

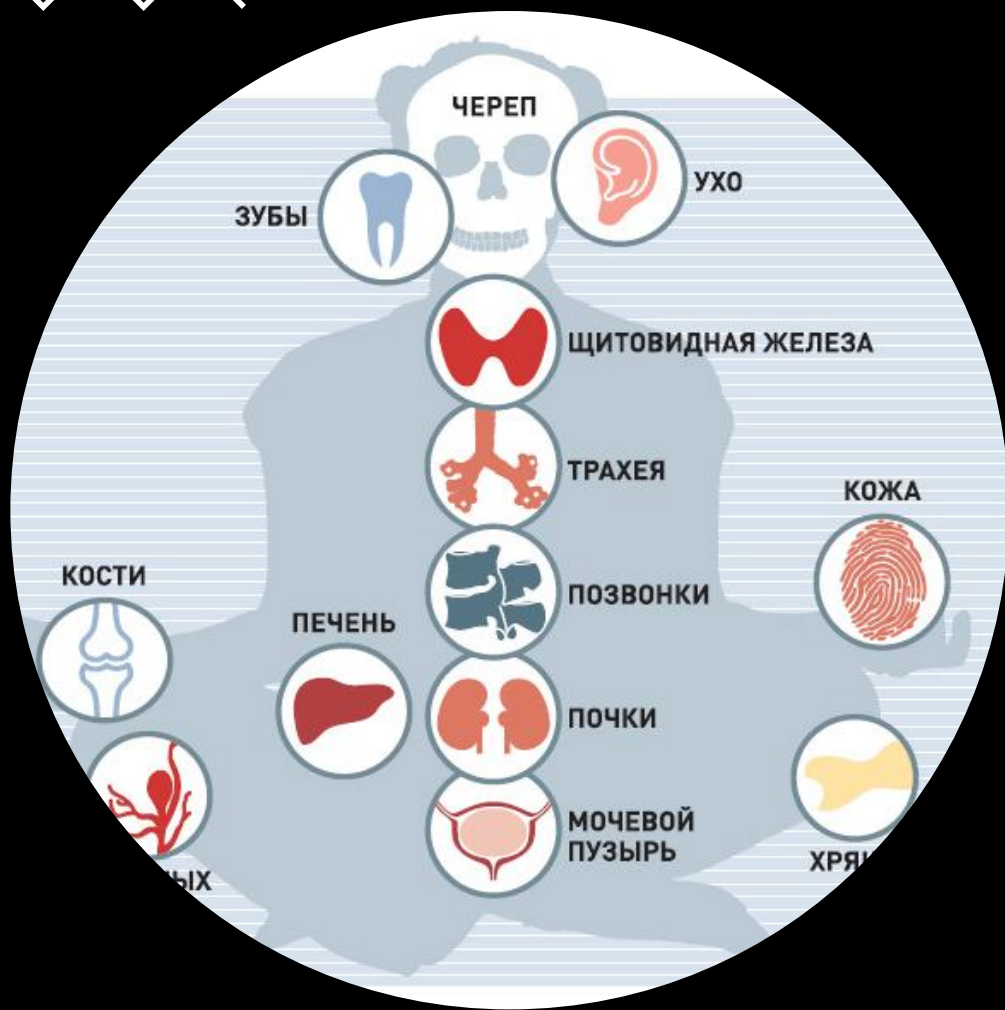
Материалы, используемые для конструирования искусственных органов

5 лекция



- Патология, сопровождаемая выходом из строя жизненно важных органов (сердца, легких, печени, почек, поджелудочной железы), приводит к смерти пациента, если не функционирующий орган не удастся заменить.
- Трансплантатом может служить орган другого человека или искусственный орган, разработанный с использованием новейших биомедицинских технологий.





- Успех конструирования искусственных органов во многом определяется наличием и выбором биоматериала. Активная разработка новых материалов медицинского назначения привела к тому, что в настоящее время широкий спектр биосовместимых материалов весьма успешно применяют для изготовления различных эндопротезов и устройств, предназначенных для замены десятков (около 40) различных частей человеческого организма.

Искусственная почка

- Почка была первым органом, для которого был создан искусственный конструктор. В 1940-х годах Кольфом был изобретен аппарат диализа, который стал искусственной заменой почки.



