукцию примерно семи тысячам организаций страны и более чем пятьдесят зарубежных государств.



Рисунок 19 – Комплекс для лечения онкологических заболеваний

АО «Кампо» (Орехово-Зуево, 1953)

Компания является одним из старейших предприятий промышленного комплекса, разработчиком и серийным производителем в сфере приборостроения для авиации, космонавтики, медицины, водолазных, пожарных и аварийно-спасательных служб. За 70 лет существования предприятием был пройден путь от КБ дыхательной аппаратуры до ведущего производителя как дыхательной техники, так и широкого спектра номенклатуры различного назначения. АО «КАМПО» — это более 800 высококвалифицированных сотрудников, мощная

производственная и испытательная база, строгая система контроля качества.

2 Анализ ситуации на рынке медицинского оборудования

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 объем продаж, обусловленный низким спросом медицинских учреждений, а с другой – большую перспективную емкость в стоимостном и количественном выражении при относительно невысокой конкуренции. [1]

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. [1]

В связи с этим важнейшей задачей для отечественных 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.

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.

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. [4]

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.

3 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.

Медицинскими изделиями называют инструменты, аппараты, приборы, оборудование, материалы и прочие изделия, применяемые в медицинских целях и предназначенные для профилактики, диагностики и лечения заболеваний. [5]

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 частей к ним, предназначенные для профилактики, диагностики, лечения заболеваний в домашних условиях, реабилитации и ухода за больными;
- в) оправы для корригирующих 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 7 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. Рукавишникова 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: 29.10.2023).
2. Самый крупные компании по производству медицинской техники и оборудования. Сайт «oborudunion.ru». URL: <https://www.oborudunion.ru/largest/medicinskoe-i-farmaceuticheskoe-oborudovanie> (дата обращения 29.10.2023).

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: 29.10.2023).
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: 29.10.2023).
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 (дата обращения: 29.10.2023).

ЦИФРОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

**А.Д. Азызов, Ф.С. Кичиков, М.Д. Меренков, Д.А. Зуев, Ф.Р. Блинов
(ред. И.В. Шарапов, С.М. Тимченко)**

Данная публикация представляет собой общий обзор такой технологии как цифровой медицинский термометр и его применение. Как современный метод измерения температуры тела человека эта технология позволяет снизить погрешность показаний, в сравнении с остальными термометрами, до достаточно малых величин, а срок эксплуатации увеличить на порядок. В статье освещены основные принципы и методики данной техники, а также возможные пути совершенствования.

Введение

В современном мире развитие технологий неизбежно оказывает влияние на все сферы нашей жизни, включая и медицину. Одна из таких инноваций – появление цифровых термометров, которые стали незаменимым инструментом для измерения температуры тела. Они предоставляют более точные результаты и позволяют быстро определить наличие заболевания, симптомами которого может быть повышение температуры, что имеет важное значение для диагностики и контроля заболеваний. В данном реферате мы рассмотрим назначение и принцип работы цифровых термометров, их преимущества по сравнению с традиционными ртутными термометрами, а также их применение в медицинской практике.

1 Определение и назначение цифровых термометров

Цифровые термометры – это электронные приборы, которые используются для измерения температуры. Они обычно имеют дисплей, на котором отображается текущее значение температуры, и могут быть дополнены различными функциями, такими как сохранение и анализ данных.

Назначение цифровых термометров состоит главным образом в том, чтобы определить точные и надежные условия температуры.

Они широко применяются в медицине для измерения температуры тела пациента, через подмышечные впадины, полость рта или прямую кишку. Также его можно использовать в лабораторных исследованиях, при измерении температуры окружающей среды и в других областях, где необходимо точно измерить температуру.

Главное преимущество электронных термометров перед обычными ртутными – возможность быстрого и точного измерения температуры, а также простота использования.

По сути, цифровые термометры являются незаменимыми инструментами для многих областей деятельности, где требуется точное измерение температуры.

2 История развития

История развития цифровых термометров начинается со времени появления первых электронных термометров в середине 20 века.

Ранние электронные термометры использовали термопары или терморезисторы в сочетании с аналоговыми цепями для измерения и отображения температуры.

В 1960-х годах появились первые цифровые термометры, которые использовали полупроводниковые датчики для измерения температуры. Они обладали высокой точностью и быстродействием, исключали необходимость калибровки и упрощали процесс измерения температуры.

С развитием микропроцессоров в 1970-х и 1980-х годах цифровые термометры стали более компактными и доступными в плане цены. Они были простыми в использовании, что сделало их популярными для повседневного домашнего пользования. Термодатчики в таких термометрах обычно располагались на концах тонких проводов, что позволяло измерять температуру в ушах или под языком. Отсюда последовало более широкое применение подмышечных и ректальных термометров для измерения температуры у детей.

Также замена старых индикаторов на числовые и цифровые дисплеи сделала чтение результатов измерений более удобным, что способствовало распространению цифровых термометров.

В последующие десятилетия совершенствование цифровых технологий привело к появлению более продвинутых цифровых термометров.

Современные цифровые термометры могут иметь функцию хранения данных, беспроводное подключение и возможность синхронизации с мобильными приложениями для мониторинга и анализа изменений температуры. Появились также умные термометры, которые оснащены сенсорами и могут автоматически отслеживать температуру с целью предотвращения аварийных ситуаций или оптимального поддержания комфорта в помещении. Применение медицинского термометра показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Применение медицинского термометра

3 Принцип работы цифровых термометров

Цифровые термометры работают на основе использования полупроводниковых датчиков, которые измеряют изменение сопротивления или напряжения в зависимости от температуры. Принцип

работы цифровых термометров включает несколько шагов: измерение, преобразование сигналов и отображение результатов.

1. Измерение температуры: Цифровые термометры используют полупроводниковые датчики, такие как терморезисторы или термопары, чтобы измерить изменение сопротивления или напряжения в зависимости от температуры в исследуемой области. Датчик обычно содержит специальные материалы, такие как платина или термоэлементы, которые обладают уникальными температурными свойствами.
2. Преобразование сигналов: Полученный сигнал от датчика подается на усилитель или аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), который преобразует аналоговый сигнал в цифровой вид. АЦП преобразует аналоговое напряжение или сопротивление в цифровую форму, используя различные методы кодирования.
3. Обработка данных: После преобразования в цифровую форму, полученные данные могут быть обработаны встроенным микропроцессором в термометре. Микропроцессор может проводить дополнительные расчеты или сравнения для обеспечения точности измерения или активации определенных функций, таких как автоматическое отключение или предупреждение при превышении заданного порога температуры.
4. Отображение результатов: Обработанные данные температуры выводятся на цифровой дисплей для отображения пользователю. Результаты могут представляться в числовой форме или с помощью различных значков или индикаторов, указывающих на текущее состояние температуры.

4 Типы и модели цифровых термометров

Существует несколько различных типов цифровых термометров, которые могут быть использованы для измерения температуры в разных ситуациях. Например:

- 1) инфракрасные термометры: Эти термометры используют инфракрасное излучение для измерения температуры объектов на расстоянии. Они обычно имеют лазерный указатель для указания точки измерения на поверхности объекта. Инфракрасные термометры широко применяются при измерении температуры устройств или материалов, которые трудно доступны или опасны для измерения соприкосновением.
- 2) электронные термометры со сменными сенсорами: Эти термометры состоят из основного блока с дисплеем и сменного датчика температуры. Сменные сенсоры могут быть терморезисторами, термопары или другими полупроводниковыми датчиками. Пользователь может выбрать нужный тип датчика в зависимости от приложения. Такие термометры удобны, так как позволяют легко заменять датчики или использовать их для измерения температуры в различных средах.
- 3) бесконтактные цифровые термометры: Эти термометры используют различные технологии, такие как инфракрасное излучение или лазерное позиционирование, для измерения температуры без контакта с объектом. Они могут измерять температуру на расстоянии, что полезно для измерения температуры жидкостей, пищи или температуры тела без физического контакта.
- 4) цифровые термометры с сетевым подключением: Эти термометры позволяют передавать данные о измеренной температуре на компьютер или другое цифровое устройство через сетевое соединение. Они полезны для мониторинга температуры на расстоянии или для создания централизованной системы мониторинга температуры.
- 5) многофункциональные цифровые термометры: Эти термометры имеют функции, которые выходят за рамки простого измерения температуры. Они могут иметь встроенные часы, таймеры, звуковые сигналы, функции хранения данных или другие дополнительные функции, которые могут быть полезными в различных ситуациях.

Это лишь некоторые примеры типов цифровых термометров, которые доступны на рынке. Выбор типа термометра будет зависеть от конкретных потребностей пользователей и условий измерения температуры.

5 Индикация и отклонения цифровых термометров

Цифровые термометры обычно имеют два основных метода индикации и отклонений – цифровой и графический.

