

ГЕМОДИАЛИЗ

Гемодиализ (ГД) – процедура очистки крови вне организма с использованием искусственного фильтра (диализатора), через который проходит кровь пациента и освобождается от шлаков и избытка жидкости.

Диализатор и магистрали

Диализатор – устройство, в котором полупроницаемая мембрана отделяет очищаемую кровь пациента от очищающего («диализирующего») раствора. Для того чтобы стандартный диализ («очистение») проходил достаточно эффективно, необходимо соблюсти несколько условий:

- площадь мембраны диализатора должна составлять 1–2 м²;
- кровь должна протекать со скоростью не менее 250 мл/мин;
- диализирующий раствор должен протекать со скоростью не менее 500 мл/мин.

В современных диализаторах мембрана представлена капиллярными волокнами диаметром примерно 200 микрометров (0,2 мм), внутри которых протекает кровь, а снаружи капилляры омывает диализирующий раствор. В результате 1–2 м² мембраны «упакованы» в компактный цилиндр высотой в 30 см и диаметром в 5 см. Отметим, что так было не всегда: первые плоские диализаторы представляли собой многокилограммовое устройство на специальном столе.

Первыми в истории диализными мембранами были целлофановые «рукава», заимствованные у производителей сосисок. Позже производство диализных мембран из целлюлозы сменилось использованием полностью синтетических мембран или модифицированных целлюлозных (полусинтетических) мембран. Современные полусинтетические и синтетические мембраны по своим характеристикам отличаются незначительно, и каждая имеет широкий спектр вариантов.

Современные мембраны разделяют на:

- низкопоточные (low flux)
- средне-поточные (middle flux)
- высокопоточные (high flux)

в зависимости от их способности пропускать через себя средне- и вы-

сокомолекулярные соединения. Все мембраны обладают практически одинаковой возможностью удалять низкомолекулярные соединения, такие как мочевину, креатинин, мочевую кислоту, избыток калия, натрия, воды. Но в последние десятилетия выяснилось, что многие составляющие уремии обусловлены задержкой в организме не столько низкомолекулярных соединений, сколько средне- и высокомолекулярных веществ. Если сначала они обозначались общим термином «средне-молекулярные токсины», то за последнее десятилетие число установленных соединений, отвечающих за конкретные проявления уремии, перевалило за сто. Многие из них имеют достаточно высокий молекулярный вес и не выводятся даже высокопоточными мембранами.

К сожалению, беспредельно увеличивать проницаемость диализной мембраны нельзя: все-таки диализатор моделирует только первую фазу работы почек – фильтрацию. Почки после того, как профильтруют почти всю жидкую часть крови в первичную мочу, затем все нужное реабсорбируют (всасывают) обратно, выводя окончательно только ненужные и вредные продукты. В самых смелых современных проектах нет даже зачатков подобной функции для искусственных почек. Поэтому проницаемость диализной мембраны ограничивается некоторой разумной величиной, далеко отстоящей от проницаемости естественного почечного фильтра.

Для выбора высокопроницаемых мембран есть и еще одно ограничение. Дело в том, что проницаемость мембраны – двусторонняя. Если в диализирующем растворе содержится что-то, чего нет в крови, оно будет поступать в кровь, если сможет пройти мембрану. И на это мы рассчитываем в диализе, например, в отношении бикарбоната: его в крови диализного пациента мало, и этот недостаток компенсируется током бикарбоната из диализирующего раствора в кровь.

Но таким же путем в кровь могут попасть и вредные вещества. Понятно, что никто специально в диализирующий раствор вредные вещества подмешивать не станет, но, к сожалению, вода, из которой готовится диализирующий раствор, может быть не свободна от химических примесей и бактерий, а также продуктов их жизнедеятельности. Водопроводная вода проходит многоступенчатую очистку (см раздел *Системы очистки воды*) и освобождается от большинства химических загрязнителей до безопасного уровня, так же как и от бактерий; но одновременно из воды удаляется хлор, препятствующий размножению бактерий в воде, из-за чего при недостаточной обработке системы подачи воды и диализирующего раствора в некоторых застойных частях системы возможно размножение бактерий. Бактериальная стенка содержит среди прочего крупные молекулы липополисахаридов, являющиеся эндотоксинами – то есть, веществами,

провоцирующими воспалительные и другие неблагоприятные реакции в организме человека. Конечно, если сами бактерии попадут с током диализирующего раствора в диализатор, через мембрану в кровь они не проникнут. Но после распада бактериальной клетки эндотоксины из диализирующего раствора вполне могут попадать в кровь пациента. И чем выше проницаемость диализной мембраны, тем больше такая вероятность.