- Почечная недостаточность последней степени может быть исправлена посредством диализа или трансплантации донорской почки.
- Диализ – это одновременная диффузия и фильтрация, отличающиеся от естественной функции почек; этот процесс прост, но весьма эффективен.
- Диализаторы используют для удаления избыточной жидкости из организма и растворимых продуктов обмена. Обменники (фильтрующие элементы диализатора) должны иметь высокую проницаемость для воды и полярных растворимых веществ, для их изготовления используют производные целлюлозы, пористые волокна из полисульфона, полиметилметакрилата или поликарбонатов.

Недостатки

В среднем пациент подвергается гемодиализу три раза в неделю в течение 5–6 часов за одно лечение, при этом пациент тратит время, а службы здравоохранения – огромные средства.

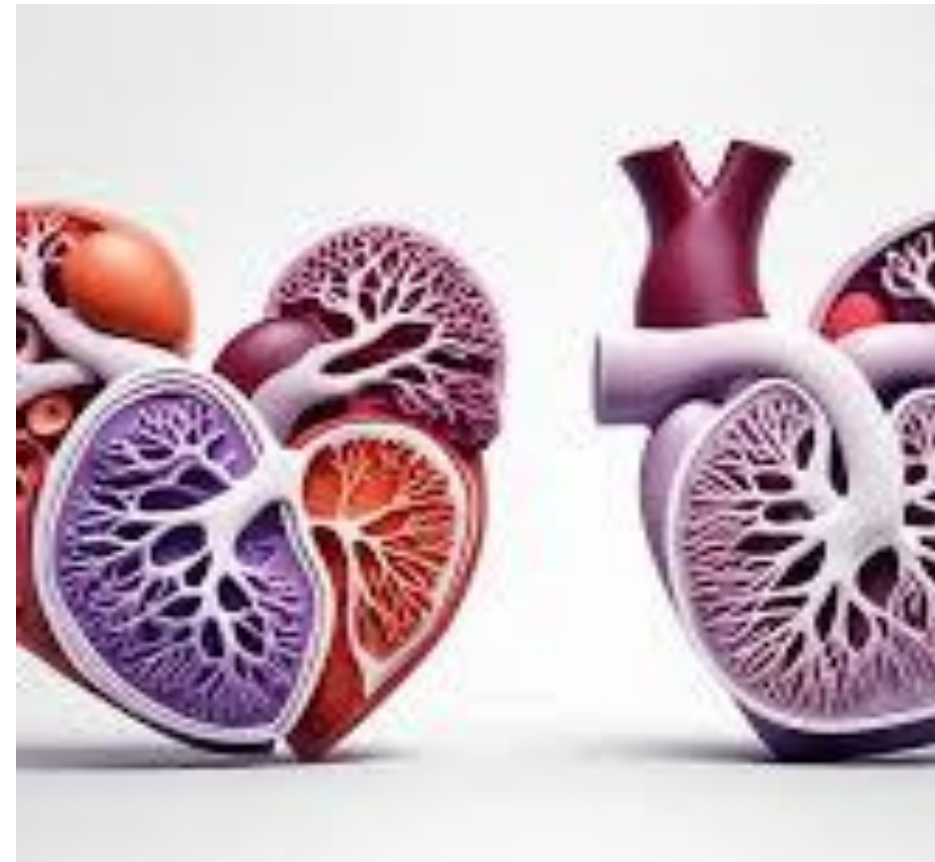
Естественная почка также перенаправляет неиспользованные питательные вещества обратно в организм; это процесс, который диализ выполнить не может.

- В ряде исследовательских центров Европы и США начата разработка биоискусственной почки. Созданы модели, которые содержат обычный па трон-гемофильтр и биореакторную камеру с устройством стимуляции почечного канальца, включающее 10^9 клеток почечного проксимального канальца. В настоящее время устройство проходит ограниченные клинические испытания.



Искусственные легкие

- Легкое содержит 40 различных типов клеток, структура которых является слишком сложной для того, чтобы ее можно было построить искусственно, и все функции легкого до конца не исследованы. Поэтому в настоящее время разработаны только машины содействующие дыханию и газообмену.



В клинической практике применяют
оксигенаторы различных конструкций:



ПУЗЫРЬКОВЫЕ

- В пузырьковых оксигенаторах газообмен происходит непосредственно на пленке между кровью/газом вокруг каждого пузырька. Преимущество этой конструкции в наличии огромной площади поверхности для обмена при минимальном пограничном слое в результате того, что кровь и фазы газа перемешиваются.
- Недостаток пузырькового оксигенатора в том, что кровь постоянно образует новые разделы фаз «кровь-газ», негативно влияющие на клетки крови и белки плазмы. Поэтому такие оксигенаторы используют в случае кратковременных процедур подключения пациентов к газообменнику.