Цифровая индикация представляет собой вывод температурного значения на дисплей в цифровом формате. Например, термометры могут показывать температуру в градусах Цельсия или Фаренгейта.

Отклонение температуры может быть представлено в форме числа, указывающего разницу между текущим измеренным значением и нормальным значением.

Графическая индикация представляет собой графическое отображение температурного значения на дисплее. Этот вид индикации может показывать текущую температуру в виде стрелки или шкалы, в зависимости от конкретной модели термометра. Отклонение температуры может быть представлено в форме сегмента или стрелки, отклоняющихся от нормального значения.

Кроме того, некоторые цифровые термометры могут иметь дополнительные функции индикации, например, подсветку дисплея, звуковую сигнализацию при достижении определенной температуры или возможность сохранения и отображения предыдущих измерений.

Основная цель индикации и отклонений цифровых термометров – предоставить пользователю ясную и надежную информацию о текущей температуре и любых отклонениях от нормы. Это помогает в контроле и поддержании оптимальных условий окружающей среды или измерении телесной температуры для медицинских целей.

6 Преимущества использования цифровых термометров по сравнению с традиционными жидкостными термометрами

Точность: Цифровые термометры обычно обладают более высокой точностью измерения, чем традиционные жидкостные термометры. Они могут показывать температуру с точностью до нескольких десятых градуса по Цельсию или Фаренгейту, что особенно важно при использовании в медицинских целях.

Скорость измерений: Цифровые термометры предлагают быстрые и мгновенные измерения температуры. Они работают с использованием электронных сенсоров, которые позволяют получать результаты измерения практически мгновенно, в то время как традиционные жидкостные термометры требуют некоторого времени для того, чтобы жидкость поднялась до температуры и дала устойчивый результат.

Удобство использования: Цифровые термометры обычно имеют крупные и легко читаемые дисплеи, что делает их более удобными для использования. Они также часто имеют звуковую и / или световую индикацию, которая предупреждает пользователя о завершении измерения. Определение показаний на цифровом термометре проще для восприятия, поскольку он показывает температуру численно, в то время как традиционные жидкостные термометры требуют чтения шкалы и оценки показаний.

Долговечность и надежность: Цифровые термометры обычно более долговечны и надежны в использовании по сравнению с традиционными жидкостными термометрами. Они могут выдерживать повторные падения, имеют защиту от посторонних веществ и могут быть более устойчивыми к воздействию окружающей среды.

Возможность сохранения данных: Некоторые цифровые термометры имеют функцию сохранения данных, что позволяет отслеживать и анализировать изменения температуры в течение определенного периода времени. Это может быть полезно в медицинских и лабораторных условиях, а также при контроле качества продуктов или процессов.

7 Применение цифровых термометров в различных областях

Цифровые термометры применяются в различных областях из-за своей точности, удобства использования и скорости измерений. Ниже приведены некоторые области, где они наиболее широко применяются:

1. Медицина: цифровые термометры широко используются для измерения температуры тела пациента. Они могут быть использованы в домашних условиях, больницах и клиниках.
2. Такие термометры особенно полезны для снятия температуры у маленьких детей или пациентов, которым требуется наблюдение и контроль за состоянием.
3. Лабораторная работа: цифровые термометры широко применяются в лабораториях для измерения температуры образцов, реакций или окружающей среды. Они могут быть использованы в различных научных исследованиях и экспериментах.
4. Домашнее использование: цифровые термометры могут использоваться в домашних условиях для измерения температуры воздуха, воды, питания или для проверки температуры в ванне для малышей.

Цифровые термометры (рисунок 2) предлагают удобство и точность в измерениях температуры во многих областях. Они также могут быть легко читаемыми и иметь функции автоматического отключения и памяти для последующего анализа данных.



Рисунок 2 – Инфракрасный термометр (слева), цифровой оральный термометр (справа)

8 Возможные ограничения и проблемы, связанные с использованием цифровых термометров

Использование цифровых термометров имеет свои ограничения и проблемы, которые могут повлиять на точность и надежность измерений. Некоторые из них включают:

1. Ошибка измерения: Цифровые термометры могут иметь ограниченную точность измерений, что может привести к ошибкам при определении температуры. Это может быть связано с погрешностью датчика, неточностью электронной схемы или другими факторами, влияющими на измерение.
2. Необходимость калибровки: Цифровые термометры могут требовать периодической калибровки для обеспечения точности измерений. Это может быть вызвано деградацией датчика или другими внешними воздействиями, которые могут повлиять на точность измерения температуры.
3. Влияние окружающей среды: Цифровые термометры могут быть чувствительны к окружающим условиям, таким как влажность, давление, воздушные потоки и другие факторы. Это может привести к искаженным измерениям температуры, особенно при использовании на открытом воздухе или в нестабильных условиях.
4. Необходимость замены батареи: Цифровые термометры работают на батарейках, и это может вызывать проблемы, если батарея разряжена или требует замены. Если батарея истощается, это может привести к неправильной работе термометра или снижению его точности.
5. Зависимость от пользовательских навыков: Использование цифровых термометров требует определенных навыков и знаний со стороны пользователя. Неправильное использование или неправильная интерпретация результатов измерений может привести к ошибкам и неверным выводам.
6. Стоимость и доступность: Высококачественные цифровые термометры могут быть дорогими, особенно если они используются

в специализированных отраслях или требуются высокие стандарты точности. Это может ограничить доступность таких термометров для некоторых пользователей или организаций.

В целом, при использовании цифровых термометров необходимо учитывать указанные ограничения и проблемы, чтобы обеспечить точность измерений и достоверность результатов. Это может включать проведение калибровок, контроль окружающих условий, правильное использование и обслуживание термометра.

9 Противопоказания для применения цифровых термометров

- Кожные повреждения: использование цифровых термометров может быть исключено при наличии открытых ран, ожогов или других повреждений кожи.
- Аллергия на используемые материалы: некоторые цифровые термометры могут удерживать латекс, металлы или другие материалы, на которые у некоторых людей может возникнуть аллергическая реакция.
- Противопоказания для особых мест измерения: некоторые типы цифровых термометров могут быть непригодны для измерения температуры в определенных местах, таких как ухо, рот или прямая кишка. В этом случае необходимо использовать специализированный термометр.

10 Безопасность и качество ухода

Безопасность и качество ухода за цифровыми термометрами играют главную роль в их нормальной работе и ликвидности. Ниже приведены некоторые рекомендации по безопасности и качеству обслуживания цифровых термометров:

- Следование рекомендациям производителя. Всегда читайте и следуйте инструкциям производителя по правильному использованию и уходу за цифровым термометром. Это поможет избежать повреждений и электромагнитной опасности.

- Чистка и дезинфекция. Регулярно чистите и дезинфицируйте цифровой термометр. Используйте мягкую ткань или ватный шарик, смоченный спиртом или незапотевающее средство для чистки. После этого протрите термометр сухой тканью.
- Не погружайте термометр в воду. Цифровые термометры не предназначены для погружения в воду. Постоянное попадание воды на термометр может нарушить его работу и вызвать коррозию.
- Используйте чехол или крышку. Во избежание повреждения термометра используйте чехол или крышку предоставленную производителем. Это поможет защитить термометр от ударов и падений.
- Храните термометр в безопасном месте. Храните цифровой термометр в сухом и прохладном месте, вне опасности для детей и домашних животных. Это поможет предотвратить случайное использование и повреждение.
- Проверьте калибровку термометра. Периодически проверяйте точность измерений термометра. Если вы заметили отклонения в причинах, обратитесь к инструкциям производителя по калибровке или обслуживанию.
- Замените аккумулятор при необходимости. Если питание устройств осуществляется от батарей, следите за их состоянием и своевременно заменяйте их по мере необходимости. Это поможет избежать ошибок точности при измерениях.

11 Технологические инновации

Недавние технологические инновации привнесли значительные усовершенствования в функциональность и надежность цифровых термометров, а также открыли новые возможности для мониторинга и анализа данных о температуре.

1. Беспроводная передача данных. Интеграция беспроводной технологии, такой как Bluetooth, позволяет передавать измерения температуры с термометра на мобильные устройства. Это облегчает

мониторинг температуры и создает возможность автоматизированного ведения электронного журнала для более точного отслеживания изменений температуры у пациентов.

2. Точные и быстрые датчики. Современные цифровые термометры оснащены более точными и быстрыми датчиками, что позволяет проводить измерения более эффективно и получать точные результаты в кратчайшие сроки. Это особенно важно при использовании термометров у маленьких детей или пациентов, чье состояние требует быстрой реакции.