Обязательным условием использования высокопоточных диализаторов и гемодиализации является регулярный контроль за содержанием эндотоксинов в диализирующем растворе.

В случае если безопасный уровень эндотоксинов в диализирующем растворе не обеспечен, применение высокопоточных диализаторов (гемофильтров) может принести больше вреда, чем пользы. Для снижения риска попадания бактериальных эндотоксинов в кровь при использовании высокопоточных методик (высокопоточный гемодиализ, гемодиализация) в диализный аппарат устанавливаются дополнительные фильтры: один – для фильтрации диализирующего раствора, другой дополнительный – для фильтрации замещающего раствора, вводимого уже непосредственно внутривенно.

То же самое относится и к другим возможным загрязнениям воды для диализа и гемодиализных концентратов.

Очищающая способность (клиренсы) диализатора определяется не только материалом мембраны (и, соответственно, проницаемостью), но и площадью мембраны, которая в линейке однотипных диализаторов лежит в диапазоне от 1 до 2 м². По клиренсам диализаторов с учетом планируемой длительности проведения сеансов врач может подобрать для Вас оптимальный диализатор. Однако это лишь ориентировочный выбор. Убедиться в том, что проводимый диализ достаточен для Вас можно, проверив обеспеченную дозу диализа (смотри ниже).

Поступает в диализатор из сосудов и возвращается из диализатора в сосуды кровь по специальной системе магистралей. С ее помощью решаются следующие задачи:

- ✓ поддерживается необходимая скорость кровотока
- ✓ в поток крови вводится гепарин для предотвращения тромбирования контура крови
- ✓ исключается риск попадания в кровоток пузырьков воздуха
- ✓ контролируется давление в магистралах: артериальной (забора крови) и венозной (возврата крови)

Как уже говорилось, для эффективного диализа скорость кровотока должна составлять не менее 250–300 мл/мин, а для гемодиализации и высокопоточного гемодиализа – 350–400 мл/мин. Кровоток по

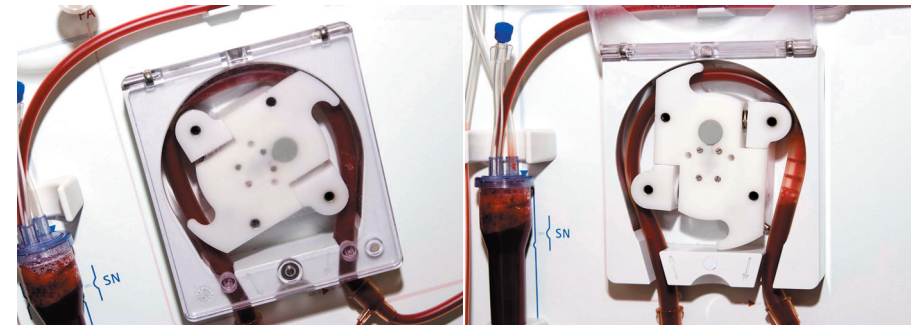


Рисунок 9. Полнокровный (А) и спавшийся (Б) сегмент магистрали при неудовлетворительном заборе крови из фистулы

магистрали обеспечивает так называемый перистальтический насос, который, прижимая двумя роликами специальный сегмент магистрали к треку, проталкивает очередные порции крови между роликами, вперед по магистрали. Следует учитывать, что гемодиализный аппарат в действительности определяет не скорость кровотока, а частоту вращения насоса крови, и лишь перемножением числа оборотов на диаметр насосного сегмента получается объемная скорость кровотока, выводимая на индикатор или дисплей. Из этого следует, что если сегмент не будет «полнокровным» (а будет выглядеть спавшимся), на индикаторе мы увидим явно завышенный кровоток, которого в действительности нет (рисунок 9).