МЕМБРАННЫЕ

- В мембранных оксигенаторах кровь непосредственно не соприкасается с газом, так как они разделены мембраной (толщина 0,2–0,4 мкм). Материал мембраны должен быть газорастворимым. Как правило, для этого используют полимерные материалы (силоксаны, полипропилен, силикон).





ПОРИСТЫЕ

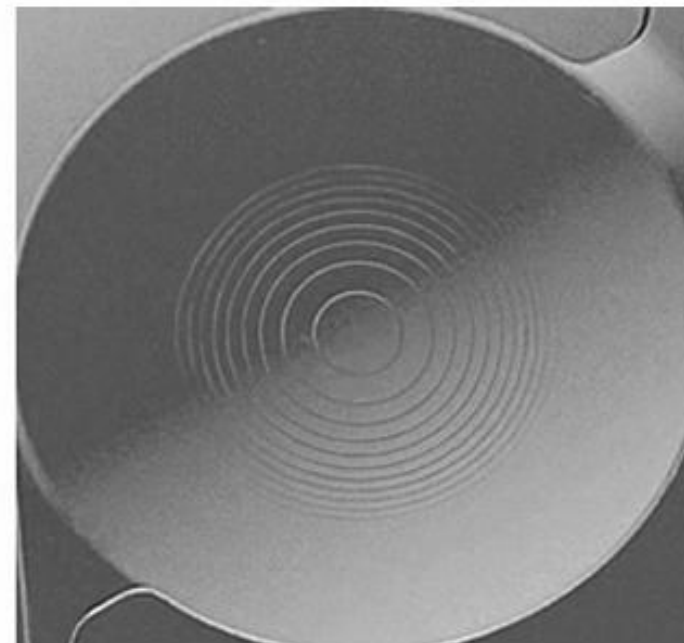
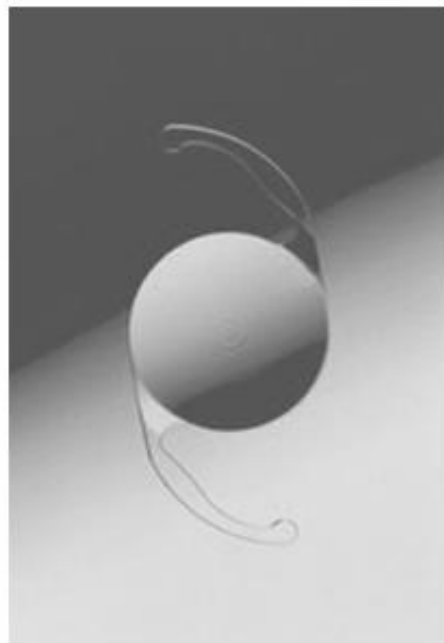
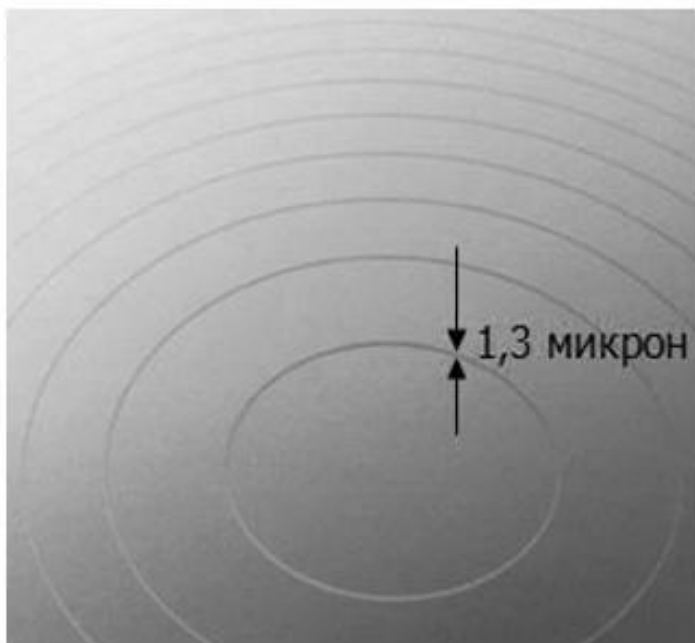
- В данной конструкции оксигенатора силы по верхностного натяжения препятствуют прохождению крови через поры во локон (или мембраны), в результате газ осуществляет обмен на постоянном стыке фаз «газ/кровь», образуемый при попадании крови в устройство, по этому взаимодействие газа и крови сводится к минимуму.

