

Закрытое акционерное общество  
**“П Л А З М О Ф И Л Т Р”**

---

**УСТРОЙСТВО  
БЕЗАППАРАТНОГО МЕМБРАННОГО ПЛАЗМАФЕРЕЗА  
УБМ-01-«ПФ СПб»  
для работы со шприцем**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ФК 334.00.000 РЭ**

**Санкт-Петербург**

## Разработчики инструкции

ЗАО «Плазмофильтр»

Б.Я. Басин

Б.М. Зеликсон

Детская городская больница № 17  
им. Св. Николая Чудотворца С-Петербург

С.З. Поляков

Э.К. Цыбулькин

В работе приведено обоснование и описаны особенности методов мембранного плазмообмена с помощью отечественного мембранного плазмофильтра ПФМ-800 (производства ЗАО «Плазмофильтр», г. Санкт-Петербург) у новорожденных и детей раннего возраста при заболеваниях, сопровождающихся значительными нарушениями состава внутренней среды. Уточнены показания и противопоказания в зависимости от тяжести состояния, возраста и массы тела.

Методические рекомендации рассчитаны на врачей педиатров, неонатологов, реаниматологов.

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных причин тяжести течения заболеваний новорожденных и ранней неонатальной смертности является синдром эндогенной интоксикации, сопровождающий острые пневмонии, гемолитическую болезнь, гипербилирубинэмию, септические и другие осложнения, когда даже современные антибиотики не дают эффекта. Проведение процедур детоксикации общепринятыми методами эфферентной терапии (гемосорбция и гравитационный: аппаратный или пакетный плазмаферез) новорожденным, особенно недоношенным детям, наталкивается на целый ряд технических и методических проблем.

Основные затруднения возникают в связи:

- с малой массой тела и, соответственно, с малым объёмом циркулирующей крови (ОЦК);
- с нестабильностью гемодинамики, весьма чувствительной к дефициту ОЦК;
- с дефицитом "сосудистого капитала" младенцев, не позволяющим использовать катетеры диаметром более 0,6 - 0,8 мм;
- с длительностью нахождения катетеров в пупочных сосудах, что чревато тромбозами в портальной системе и септическими осложнениями.

Практически все известные методы с использованием различных аппаратов (в том числе и для мембранного плазмафереза) отечественных и зарубежных фирм, имеют существенные недостатки: весьма значительные объёмы заполнения, сопоставимые с ОЦК ребёнка и рассчитаны на скорости перфузии, превышающие возможности мелких сосудов и катетеров.

Используемые на практике методы шприцевого забора порций крови до 20 мл с последующим центрифугированием, удалением плазмы и возвратом сгущённой или разбавленной крови весьма утомительны и продолжительны (до 4 - 6 часов).

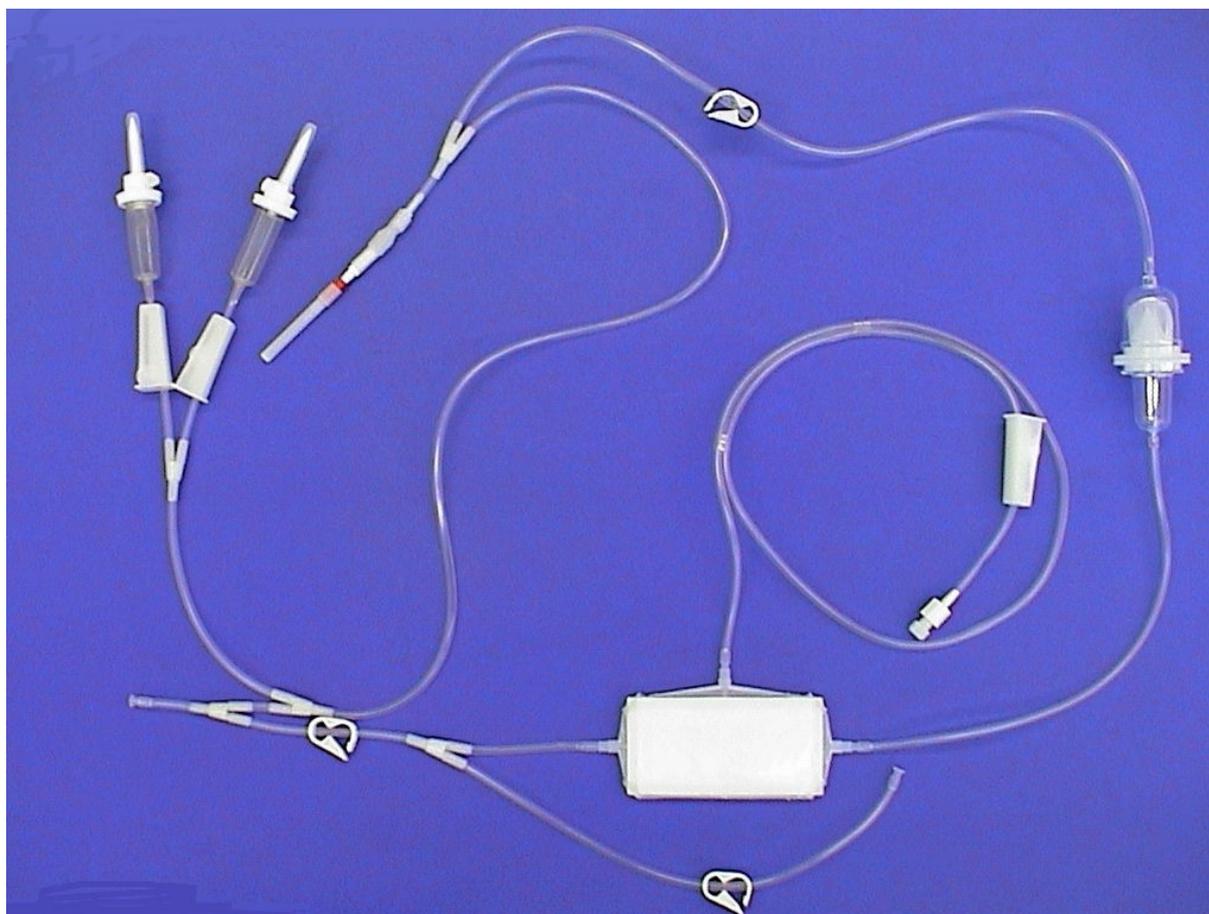
Не меньшие трудности возникают при проведении плазмафереза у детей первых месяцев и лет жизни с массой тела до 15 - 20 кг. Максимальный допустимый однократный забор крови у таких больных не должен превышать 100 - 150 мл, что также не позволяет в полной мере использовать наиболее распространённые центрифужные пакетные методы.

Закрытое акционерное общество «Плазмофильтр» (г. Санкт-Петербург) разработало плазмофильтры мембранные ПФМ-800 (ПФМ-500), серийный выпуск которых разрешен с 1992 года комиссией по новой медицинской технике Минздрава России. Мембранные плазмофильтры наиболее полно отвечают требованиям к проведению процедуры плазмафереза у новорожденных (в том числе и недоношенных) и детей раннего возраста, поскольку имеют минимальный объём собственного заполнения (не более 15 мл) и могут быть использованы без каких-либо аппаратов с помощью лишь одного (или двух) шприцев по однойгольной методике.

В настоящее время ЗАО «Плазмофильтр» выпускает устройство безаппаратного мембранного плазмафереза однократного применения стерильное УБМ-01-«ПФ СПб» для работы со шприцом (далее устройство).

Устройство состоит из плазмофильтра мембранного ПФМ-500 (ПФМ-800) и трансфузионной безаппаратной системы магистралей для работы со шприцом. Общий вид устройства представлен на *рис.1*.