Заметим, что иногда из-за технических проблем с забором крови или в рамках купирования нежелательных явлений во время сеанса скорость кровотока сознательно на время уменьшают, а вернуть исходную величину скорости после разрешения проблем забывают. Надо помнить тот тезис, с которого мы начали: без достаточной скорости кровотока не может быть эффективного диализа.

Современные диализаторы, магистрали и фистульные иглы производители стремятся сделать максимально биосовместимыми: такими, чтобы биологические системы распознавания «свой-чужой» минимально реагировали на чужеродную поверхность. Однако биологические системы и созданы природой для того, чтобы распознавать любое отклонение от «родного» и бескомпромиссно атаковать его. Смысл этого – в защите от вторжения других организмов и от перерождения (например, опухолевого) своих клеток. Одной из таких систем является система свертывания крови, которая активируется при контакте с любой поверхностью, кроме внутренней поверхности сосудов, «полагая», что произошло нарушение целостности сосуда, и следует немедленно остановить кровотечение. Поэтому при проведении любых процедур с циркуляцией крови по искусственным магистралям приходится

применять препараты, тормозящие активность системы свертывания крови. Как правило, это – **гепарины**. Гепарин бывает обычным (не-фракционированным). Тогда продолжительность его действия примерно соответствует длительности диализа, и он может применяться как непрерывной инфузией, заканчивающейся за час до окончания диализа, так и введением всей запланированной дозы за 1–2 раза в начале (и в середине) сеанса диализа. Часто для проведения диализа используются низкомолекулярные гепарины (фраксипарин, клексан, фрагмин). Они вводятся однократно, несколько снижают риск кровотечений по сравнению со стандартным гепарином (например, при наличии язвенной болезни), поскольку действуют более прицельно именно на тот компонент системы свертывания крови, который активируется при контакте с чужеродной поверхностью. Однако они имеют большую продолжительность действия, из-за этого дольше может не наступать окончательная остановка кровотечения из места пункции фистулы (необходимо дольше держать повязку), возникать незначительная, но продолжительная кровоточивость (например, носовые кровотечения, при удалении зуба и т. д.). Именно по этой причине визиты к стоматологам Вам всегда следует согласовывать с врачом диализного центра, чтобы можно было скорректировать режим гепаринизации.

При очень высоком риске кровотечения (например, при кровоточащей язве желудка или двенадцатиперстной кишки, в раннем периоде после геморрагического инсульта и т.п.) диализ может проводиться без гепарина. При этом диализ проводят короткий, на кровотоке более 300 мл/мин, полностью освободив магистрали от воздуха (в том числе, и в воздушной ловушке), меняя диализатор и магистрали при любом подозрении на начавшееся тромбирование. Промывание контура физраствором каждые 30 минут, если и не препятствует тромбированию, позволяет, по крайней мере, выявить его начальные проявления.

Подключение диализного аппарата к пациенту

Непосредственно к пациенту *экстракорпоральный* контур (=путь крови *вне тела*, то есть магистрали и диализатор) подключается с помощью фистульных игл (если не используется катетер). Это – очень важный аспект лечения диализом:

- ✧ от правильного использования фистулы зависит длительность ее существования и эффективного функционирования без осложнений
- ✧ от правильного подключения зависит эффективность диализа
- ✧ от правильного подключения зависит безопасность пациента

В фистульную вену вводится как минимум 6 фистульных игл в неделю, 25 в месяц, 300 в год. А диализом пациент может лечиться не одно

десятилетие. Мест же для создания новых фистул не так много, да и любая операция небезболезненна и безразлична. Поэтому фистулу необходимо беречь.

