

# МАССООБМЕННОЕ УСТРОЙСТВО ОДНОКРАТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ГЕМОСОРБЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Белорусский государственный медицинский университет<sup>1</sup>,  
Лаборатория гемо- и лимфосорбции ЦНИЛ<sup>2</sup>

*Изложены современные представления и требования, предъявляемые к форме массообменного устройства. Перспектива внедрения в клиническую практику ЛПУ Беларуси нового корпуса колонки для гемосорбции, снабженной фильтрами-делителями потока крови.*

Как показал многолетний опыт проведения гемосорбции, эффективность ее во многом зависит от конструктивных особенностей массообменного устройства и материала из которого оно изготовлено. «Угольная почка Ятцидиса» – первый аппарат для гемокарбоперфузии конструктивно был очень прост [4]. Основная часть его представляла собой стеклянный цилиндр, в котором находились гранулы угля. Первый опыт клинического применения подобного устройства позволил сделать вывод о важности правильного распределения потока крови в массообменном устройстве. По мере накопления опыта в проведении гемосорбций, разрабатывалась и совершенствовалась и соответствующая аппаратура. Требования, предъявляемые к безопасности выполнения данных манипуляций, претерпели существенные изменения и стали более жесткими. Основная масса использовавшихся в нашей стране корпусов массообменников были многократного применения. Как правило, они были изготовлены из металла и стекла – материалов, имеющих низкую гемосовместимость.

С целью устранения недостатков массообменников, состоящих из стеклянных флаконов и щелевых перфузионных насадок, была сконструирована колонка, состоящая из двух усеченных конусов [5]. Но и такое конструктивное решение по ряду причин не позволило добиться «идеального» решения проблемы. Используемые в таких массообменниках фильтры из войлочного материала хоть и препятствуют проникновению в кровь угольных частичек, но и создают слишком высокое сопротивление току крови и часто тромбируются. Несмотря на то, что попытки создания и промышленного выпуска одноразовых массообменников для гемосорбции в странах СНГ предпринимались неоднократно, данная проблема не разрешена и поныне. В странах дальнего зарубежья этот вопрос в большей или меньшей степени решен удовлетвори-

но, однако цены на такие изделия медицинской техники слишком высоки, что делает их практически недоступными для отечественного здравоохранения.

Целью работы было разработка конструкции массообменного устройства, отвечающего современным требованиям, с учетом разнообразных технических аспектов и особенностей проведения гемосорбции. Эта задача решалась, исходя из следующих условий: 1. Предупреждение агрегации на гетерогенной поверхности элементов массообменника тромбоцитов и запуска системы коагуляции в экстракорпоральном контуре. 2. Перфузия крови через устройство в пределах заданных параметров должна носить пульсирующий ламинарный характер без «застойных» и турбулентных зон и не вызывать избыточного сопротивления току крови (градиент давления входа-выхода массообменника не должен превышать давления 5 мм ртутного столба).

**Собственные результаты.** С учетом вышеуказанных требований, была предложена конструкция массообменника, представляющая собой колонку цилиндрической формы. Соотношение длины к диаметру в зависимости от ее объема варьирует от 5:1 до 10:1. Широкий диапазон соотношения длины к диаметру объясняется тем обстоятельством, что в клинической практике используются различные методики проведения гемосорбции. Так при выполнении биоспецифической гемосорбции для достижения достаточного лечебного эффекта достаточно использовать относительно небольшие объемы гемосорбента (от 80 до 150 см<sup>3</sup>), при скорости перфузии в диапазоне 60 ± 20 мл/мин. В этой ситуации массообменники с соотношением длины к диаметру 10:1 обеспечивают предупреждение образования застойных зон. В той ситуации когда для достижения достаточного лечебного эффекта от гемосорбции требуется использовать гемосорбенты объемом 400-500 см<sup>3</sup> и скоростью перфузии 120 ± 20 мл/

мин, это соотношение может составлять 5:1. Данное конструктивное решение наиболее эффективно, с точки зрения массообмена и профилактики тромбообразования в застойных зонах [1, 2].

Следует отметить, что при выборе материала, удовлетворяющего требованиям высокой гемосовместимости, наиболее подходящим может быть поликарбонат. Использование данного прозрачного материала позволяет вести визуальный контроль за процессом перфузии крови через гемосорбент. Массообменник из поликарбоната не токсичен, имеет хорошую гемосовместимость, удароустойчивость и термоустойчивость. Адгезия тромбоцитов к внутренней поверхности корпуса массообменного устройства из поликарбоната минимальная. Крышки, находящиеся по торцам корпуса, плотно закручиваются, обеспечивая хорошую герметичность.