Протезы органов зрения

- Ежегодно тысячи человек теряют зрение из-за механического повреждения роговицы в результате болезни или химических ожогов. Трансплантация донорского глаза является обычной процедурой, но, как и в других случаях с донорскими органами, пересадка лимитирована дефицитом трансплантатов. Эндопротезы глаза, выполняющие косметическую функцию при потере глаза, давно разработанная и распространенная процедура. Орбитальные имплантаты на первых порах изготавливали из стекла. Далее для этих целей стали применять полимеры, прежде всего полиметилметакрилат.

- Наиболее распространенной операцией по восстановлению зрения в настоящее время является имплантация искусственного хрусталика. Ежегодно восстанавливается зрение более чем миллиону пациентов в результате операций по удалению катаракты. При этом вместо помутненного хрусталика имплантируют интраокулярную линзу. Линзы изготавливаются из оптического полиметилметакрилата.





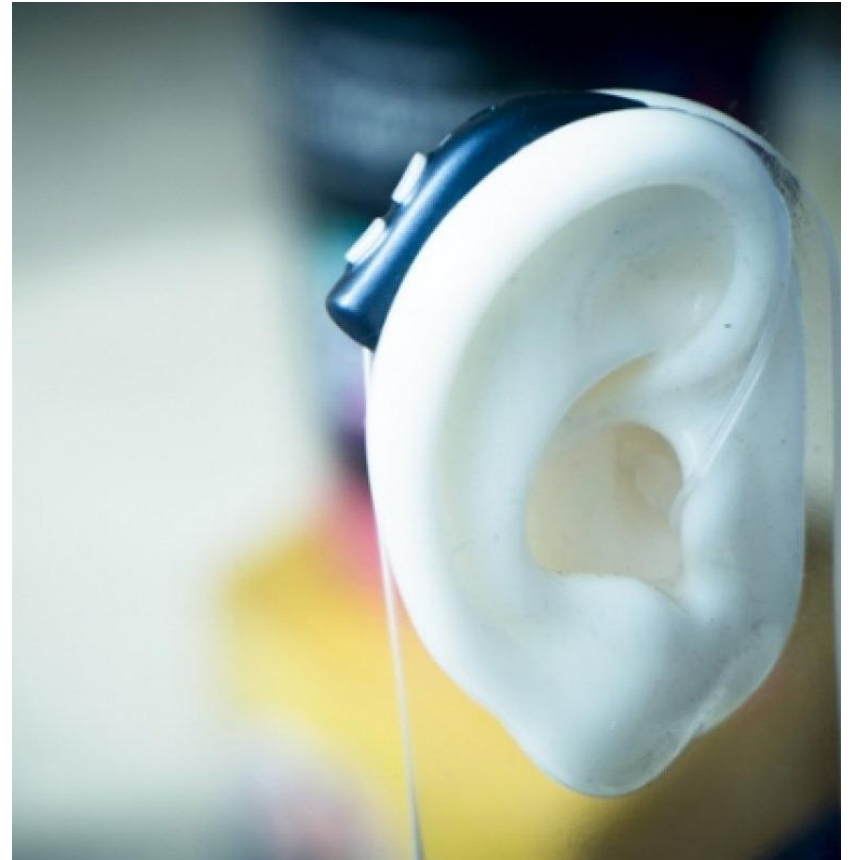
- В последние годы для этого стали применять модифицированные кремнеорганические материалы, сополимеры винилпирролидона, композиции коллагена с акрилатами и др. Разработаны и выпускаются серийно различные типы интраокулярных линз: моно-, ди- и мультифокальные

-
- Исследователи Массачусетского технологического института и Массачусетской клиники глаза и уха (США) разрабатывают в настоящее время имплантат глаза, который может восстановить зрение пациентам, страдающим заболеванием сетчатки, включая дегенерацию желтого пятна – возрастного заболевания, являющегося основной причиной слепоты. Разрабатываемый имплантат сетчатки включает две силиконовые микросхемы,



Реконструкция органа слуха

- Искусственный протез «Bioglass®», созданный в 1969 г. доктором Мервиным, был первым искусственным материалом, присоединяемым к живым тканям. Ранее предпринимались попытки использования имплантатов среднего уха, изготовленных из биоинертных материалов (титана, тефлона, платины, тантала) и пластмассы (типа «Пластипор»), но они выходили из строя.