Начало использования фистулы

Крайне нежелательно использовать фистулу ранее месяца от ее формирования. За этот срок стенка фистульной вены утолщается и упрочняется, а сама вена расширяется под повышенным давлением, а также фиксируется в окружающих тканях. Все это уменьшает риск кровотечения и гематом (излития крови под кожу) при пункциях. Единственным разумным способом обеспечить этот месяц для созревания фистулы является своевременное ее формирование, а для этого пациент с ХБП-IV регулярно наблюдаться в диализном центре. Не призывая Вас расстаться с нефрологом, который вел Вас, может быть, много лет до ХПН и хорошо Вас знает, отметим одно важное обстоятельство. Вместе с Вашим врачом Вы несколько лет боролись с активностью заболевания, тормозили прогрессирование хронической почечной недостаточности. И именно эти достижения наблюдают и фиксируют в своем опыте врачи-нефрологи, не связанные непосредственно с диализным центром. Последнюю же фазу перехода от внешне благополучных 30–15 мл/мин клубочковой фильтрации к развивающейся иногда в течение нескольких дней анурии (резкому снижению диуреза) с быстрым ростом азотемии, артериального давления, задержки жидкости вплоть до отека легких – не наблюдает никто. Просто пациент попадает в стационар экстренно в тяжелом состоянии, причем, не всегда в этом тяжелом состоянии сразу распознают уремию, иногда это:

- пневмония, развившаяся на фоне жидкости в легких (*пульмонология*)
- динамическое или стойкое нарушение мозгового кровообращения – результат подъема артериального давления (*неврология*)
- сердечная недостаточность на фоне задержки жидкости и подъема артериального давления (*кардиология*)
- желудочное кровотечение или обострение язвенной болезни из-за нарастания азотемии (*гастроэнтерология или хирургия*)
- затруднение дыхания на фоне отека дыхательных путей и легких (*ЛОР*)
- маточное кровотечение на фоне гормональных нарушений (*гинекология*)
- ухудшение течения сахарного диабета как с разрегулировкой ранее стабильных сахаров, так и с тяжелыми гипогликемиями (*эндокринология*)
- повреждение костно-суставного аппарата при травмах из-за

наросшей слабости при сохранении пациентом прежнего ритма жизни (*травматология*)

➤ резкое ухудшение зрения (*офтальмология*)

Перечисление это – не «страшилка», а просто перечень отделений многопрофильного стационара, откуда мы собираем на диализ тех пациентов, **которые до последнего старались оттянуть начало диализа**. Конечно, ни о какой фистуле в таких ситуациях не идет речь. Диализ начинается на катетерах, и лишь после стабилизации состояния появляется возможность создать фистулу. Катетеры часто не проходят бесследно: в 40% случаев после подключичного катетера и в 10% случаев после яремного (югулярного) катетера спустя длительное время формируются стенозы (сужения) центральных вен, лечение которых часто трудоемко, затратно и малоэффективно. Иногда приходится повторно применять дорогостоящие и малодоступные технологии, например, баллонную дилатацию со стентированием, но и они спасают лишь на несколько месяцев (рисунок 10).

Единственный реальный выход – своевременно сформированная фистула – при ХБП-IV (СКФ – 29–15 мл/мин, креатинин – 300 мкмоль/л у женщин и 400 мкмоль/л у мужчин). Конечно, при документированном медленном снижении клубочковой фильтрации можно на некоторое время отложить формирование фистулы, но только при регулярном – не менее раза в месяц – контроле креатинина, общего состояния и других лабораторных данных.



Рисунок 10. Нарушение оттока крови из руки из-за тромбоза – последствия установки центрального катетера

Иногда пациент поступает с высокой азотемией, но в стабильном состоянии, позволяющим сразу создать фистулу. При хорошем состоянии сосудов технически фистульную вену иногда можно пунктировать почти сразу; и тогда перед Вашими врачами встает непростой выбор: **или** устанавливать для немедленного начала диализа катетер с присущими ему рисками: непосредственными (инфекция, повреждение внутренних органов при установке и др.) и отдаленными (стенозы центральных вен), **или** рисковать несозревшей фистулой и начать диализ сразу на ней.

Оба варианта хуже. Не ставьте своих врачей перед таким выбором. Приходите вовремя на формирование фистулы!

Первые пункции даже созревшей фистулы, а тем более – недостаточно сформированной – могут сопровождаться небольшими или заметными подтеканиями крови под кожу. Это происходит или вдоль иглы из-за еще недостаточно плотной сосудистой стенки при высоком давлении внутри сосуда, или при травмировании свежей фистульной вены иглой. В области пункции образуется гематома, которая быстрее рассосется, если Вы будете мазать ее гепариновой мазью и накладывать на ночь *полуспиртовой* (водочный) компресс: слегка смоченную 40–45% спиртом вату прикладывают к области гематомы и *неплотно* оборачивают пергаментной бумагой или полиэтиленовой пленкой (оставьте коже возможность дышать!).