3. Интеграция с мобильными приложениями и интернет-сервисами. Многие современные цифровые термометры имеют возможность интеграции с мобильными приложениями и интернет-сервисами, предоставляя дополнительные данные и рекомендации по уходу за здоровьем. Это создает возможности для персонализированного медицинского ухода и мониторинга состояния здоровья на новом уровне.

В целом, технологические инновации в области цифровых термометров обещают революционизировать медицинскую диагностику и уход за здоровьем, открывая новые перспективы для точного и удобного мониторинга температуры у пациентов.

Заключение

Таким образом, цифровые термометры являются современными и удобными инструментами для измерения температуры. Они обладают высокой точностью, позволяют быстро и просто получать результаты измерения, а также имеют возможность сохранять данные для последующего анализа. Цифровые термометры нашли свое применение в различных областях, начиная от медицины и ветеринарии, заканчивая пищевой и климатической промышленностью. Они существенно упрощают работу и снижают риск ошибок, что делает их незаменимыми инструментами в современном обществе.

Литература

1. Федеральный закон №323 «Об основах охраны здоровья граждан РФ» от 21.11.2011 г. Министерство здравоохранения Российской Федерации. – <https://minzdrav.gov.ru/>
2. Ростехнадзор Российской Федерации. – <https://www.gosnadzor.ru/>
3. Российские производители медицинских изделий. <https://productcenter.ru/producers/catalog-mieditsinskiie-izdieliia-37>
4. ГОСТ 27.410—87 Надёжность в технике. Методы контроля показателей надёжности и планы контрольных испытаний на надёжность.
5. ГОСТ Р МЭК 60601-1-2022 Изделия медицинские электрические. Часть1. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик.
6. ГОСТ Р МЭК/ТО 60788-2009 Изделия медицинские электрические. Словарь.
7. Аронов А.М., Пичугин В.Ф., Твердохлебов С.И. Разработки и внедрение новых медицинских изделий. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2019.
8. Миловзоров О.В., Панков И.Г. Основы электроники, М.: Юрайт, 2019.
9. Илясов Л.В. Биомедицинская измерительная техника, М.: РУС-МедТеХ, 2018.
10. Апполонский С.В., Электротехника, М.: Кнорус, 2020.
11. Богданова Т.М., Бакуткин В.В., Большаков А.А., Бакуткин И.В., Мельников Л.А., Спирин В.Ф., Наливаева А.В. Мониторинг кожной температуры тела человека и его применение в клинической практике.
12. Геращенко О.А., Федоров В.Г. Тепловые и температурные измерения..
13. Гельфер Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики.

ДОМАШНИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДАВЛЕНИЯ: ТОНОМЕТРЫ

К.Э. Бошков, С.А. Мурадов, Д.А. Ситниченко, К.Э. Ласточкин
(ред. И.В. Козловская, С.М. Тимченко)

Введение

В настоящей работе по теме "Домашние аппараты для мониторинга давления: тонометры" будут рассмотрены принципы их работы и виды.

В современном мире забота о своем здоровье стала одним из приоритетных направлений. В этом контексте особую роль играет мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы, ведь состояние нашего сердца напрямую влияет на общее самочувствие и качество жизни. В связи с этим, все больше людей обращается к использованию домашних аппаратов для сердечно-сосудистой системы, таких как тонометры.

Домашние аппараты для мониторинга сердечно-сосудистой системы – тонометры позволяют пользователям отслеживать свои показатели сердечной активности, такие как артериальное давление и пульс, без необходимости посещения врача или больницы. Эти устройства могут быть полезными для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также для тех, кто хочет следить за своим здоровьем и предотвращать возможные проблемы.

Медицинские приборы для домашнего использования, включая тонометры, стали популярными среди населения. Это обусловлено не только доступностью таких устройств, но и удобством и простотой их использования. Такие аппараты позволяют контролировать состояние сердца в удобное для каждого время, не выходя из дома. Благодаря этому, люди могут более эффективно следить за своим здоровьем и своевременно обнаруживать возможные отклонения.

Тонометры - это медицинские приборы, которые используются для измерения артериального давления. Они состоят из манжеты, которая

надевается на верхнюю часть руки или запястье, и измерительного прибора, который показывает значения давления.

Тонометры широко используются в медицинских учреждениях и также доступны для использования в домашних условиях. Они являются важными инструментами для контроля артериального давления и предотвращения сердечно-сосудистых заболеваний.

Так как медицинские приборы, в нашем случае тонометры имеют огромное значение для жизни общества, мы хотим изучить историю и развитие тонометров, больше узнать о практическом применении тонометров и оценить значимость тонометров в жизни человека.

История развития тонометров

История тонометров начинается в XIX веке, когда были разработаны первые приборы для измерения артериального давления. Один из первых тонометров был создан французским врачом Шарль Эдуард Меркье в 1854 году. Он использовал ртуть для измерения давления и назвал свой прибор "сфигмоманометр".

В 20-х годах XX века были разработаны первые автоматические тонометры, которые позволяли измерять давление без участия медицинского персонала. Они использовали электронные сенсоры и давление манжеты для измерения артериального давления.

В 20 и 21 веке технологии тонометров продолжали развиваться и совершенствоваться. Были созданы компактные и портативные тонометры, которые можно использовать в домашних условиях. Они облегчают процесс измерения давления и позволяют пациентам самостоятельно контролировать свое здоровье.

Также были разработаны тонометры с автоматическим накачиванием манжеты и измерением давления. Это позволяет получать более точные результаты и уменьшает возможность ошибок при измерении.

С развитием цифровых технологий появились электронные тонометры с большими и яркими дисплеями, которые отображают

измеренное давление и другие параметры. Некоторые модели имеют функцию хранения данных, что позволяет врачам анализировать изменения артериального давления пациента на протяжении времени. [5]

В последние годы стали появляться также "умные" тонометры, которые могут синхронизироваться с мобильными приложениями и позволяют отправлять данные о давлении на смартфон или планшет. Это помогает пациентам и врачам более эффективно отслеживать и анализировать данные о давлении.

Технологии тонометров продолжают развиваться, и в будущем можно ожидать еще более усовершенствованных и инновационных приборов для измерения артериального давления. Это поможет улучшить диагностику и лечение сердечно-сосудистых заболеваний и повысить качество жизни пациентов.

С течением времени технологии тонометров стали все более совершенными. Сейчас на рынке представлено множество различных моделей тонометров, включая автоматические и полуавтоматические приборы, которые облегчают процесс измерения давления и повышают точность результатов.

Следует отметить, что информация о технических характеристиках, конструктивно-технологических решениях зарубежных образцов часто бывает недостаточно полной, что затрудняет достоверную оценку достигнутого технического уровня медицинского оборудования. [1]

Тонометры стали неотъемлемой частью медицинской практики и домашнего здравоохранения. Они позволяют контролировать артериальное давление, выявлять гипертонию и другие сердечно-сосудистые заболевания, а также предотвращать их развитие. Тонометры играют важную роль в поддержании здоровья и благополучия людей.

Виды тонометров

Существует несколько типов тонометров, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества.

Механический тонометр (рис. 1) – это классический тип тонометра, который использует манжету, манометр и стетоскоп для измерения артериального давления. Он требует ручного накачивания манжеты и наблюдения за стрелкой на манометре для определения давления. Механические тонометры обычно требуют определенных навыков для правильного использования и чтения результатов.



Рисунок 1 – Механический тонометр

Механический тонометр измеряет артериальное давление на локтевой артерии. Этот метод называется «аускультативным» (от латинского *auscultatio*). Так называют исследование функций организма, основанное на выслушивании шумов, связанных с деятельностью внутренних органов. В нашем случае выслушиваются так называемые тоны Короткова (по имени изобретателя метода русского хирурга Н. С. Короткова). Механический тонометр - это медицинское устройство, используемое для измерения артериального давления у человека. Он состоит из манжеты, манометра и стетоскопа. Для измерения давления манжета надевается на плечо пациента, после чего врач или медсестра использует манометр для определения давления в артериях.

Механические тонометры обычно требуют навыков и опыта для правильного использования, но они являются надежным и точным способом измерения артериального давления.

Полуавтоматический тонометр (рис. 2) – это улучшенная версия механического тонометра, которая автоматизирует некоторые процессы.



Рисунок 2 – Полуавтоматический тонометр

Он все еще требует ручного накачивания манжеты, но вместо стрелки на манометре имеет цифровой дисплей, который показывает результаты измерения. Полуавтоматические тонометры обычно более удобны в использовании, чем механические, и позволяют более точное чтение результатов. С целью нагнетания воздуха в манжету пользователи применяют специальную грушу. Результат выводится на электронный дисплей. Современные медицинские центры стали все чаще заменять механические устройства на полуавтоматические. Каждая модель имеет функцию определения пульса, некоторые способны отслеживать аритмию, предупреждать о нарушениях сокращений сердца. Аппарат для измерения давления полуавтомат – один из самых востребованных на сегодняшний день не только в медицинских учреждениях, но и в домашних аптечках. Он измеряет и показывает верхнее и нижнее кровяное давление, переводя результат в точные цифры.