Метод мембранного плазмафереза с помощью устройства благодаря своей исключительной простоте, дает возможность успешно и достаточно быстро провести плазмообмен с помощью всего лишь одного шприца, не используя никакой специальной аппаратуры. Метод применим даже к недоношенным детям с массой тела от 700 г в условиях нестабильной гемодинамики и газообмена с поддержанием режима изоволемии на всем протяжении операции. Простота и эффективность метода позволяют использовать его не только в специализированных отделениях интенсивной терапии новорожденных и выхаживания недоношенных младенцев, но и в широкой сети детских лечебных учреждений самого разного профиля.



*Рис.1. Устройство безаппаратного мембранного плазмафереза УБМ-01-«ПФ СПб» для работы со шприцом*

## **ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭФФЕРЕНТНОЙ ТЕРАПИИ И ДЕТОКСИКАЦИИ У НОВОРОЖДЕННЫХ И ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА**

У новорожденных нередко развиваются различные тяжелые осложнения, корни которых часто уходят в период их внутриутробного развития и связаны с патологиями беременности. В частности, при развитии токсикоза (гестоза) в крови беременных появляются различные токсичные вещества - среднемолекулярные олигопептиды, продукты нарушения процессов перекисного окисления липидов, протеолиза, калликреин-кининовой системы. Эти токсины свободно проникают через плацентарный барьер в сосуды плода и в течение длительного времени, часто нескольких недель, нарушают процессы его метаболизма, развития органов и систем, в том числе и иммунной. В дополнение к этому, при гестозе происходят значительные нарушения плацентарного кровообращения, вплоть до развития очаговых некрозов и участков преждевременной отслойки плаценты. Все это сопровождается выраженной гипоксией плода с накоплением в организме ряда токсических продуктов.

На течение беременности оказывает влияние и наличие разных видов «скрытых» урогенитальных инфекций, вызванных хламидиями, микоплазмой, вирусами герпеса и цитомегаловируса, гарднереллой и т.п. У плода при этом развиваются различные виды внутриутробного инфицирования с поражением головного мозга, легких, печени, почек.

Нередки и тяжелые конфликты при резус- и групповой несовместимости крови матери и плода с развитием гемолитической болезни и преимущественными поражениями печени, почек, головного мозга. Эти осложнения являются основными причинами внутриутробной гибели плода, способствуют преждевременным родам, при которых даже родившийся живым новорожденный находится в крайне тяжелом состоянии с комплексом полиорганных расстройств, не поддающихся коррекции ни с помощью искусственной или вспомогательной вентиляции с кислородом или барокамеры, ни антибиотиков или каких-либо иных медикаментов. Это происходит потому, что в системной циркуляции, интерстиции и клетках организма находятся в огромных количествах разнообразные токсичные продукты, не дающие возможности восстановить нормальный метаболизм органов и тканей, с целым рядом порочных кругов. «Токсический пресс» не дает возможности наладить нормальную функцию гепатоцитов, альвеолоцитов, нейронов, паренхимы почек, что тормозит восстановление нормальных естественных процессов детоксикации, выделения и газообмена. Разорвать эти «порочные круги» без выведения из организма токсичных продуктов практически невозможно, что и объясняет значительную частоту ранней неонатальной смертности. «Выздоровевший» ребенок является кандидатом стать с детских лет хроническим больным, страдающим заболеваниями печени, вплоть до цирроза, почек, легких, головного мозга, различными проявлениями аллергии и иммунных сдвигов, мало отличающихся от «синдрома приобретенного иммунодефицита», т.е. фактически СПИДа.

Показания для детоксикации и эфферентной терапии у таких детей возникают в связи с тяжелым течением воспалительных заболеваний легких и органов брюшной полости, инфекционными заболеваниями (в том числе гепатитом, дифтерией, кишечными инфекциями и т.п.), аллергическими заболеваниями (нейродермитом, астматическим бронхитом), гломерулонефритом, ревматизмом и другими аутоиммунными заболеваниями. Общим в их патогенезе является накопление различных токсичных продуктов экзо- или эндогенного происхождения, значительно усугубляющих тяжесть течения, хронизацию и даже неблагоприятные исходы таких заболеваний.

Преимуществом плазмафереза перед гемосорбцией является более полное удаление токсичных продуктов, т.е. не только электрохимически активных молекул с наличием «свободных радикалов» в своей структуре, но и более «амфотерных» (но также патологических), которые не захватываются сорбентами. С другой стороны, в отличие от гемосорбции, возможно более полное удаление и «некомпетентных» компонентов иммунной системы с заменой их более полноценными белками, иммуноглобулинами, комплементом, опсонинами нативной донорской плазмы, что создает наилучшие условия для восстановления нарушенных процессов метаболизма и иммуногенеза новорожденных. Поэтому плазмаферез носит более универсальный характер.

В детской городской больнице № 17 им. Св. Николая Чудотворца города Санкт-Петербурга метод мембранного плазмафереза (МПФ) у новорожденных и недоношенных детей с устройством УБМ-01-«ПФ СПб» применяется с 1993 года.

В сравнении с используемым ранее методом заменного переливания крови (ЗПК) этот метод является более эффективным, безопасным и менее агрессивным.

При применении плазмафереза большая эффективность достигается тем, что МПФ предусматривает очистку плазмы крови (основного носителя токсинов), не затрагивая форменные элементы, которые при гематокрите 50 % составляют половину от ОЦК и, соответственно, на один условный объем обработанной при МПФ крови приходится два условных объема крови при ЗПК.

Меньшая агрессивность достигается за счет меньшей антигенной нагрузки, так как при МПФ отсутствует восполнение по форменным элементам.

Безопасность исходит из того, что применяемая при МПФ донорская плазма в отличие от цельной крови, используемой при ЗПК, подвергается предварительной глубокой заморозке, карантинизации, что уменьшает риск заражения от донора такими распространенными сейчас инфекциями как цитомегаловирусная, герпетическая, гепатит, СПИД, венерическими заболеваниями.

Кроме того, применение МПФ позволяет модулировать состав крови реципиента в качественном и количественном отношении, исходя из необходимости.

В реаниматологическом отделении ДГБ № 17 было произведено более 200 процедур МПФ пациентам с гестационным возрастом от 27 недель и массой от 980 г при следующих состояниях и заболеваниях: сепсисе, тяжёлой асфиксии, гемолитической болезни новорождённых, гипербилирубинемии различного генеза, инфекционных и постшоковых токсикозах, шоках различной этиологии и степени, ДВС-синдроме, состояниях тотальной иммунизации реципиента (при использовании обогащённой специфическими антителами плазмы). В 92 % случаях достигался достоверно положительный эффект. По сравнению с пациентами, не получившими лечение МПФ, выживаемость при лечении тяжёлых инфекций и сепсиса превысила 90 %. Хорошие результаты отмечаются при лечении ГБН. При грамотной постановке дела сфера и объём применения МПФ может быть существенно расширен. Отделение реанимации недоношенных и новорождённых при наличии 24 коек и прохождении 400-500 больных в год имеет потребность в мембранных фильтрах при нынешних подходах к применению МПФ (т.е. в самых тяжёлых случаях) до 100 шт. в год.

В последнее время в связи с дефицитом крови, инфицированием крови (ВИЧ, гепатит), ограничением в сроках годности применяемой в неонатологии крови, в отличие от взрослой практики, вопрос о внедрении метода в клиническую неонатологию, включая и родильные дома, становится ещё более актуальным.