Не забывайте слушать свою фистулу. Это должно стать для Вас такой же рутиной, как измерение артериального давления или умывание по утрам.

Пункция фистулы

При пункции фистулы для проведения сеанса диализа нарушается целостность как кожного покрова, так и стенки вены. Поэтому в зоне пункции создается зона относительной асептики (отсутствия микроорганизмов), что достигается тем, что кожа обрабатывается дезинфицирующим раствором, и рука укрывается стерильной салфеткой. Конечно, в течение 4–5 часов совершенно стерильной (как была непосредственно перед пункцией) эта зона не останется, но имеет смысл стараться сохранить ее чистой. Обработка дезинфицирующим раствором будет эффективной, если Вы войдете в диализный зал, тщательно вымыв предплечье с фистулой и вытерев насухо. Не пользуйтесь висящими у раковин тряпичными полотенцами; если нет одноразовых – придите со своим.

Участки кожи, где проводились многократные пункции, становятся менее чувствительными. По намеченным точкам легче попадать в фистульную вену. Поэтому и у пациента, и у персонала существует соблазн не отклоняться от однажды намеченных мест пункции. Однако это неправильная позиция, и от нее следует отказаться. Многократные проколы одного и того же участка тканей (кожи и сосудистой стенки) приводят к их истончению, возникает риск кровотечения и инфицирования. В таких местах часто образуются аневризмы – значительные расширения фистульной вены (рисунок 5Б), склонные к травматизации, инфицированию и тромбированию. Для предотвращения осложнений аневризмы приходится ушивать.

Следует пунктировать последовательно все доступные участки фистульной вены, чтобы не допускать образования участков с истонченными тканями.

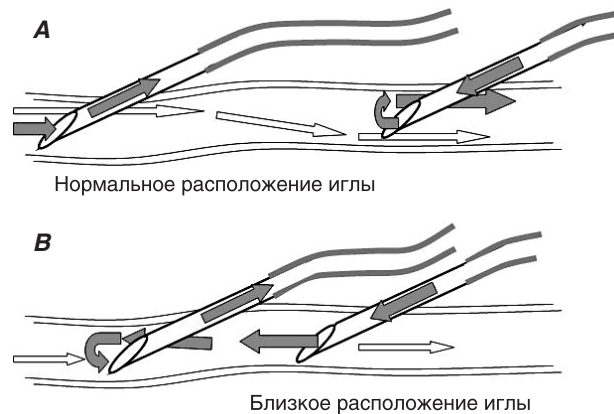


Рисунок 11. Схема образования рециркуляции крови по сосудистому доступу: при нормальном расположении игл (A) часть кровотока проходит по иглам, магистралям и диализатору, продолжая затем движение к центру; при близком расположении игл (B) значительная часть крови из возвратной (венозной) иглы обратным током по вене возвращается к заборной (артериальной) игле

По хорошо функционирующей фистуле протекает кровоток в 400–600 мл/мин и более. Кровоток по магистралям экстракорпорального контура должен составлять около 300 мл/мин (или выше при гемодиализации). Таким образом, в фистульную иглу из кровотока по вене забирается значительная (если не основная) часть. Если артериальная (забор крови) и венозная (возврат крови) иглы будут расположены слишком близко, не исключено образование рециркуляции крови (рисунок 11): только что прошедшая диализатор (и очищенная) кровь будет течь не дальше по вене к сердцу, а возвращаться в артериальную иглу и снова проходить по диализатору (уже без всякой пользы).

Если рециркуляция будет составлять значительную часть кровотока по диализатору, его эффективность может значительно снизиться: просто не от чего будет очищать уже прошедшую через диализатор кровь.

Таким образом, фистульные иглы должны быть введены возможно дальше друг от друга.

Безусловно, забор крови (артериальная игла) должен осуществляться из иглы ближе к соустью с артерией, а возврат – дальше по току крови; при противоположном расположении игл рециркуляция будет очень значительной, если не 100%-ной.

Ход сеанса гемодиализа

Как правило, сеанс диализа длится 4–5 часов. Короче сеанс диализа может быть, **только** если у пациента имеется существенная остаточная функция почек (в начальный этап лечения гемодиализом), когда более мощный диализ ему еще не нужен, **или** пациент получает **более 3** сеансов диализа в неделю.