- **ПРОТЕЗЫ УШНОЙ РАКОВИНЫ**
- **Силиконовые протезы:**
- Это художественные имитации ушной раковины, которые создаются с помощью 3D-печати и ручной окраски, чтобы максимально точно соответствовать естественному уху.
- **Магнитные протезы:**
- Некоторые протезы могут быть оснащены магнитной фиксацией для более надежного крепления к голове, что упрощает их использование и уход
- .

Протезы для восстановления слуха

- Слуховые протезы:
- Эти устройства предназначены для восстановления утраченной слуховой функции.
- **Протезирование слуховых косточек** (стапедопластика): Хирургические операции, при которых поврежденные слуховые косточки (например, молоточек или наковальня) заменяются современными протезами для восстановления цепи слуховых косточек, как при тимпанопластике.
- **Имплантируемые слуховые аппараты:** Устройства, которые устанавливаются в костную ткань или другие структуры уха для передачи звука непосредственно в ухо.

Имплантационные протезы:

- Кохлеарные импланты: вживляются в улитку и напрямую стимулируют слуховой нерв.
- Импланты среднего уха: протезируют барабанную перепонку или слуховые косточки



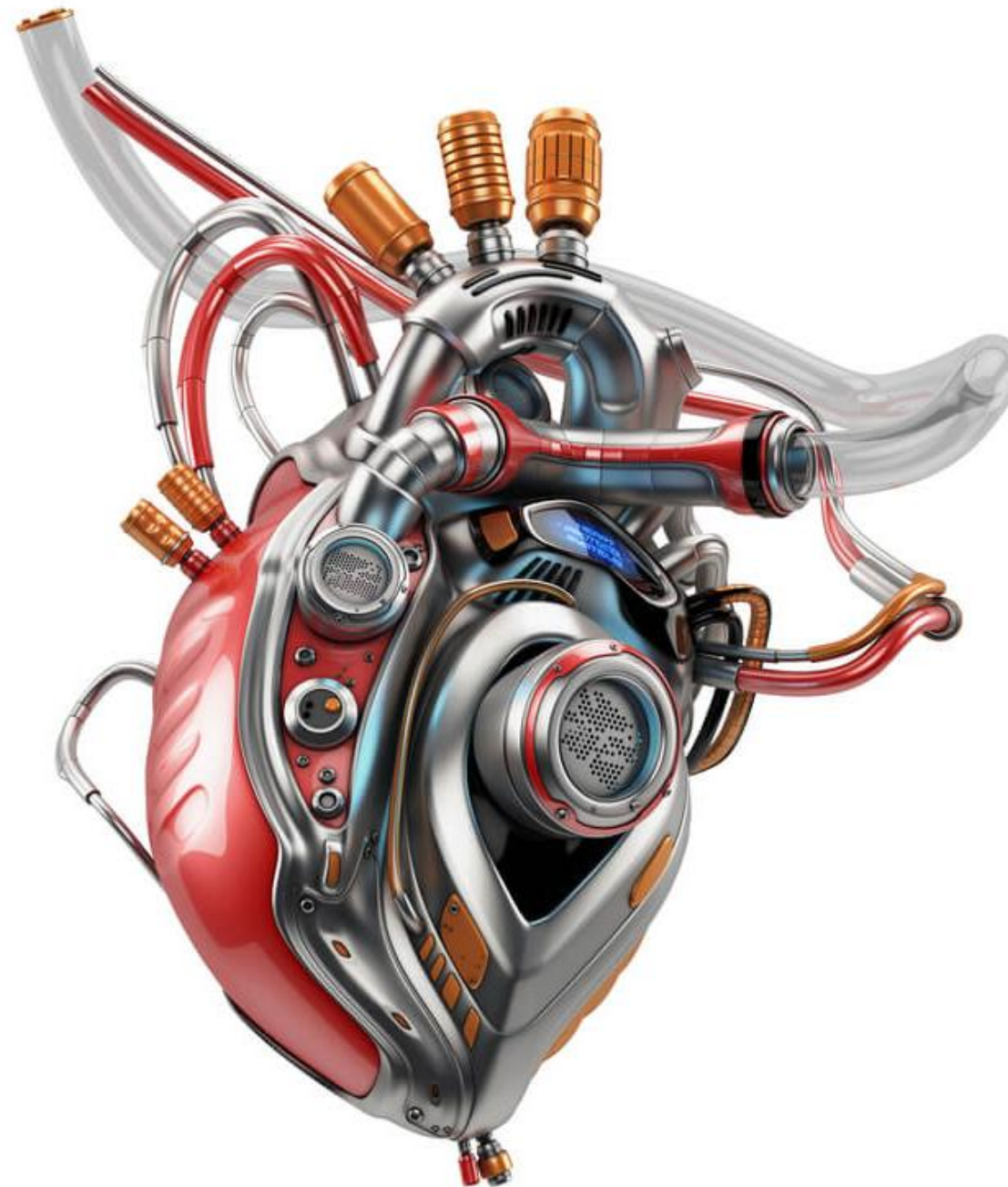
Выращивание уха:

- Ведутся исследования по созданию полноценного уха из собственных клеток человека, которые выращиваются на титановом каркасе, что является более продвинутым подходом к реконструкции.



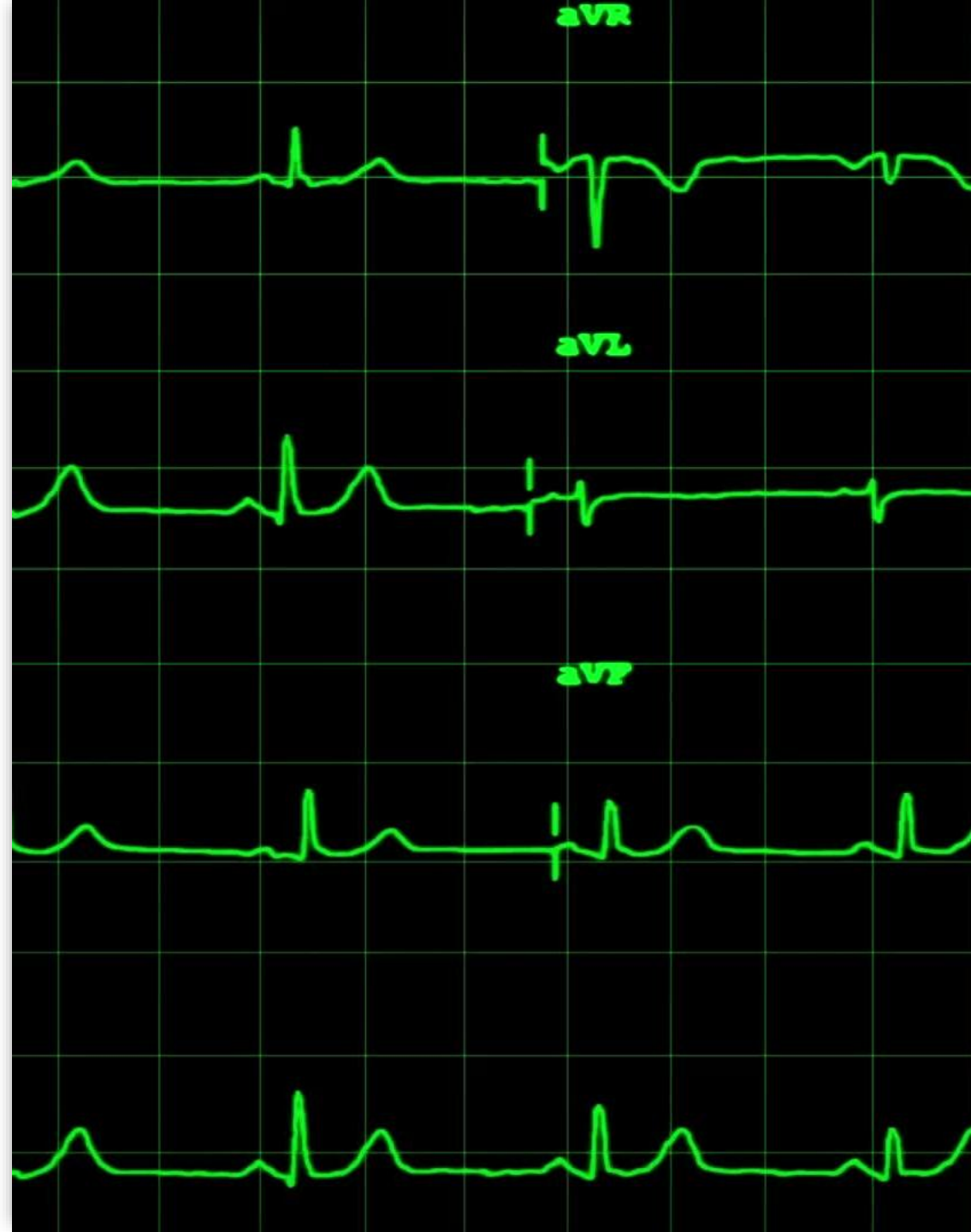
Искусственное сердце

- это бионический имплантат или внешний аппарат, выполняющий функции человеческого сердца, от частичной поддержки до полной замены. Оно применяется при тяжелой сердечной недостаточности, как временный "мост к трансплантации" или как постоянная (конечная) терапия для улучшения качества жизни пациентов, которым трансплантация невозможна.



Типы искусственных сердец:

- Полностью искусственное сердце (Total Artificial Heart, TAH)
- устанавливается вместо удаленного больного сердца, когда поражены обе стороны сердца.
- Вспомогательное устройство левого желудочка (LVAD)
- – это насос, который помогает ослабленному левому желудочку перекачивать кровь по телу. Существуют также вспомогательные устройства для правого желудочка (RVAD) и для обоих желудочков (BiVAD).



Устройство и принципы работы:

- Большинство современных искусственных сердец состоят из насоса, внешнего контроллера (микрокомпьютера), кабеля и источников питания.
- Насос крепится к сердцу и перекачивает кровь, а контроллер управляет его работой.
- Кабель, соединяющий насос с контроллером, выводится под кожу, а сам контроллер и источники питания пациент носит с собой.



Ключевые события 2024 года:

- Полное искусственное сердце BiVACOR в США:
- 9 июля 2024 года в Техасском институте сердца (THI) впервые человеку имплантировали полное искусственное сердце BiVACOR, что стало важной вехой в разработке механической поддержки сердца.
- **Полное искусственное сердце в Европе:**
- В июле 2024 года в кардиологическом центре «Хелиос» в Лейпциге (Германия) впервые была выполнена имплантация полного искусственного сердца.
- **Первая операция у ребенка:**
- В мае 2024 года в Китае 7-летнему мальчику с дилатационной кардиомиопатией была пересажена искусственное сердце, что сделало его самым молодым пациентом в мире, которому было проведено подобное вмешательство, передает агентство Синьхуа.

Гибридная печень

- Наиболее успешно в настоящее время решается функция детоксикации крови клиническими методами с использованием плазмофореза и криофильтрации.
- Перспективным способом замены поврежденной печени в настоящее время является технология замены поврежденной печени гибридом искусственной ткани, так называемого конструктора, полученного методом тканевой инженерии.



Для повышения физиологической активности гепатоцитов разрабатываются два подхода:

внутримышечная имплантация пула изолированных гепатоцитов в микро- или макрокапсулах, изготовленных из полимерных материалов (типа альгината и агарозы);

перфузия крови или плазмы пациента с использованием экстракорпоральных устройств, содержащих свободную взвесь функционирующих донорских гепатоцитов (в основном, свиных) или гепатоцитов, иммобилизованных на поверхности полимерных матриксов или в объеме.