Благодаря осциллометрической электронной измерительной системе, устройство точно и быстро показывает артериальное давление и

пульс. Стоимость тонометра полуавтомат зависит от его функций. Если вы отдаете предпочтение устройствам с расширенными функциями, они смогут не просто измерять давление, но и фиксировать динамику лечения во встроенной памяти по порядковым номерам. Помимо такой характеристики, существуют полуавтоматические модели, оснащенные звуковым индикатором, индикатором аритмии, органайзером и цветной шкалой.

Полуавтоматические модели отличаются от автоматических более низкой стоимостью, а от механических - более высокой точностью. Перед покупкой тонометра-полуавтомата следует определиться с размером манжеты, она может быть от 15 см и выше 40 см. Полуавтоматический тонометр требует участия человека для накачивания манжеты и измерения давления, в то время как автоматический тонометр выполняет эти операции автоматически, без необходимости участия человека. Автоматический тонометр обычно более удобен в использовании и может быть более точным, так как он исключает возможные ошибки, связанные с неправильным накачиванием манжеты или измерением давления. Однако полуавтоматический тонометр может быть более доступным с точки зрения стоимости и может быть предпочтительным для некоторых пациентов.

Автоматический тонометр (рис. 3): Это современный тип тонометра, который полностью автоматизирован. Он использует электронику и датчики для автоматического накачивания манжеты и измерения артериального давления. Результаты отображаются на цифровом дисплее. Автоматические тонометры обычно наиболее удобны в использовании и требуют минимальных навыков для получения точных результатов. Они также могут иметь дополнительные функции, такие как сохранение результатов измерений и возможность подключения к компьютеру или мобильному устройству для отслеживания и анализа данных. Для измерения давления манжета надевается на плечо пациента, после чего врач или медсестра использует манометр для определения давления в артериях.



Рисунок 3 – Автоматический тонометр

Выбор типа тонометра зависит от индивидуальных предпочтений и потребностей. Важно выбрать тонометр, который будет удобен в использовании и позволит получить точные результаты измерений. Консультация с врачом или фармацевтом также может помочь определить наиболее подходящий тип тонометра для конкретного случая.

Принцип работы

Тонометры работают на основе нескольких принципов:

1. Принцип осциллометрии. Этот принцип основан на измерении колебаний артерий, вызванных сердечным циклом. тонометр надевается на пациента и надувает манжету вокруг его верхней части руки. Затем манжета медленно сдувается, позволяя тонометру регистрировать изменения давления в артерии. Когда давление достигает максимального значения, колебания прекращаются и тонометр определяет систолическое и диастолическое давление. Принцип осциллометрии заключается в измерении колебаний или осцилляций внутреннего давления в сосудах или тканях организма. Этот метод используется для определения различных параметров кровяного давления, таких как систолическое и диастолическое давление, пульсовое давление и другие. Осциллометрия основана на измерении изменений объема крови в артериях в ответ на

сердечные сокращения. Для этого используется специальное устройство - осциллометр, которое регистрирует колебания давления и преобразует их в цифровой формат для последующего анализа.

Этот метод измерения артериального давления более удобен для пациентов и менее зависит от навыков медицинского персонала, по сравнению с ручными тонометрами. Однако он также требует точной калибровки и обработки данных для точных результатов измерений.

2. Принцип аускультации. Этот принцип основан на прослушивании звуков, возникающих при прохождении крови через артерии. тонометр надевается на пациента и манжета надувается до определенного давления. Затем манжета медленно сдувается, позволяя тонометру регистрировать звуковые волны, создаваемые кровью в артериях. Когда давление в манжете снижается до уровня, при котором кровь свободно протекает через артерию, звуки исчезают, и тонометр определяет систолическое и диастолическое давление. Принцип аускультации заключается в прослушивании звуков, издаваемых органами и тканями организма с помощью стетоскопа. Этот метод используется для оценки работы сердца, легких, сосудов и других органов. Например, аускультация сердца позволяет определить ритм и частоту сердечных сокращений, наличие шумов или других аномалий. Для этого врач или медицинский специалист наносит стетоскоп на определенные точки на теле пациента и прослушивает звуки, издаваемые органами. Полученные данные помогают диагностировать различные заболевания и состояния организма. Этот метод измерения артериального давления требует опыта и навыков со стороны медицинского персонала, чтобы правильно определить давление. Он также более подвержен ошибкам, связанным с влиянием внешних шумов и других факторов.

В целом, аускультация является важным методом измерения артериального давления, который имеет свои преимущества и ограничения. Кроме того, в выпускаемых тонометрах в качестве рабочего тела в манжете используется воздух. Это также искажает реальную картину оценки максимального давления. [2]

3. Принцип пульсовой волны. Этот принцип основан на измерении скорости распространения пульсовой волны в артериях. тонометр надевается на пациента и манжета надувается до определенного давления. Затем манжета медленно сдувается, позволяя тонометру регистрировать пульсовые волны, передаваемые артериальными стенками. Измеряя время, затраченное на распространение пульсовой волны от сердца до места измерения, тонометр определяет систолическое и диастолическое давление.

Он также основан на измерении изменений давления в артериях во время сердечного цикла. Когда сердце сокращается, кровь выталкивается в артерии, создавая пульсовую волну, которая распространяется по сосудам. Тонометр измеряет эту пульсовую волну и определяет артериальное давление путем обработки полученных данных. [4]

Существует несколько методов измерения артериального давления с использованием принципа пульсовой волны. Например, ручные тонометры используют манжету, накачиваемую воздухом, чтобы остановить поток крови в артерии на короткое время, затем медицинский работник использует стетоскоп для прослушивания пульсовой волны и определения давления. Автоматические и электронные тонометры автоматически накачивают манжету и измеряют давление без необходимости использования стетоскопа.

В целом, принцип пульсовой волны является основой для работы всех типов тонометров и играет важную роль в диагностике и контроле артериального давления у людей.

Эти принципы работы тонометров позволяют точно измерять артериальное давление и мониторить его изменения во время измерений.

Инструкция по применению

1. Подготовьте тонометр к использованию, убедившись, что он полностью заряжен или имеет достаточное количество батареек.
2. Проследите, чтобы пациент был комфортно устроен и сидел или лежал спокойно.

3. Наденьте манжету тонометра на верхнюю часть руки. Убедитесь, что манжета плотно прилегает к коже, но не слишком сильно сжимает руку.

4. Включите тонометр и выберите соответствующий режим измерения (осциллометрия, аускультация или пульсовая волна).

5. Надуйте манжету до уровня, который рекомендуется для конкретного тонометра. Обычно это давление около 30 мм ртутного столба выше ожидаемого систолического давления пациента.

6. Медленно сдуйте манжету, следуя инструкциям тонометра. Во время сдувания манжеты тонометр будет регистрировать изменения давления в артерии и звуковые волны, создаваемые кровью.

7. Когда давление в манжете снизится до уровня, при котором пульсация крови свободно проходит через артерию (для осциллометрии и аускультации) или время распространения пульсовой волны будет измерено (для пульсовой волны), тонометр определит систолическое и диастолическое давление.

8. Запишите полученные значения артериального давления и повторите измерения несколько раз для повышения точности.

9. После использования тонометра выключите его и очистите манжету согласно инструкциям производителя.

Важно помнить, что для получения наиболее точных результатов измерения артериального давления, пациент должен быть в спокойном состоянии, не употреблять кофеин или никотин перед измерением, и не говорить или двигаться во время измерения. Также рекомендуется проводить измерения в одно и то же время суток для более надежного мониторинга изменений давления.

Интерпретация измерений

Интерпретация результатов измерения тонометра включает определение систолического и диастолического давления. Систолическое давление представляет собой верхнюю цифру, которая отражает максимальное давление в артериях во время сокращения сердца.

Диастолическое давление - это нижняя цифра, которая отражает минимальное давление в артериях во время расслабления сердца. [6]

Нормальное артериальное давление обычно составляет около 120/80 мм ртутного столба. Однако, нормы могут незначительно различаться в зависимости от возраста, пола и общего состояния пациента. Важно обратиться к медицинскому специалисту для получения более точной интерпретации результатов и оценки здоровья.

Если результаты измерения показывают повышенное артериальное давление (гипертонию), это может указывать на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, таких как инсульт или сердечный приступ. В таком случае, пациенту может быть рекомендовано проведение дополнительных исследований и консультация с врачом для определения дальнейших действий и лечения.