За счет увеличения размера диализатора нельзя уменьшить время сеанса.

Дело в том, что задачей диализа является очищение не только крови, но и всех тканей тела, а точнее – всех водных секторов (или пространств) тела, поскольку именно в жидкостях тела растворены те вещества, которые подлежат удалению. Такими водными пространствами являются:

- кровь – 5 литров
- межклеточная жидкость – 10 литров
- внутриклеточная – 15 литров

Непосредственно в диализаторе очищается только кровь. Кровь, в свою очередь, забирает подлежащие выведению вещества из межклеточной жидкости. И только уже межклеточная жидкость забирает токсичные вещества из внутриклеточного пространства, а именно оно имеет наибольший объем, и требуется время, чтобы из этого самого удаленного от диализирующего раствора пространства «вытащить» уремические токсины. Кроме того, из разных тканей вещества удаляются с различной скоростью. Параллельно удаляется вода – и тоже неравномерно (рисунок 12).

В результате в ходе гемодиализа нарушается равновесие концентраций различных веществ между клетками тканей, межклеточной жидкостью и кровью; состояние обозначают латинским словом дизэк-

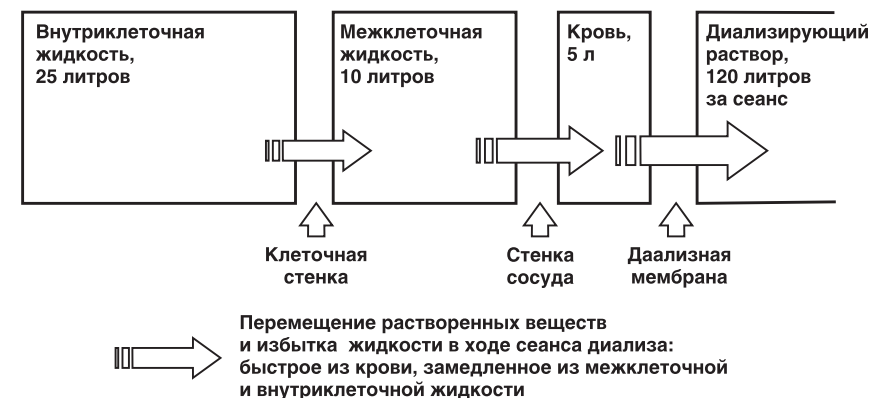


Рисунок 12. Водные сектора тела во время диализа

вilibриум – «нарушенное равновесие». К сожалению, это неизбежное последствие прерывистого диализа: если почки (и перитонеальный диализ) работают 24 часа в сутки 7 дней в неделю, то стандартный гемодиализ проводится по 4–5 часов через день. Чувствительность у дизэквилибриума у разных пациентов различна: кто-то его не замечает, кто-то тяжело переносит. Снизить выраженность дизэквилибриума можно, удлив диализ (с менее мощным диализатором) или увеличив частоту сеансов (с менее мощным диализатором или более короткими сеансами). С другой стороны можно понизить чувствительность к дизэквилибриуму, справившись с некоторыми осложнениями уремии; прежде всего, это –

- **анемия** (уровень гемоглобина у диализного пациента должен находиться в диапазоне 110–120 г/л, а для этого нужны железо и эритропоэтин)
- **дефицит белков** (уровень альбумина у диализного пациента должен быть не ниже 40 г/л, а для этого нужно полноценное питание и отсутствие воспаления)

В ходе диализа наряду с очищением крови проводится удаление избытка воды. **Удаление воды** из крови происходит благодаря тому, что диализирующий раствор протекает в диализаторе под отрицательным давлением, которое создает гемодиализный аппарат. Современные аппараты управляют этим отрицательным давлением таким образом, чтобы за сеанс было удалено заданное количество жидкости – тот объем, который накопился с прошлого сеанса диализа.

