

ПРОЕКТ

РЕАБИЛИТАЦИОННАЯ ПРОТИВООЖГОВАЯ, ПРОТИВОПРОЛЕЖНЕВАЯ КРОВАТЬ.

Очевидно, что результаты реанимационных и реабилитационных процедур в значительной степени зависят от возможности обеспечить пациенту максимально комфортные условия, минимизировать отрицательное воздействие внешней среды, включая контактное давление на тело больного в положении покоя и при изменении положения тела и при воздействии перевязочных материалов на раневые поверхности. Вес пациента в зоне контакта с поддерживающей поверхностью сдавливает ткани в этой области. В результате в сдавленных тканях снижается циркуляция крови. Недостаток оксигенированной крови может приводить к смерти клеток ткани в сдавленных участках.

Если же зоной сдавливания является открытая рана, то регенерационные процессы не только замедляются, но и могут прекратиться без специальных мероприятий.

Особенно важное значение эти факторы имеют при лечении тяжёлых ожогов и травм, пролежней, послеоперационных ран у онкологических больных и после пластических операций.

Существует семейство противоожоговых реабилитационных кроватей, основанных на эффекте псевдожидкости: пациент поддерживается с помощью слоя микросфер, парящих в восходящем воздушном потоке и создающих псевдожидкостную среду. Использование этих кроватей обеспечивает контактное давление на уровне, гораздо меньшем уровня закрытия капилляров, что позволяет крови свободно циркулировать во всех участках поверхности тела пациента. Использование такой кровати снимает болевой шок, ускоряет процесс заживления ран, предотвращает образование пролежней и сокращает сроки госпитализации.

Одной из первой в этой области была флотационная система, продаваемая под торговой маркой "CLINITRON" [«Клинитрон» (**Медицинская** техника, Сб. информационных материалов, 1998),

Кровать на воздушной подушке "Клинитрон" - рекламный проспект фирмы Support Systems International SA clinitron, Франция;

Патент Франции 2523841, 1982;].

Это устройство - большая ванна с воздухопроницаемым мешком, заполненным кремниевыми сферами микронного размера. При массивной подаче воздуха в нижнюю часть мешка микросферы образуют кипящий слой. Таким образом, когда кровать функционирует, пациент, на самом деле, погружен в псевдожидкость на глубину приблизительно 10 см. Было вычислено, что при этом давление на поверхность тела -

меньше чем 10 мм Hg. Это позволяет более равномерно распределять давления на обычные области поддержки (голова, назад, крестцовая область и пятки) , что приводит к лучшему кислородонасыщению местной ткани. Так, измеряя PO_2 в крестцовой области с обычной кроватью были получены значения PO_2 : 15-20 мм Hg, а с работающей флотационной системой PO_2 : 70-75 мм Hg.

Известна лечебно-ожоговая и противопролежневая кровать КМ-04 "Сатурн-90", которая производится в России (АО "Пневмостроймашина" и ТОО "Ритм" г. Екатеринбург.)

Однако кровати данной конструкции обладают и некоторыми недостатками, связанными прежде всего со сложностью конструкции этих изделий и их стоимостью. Требуется постоянная работа мощных компрессоров, микросферы необходимо очищать от продуктов выделения пациента. Требуется очищать большие объемы воздуха, затруднены необходимые манипуляции с пациентом.

Настоящая работа посвящена исследованию нового перспективного подхода в разработке поддерживающих сред для терапевтических кроватей. Подход основан на использовании в качестве поддерживающей среды биологически инертных жидкостей с высокой плотностью (1,6 – 1,9 т/м³). В такой жидкости тело пациента должно плавать, находясь в полупогруженном состоянии. В этом случае сдавливающее действие на ткани будет минимизировано. Эти жидкости должны отвечать следующим требованиям:

- биологическая инертность (отсутствие не только токсичности, но и выраженного отрицательного воздействия на ткани человека при длительном контакте);
- высокая плотность, обеспечивающая необходимую несущую способность для тела человека (1,6 – 1,9 т/м³);
- несмешиваемость с продуктами выделения человека;
- высокая газопроницаемость для обеспечения нормального тканевого дыхания;
- физическая безопасность (негорючесть, неэлектропроводность);
- температура кипения и упругость пара, обеспечивающие разумные потери при эксплуатации;
- доступность по объемам и цене.