Если результаты показывают низкое артериальное давление (гипотонию), это может указывать на недостаточное кровоснабжение органов и тканей. В таком случае, также рекомендуется обратиться к медицинскому специалисту для оценки состояния здоровья и получения рекомендаций по улучшению общего состояния.

Важно помнить, что интерпретация результатов измерения тонометра должна осуществляться медицинским специалистом, учитывая все индивидуальные факторы пациента и его медицинскую историю.

Рекомендации по выбору тонометра

1. Удобство использования: выберите тонометр, который легко использовать и удобно держать в руке. Это особенно важно для тех, кто будет измерять артериальное давление самостоятельно. [3]

2. Точность измерений: обратите внимание на точность тонометра. Чем более точные результаты он предоставляет, тем надежнее будет контроль артериального давления.

3. Размер манжеты: выберите тонометр с манжетой, которая подходит для вашего размера плеча. Неправильный размер манжеты может привести к неточным результатам измерений.

4. Цена: установите бюджет и выберите тонометр, который соответствует вашим финансовым возможностям. Обратите внимание, что более дорогие модели часто обладают большей точностью и дополнительными функциями.

5. Дополнительные функции: некоторые тонометры могут предлагать дополнительные функции, такие как память для сохранения результатов измерений или возможность подключения к компьютеру для анализа данных. Решите, какие дополнительные функции вам нужны.

6. Консультация с врачом или фармацевтом: перед покупкой тонометра обратитесь к специалисту, чтобы получить рекомендации по выбору наиболее подходящего типа и модели. Они смогут учесть вашу медицинскую историю и особенности здоровья при рекомендации.

Выбор тонометра является важным шагом для контроля артериального давления и поддержания здоровья сердца. Удобство использования, точность измерений, размер манжеты, цена и дополнительные функции - все это факторы, которые следует учесть при выборе тонометра. Консультация с врачом или фармацевтом также может помочь вам определиться с наиболее подходящим вариантом.

Заключение

В заключение, выбор тонометра является важным шагом для контроля артериального давления и поддержания здоровья сердца. Учитывая удобство использования, точность измерений, размер манжеты, цену и дополнительные функции, можно выбрать наиболее подходящий вариант. Консультация с врачом или фармацевтом поможет определиться с выбором.

Выводы из работы говорят о том, что домашние тонометры являются удобным и доступным средством для контроля артериального давления. Они позволяют людям следить за своим здоровьем и предотвращать возможные проблемы с сердцем. Точность измерений тонометров постепенно улучшается, что делает их более надежными и точными при определении артериального давления.

Перспективы развития для домашних аппаратов мониторинга сердечного ритма, включая тонометры, связаны с разработкой новых технологий и функций. Например, некоторые современные тонометры могут быть синхронизированы с мобильными приложениями, что позволяет сохранять и анализировать данные измерений. Также, разработка более компактных и портативных моделей тонометров позволит людям легче и удобнее контролировать свое артериальное давление в любом месте.

В целом, развитие домашних аппаратов для мониторинга сердечного ритма, включая тонометры, играет важную роль в поддержании здоровья сердца и предотвращении сердечно-сосудистых заболеваний. Правильный выбор тонометра и его регулярное использование помогут людям более эффективно контролировать свое артериальное давление и поддерживать здоровье сердца на дому. Таким образом, развитие домашних аппаратов для мониторинга сердечного ритма способствует более эффективному контролю за состоянием сердца пациентов и улучшению результатов лечения.

Литература

1. Исследование технического уровня и тенденций развития тонометров / М. С. Геращенко // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 2 (17). – С. 78–84.
2. Геращенко М.С. Гидроманжетный тонометр. Пензенский государственный университет – С. 3
3. Друтейка Я.М., Левчук М.А Особенности устройства и пользования тонометрами // Актуальные проблемы энергетики, СНТК-73. С. 825-828.
4. Бузунов Р.В., Легейда И.В., Ерошина В.А. Компьютерная мониторинговая пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне // Кардиология. – 2009. – С. 93-96.
5. Коротков Н.С. К вопросу о методах исследования кровяного давления //Известия Военно - медицинской академии, СПб, 1905, №4, т .12, №5.
6. Гогин В.А., Варгин А.А., Каратаев Р.Н. Метрологические аспекты измерений артериального давления и частоты сердечных сокращений. Казань: Изд-во Каз. тех. ун-та, 2003. 99 с.

РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА С ПОМОЩЬЮ ЭКЗОСКЕЛЕТА

М.С. Месяц, И.А. Кокунов, О.В. Тимашова, Е.А. Стебенева

(ред. И.В. Козловская, , С.М. Тимченко)

Введение

Актуальность темы обоснована необходимостью развития физического потенциала людей. Экзоскелеты – это устройства, которые надеваются на тело человека и помогают ему улучшить или восстановить свои физические возможности.

Одной из основных областей применения экзоскелетов является медицина. Экзоскелеты могут использоваться для реабилитации пациентов после травм, операций или инсульта. Они помогают восстановить двигательные функции и улучшить качество жизни людей с ограниченными возможностями.

Кроме того, экзоскелеты используются в промышленности. Они позволяют работникам выполнять тяжелую физическую работу с меньшими усилиями и риском для здоровья. Это может быть особенно полезно в строительстве, грузоперевозках и других отраслях, где требуется подъем и перемещение тяжелых грузов.

Еще одна область применения экзоскелетов – спорт. Их можно использовать для улучшения физической формы спортсменов, повышения их выносливости и силы. Это особенно актуально в таких видах спорта, как бокс, тяжелая атлетика и других, где требуется большая физическая активность. Помимо этих сфер, экзоскелеты могут найти применение и в других сферах деятельности, таких как военная промышленность, авиация, космонавтика и многие другие. Они представляют собой инновационные технологии, способные существенно улучшить жизнь людей и повысить их производительность.

Таким образом, тема экзоскелетов очень актуальна и имеет большой потенциал для развития. Эти устройства могут стать настоящим

прорывом в медицине, промышленности и спорте, помогая людям преодолеть физические ограничения и достичь новых высот.

Целью статьи является исследование экзоскелетов и вклада, который они могут внести в разных областях жизни.

Реализация данной цели обусловлена необходимостью решения следующих **задач**:

- изучить историю создания и развития экзоскелетов;
- охарактеризовать принцип работы экзоскелетов;
- выявить области применения экзоскелетов в наше время;
- установить перспективы развития экзоскелетов.

История создания и развития экзоскелетов

Первый экзоскелет был разработан совместно General Electric и военными США в 1960-х годах и назывался Hardiman.



Рисунок 1 – G.E. Hardiman – первый в мире экзоскелет

Он мог поднять 110 кг при подъемной силе 4,5 кг. Однако это было непрактично из-за значительной массы в 680 кг. Проект не увенчался успехом. Любая попытка использовать полный экзоскелет приводила к интенсивным неконтролируемым движениям, в результате чего его никогда не тестировали с человеком внутри. Последующие исследования были сосредоточены на одной руке. Хотя он должен был поднимать 340 кг, его вес составил 750 кг, что вдвое превышало его грузоподъемность. Без соединения всех компонентов практическое применение конструкции Hardiman было ограничено.

В наше время индустрия экзоскелетов всё стремительней развивается. Люди придумали множество устройств, которые развивают потенциал человека, и продолжают улучшать их, придумывая новые функции и внедряя передовые технологии. Есть 2 типа экзоскелетов: активные и пассивные.

Активные экзоскелеты – это устройства, увеличивающие физические способности и силу пользователей. Они увеличивают скорость движения или реакцию на окружающие условия. Благодаря разнообразным датчикам можно отслеживать состояние человека в различных условиях: от состояния его тела до изменений окружающего мира. [8]

Пассивные экзоскелеты – это рычажно-шарнирные устройства, они не оснащены электроникой и работают для снижения нагрузки на опорно-двигательную систему человека. [8]

Прогресс в отрасли медицинских изделий не знает границ, о чем свидетельствует отчет GlobalData, сообщающий о более чем 450 000 поданных и выданных патентах за последние три года. Давайте рассмотрим, что уже существует и что планируется.

Одной из компаний, занимающейся разработкой экзоскелетов, является AiBle. Она исследует возможности преодоления ограничений в управлении экзоскелетами при помощи систем искусственного интеллекта.

Современные модели экзоскелетов позволяют пользователю выбирать предустановленные программы движения, которые костюм выполняет самостоятельно. Но это ограничивает пользовательскую свободу, поскольку он не может делать движения, которые не были предусмотрены заранее.