## МЕТОДЫ МЕМБРАННОГО ПЛАЗМАФЕРЕЗА

Предприятие-изготовитель ЗАО «Плазмофильтр» для различных клинических ситуаций выпускает 4 типа устройств на базе плазмофильтров мембранных, ПФМ-800 (ПФМ-500):

устройство аппаратного мембранного плазмафереза однократного применения стерильное УАМ-01-«ПФ СПб», работающее с серийной трансфузионной аппаратурой (роликовые насосы) по двухигольной схеме;

устройство для интенсивного плазмафереза, работающее по одноигольной схеме с портативными аппаратами «Гемос-ПФ» и "Гемма";

устройство безаппаратного мембранного плазмафереза однократного применения стерильное УБМ-01-«ПФ СПб», выпускаемое в двух исполнениях:

- с плазмофильтром и магистралью СБ в сборе с контейнером для крови однократного применения, стерильное, полностью автономное, работающее под действием силы тяжести по одноигольной схеме. Для проведения процедуры плазмафереза с этим устройством не требуется никакого источника питания, а используется только обычная инфузионная стойка.

- с плазмофильтром и магистралью СБ в сборе для работы со шприцем однократного применения, стерильное, для проведения плазмафереза по одноигольной схеме у детей и новорожденных.

Стерильный комплект устройства УБМ-01-«ПФ СПб» для работы со шприцем однократного применения поставляется в пластиковой упаковке.

Мембранный плазмофильтр (*рис.2*), входящий в состав устройства УБМ-01-«ПФ СПб», состоит из чередующихся плоских щелевых камер крови и плазмы, разделенных трековой лавсановой мембраной толщиной 10 мкм, пористостью 6-7 % и диаметром пор 0.4-0,5 мкм. Мембрана свободно пропускает все компоненты жидкой части крови - плазмы и задерживает все форменные элементы-эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. Три штуцера плазмофильтра - для входа и выхода крови и вывода плазмы, коммутированы с соответствующими участками магистрали.

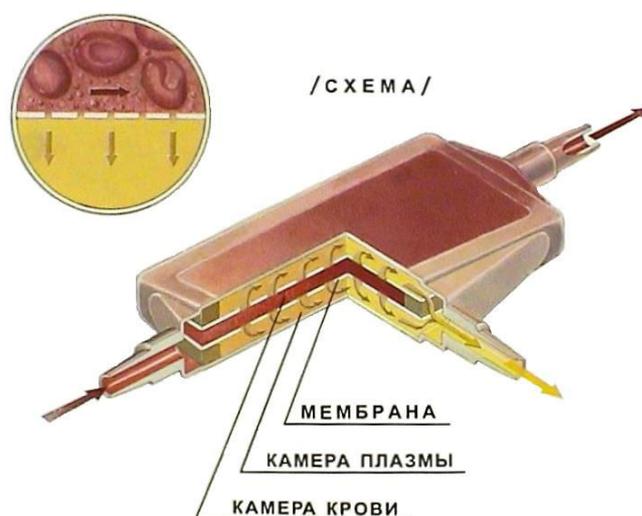


Рис.2. Общий вид и схема камер плазмофильтра ПФМ в разрезе

Плазмофильтр мембранный ПФМ, входящий в состав устройства, при проведении процедуры плазмафереза **обязательно должен быть помещен в приспособление для крепления плазмофильтра ПК-ПФМ** (далее приспособление ПК-ПФМ) для обеспечения его нормального функционирования (*рис. 3, рис. 4*).

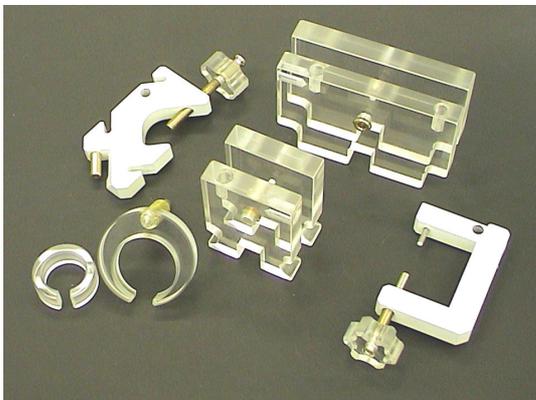


Рис.3. Детали приспособления ПК-ПФМ



Рис.4. Общий вид плазмофильтра в приспособлении ПК-ПФМ

## МЕМБРАННЫЙ ПЛАЗМАФЕРЕЗ С УСТРОЙСТВОМ УБМ-01-«ПФ СПб» ДЛЯ РАБОТЫ СО ШПРИЦЕМ

Для сборки устройства УБМ-01-«ПФ СПб» при работе со шприцом (далее устройства) необходимо подготовить рабочее место - манипуляционный столик и инфузионную стойку, на которую будет прикреплено приспособление ПК-ПФМ с плазмофильтром и флаконы с растворами (цитрат натрия, физиологический раствор, плазмозаменители или донорская плазма). На столике должна быть укладка со стерильными марлевыми шариками и салфетками, флакон со спиртом, пять кровоостанавливающих зажимов типа Бильрот, стерильный лоток, одноразовый шприц (10 мл).

### СБОРКА УСТРОЙСТВА

Сборка экстракорпорального контура проводится согласно схеме, представленной на *рис. 5*, в асептических условиях.

1. Проверить срок годности устройства, герметичность индивидуальной тары, комплектность. Распаковать пакеты, извлечь устройство и разложить магистрали на рабочем месте.

2. Расположить плазмофильтр между пластинами приспособления ПК-ПФМ. Закрутить винт приспособления без усилий так, чтобы плазмофильтр удерживался в пластинах только за счет сил трения, без дополнительного прижатия. Укрепить плазмофильтр с помощью кронштейна на инфузионной стойке на высоте кровати или кювета с ребенком.

3. Ввести капельниц *19* и *20* в емкости с изотоническим раствором натрия хлорида *11* и антикоагулянт *12* соответственно. Участок отвода плазмы *24* опустить в емкость сбора плазмы *15*. Инъекционный узел *10* расположить над стерильным лотком. Подсоединить шприц *13*.

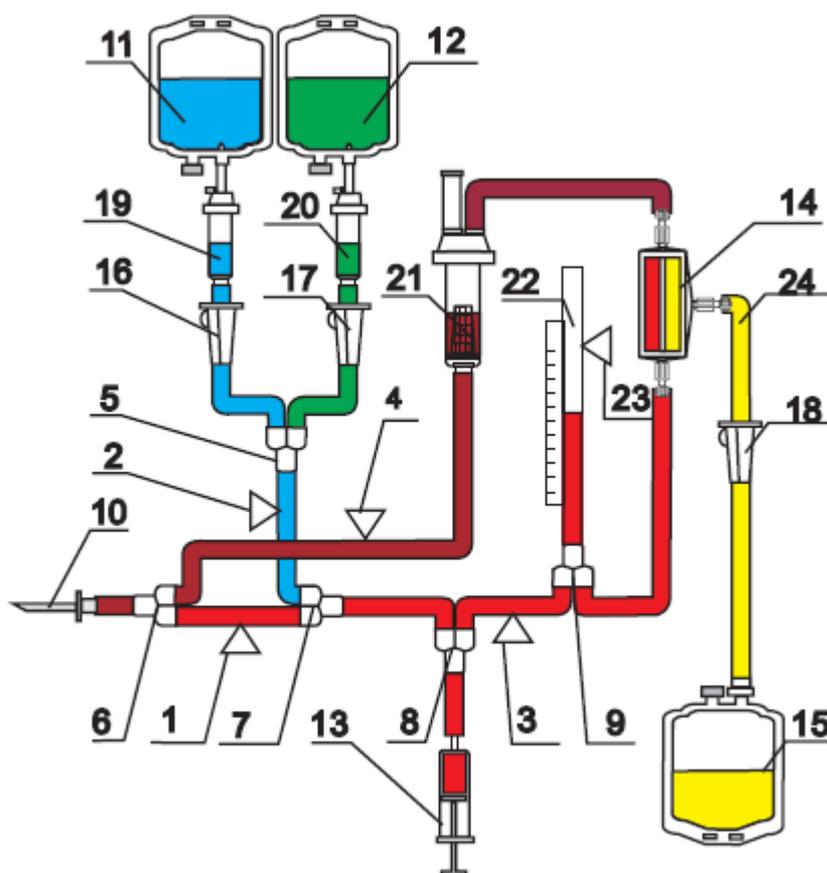


Рис.5. Схема экстракорпорального контура

1-4—места пережатия магистралей зажимами Бильрота, 5-9-тройники, 10-инъекционный узел, 11-емкость с изотоническим раствором натрия хлорида, 12-емкость с антикоагулянтом, 13- шприц, 14-плазмофильтр, 15-емкость для сбора плазмы, 16-18-зажимы на магистралах 19-21-фильтры-капельницы, 22-участок магистрали для измерения давления, 23-место пережатия «магистрала-манометра» зажимом Бильрота, 24-магистраль забора плазмы.