В качестве таких жидкостей могут быть использованы жидкие фторуглероды – инертные соединения с высокой плотностью и достаточно высокой температурой кипения.

Соединения, у которых все атомы водорода замещены атомами фтора, называются фторуглеродами. Они не существуют в природе – их получают только синтетическим путем и они обладают многими уникальными свойствами, отсутствующими у углеводородов:

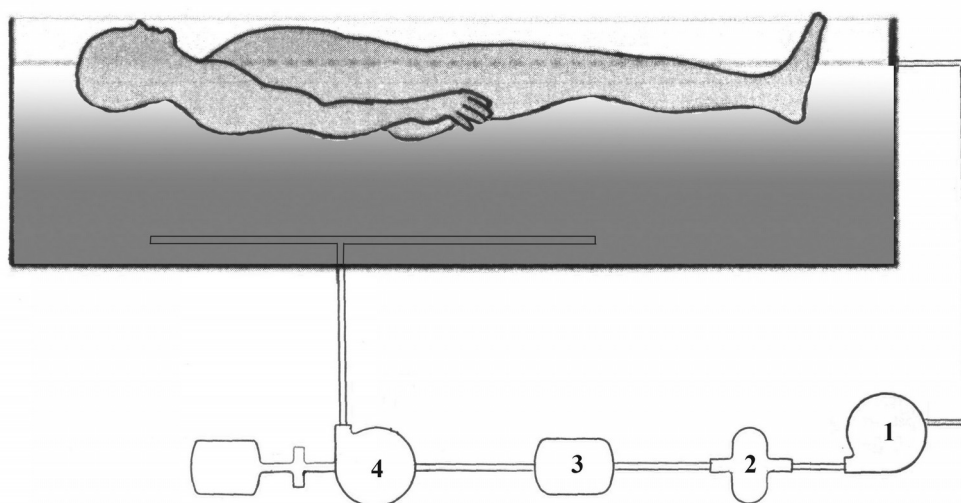
- высокая плотность, низкие температуры кипения и плавления фторуглеродных жидкостей;
- высокая термическая и химическая стойкость, невоспламеняемость;
- высокое электрическое сопротивление
- низкие показатели преломления;
- биологическая инертность;
- способность растворять большие количества газов;
- совместимость с конструкционными и уплотняющими материалами.

В ИНЭОС РАН, в начале 80-х годов был разработан ряд инертных перфторорганических соединений (ПФОС). Было организовано промышленное производство некоторых из них и на их основе, в настоящее время выпускается препарат «ПЕРФТОРАН» - кровезаменитель с газотранспортной функцией. Базовым компонентом этого препарата является перфтордекалин – жидкий фторуглерод, обладающий комплексом уникальных свойств, присущих ПФОС. Известно применение непосредственно самих перфторорганических соединений в хирургии, лечении ожогов и ран (Третий конгресс ассоциации хирургов имени Н.И. Пирогова, Осипов А.П., Горшков Ю.В., Абрамов О.Б., Родыгин Н.Н. «Применение перфторорганических соединений (пфос) у хирургических больных». Биомедицинский журнал, том 5, СТ. 62, с. 200-201, 2004, А.П. Осипов, Ю.В. Горшков, А.Н. Любимов «Особенности совместного применения карбогала и перфтордекалина при лечении ожогов»; Клигуненко Е.Н. и др. Местное применение перфторана в комплексном лечении длительно заживающих ран, в кн. Перфторорганические соединения в биологии и медицине. Пущино, 1999, с. 146-149; Чистый перфтордекалин нашел свое применение в офтальмологии. Во всем мире его используют в витреоретинальной хирургии в качестве инертного жидкого тампонажного материала. Кроме этого перфтордекалин используется в парфюмерной промышленности при производстве специальных кремов.