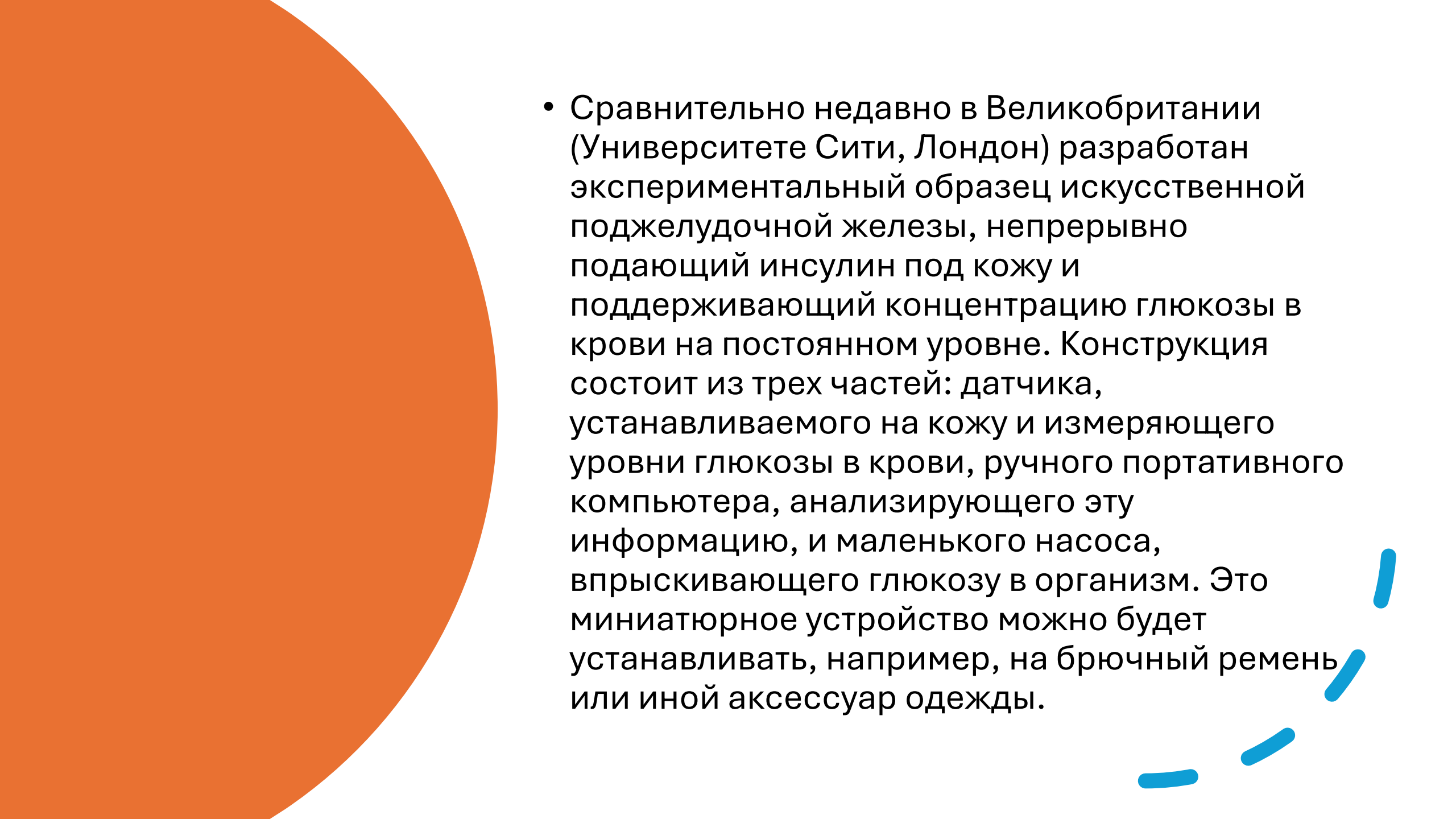
Биоинженерные органы:

- Это выращенные в лаборатории миниатюрные или полноценные аналоги печени.
- **Создание:** Используются индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (ИСПКЧ), полученные из фибробластов кожи человека, а также специализированные клетки, такие как гепатобласты, для формирования функциональных тканей, включая желчные протоки и сосуды.
- **Применение:** В перспективе такие органы могут быть пересажены пациентам, хотя пока что успешно пересаженные крысам мини-печени проработали лишь несколько дней.

Искусственная поджелудочная железа

- Одним из подходов, как альтернатива трансплантации поджелудочной железы при лечении инсулинзависимых больных, является создание биоискусственной поджелудочной железы. В 1969 г. в США исследователями Университета штата Миннесота был разработан насос инсулина, который весил 300 г и имплантировался подкожно.



- 
- Сравнительно недавно в Великобритании (Университете Сити, Лондон) разработан экспериментальный образец искусственной поджелудочной железы, непрерывно подающий инсулин под кожу и поддерживающий концентрацию глюкозы в крови на постоянном уровне. Конструкция состоит из трех частей: датчика, устанавливаемого на кожу и измеряющего уровни глюкозы в крови, ручного портативного компьютера, анализирующего эту информацию, и маленького насоса, впрыскивающего глюкозу в организм. Это миниатюрное устройство можно будет устанавливать, например, на брючный ремень или иной аксессуар одежды.