Чтобы преодолеть эту проблему, в экзоскеле добавляются новые датчики, которые определяют намерения пользователя и передают данные на облачную платформу для обучения интеллектуальных алгоритмов. Обучившись, экзоскелет сможет выполнять движения, задуманные пользователем. Кроме того, он будет определять необходимую пользователю поддержку на разных этапах физической реабилитации, способствуя постепенному восстановлению и повышению функциональности.[1]

Также группа ученых из Университета Альберты занимается исследованиями в области телероботических и биороботических систем с применением искусственного интеллекта. Они разрабатывают методы машинного обучения для мониторинга индивидуальных особенностей походки. В то время как технология экзоскелетов уже не нова, ученые из Эдмонтона полагают, что они первые, кто полностью задействует потенциал искусственного интеллекта в этой области. На данный момент их исследования находятся на начальном этапе, но группа надеется, что с достаточным количеством времени и усилий их разработка сможет значительно повысить мобильность.[5]

Израильский стартап AutonomEES занимается разработкой системы синхронизации экзоскелета с человеческим телом. Компания создала и запатентовала инновационную технологию, позволяющую внедрить искусственный интеллект в актуаторы экзоскелета. Актуаторы можно сравнить с мышцами в организме человека, они отвечают за преобразование энергии в движение для всей системы. Создание эффективной и безопасной автономной системы возможно, если на уровне актуаторов реализовать системы управления и искусственный интеллект, которые будут реагировать на окружающую среду в дополнение к

управляющим сигналам от навигационной системы. Такой подход повысит эффективность и безопасность. Кластерное структурирование актуаторов позволяет создать центральный узел управления, дополнительно увеличивая безопасность и эффективность.[1]

Очевидно, что разработка экзоскелетов является трудоемким и затратным процессом. Прогресс в этой отрасли идет медленно из-за технических, нормативных и экономических факторов. Однако с появлением исследовательских проектов все больше стремится к поиску решений этой проблемы.

Принцип работы современных экзоскелетов

Принцип работы экзоскелетов активного типа. Развитие новых технологий в сфере нейроинтерфейса открывает невероятные возможности, но идея этой технологии остается принципиально неизменной уже полвека. Принцип взаимодействия между "мозгом - компьютером" не имеет ничего мистического: с помощью нейроинтерфейса регистрируется электрическая активность мозга, которая далее преобразуется в команды для управления внешними устройствами.

Технология нейроинтерфейса основывается на декодировании мысленных команд человека на основе электрической активности мозга, называемой электроэнцефалограммой. Эта методика, записываемая в поликлинике, позволяет использовать мысленные команды для взаимодействия с внешним миром.

Считывание сигналов мозга может осуществляться при помощи либо инвазивных (вживляемых в мозг пациента) датчиков, либо неинвазивных датчиков, которые фиксируют электроэнцефалограмму с поверхности головы.

Так, для инвазивного нейроинтерфейса требуется хирургическое вмешательство: электроды прямо вживляются в кору мозга. Электроды имеют форму небольшой пластинки размером приблизительно пять на пять миллиметров, на которой располагаются сотни иглоочек-электродов.

Они фиксируют электрическую активность нервных клеток в данной области. Использование таких датчиков обеспечивает более сильный сигнал, однако инвазивное вмешательство сопряжено с определенными рисками и последствиями для здоровья человека, такими как воспаления или эпилепсия. Поэтому данный подход применяется в крайних случаях и только для пациентов с тяжелыми заболеваниями, для которых другие методы не приносят результатов.

Неинвазивный нейроинтерфейс не требует проникновения в организм и предусматривает использование электродов, прикрепленных к коже головы. Несмотря на то, что мозг находится глубоко в черепе, электрические поля, создаваемые нервными клетками мозга, могут быть задокументированы электродами на поверхности головы. Этот метод уже давно используется при проведении электроэнцефалографии. При использовании нейрогарнитуры возможно создание нейроинтерфейса "мозг - компьютер" с точностью распознавания команд пользователя до 95%.

Пример шлема-нейроинтерфейса Российского производства представлен на рисунке 2.

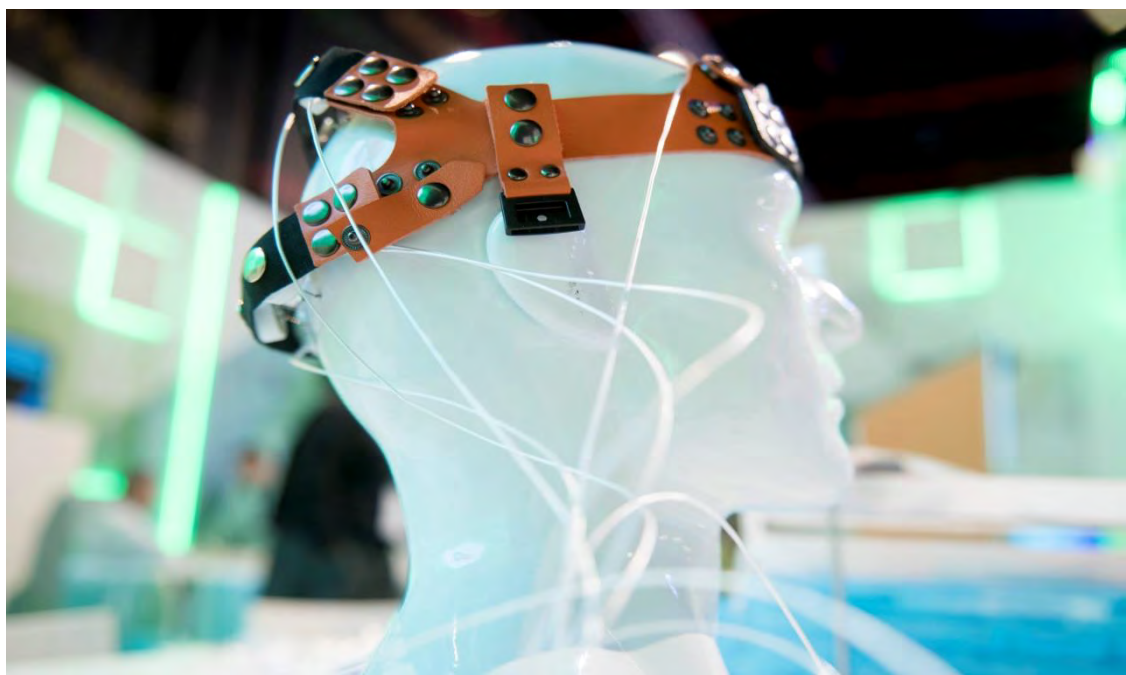


Рисунок 2 – BrainReader российского производства

В процессе разработки была внедрена технология адаптивной цифровой обработки электрической активности мозга и инновационный метод съема данных, использующий сухие электроды. Над созданием технологии работал Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) им. И.С. Брука, входящий в состав концерна «Автоматика».

Одним из главных преимуществ данной технологии является ее удобство в использовании. Интерфейс встроен прямо в специальный шлем, который можно с легкостью надеть и снять без посторонней помощи. Более того, для работы с данными не требуется использование электропроводящего геля, так как сухие электроды этого не требуют. [2]

Области применения экзоскелетов

Экзоскелеты классифицируются по областям применения и они могут быть разными, например:

1. Военная
2. Медицинская
3. Промышленная

Экзоскелеты **военного** назначения нужны для поддержки военнослужащих, которые работают с тяжёлым оборудованием, они уменьшают нагрузку на суставы и делают физическую работу проще. Также экзоскелеты помогают бойцам быть более мобильными, сильными и при этом защищёнными. При тяжёлых травмах или катастрофах уменьшается риск потерять бойца, ведь если экзоскелет сделан качественно, то он поддерживает мышцы и суставы. В начале 2019 года разработкой активных и пассивных боевых костюмов в России занималось 11 компаний и эта цифра растёт с каждым годом. Военные "костюмы" бывают со съёмными или надеваемыми модулями. Для обеспечения длительного нахождения бойца в холодном или жарком климате экзоскелеты наделяются аппаратами подогрева либо, наоборот, охлаждающими устройствами. На поверхности экзоскелетов размещаются датчики, следящие за состоянием пользователя и собирающие информацию из окружающей среды для облегчения ориентирования на

местности. Потенциал экзоскелетов в развитии армии огромен, ведь основная сила армии – это военнослужащие.

Экзоскелеты **медицинского** назначения используются для облегчения и ускорения реабилитации пациентов после перенесенных травм, тяжелых операций. Благодаря занятиям с медицинской техникой улучшается кровообращение в тканях, восстанавливается обмен веществ и достигается улучшение циркуляции крови. Данные устройства оснащаются источниками питания, могут управляться с помощью смартфона. Пациенты применяют такие экзоскелеты несколько часов в день. Также в медицине выделяются особые устройства для людей с ограниченными возможностями, которые могут работать на нервных импульсах и предугадывать намерения человека. Элементы экзоскелета позволяют человеку ходить по лестнице или передвигаться пешком.