Эффективное проведение гемосорбции, с использованием непокрытых угольных сорбентов при минимальных объемах прямых антикоагулянтов, может быть достигнуто за счет использования двух фильтров-делителей (рис.1). Эти устройства расположены под крышками по торцам корпуса массообменного устройства (рис.2). Фильтр-делитель потока крови представляет собой круг-



Рис. 1. Фильтр-делитель потока крови. Масштаб 1:2

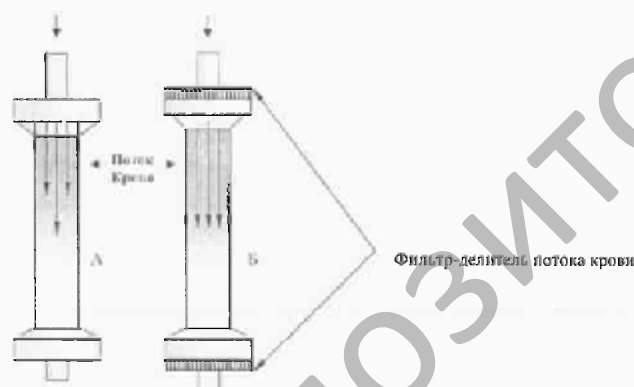


Рис. 2. Поток крови, пропускаемый через колонку (А), через колонку с фильтрами-делителями (Б). Масштаб 1:5

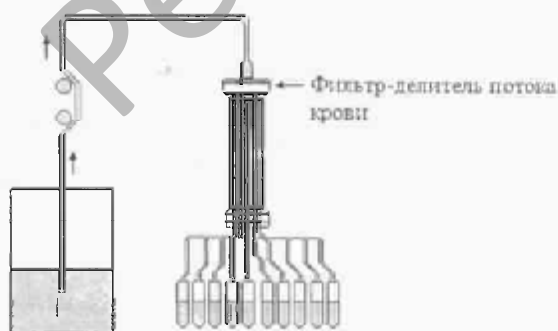


Рисунок №3 Изучение пропускной способности фильтра-делителя потока крови

лую пластину толщиной от  $0,1 \pm 0,05$  мм. В ней находится около 10000 коаксиально расположенных отверстий, диаметром  $0,1 \pm 0,05$  мм, залитых полимером (полиоль+изоцианат). Для изучения функциональных параметров разработанных фильтров-делителей была предложена методика, суть которой заключалась в следующем: внутрь корпуса массообменника перпендикулярно поверхности фильтра-делителя, плотно помещались трубочки из поливинилхлорида диаметром до 0,5 см, длиной около 30 см. При использовании корпуса массообменника диаметром 4 см в нем находилось 50 трубок (рис.3). С помощью перистальтического насоса в трубку над фильтром закачивалась жидкость, имитирующая кровь. Концы трубочек, находящихся в массообменнике, помещались в пробирки для изучения характера распределения жидкости проходящей через фильтр при различных скоростях перфузии. Как видно из данных таблицы, среднее значение количества жидкости попадающего в пробирку за единицу времени зависело от скорости ее прокачки.

Таблица  
Изучение пропускной способности фильтра-делителя.

Скорость прокачки, мл/мин	10	20	40	60	80	100
Объем жидкости, мл						

После проведения многочисленных опытов было установлено: фильтр-делитель потока крови равномерно распределяет ее поток по всей площади поперечного сечения гемосорбента (рис.3). Скорость перфузии крови, при этом, может изменяться от минимальной (30-40 мл/мин.) до 100 мл/мин. и более. Таким образом было показано, что наличие в массообменном устройстве с диаметром 4 см фильтров-делителей обеспечивает равномерное распределение по всей площади поверхности гемосорбента потока крови. Равномерное заполнение цилиндра массообменника кровью от периферии к центру предупреждает инкорпорацию частиц сорбента в кровь пациента, препятствует пристеночному замедлению и стабилизации кровотока, предохраняет от выхода гемосорбента за пределы массообменного устройства (рис.3).

Данное устройство для гемосорбции по функции распределения потока крови значительно превосходит аналоги и позволяет повысить степень очищения крови от токсических веществ более чем на 20 %.

Фильтр-делитель потока крови может успешно применяться в различных конструкциях устройств данного и других типов.

Массообменное устройство и фильтр-делитель потока крови запатентованы нами в установленном порядке (2, 3).

Таким образом, учитывая хорошие результаты предварительных исследований, надеемся успешно провести все необходимые испытания для внедрения этого современного изделия в клиническую практику ЛПУ Республики Беларусь.

### Литература

1. Казаков, Ф.И., Кирковский, В.В., Королик, А.К. Проблемы и перспективы разработки эффективных отечественных непокрытых угольных сорбентов и корпуса одноразового массообменника / Материалы 4 Белорусской научно-практической конференции / Проблемы разработки и внедрения в клиническую практику методов эфферентной терапии / Минск - 2003.

## ☆ Новые технологии в медицине

2. Корпус одноразового массообменника. гемосорбционного / Казаков, Ф.И., Кирковский, В.В., Кирковский, Л.В., Комар, Г.Л.-Патент на полезную модель №800, приоритет по дате от 27.05.2002 г./заявление №u20020154; Оpubл.30.03.2003//Официальный бюллетень / Национальный Центр Интеллектуальной Собственности.

3. Фильтр-делитель потока крови для систем экстракорпорального кровообращения / Казаков, Ф.И., Кирковский, В.В.,

Кирковский, Л.В., Комар, Г.Л.-Патент на полезную модель №801, приоритет по дате от 27.05.2002 г./заявление №u20020155; Оpubл.30.03.2003//Официальный бюллетень / Национальный Центр Интеллектуальной Собственности.

4. Лопухин, Ю.М., Молоденков, М.Н. «Гемосорбция» Москва, 1985, С. 38-40.

5. Николаев, В.Г., Стрелко, В.В. «Гемосорбция на активированных углях», Киев, 1979, С. 124-129.

РЕПОЗИТОРИЙ БГМУ