Рекомендуемое трансмембранное давление в плазмофильтре составляет 140-160 мм рт. ст. Оно складывается из положительного давления в кровяных камерах 80-100 мм рт. ст. и отрицательного в камерах плазмы за счет расположения емкости сбора плазмы ниже уровня плазмофильтра. Опуская емкость до 1 м, можно создать разрежение в камерах плазмы до 70 мм рт. ст. Однако при работе со шприцем обычно не требуется получать большие объемы плазмы и стремиться к сокращению времени процедуры, поэтому емкость с плазмой может находиться на уровне пациента.

4. Наложить зажимы Бильрота на места магистрали, указанные на схеме треугольниками 1, 2, 3, 4, и 23. Зажимы 16-18 перекрыть.

### ЗАПОЛНЕНИЕ УСТРОЙСТВА

5. Заполнить капельницу 20 до половины ее объема. Открыть зажимы 2 и 17 и шприцем 13 заполнить участок магистрали до тройника 5 раствором антикоагулянта. Закрывать зажимы 2 и 17.

6. Открыть зажим 1 и удалить избыток воздуха из шприца через инъекционный узел 10. Закрывать зажим 1.

7. Заполнить капельницу **19** до половины ее объема. Открыть зажимы **2** и **16**. и заполнить шприцем **13** участки магистрали до шприца и частично сам шприц изотоническим раствором натрия хлорида. Закрывать зажим **2**.

8. Открыть зажим **1** и заполнить участок магистрали между тройниками **8** и **6**, удалив воздух. Закрывать зажим **1**.

9. Открыть зажим **2** и заполнить шприц изотоническим раствором натрия хлорида. Закрывать зажим **2**.

10. Открыть зажимы **3** и **4** и провести заполнение кровяных камер плазмофильтра, повторяя последовательно манипуляции **п. 9**. Заполнить капельницу **21** до половины ее объема до прекращения выделения пузырьков воздуха из плазмофильтра. Заполнить магистраль до инъекционного узла **10**. Закрывать зажим **4** и, открыв зажим **18**, заполнить плазменные камеры и магистраль **24**. Закрывать зажим **18**.

11. Открыть зажим **23**, частично заполнить участок магистрали для измерения **22**. Перекрыть участок **22** зажимом **23** в точке, расположенной на **100 мм** выше установившегося уровня жидкости. К концу заполнения устройства шприц привести в «нулевое» положение. Закрывать все зажимы.

## ПРОВЕДЕНИЕ ПЛАЗМАФЕРЕЗА

### Подготовка к процедуре

12. Произвести канюляцию одной из вен (пупочной, бедренной, подключичной, яремной) одноразовым катетером размером не менее **0,6 мм**.

13. Ввести внутривенно гепарин в дозе **150 ед/кг** массы тела. Подождать **5-10 минут** до равномерного распределения гепарина по сосудистой системе больного.

14. Подключить экстракорпоральный контур к катетеру через инъекционный узел **10** или напрямую к тройнику **6**.

### Фаза забора крови

15. Открыть зажимы **2** и **17** (*рис.6*). Набрать в шприц **1 мл** натрия цитрата (глюгицира). Закрывать зажим **2**.

16. Открыть зажим **1** и набрать кровь в шприц до **10 мл** (*рис. 7*). Закрывать зажим **1**.

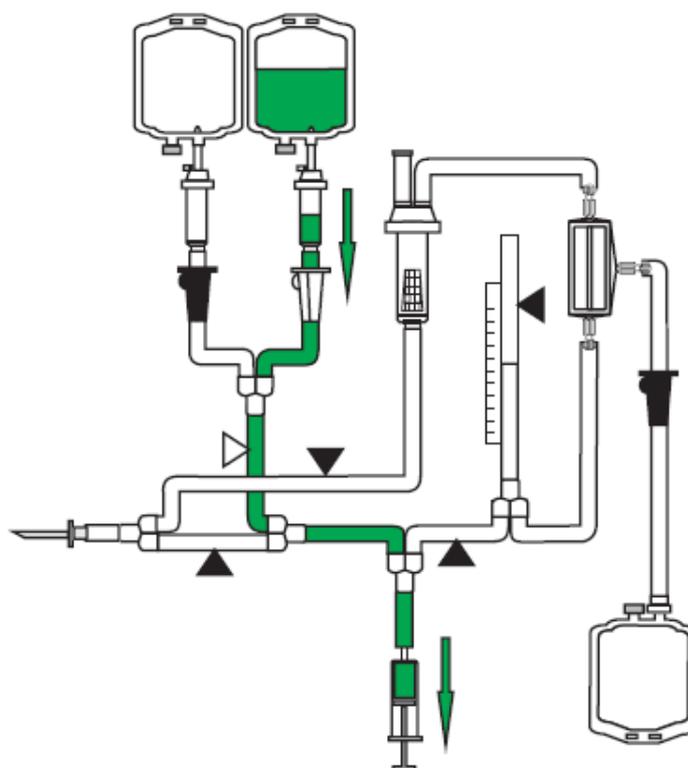
### Фаза возврата крови.

17. Открыть зажимы **3, 4** и шприцем заполнить плазмофильтр кровью. Закрывать зажимы **3** и **4** (*рис.8*). Для полного заполнения плазмофильтра кровью манипуляции **п.п. 15...17** повторить два раза.

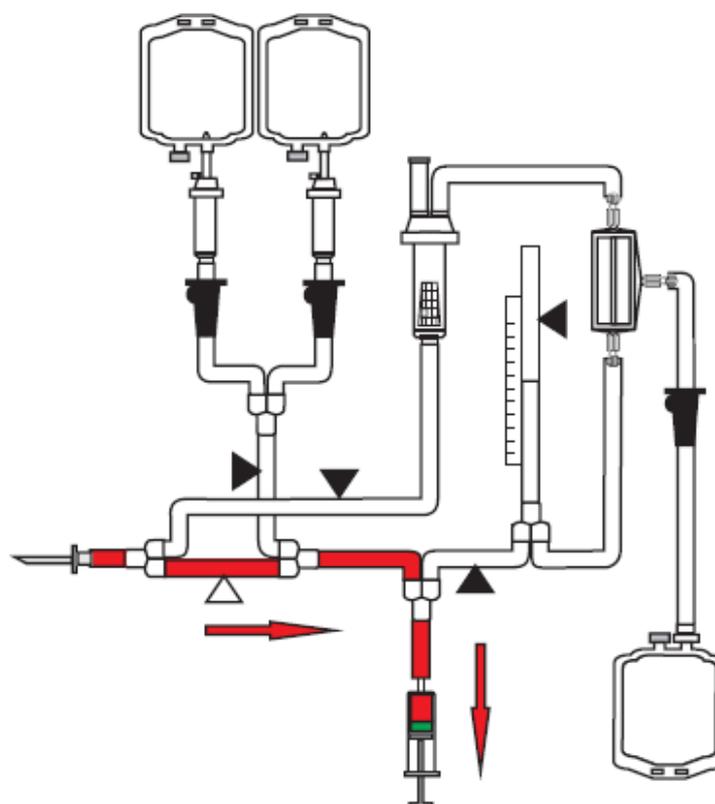
18. Выполнить манипуляции п.п. **15...16**.