Экзоскелеты **промышленного** назначения используются на разного рода предприятиях. Такие системы обычно пассивного типа, они нужны для предотвращения повреждений опорно-двигательной системы у рабочих. Благодаря таким экзоскелетам их пользователи могут легко выполнять действия, требующие больших усилий и энергозатрат, при этом не уставая и без ущерба здоровью. Также в промышленности используются и активные экзоскелеты, работающие как “третья рука”. На набедренный шарнир крепится устройство, в которое помещается какой-либо инструмент. [8]

HAL-терапия. Технология будущего

Данный экзоскелет (рисунок 3) носит название HAL (сокращение от Hybrid Assistive Limb), что в переводе означает «гибридная вспомогательная конечность». Такие машины производят в японской компании Cyberdyne.

Если упростить схему движения скелетной мускулатуры, можно сказать, что обычно мышцы сокращаются при помощи сигналов от головного мозга, передаваемых через центральную и периферическую нервные системы. Однако при определенных заболеваниях или травмах

передача этих сигналов может быть затруднена, и человек не может выполнить движение самостоятельно. Экзоскелет HAL регистрирует и усиливает минимальные импульсы мышц нижних конечностей, которых не хватает для самостоятельного движения. Движение обеспечивают специальные моторы в области тазобедренных и коленных суставов. Важным отличием HAL от аналогичных систем других производителей является то, что пациент сам своим телом и своим желанием вызывает процесс движения.



Рисунок 3 – Экзоскелет HAL (сокращение от Hybrid Assistive Limb)

После выполнения движения, инициированного пациентом, мозг получает обратную связь от нижних конечностей. Это происходит таким образом: желание выполнить шаг приводит к сгибанию и разгибанию суставов, изменению положения конечности, что мозг фиксирует и создает обратную связь "желание и результат". Это приводит к реактивации соответствующих участков мозга. Процесс, при котором человеческий мозг восстанавливает утраченные связи после повреждения, называется "нейропластичность".

Применение HAL-терапии в реабилитации требует наличия остаточных двигательных функций нижних конечностей или хотя бы импульсов, которыми аппарат может работать. Поэтому данный метод может эффективно применяться при широком спектре заболеваний:

- Травма спинного мозга
- Инсульт
- Черепно-мозговая травма
- Рассеянный склероз
- Нейродегенеративные заболевания
- Мышечная дистрофия
- Нервно-мышечные заболевания

Исследования и клинический опыт показали, что у большинства пациентов с травматической болезнью спинного мозга наибольшая эффективность достигается в течение первых трех месяцев. Основная цель реабилитации - улучшение навыков ходьбы и увеличение мышечной массы нижних конечностей. [7]

Научные исследования показали следующие **улучшения**:

- Повышение скорости ходьбы
- Уменьшение использования вспомогательных средств
- Улучшение чувствительности
- Уменьшение спастичности
- Сокращение нейропатических болей
- Увеличение мышечной массы нижних конечностей
- Реактивация соответствующих участков мозга
- Сокращение времени реабилитации

Перспективы развития экзоскелетов

Перспективы развития экзоскелетов включают следующие аспекты:

1. Эволюция технологий: Современные экзоскелеты становятся все более компактными, легкими и эффективными. Прогресс в материалах и

производственных технологиях позволит создать экзоскелеты, которые будут еще более функциональными и удобными в использовании.

2. Медицинская реабилитация: Экзоскелеты могут быть применены для реабилитации людей с нарушенной подвижностью или после травмы. С помощью усовершенствованных технологий и улучшенных дизайнов, экзоскелеты будут становиться все более эффективными в помощи пациентам восстановить свои двигательные функции.

3. Расширение физических возможностей: Экзоскелеты могут быть использованы для улучшения физических возможностей человека. Например, они могут помочь работникам выполнять тяжелые физические работы, усиливая их силу и выносливость. Кроме того, экзоскелеты могут использоваться в спорте для улучшения производительности и достижения новых рекордов.

4. Военное применение: Экзоскелеты имеют важное значение в военной сфере. Они помогают солдатам нести тяжелые нагрузки, повышают их мобильность и защищают от травм. В будущем ожидается развитие боевых экзоскелетов с дополнительными функциями, такими как интегрированные оружие и системы защиты.

5. Применение в промышленности: Экзоскелеты находят применение в промышленности с целью снижения риска травм и повышения производительности работников. Они помогают сотрудникам поднимать тяжелые предметы, смягчают нагрузку на спину и предотвращают повреждения.

6. Интеграция с ИИ и робототехникой: С развитием искусственного интеллекта и робототехники, экзоскелеты могут быть интегрированы с автоматизированными системами для выполнения сложных задач. Например, экзоскелеты могут использоваться для управления роботами или дронами в опасных условиях.

7. Улучшение медицинской помощи: Экзоскелеты могут быть использованы в медицинских целях для поддержки медицинского персонала или выполнения сложных процедур. Они способны повысить

точность и стабильность во время хирургических операций или помочь сотрудникам в подъеме и перемещении пациентов.

Заключение

В заключение, развитие экзоскелетов открывает огромные возможности для раскрытия и улучшения потенциала человека. Эти инновационные устройства могут найти применение в различных отраслях, включая медицину, промышленность, спорт и военное дело. Современные технологии и улучшение дизайна позволяют экзоскелетам становиться все более функциональными, эффективными и удобными для пользователей. Они способны помочь людям с ограниченной подвижностью восстановить свои двигательные функции, а также повысить физические возможности, сократить риск травм и увеличить производительность. Интеграция этих устройств с искусственным интеллектом и робототехникой открывает новые перспективы для решения сложных задач. Однако необходимо продолжать исследования и разработки, чтобы сделать экзоскелеты более доступными, эффективными и безопасными для широкого применения. В конечном счете, экзоскелеты представляют собой многообещающую технологию, способную значительно улучшить качество жизни людей и раскрыть их потенциал.

Литература

1. Динь Данг Чыонг. Разработка системы управления электроприводами экзоскелета на основе нейронной сети: дис. д.т.н. Белов М.П. биотех. наук: 05.09.03. - СПб, 2022.
2. Нейроинтерфейс: управлять силой мысли // Ростех URL: <https://rostec.ru/news/neyrointerfeys-upravlyat-siloy-mysli/> (дата обращения: 12.10.2023).
3. The exoskeleton expansion: improving walking and running economy // BMC URL: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-020-00663-9> (дата обращения: 12.10.2023).
4. Robotic exoskeleton helps people walk // BMC URL: <https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/robotic-exoskeleton-helps-people-walk> (дата обращения: 12.10.2023).

5. A Brief History of Robotic Exoskeletons // Eduexo <https://www.eduxo.com/resources/articles/exoskeleton-history> (дата обращения: 12.10.2023).
6. How Exoskeletons Will Work // Howstuffworks URL: <https://science.howstuffworks.com/exoskeleton.htm> (дата обращения: 12.10.2023).
7. WALK AGAIN Center // Hal-therapy URL: <https://walk-again.com/hal-therapy> (дата обращения: 12.10.2023)
8. Vils.ru // URL: <https://vils.ru/articles/proizvodstvo-ekzoskeletov-i-oblasti-ikh-primeneniya/> (дата обращения 12.10.2023)

ФАНТОМЫ В МЕДИЦИНЕ. ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Е.Р. Рязанцев, М.И. Кузнецов, И.Д. Захаров
(ред. И.В. Козловская, С.М. Тимченко)

Введение

Фантом – важный инструмент для подготовки и практической работы в медицинских образовательных учреждениях и учреждениях медицины. Они созданы с использованием разных материалов, например, силиконов, пластиков, резины и других, чтобы получить максимально реальный вид и чувствительность. Эти модели полностью воспроизводят структуры анатомии, например, органов, костных и тканей, которые можно демонстрировать и практиковать различные процедуры и операции. Они дают возможность студентам, а также медицинским специалистам изучить и практиковать разные манипуляции типа введения иглы, проведения хирургических операций и других процедур. Фантом также может быть использован для подготовки пациентов к различным симуляциям, которые помогут понимать и лечить различные заболевания и состояния. Они дают возможность проводить тренинги, сценарии, максимально приближенные к реальной ситуации. В общем, фантомы анатомии (рисунок 1) играют важнейшую роль в обучении и практической практике медицинских работников, позволяя развивать свои навыки, уверенность, выполняя различные процедуры и операции на реальных моделях перед тем, как сталкиваться с реальным пациентом. [1]

Применение медицинских фантомов

Обучение, тренировка с помощью фантомов – это метод, в котором медицинский студент и специалист может практиковать различную процедуру и технику на реалистичной модели. Таким образом, они могут развивать свои навыки, уверенность, выполняя манипуляции перед их работой с реальным пациентом.