Для достижения планируемых результатов предлагается использовать перфтордекалин (ПФД), поскольку данное соединение по совокупности свойств наиболее соответствует требованиям, которые можно сформулировать на начальной стадии исследований при выборе жидкой поддерживающей среды для терапевтической кровати. Данное соединение биологически инертно, поскольку уже используется в качестве базового компонента официально зарегистрированного медицинского препарата «ПЕРФТОРАН». Плотность данного соединения = $1,92 \text{ т/м}^3$, $T_{\text{кип.}} = 142 \text{ }^\circ\text{C}$. Перфтордекалин не смешивается с водой и многими органическими соединениями, негорюч и является диэлектриком. Кислородная емкость ПФД составляет 42 % об., а

растворимость углекислого газа около 150 % об. ПФД производится в промышленных масштабах как соединение медико-биологического назначения.

При выдохе средний удельный вес человека находится в пределах 1020-1060 кг/м³, а при вдохе средний удельный вес человека понижается до 970 кг/м³. Таким образом, в ПФД тело человека будет примерно наполовину погружено в жидкую среду. Если произвести грубый подсчет исходя из среднего веса пациента -100 кг, то для нормального функционирования поддерживающей среды её объем должен составлять порядка 70-80 литров. Таким образом, предполагается сделать макет терапевтической кровати, представляющий собой ванну, наполненную перфтордекалином. Для обеспечения комфортного пребывания пациента в жидкой инертной среде необходимо создание приемлемой температуры. Для этого можно снабдить данный объем нагревателем или предусмотреть циркуляцию жидкой среды (ПФД) через теплообменник. Второй вариант предпочтительнее, так как позволит не только нагревать, но и охлаждать жидкую среду в зависимости от медицинских показаний. Кроме того, система циркуляции позволит проводить очистку жидкой среды от возникающих механических примесей посредством блока фильтрации. Включенный в систему циркуляции блок сепарации позволит отделять от ПФД несмешивающиеся с ним жидкости (вода, водные растворы, продукты выделения человека, экссудат и пр.). Тот факт, что ПФОЖ и ПФД абсолютно не смешивается с водой позволяет пациента даже мыть или орошать водными растворами лекарственных средств прямо на кровати. Вода и водные растворы будут находиться в верхнем слое, над поверхностью ПФД, и могут быть удалены при наличии в конструкции ванны системы отбора верхнего слоя жидкости.



На рисунке представлена схема реабилитационной кровати, представляющей собой ёмкость, наполненную ПФОС. Для обеспечения комфортного пребывания

пациента в жидкости необходимо очищать рабочую жидкость от продуктов жизнедеятельности пациента. С этой целью ванна снабжена насосом (1) для удаления жидкости с загрязнениями из верхней части ёмкости (все загрязнения – вода, продукты выделения, экссудаты легче ПФОС). В блоках 2 и 3 происходит очистка ПФОС от жидких и твёрдых продуктов загрязнения. Для обеспечения требуемой температуры ПФОС используют теплообменник 4.

Через систему циркуляции можно будет проводить насыщение ПФД различными газами (кислород, углекислый газ) по медицинским показаниям. Система циркуляции может позволить непрерывно обеззараживать жидкую среду с помощью УФ облучения. Таким образом ПФД, как жидкая инертная поддерживающая среда может открыть большие возможности в проведении реаниматологических и терапевтических мероприятий. В ряде случаев наличие жидкой инертной поддерживающей среды может исключить необходимость использования перевязочных материалов, так как ПФД может обеспечивать защиту раневой поверхности от внешнего воздействия.

В конструкции ванны (кровати) необходимо предусмотреть систему минимизирующую испарение ПФД с поверхности. Очевидно, кровать должна закрываться сверху по типу бокса так, чтобы только голова пациента была снаружи.

Цель проекта – создание рабочего макета реабилитационной противоожоговой кровати с целью проверки всех её возможностей и выявления возможных противопоказаний, а также оптимизации её конструкции и агрегатов, обеспечивающих её работу.

Следует подчеркнуть, что аналогов такого медицинского оборудования в мире нет.