19. После заполнения плазмофильтра кровью открыть зажимы **3, 4, 18** и равномерно пропускать кровь шприцем через плазмофильтр (*рис.8*) под контролем давления в магистрали **22**, поддерживая его на уровне **60-90 мм рт.ст.** (допустим кратковременный подъем давления до **120 мм рт.ст.**) до полного опорожнения шприца.

В дальнейшем зажим **18** закрывается только при временном, более минуты, прекращении (приостановке) процедуры.



*Рис.6. Схема забора антикоагулянта (или донорской плазмы при одношприцевом синхронном плазмообмене)*



*Рис.7. Фаза забора крови*

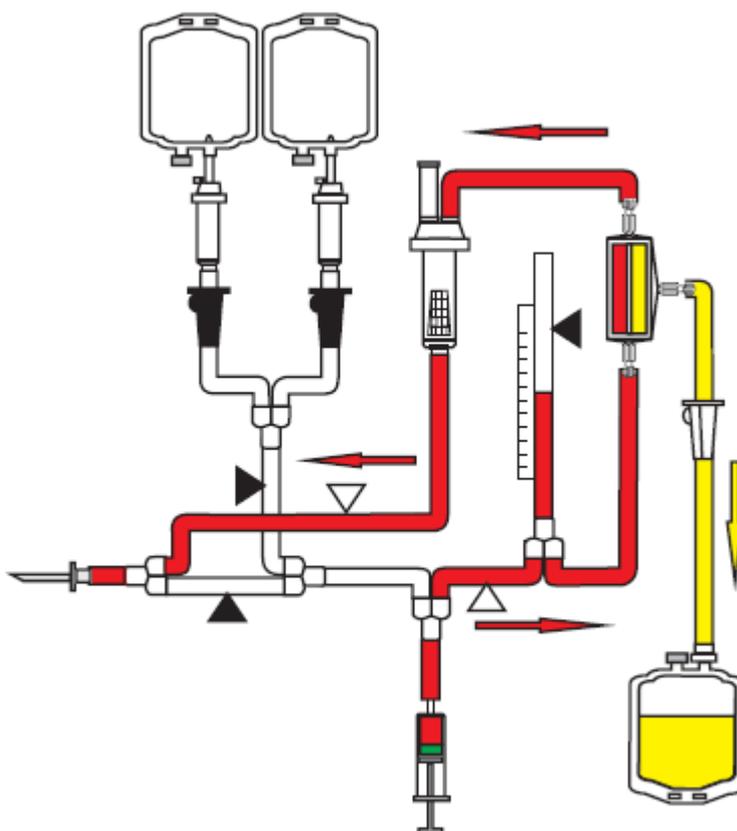


Рис.8. Фаза возврата крови

После завершения фазы возврата вновь приступают к забору крови, и такие циклы повторяются до получения необходимого объема плазмы.

Отдельно остановимся на системе измерения давления. При начальном заполнении участка магистрали 22, зажим Бильрота перекрывает воздушный столб высотой 100 мм над уровнем изотонического раствора натрия хлорида. В фазе возврата при пропускании крови через плазмофильтр, уровень жидкости в этом участке магистрали будет изменяться в зависимости от величины давления в плазмофильтре. По высоте столба жидкости можно оценить величину давления в плазмофильтре (*табл.1*).

Таблица 1

**Соответствие высоты столба жидкости и давления  
в замкнутой трубке длиной 100 мм**

Высота столба жидкости, мм	5	10	15	20	25
Давление, мм. рт. ст.	40	70	120	160	220

**Поддержание перфузионного и водного баланса при плазмаферезе**

Под перфузионным балансом подразумевается стабилизация ОЦК во время процедуры. Водный баланс определяется режимами гипо-, нормо- или гипергидратации организма в целом.

При плазмаферезе по описанной методике, когда соотношение объемов антикоагулянта и крови составляет 1:9, из каждой порции в 10 мл отфильтровывается плазмофильтром 3-4 мл фильтрата. Процедура

сопровождается потерей плазмы за каждый цикл объемом 2-3 мл с постепенно нарастающей гиповолемией. Последняя переносится легче острой потери циркулирующего объема крови, но ее величина также ограничена и зависит от массы тела, состояния гемодинамики и сдвигов ОЦК в исходном состоянии и составляет в среднем около 10% ОЦК при исходной нормоволемии и стабильной гемодинамике.

Так, для ребенка с массой тела 10 кг при стабильных исходных волевических и гемодинамических показателях в течение 20-25 минут может развиваться дефицит до 100 мл жидкости, который клинически практически не проявляется тогда, как такой же дефицит, возникший в течение 1-2 минут, привел бы к тахикардии и существенному снижению артериального давления.

### **Мероприятия по восстановлению перфузионного баланса**

После достижения критической величины дефицита жидкости восстановление баланса проводится по двухфазной схеме, соответствующей *рис.6* и *рис.8* за тем исключением, что забор плазмозаменителя (изотонического раствора натрия хлорида, реополиглюкина, гемодеза, альбумина или нативной донорской плазмы) из емкости *11* осуществляется в объеме полного шприца.

#### **Фаза забора**

Пережать магистрали зажимами *17* и *18*. Открыть зажимы *2* и *16*, набрать полный шприц раствора плазмозаменителя. Закрыть зажим *2*.

#### **Фаза возврата**

Открыть зажимы *3* и *4* и пропустить всё содержимое шприца через плазмофильтр под контролем давления. Закрыть зажимы *3* и *4*.

Подобная процедура помимо восполнения ОЦК обеспечивает промывание и «реставрацию» камер крови плазмофильтра, что на длительный период может обеспечить его стабильную фильтрационную способность.

Возможен возврат плазмозаменителя непосредственно в вену, для чего необходимо открыть зажим *1*.

После восстановления водного и перфузионного баланса процедуру можно продолжать до выполнения всей запланированной программы, повторяя периодически описанные мероприятия.

### **ЗАВЕРШЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПЛАЗМАФЕРЕЗА**

После выполнения программы плазмафереза вся кровь, заполняющая экстракорпоральный контур, должна быть возвращена больному. Эта задача фактически решается в момент завершения мероприятий по восстановлению перфузионного баланса, когда плазмозаменитель пропускается через плазмофильтр, вытесняя оттуда остатки крови. Вопрос об окончательном балансе решается в зависимости от исходных и достигнутых параметров волемии и гемодинамики, характера восполняющего раствора. Так, при использовании в качестве плазмозаменителя донорской плазмы

поддерживается равенство объемов последней и фильтра. При использовании кристаллоидных растворов возмещение может превышать потери на 10-15%, если нет опасности гипергидратации и снижения выделительной функции почек.

## **ДВУХШПРИЦЕВАЯ МЕТОДИКА МЕМБРАННОГО ПЛАЗМАФЕРЕЗА**

Собрать экстракорпоральный контур в соответствии со схемой представленной на *рис. 8*. Для этого необходимо в асептических условиях с помощью двух тройников **25**, **26** ввести два дополнительных участка магистрали после плазмофильтра. Один из участков соединить со шприцом **29** (равным по емкости шприцу **13**), второй - с емкостью с плазмозаменителем **30**. Кроме того, для проведения плазмафереза потребуется дополнительно еще два зажима Бильрота **27** и **28**.