Этот объем оценивается по увеличению веса со времени окончания последнего сеанса: за два дня мышечная масса или жировые отложения не могли существенно измениться, значит, вся прибавка веса после прошлого сеанса – результат поступления воды в организм. Часто мы слышим от пациентов о том, что воду они не пьют, и откуда взялась такая прибавка – не знают. Объяснение (если только пациент искренен в отношении питья) простое: большинство продуктов содержат в себе значительное количество воды: более чем на 90% из воды состоят многие фрукты, значительное количество ее – в овощах (зависит от способа приготовления), да и крупы мы не едим сухими: в кашах воды не менее 70%. Ежедневно подсчитывать количество воды во всех продуктах – затруднительное занятие. Тем более что есть и еще один источник воды. В процессе обмена веществ и окисления водорода, входящего в состав белков, жиров и углеводов, образуется эндогенная «вода окисления», причем ее количество зависит от вида распадающихся субстратов и уровня обмена веществ. Так, в покое при окислении 100 г жира образуется более 100 мл воды, 100 г белка – около 40 мл воды, 100 г углеводов – 55 мл воды. Повышение физической активности ведет к резкому увеличению образуемой эндогенной

воды, поскольку повышенная потребность в энергии приводит к более полному окислению субстратов.

Проще и надежнее поэтому, ограничивая себя разумным количеством воды в чистом виде, остальную воду учитывать, регулярно взвешиваясь, при необходимости – по несколько раз в день. Со временем Вы поймете, какие продукты из Вашего привычного рациона добавляют воды и приводят к избыточным междудиализным прибавкам веса.

Какие прибавки считать допустимыми?

В идеале для исключения колебаний артериального давления между сеансами и мягкого течения сеанса диализа (без ультрафильтрации) было бы хорошо, чтобы прибавок веса не было. К сожалению, для большинства диализных пациентов это невозможно: диурез на гемодиализе быстро снижается. Моча – не единственный путь выведения воды из организма: около полулитра воды мы выдыхаем с увлажненным воздухом из легких и примерно столько же испаряется с кожи при комфортной температуре (а в жару – в несколько раз больше). Но этих путей выведения вместе с остаточным диурезом, как правило, недостаточно. Недостающее приходится удалять в ходе диализа.

Междиализная прибавка веса в любом случае не должна превышать 5% от веса тела. Лучше – меньше!

Сказанное относится и у удлинненному междудиализному промежутку времени – трое суток вместо двух (включающему воскресенье: с пятницы до понедельника и с субботы до вторника). Более того, именно за удлинненный промежуток времени в крови накапливается больше уремических шлаков, и можно ожидать более выраженный дизэквилибриум в ходе диализа, то есть больше осложнений и худшую переносимость сеанса, если придется удалять больше жидкости. А в междудиализный промежуток времени излишняя прибавка быстрее поднимет артериальное давление и, соответственно, риск серьезных осложнений, вплоть до инсульта – нарушения мозгового кровообращения.

Известно, что именно на окончание длинного междудиализного интервала приходится до 40% всех смертей гемодиализных пациентов. В некоторых центрах существует даже практика отказа от традиционной трехразовой схемы лечения (пнд-ср-пт или вт-чт-сб) и переход на режим диализа через день без учета дней недели: по четным или по нечетным числам месяца. Воскресенье становится обычным диализным днем.

Осложнения во время диализа

В ходе диализа (надемся, в Вашем отделении – нечасто) случаются осложнения, связанные с нарушениями работы гемодиализных аппаратов или ошибками персонала. Мы разберем их позже. К сожалению, основные осложнения связаны с самой процедурой диализа. Полезно,

чтобы пациент понимал их происхождение и вместе с персоналом диализного отделения стремился к снижению их частоты.

Наиболее частые осложнения сеанса диализа связаны с быстрым перемещением воды, электролитов и осмотически активных веществ:

- гипотония (падение артериального давления)
- судороги в мышцах (чаще – голеней)

Гипотония

Падение артериального давления (гипотония) происходит тогда, когда в сосудах остается недостаточный объем крови: вода из крови удаляется в диализирующий раствор, а из межклеточной жидкости поступает недостаточно быстро. Сердцу просто нечем поднять давления в сосудах. Гипотония может быть тяжело переносимым или почти незаметным для разных пациентов, начинаться постепенно или внезапно: дело в том, что в организме существуют надежные способы компенсации уменьшения объема крови, в первую очередь, это сужение сосудов в тех органах, которые организм считает в данную минуту неважными. Но у всякой компенсации существуют пределы возможности – и тогда артериальное давление падает.