Рисунок 24 – Фантомы анатомии

Использование фантомов в исследованиях медицины позволяет провести исследования и изучить различные области медицины, например, эффективность новейших лекарств и методик лечения, а также эффективность применения новых лекарственных препаратов. Фантомы - это реальные модели, где можно выполнять различные техники и процедуры, которые помогают ученым добиться ценных данных и информации без использования реального пациента. Это способствует улучшению качества и безопасности медицинского обслуживания и развитию новых методов диагностики и лечения (рисунок 2).

При использовании фантомов для калибровки и тестирования ультразвуковых аппаратов, например, фантомы помогают проверить

правильность работы аппарата в различных режимах и настройках. Они также позволяют оценить качество изображения, разрешение и глубину проникновения ультразвука. Фантомы могут быть использованы для проверки линейности измерений, точности расчета объема и других параметров. В случае компьютерных томографов, фантомы позволяют проверить точность позиционирования, разрешение изображения, качество реконструкции и дозу облучения. Они также могут использоваться для симуляции различных патологий и состояний органов, что позволяет оценить эффективность оборудования в диагностике конкретных заболеваний. [2]



Рисунок 25 – Использование фантомов

Преимущества использования медицинских фантомов

Фантомы в медицине – модели или симуляторы, которые позволяют проводить обучение и исследования без риска для пациентов. Они имитируют различные аспекты человеческого тела и помогают медицинским специалистам приобрести опыт и улучшить навыки перед реальными медицинскими вмешательствами. Также фантомы

используются для разработки и тестирования новых медицинских технологий и процедур.

Контролируемые условия – фантомы представляют собой инструмент, который позволяет создавать и контролировать определенные условия для проведения экспериментов и обучения. Они создаются с помощью компьютерных моделей или специальных устройств, которые могут имитировать различные ситуации или среды. Эти фантомы позволяют исследователям и обучающимся проводить эксперименты в контролируемой среде, где они могут изменять различные параметры и наблюдать их влияние на результаты. Такие условия позволяют более точно изучать и понимать причинно-следственные связи, а также проводить эксперименты, которые были бы невозможны или нежелательны в реальной среде.

Повторение исследований обеспечивается применением фантомов для создания одинаковых условий для сравнения результатов. Это улучшает точность исследования, позволяет проверить и подтвердить полученные результаты, данные. Фантомы могут быть использованы в различных областях, например, в медицине для тестирования новых методов диагностики или лечения, или в физике для измерения и анализа различных параметров. Благодаря использованию фантомов возможно проводить повторные эксперименты в одинаковых условиях, что позволяет получать более надежные и точные результаты.

Вызовы и ограничения использования медицинских фантомов

При создании и поддержке медицинского фантома может потребоваться значительные финансовые затраты по нескольким причинам. В первую очередь, чтобы создать медицинские фантомы, требуется специальная техника и материал, который может быть дорогим. Например, создание физических фантомных моделей может потребовать использования специальных пластиковых или металлических материалов, что может быть дорогим при производстве. Во-вторых, для поддержки медицинского фантома также требуются финансовые затраты. В этом

может быть предусмотрена регулярная поддержка фантомов и поддержка технической поддержки, обновления и модификации для соответствия новым технологиям и требованиям медицины. Эти процедуры могут представлять собой сложные и требующие специальных навыков, которые могут привести к дополнительным затратам на подготовку и поиск квалифицированных кадров. Поэтому стоимость изготовления и обслуживания медицинского фантома может оказаться высокой в связи с необходимостью использования специального оборудования и сложностью и специализацией процесса обслуживания фантома.

Ограничение реализации создания и поддержки медицинского фантома связано с трудностями в воссоздании некоторых физиологических свойств организмов. В этом может возникнуть сложность в создании точной модели органов и тканей и воспроизведении функций их и поведении в реальной жизни. Например, часть физиологических процессов, например, кровообращения или дыхания, может быть сложной для точного воспроизведения фантомов. Это могло бы ограничить возможности применения фантомов в исследованиях или обучении в таких медицинских областях, где этот процесс играет важное значение. К тому же некоторые физиологические свойства, например, эластичность или изменение состояния тканей при различных обстоятельствах, могут сложно воссоздать фантомы. В результате этого могут быть неточны результаты и ограничения использования фантомов на определенные медицинские исследования или процедуры. Поэтому ограничение реализации в создании или поддержке медицинского фантома может повлиять на точность показателей и ограничить их применение в определенных медицинских областях.

Например, при проведении некоторых физических тестов или манипуляций, важно учитывать реакцию пациента, его ощущения и комфорт. Фантомы не могут передать эти аспекты активного взаимодействия и, следовательно, не могут полностью заменить реального пациента. Кроме того, некоторые процедуры могут требовать специфических навыков и опыта, которые сложно передать фантомам.

Например, в хирургии требуется точность и мастерство в выполнении операций, которые можно освоить только на реальных пациентах. Также, фантомы могут быть ограничены в своих возможностях воспроизвести различные физиологические и патологические состояния пациента. Некоторые процедуры требуют учета индивидуальных особенностей пациента, таких как анатомия или состояние органов, которые могут отличаться от фантома к фантому. Таким образом, хотя фантомы могут быть полезными инструментами для обучения и тренировки, они не могут полностью заменить активное взаимодействие с реальными пациентами в некоторых процедурах и техниках. [3]

Заключение

Использование медицинских фантомов имеет ряд преимуществ и ограничений, которые следует учитывать при их применении.

Преимущества использования медицинских фантомов:

1. Реалистичность: Медицинские фантомы создаются с высокой степенью детализации и реалистичности, что позволяет моделировать различные анатомические структуры и патологии. Это позволяет медицинским специалистам тренироваться в реалистичных условиях и развивать навыки безопасного и эффективного проведения процедур.

2. Безопасность: Использование фантомов позволяет проводить тренировки исключительно на моделях, что уменьшает риск повреждения пациентов. Это особенно важно при обучении новичков или при проведении сложных процедур.

3. Повторяемость: Фантомы позволяют повторять одни и те же сценарии и процедуры неограниченное количество раз, что способствует повышению качества обучения и тренировки медицинского персонала.

4. Экономическая эффективность: Использование медицинских фантомов может быть более экономически эффективным, чем обучение на живых пациентах или использование других методов тренировки. Фантомы могут быть использованы множество раз без необходимости дополнительных расходов.

Ограничения использования медицинских фантомов:

1. Ограниченная реалистичность: несмотря на высокую степень детализации, медицинские фантомы не всегда полностью соответствуют реальным анатомическим структурам и патологиям. Это может ограничить их применимость в некоторых случаях.

2. Ограниченная функциональность: Фантомы не всегда могут полностью воспроизвести функциональные особенности органов и тканей. Например, они не могут имитировать кровотоки или другие физиологические процессы.

3. Сложность использования: Некоторые медицинские фантомы требуют специальных навыков и опыта для их правильной настройки и использования. Это может потребовать дополнительного времени и усилий для обучения персонала.

4. Ограниченная доступность: Некоторые медицинские фантомы могут быть дорогими или труднодоступными для некоторых медицинских учреждений или образовательных программ. Это может ограничить их использование в определенных контекстах.

В целом, использование медицинских фантомов имеет много преимуществ, которые делают их ценным инструментом для обучения и тренировки медицинского персонала. Однако, необходимо учитывать и ограничения, чтобы правильно оценить их применимость в конкретных ситуациях.

Медицинские фантомы имеют ряд преимуществ, таких как высокая степень реалистичности, безопасность, возможность повторяемости и экономическая эффективность. Однако они также имеют ограниченную реалистичность и функциональность, сложность использования и ограниченную доступность. Значение использования медицинских фантомов в медицине заключается в их способности обучать и тренировать медицинский персонал, а также в возможности проведения различных исследований и экспериментов без риска для пациентов. Перспективы дальнейшего развития использования медицинских фантомов включают улучшение их реалистичности и функциональности, а

также более широкую доступность для медицинских учреждений и образовательных учреждений. Это позволит улучшить обучение медицинского персонала, проводить более точные исследования и эксперименты, а также повысить качество медицинской помощи.

Литература

1. Сайт Центра диагностики и телемедицины <https://telemedai.ru/>
2. Гостимский А.В., Федорец В.Н., Лисовский О.В., Карпатский И.В., Кузнецова Ю.В., Леденцова С.С., Прудникова М.Д. Фантомно-симуляционное обучение студентов медицинских вузов // III съезд РОСОМЕД-2014, в рамках Международной конференции "Инновационные обучающие технологии в медицине" <https://rosomed.ru/theses/49>
3. Мелехов С.В., Морозов И.В., Хромцова И.В. Эндодонтический фантом для выполнения лечебных манипуляций. Патент на полезную модель RU 111333 U1, 10.12.2011.