Заполнение системы не отличается от вышеописанного, кроме необходимости заполнения введенных дополнительных участков с помощью шприца **29**. Шприц **29** должен быть заполнен.

Следует обратить внимание на то, что при опасности или уже имеющейся исходной гипергидратации младенца экстракорпоральный контур целесообразно заполнить не изотоническим раствором натрия хлорида, а нативной донорской плазмой. Идеальным же плазмозаменителем в процессе плазмафереза является также нативная плазма.

Каждый цикл двухшприцевой методики плазмафереза состоит из четырех фаз, представленных на *рис. 8-11*. Стрелками показаны направления потоков в течение разных фаз.

### **Фаза возврата крови и забора антикоагулянта (*рис.9*).**

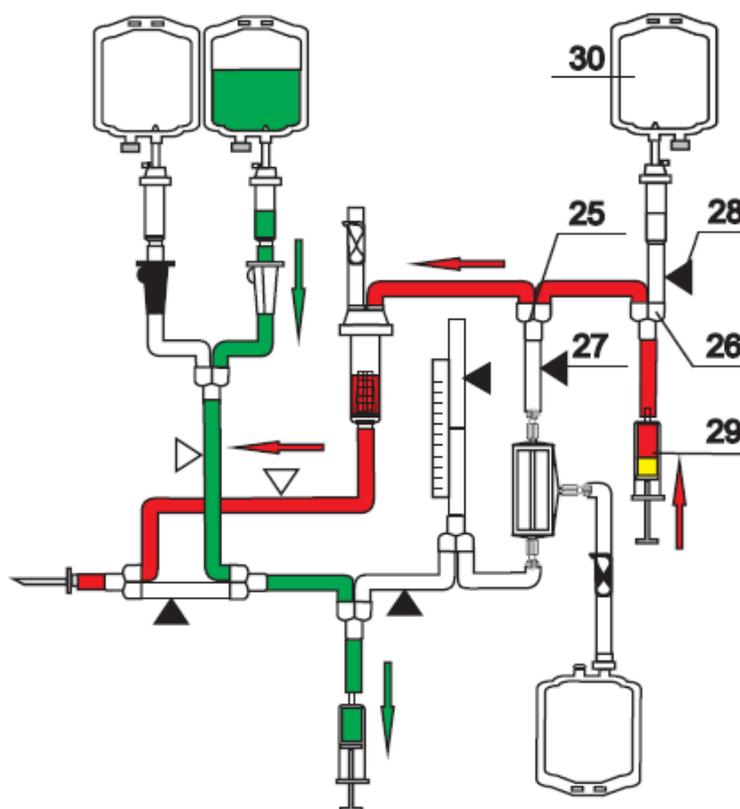
Открыть зажимы **2** и **17**. Шприцем **13** набрать 1 мл натрия цитрата. Закрывать зажим **2**. Затем (или одновременно, если есть второй помощник) открыть зажим **4** и ввести на первом цикле внутривенно 10 мл донорской плазмы из шприца **29** для создания некоего «подпора» ОЦК. В последующих циклах шприцем **29** в вену будет возвращаться разбавленная донорской плазмой эритроциты. Закрывать зажим **4**.

### **Фаза забора крови.**

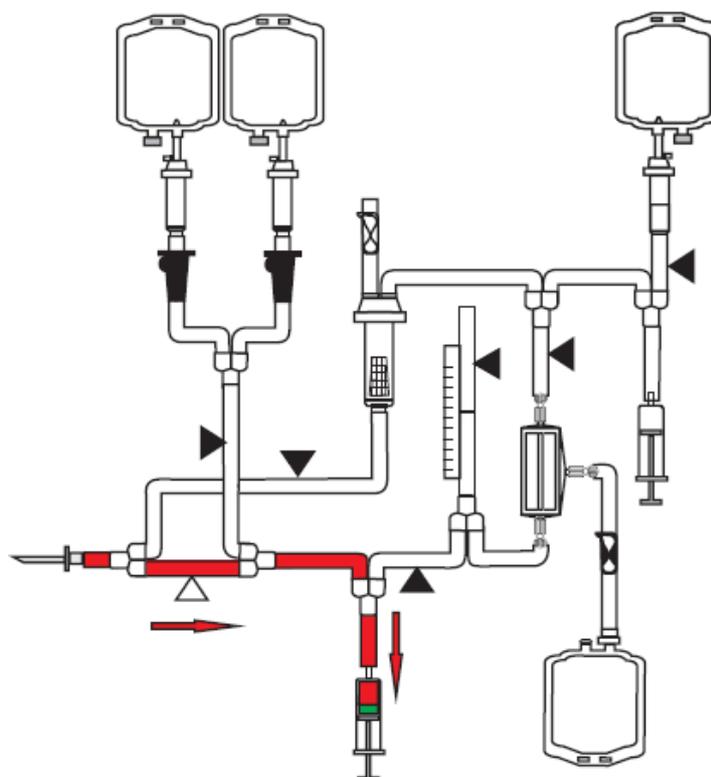
Открыть зажим **1** и шприц **13** заполнить кровью до 10 мл. Закрывать зажим **1** (*рис.10*).

### **Фаза пропускания крови через плазмофильтр и выделения фильтра.**

Открыть зажимы **3** и **27** и шприцем **13** осуществить пропускание крови через плазмофильтр под контролем давления в магистрали **22**. Шприц **29** при этом будет наполняться пассивно (или активно с помощью второго ассистента). Зажим **18** открыть в начале третьего цикла и оставить открытым до конца процедуры. Закрывать зажимы **3** и **27** (*рис.10*).



*Рис.9. Схема экстракорпорального контура двухшприцевого мембранного плазмафереза. Фаза возврата крови и забора антикоагулянта 25-26-тройники 27-28-места наложения зажимов, 29-второй шприц, 30-емкость с плазмозаменителем. Остальные элементы схемы соответствуют обозначениям рис. 5.*



*Рис.10. Схема экстракорпорального контура двухшприцевого мембранного плазмафереза; фаза забора крови*

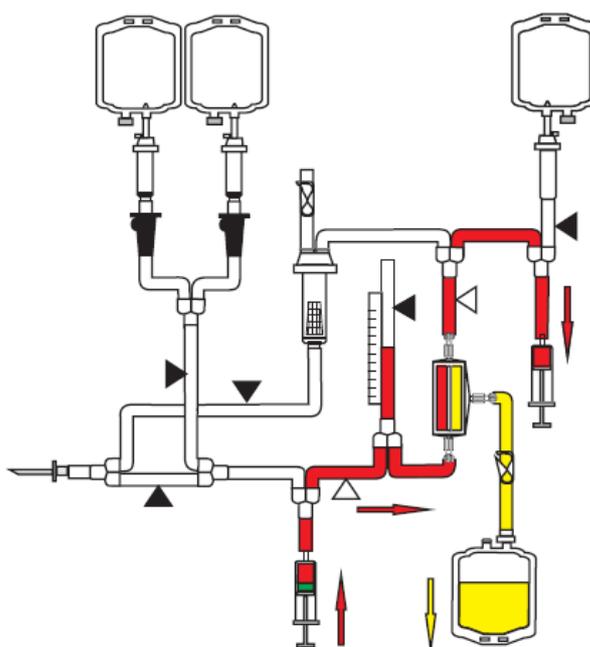


Рис.11. Схема экстракорпорального контура двухшприцевого мембранного плазмафереза. Фаза пропускания крови через плазмофильтр и выделения фильтрата

#### Фаза забора донорской плазмы.

Открыть зажим **28** и заполнить шприц **29** донорской плазмой до 10 мл. Закрывать зажим **28**. Объем донорской плазмы при этом фактически равен объему фильтрата, который отделяется в течение фазы пропускания крови через плазмофильтр каждого цикла. Таким образом обеспечивается режим изоволемии на протяжении всего периода плазмафереза (*рис.12*). Последний фактически является **плазмообменом** или **синхронным обменным плазмаферезом**.

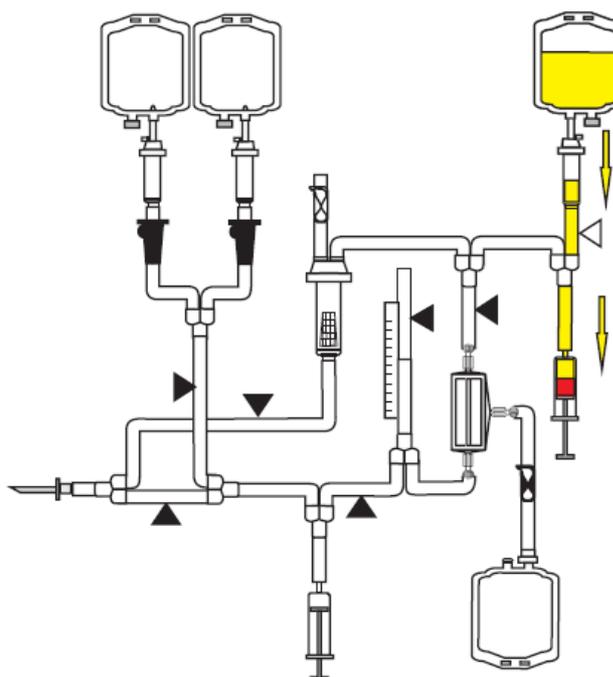


Рис.12. Схема экстракорпорального контура двухшприцевого мембранного плазмафереза; фаза забора донорской плазмы.

## ОДНОШПРИЦЕВОЙ СИНХРОННЫЙ ПЛАЗМООБМЕН

Чаще всего показания к такому методу плазмафереза возникают у недоношенных, для которых характерен целый ряд отягчающих факторов: малая масса тела (до 1 кг и менее), нестабильность гемодинамики и газообмена (как правило, они находятся на искусственной вентиляции легких), явления полиорганной недостаточности. Сам факт преждевременных родов говорит о патологическом течении беременности их матерей со значительными нарушениями гомеостаза и матери, и плода. При этом вопросы нормализации состава внутренней среды и детоксикации приобретают наибольшую актуальность, но в то же время возрастают и технические сложности проведения операции плазмафереза. Такие пациенты наиболее чувствительны к колебаниям ОЦК и водного баланса в целом. Поэтому представляются недопустимыми даже временные состояния гипо- или гиперволемии, а также и гипергидратации. В этих условиях требуются ограничения введения каких-либо иных растворов, кроме нативной донорской плазмы. Исключение не только изотонического раствора натрия хлорида, но и глюгицира позволило упростить схему экстракорпорального контура, удалив ветвь для введения антикоагулянта, поскольку глюгицир, составляющий около 30% объема донорской плазмы, полностью обеспечивает режим антикоагуляции во время операции (наряду с такой же умеренной системной гепаринизацией, описанной выше).

### Заполнение устройства

Все манипуляции по заполнению устройства выполняются аналогично описанным выше. Отличие состоит в том, что используется лишь одна емкость **12** с донорской плазмой, которой заполняют все отделы экстракорпорального контура.

### Проведение плазмообмена

Три фазы плазмообмена полностью соответствуют представленным на **рис. 6, 7, 8**. Однако применяется иное соотношение объемов донорской плазмы и крови - не 1:9, как при «базовой» методике, а примерно 1:1.

Окончательно это соотношение отрабатывается уже при первых циклах, исходя из принципа равенства объемов забираемой донорской плазмы и фильтрата. Коррекция этих соотношений проводится по ходу операции в зависимости от объемов использованной донорской плазмы и полученного фильтрата, а также в конце операции, когда допустимый дефицит объема возмещения в 15-25 мл ликвидируется после полного вытеснения крови из экстракорпорального контура пациенту.

### Расчет содержания плазмы в фильтрате

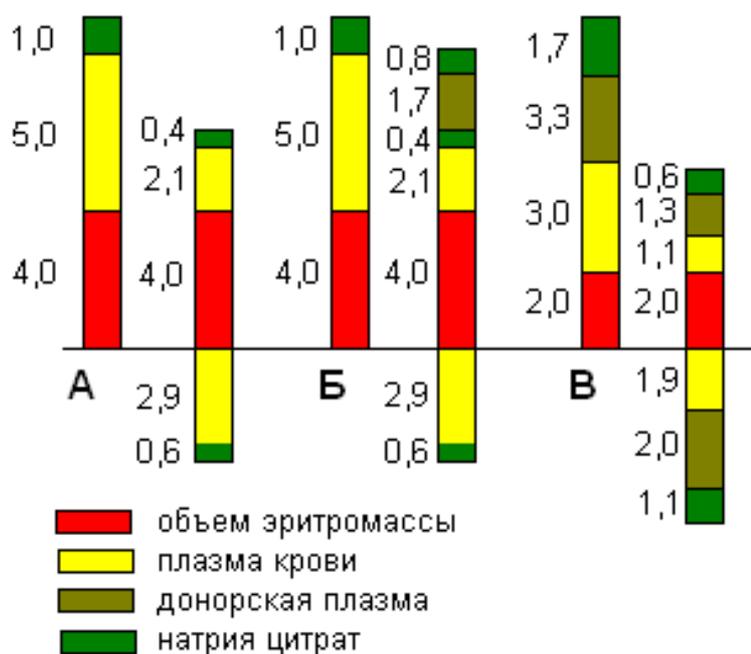
Эффективность плазмафереза определяется не столько объемом удаляемого фильтрата, сколько количеством содержащейся в последнем собственно плазмы, поскольку в каждом из описанных способов кровь дополнительно разбавляется раствором натрия цитрата или донорской плазмой перед пропуском ее через плазмофильтр. Структура

распределения объемов различных ингредиентов до и после плазмофильтра представлена на **рис.13**.

Цифры показывают объёмы соответствующих частей крови, антикоагулянта и донорской плазмы в *мл* при работе со шприцами емкостью 10 *мл*. На левых столбиках показано соотношение объемов до плазмофильтра. На правых столбиках выше горизонтальной линии показано соотношение объемов в реинфузируемой крови. Ниже линии показано соотношение объемов в фильтрате. Цифры слева от столбиков - объемы в *мл*.

Части диаграммы, расположенные ниже горизонтальной линии показывают соотношения соответствующих жидкостей и их объемы в фильтрате за каждый цикл.

Следует учитывать, что раствор антикоагулянта, добавляемый к крови, распределяется только в ее жидкой части - плазме. Поэтому, при базовой одношприцевой методике (**рис. 13, А**), несмотря на то, что в цельной крови натрия цитрата было 10%, в суммарной жидкой части (плазма + натрия цитрат) он составил 17%. После прохождения крови через плазмофильтр, независимо от эффективности фильтрации, содержание натрия цитрата в последнем будет также 17%, а собственно плазмы - 83%.



**Рис.13.** Структура и изменение объёмов компонентов крови и антикоагулянта при шприцевом мембранном плазмаферезе.

*А* - базовая одношприцевая методика,

*Б* – двухшприцевая методика,

*В* - одношприцевая методика синхронного плазмообмена.

Такое же соотношение натрия цитрата и собственно плазмы будет и при двухшприцевой методике (**рис.13, Б**). Однако донорская плазма полностью возмещает дефицит жидкой части крови, в то время как в первом случае после каждого цикла дефицит жидкой части крови нарастал на 2,5 *мл*.

При одношприцевой методике синхронного плазмообмена (**рис.13 В**) график наглядно иллюстрирует, что содержание собственной плазмы в

фильтрате составляет лишь 38%, остальной объем занимает донорская плазма, также в свою очередь состоящая из собственно плазмы и консерванта (глюгицира). Такая «нерентабельная» потеря донорской плазмы все-таки может быть оправдана простотой метода, меньшим количеством натрия цитрата, поступающего пациенту, и относительно небольшими общими объемами потребности в ней у недоношенных младенцев с малой массой тела.

### **Объемы удаляемой плазмы и принципы возмещения**

При разных клинических ситуациях возможны и различные тактические варианты удаления и возмещения плазмы. У новорожденных, особенно у недоношенных детей, объемы удаления плазмы могут достигать 1, 2 или 3 ОЦП, что требует для своего возмещения только нативную донорскую плазму, реже альбумин или коллоидные плазмозаменители. Кристаллоиды ограничиваются лишь неизбежным раствором натрия цитрата.

У детей в возрасте 1...3 месяца и старше, страдающих инфекционно-септическими заболеваниями и находящихся в тяжелом состоянии, также применяется тактика массивного удаления плазмы и возмещения её донорской. В менее тяжелых случаях возможно использование, наряду с белковыми препаратами, коллоидных и даже кристаллоидных растворов при заборе не более 0,5 ОЦП. При аллергических или аутоиммунных заболеваниях белковые препараты и плазма исключены и чаще всего используются кристаллоидные полиионные растворы при удалении до 0,3 ОЦП.

### **Ошибки и опасности мембранного плазмафереза**

Правильное соблюдение описанных методических приемов, антикоагуляционной тактики, допустимых объемов забора и адекватного замещения с учетом индивидуальных особенностей пациентов обеспечивает успешное проведение процедур мембранного плазмафереза.

Тем не менее, ряд опасностей существует. Возможна передозировка или индивидуальная чувствительность к гепарину, что может привести к повышенной кровоточивости. При возникновении такого осложнения или его повышенном риске требуется внутривенное введение антидота гепарина - 1% раствора протамин сульфата в дозе 1 мг на 85 ед. введенного гепарина.

При гипокальциемии (менее 1 ммоль/л) или больших количествах введенного раствора натрия цитрата требуется дробное введение по ходу и по окончании процедуры 10% раствора кальция хлорида в дозе 1 мл на 200 мл использованного и попавшего в организм глюгицира.

При исходной или возникшей по ходу процедуры гипергидратации показано использование диуретиков (лазикс, эуфиллин). При склонности к гиповолемии, особенно при сопутствующей анемии, показано дополнительное введение донорской крови, а при развитии ДВС-синдрома с тромбоцитопенией - введение лейко-тромбовзвеси.

При имевшем место или возникшем гемолизе показано введение растворов натрия гидрокарбоната, глюкозы, лазикса, эуфиллина.

## ПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПЛАЗМАФЕРЕЗА

### У новорожденных:

- Гипербилирубинемия, гемолитическая болезнь новорожденных, среднетяжелая, тяжелая степень, желтушная, желтушно-анемическая, отечная формы; показатели билирубина, согласно шкале Шабалова Н.П., Лешкевича И.А.

- Желтухи иной этиологии, имеющие показатели билирубина, превышающие предельно допустимые, согласно шкале Шабалова Н.П., Лешкевича И.А., признаки внутрисосудистого гемолиза, появление неврологической симптоматики (судороги, опистотонус, ригидность затылочных мышц) - основание для проведения мембранного плазмафереза на уровне билирубина от 150 и выше.

- Тяжелый шок, фаза децентрализации, гипоциркуляторная фаза (олигоанурия, диурез менее 25% от нормы, декомпенсированный метаболический ацидоз с РН менее 7,25, признаки коагулопатии потребления по коагулограмме), начальные проявления терминальной фазы, при условии реакции на симпатомиметики.

- Тяжелая асфиксия, с совокупной оценкой по шкале Апгар на 1-ой и 5-ой минутах в совокупности ниже 4 баллов, состояние после клинической смерти допускает проведение мембранного плазмафереза в стадии централизации (кома, декомпенсированный смешанный ацидоз, олигурия, признаки гиперкоагуляции по коагулограмме).

Сепсис, генерализованная инфекция. Применение гипериммунизированной плазмы.

Острая пневмония, синдром дыхательных расстройств.

### У детей старше 1 – 3 месяцев:

- Острые инфекции и септические состояния.

- Печеночная недостаточность, показатели белка сыворотки менее 25 г/л., наличие положительных тимоловых проб, сулемового теста (мембранный плазмаферез с заменой альбумином).

- Почечная недостаточность, олиго-анурическая стадия, диурез менее 0,3 мл/кг·час., наличие гипергидратации более 30% от массы тела при рождении, повышение уровней мочевины, креатинина более 20% от нормы.

- Синдром ДВС, клинически выраженная кровоточивость, снижение факторов свертывания более чем на 30%, при тромбоцитопении менее 70 тыс - обязательна коррекция тромбоцитов при проведении МПО.

- Наркотическая интоксикация, при наличии тяжелой неврологической симптоматики (судороги).

- Ожоги, травмы, отравления.

- Аллергические и аутоиммунные заболевания.

## **ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ**

- Недоношенность с массой тела менее 1500 г.
- Недоношенность с массой тела до 2000 г на ранних сроках (до 5 суток), наличие свежего внутрочерепного кровоизлияния при ранних сроках (до 3 суток).
- Далеко зашедшие случаи инфекции, сепсиса, терминальные фазы шока, при отсутствии реакции на терапию симпатомиметики (декомпенсированные расстройства гемодинамики и газообмена).
- Генерализованная внутриутробная инфекция с необратимыми поражениями внутренних органов.
- Пороки развития, наследственные заболевания.

## **ОЖИДАЕМЫЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ МЕМБРАННОГО ПЛАЗМАФЕРЕЗА**

Проведение мембранного плазмафереза по одной из описанных методик позволит обеспечить детоксикацию и выведение из организма ряда токсичных и патологических продуктов как экзо- так и эндогенного происхождения. Замена плазмы больного на донорскую обеспечивает более быстрое и стойкое восстановление иммунных механизмов защиты, нормализацию функций жизненно важных органов. В конечном итоге этим достигается перелом в течении заболеваний, выздоровление с меньшим риском остаточных явлений и хронизации процессов.

Накопленный опыт проведения операций мембранного плазмафереза у детей, новорожденных и недоношенных подтверждает это положение, поскольку наблюдалось как быстрое и эффективное улучшение лабораторных показателей (снижение уровня продуктов перекисного окисления и среднемoleкулярных олигопептидов, билирубина и свободного гемоглобина, трансаминаз и креатинина, повышение содержания общего белка и иммуноглобулинов, нормализация кислотно-основного состояния и клинических анализов крови и мочи), так и клинического статуса (нормализация гемодинамики и газообмена, выделительной и детоксикационной функций, неврологических проявлений). Обнадеживало и отсутствие каких-либо серьезных осложнений во время или после процедур, несмотря на крайне тяжелое состояние больных в ряде случаев.

Все это показывает перспективность использования этих методик, доступных не только крупным специализированным центрам, но и рядовым детским лечебным учреждениям.

198216, Санкт-Петербург, Ленинский пр., 140  
тел./факс (812) 376-90-79, тел. (812) 376-90-70  
E-mail: [plasma02@mail.wplus.net](mailto:plasma02@mail.wplus.net)  
[www.plasmafilter.spb.ru](http://www.plasmafilter.spb.ru)