Пациент ощущает внезапную слабость, тошноту (может начаться рвота), позывы на дефекацию, «потемнение в глазах», возможна утрата сознания. В повседневной жизни мы называем это – «падать в обморок», только пациент лежит в кресле (кровати) и падать никуда не может. Все это – признаки уменьшения кровоснабжения различных органов: мышц, желудка, кишечника, сетчатки глаза, головного мозга. У пациентов, страдающих стенокардией, первым может ощущать ухудшение кровоснабжения сердце – начнется приступ загрудинных болей.

Нельзя ожидать, пока гипотония проявится полностью! При первых, даже сомнительных признаках гипотонии срочно зовите персонал. Есть простые и быстрые способы исправить ситуацию.

Состоят эти способы в увеличении объема циркулирующей крови: внутривенно вводится или некоторый объем физиологического раствора (что сразу устраняет причину – дефицит объема крови), или осмотически активные вещества, которые «вытаскивают» в кровь воду из межклеточной жидкости (на что требуется некоторое время). Такими осмотически активными веществами могут быть:

- концентрированный раствор соли («гипертонический раствор – NaCl 10%»)
- концентрированный раствор глюкозы (менее эффективен и неблагоприятен для пациентов с сахарным диабетом)

- растворы полимеров глюкозы (еще менее эффективны, но с более длительным эффектом)

ВСЕ ЭТИ СПОСОБЫ – ПЛОХИЕ

Дело в том, что в ходе сеанса диализа нужно не вводить в пациента воду и соль, а удалять. Введением физиологического раствора мы уничтожаем достигнутый к этому результат ультрафильтрации – удаление жидкости. Введенная соль и глюкоза очень быстро распространятся по всем водным пространствам тела, соль снова придется удалять, а глюкоза включится в обмен веществ, снизит аппетит и отложится жировой тканью. Кроме того, если соль вводится незадолго до окончания сеанса диализа, она не успеет вывестись, и будет причиной повышенной жажды до следующего сеанса диализа.

Образуется замкнутый круг.

Поэтому гипотонию следует всеми способами предотвращать! Главный из них – уменьшение скорости удаления жидкости.

Сеанс диализа значительно удлинить едва ли возможно по ряду причин, остается – **уменьшить междиализные прибавки веса**, а значит – жидкости. И здесь – главная надежда на разумное поведение пациента. Мы лишь можем помочь советами:

- главная причина жажды – соль; изъев ее избыток из рациона, Вы легче сможете отказаться от избытка питья
- много соли содержится в готовых приправах, консервах
- жажду можно отчасти утолить, и не глотая воду, а лишь полоская рот и горло, особенно – подкисленной водой
- некоторые лекарственные препараты вызывают сухость во рту; обсудите с Вашим врачом возможность их замены другими

Если междиализные прибавки веса небольшие (менее 3–5% веса тела), а гипотонии все же происходят, возможно, Вы вместе со своим врачом установили слишком **низкий** вес, к которому стремитесь – так называемый, «**сухой вес**»: на самом деле, Ваш вес должен быть несколько выше. В этом случае гипотонии возникают к концу сеанса диализа. Двигаться в направлении увеличения сухого веса следует с большой осторожностью: если после диализа будет оставаться много реально лишней жидкости, это станет главной причиной повышения артериального давления в междиализный промежуток, с которым медикаментозной терапией будет не справиться (смотри раздел про артериальную гипертензию).

Есть и другие важные способы предотвращения гипотонии, но их возможности несопоставимы с отказом от потребления избытка соли и воды.

Склонность к гипотониям на фоне приемлемых междиализных прибавок веса и при правильно определенном сухом весе могут уве-

личить некоторые **неблагоприятные факторы**, их коррекция может снизить частоту гипотонии:

- **анемия** (низкий уровень гемоглобина – вероятно, требуется лечение препаратами эритропоэтина и железа, подробно – смотри в разделе об анемии)
- **низкий уровень белка** в крови (одна из функций белка – удерживать воду в сосудистом русле; вероятно, требуется пересмотр диеты, лечение воспалительных заболеваний)
- сердечно-сосудистая патология (**сердечная недостаточность**, в первую очередь; причем проявления сердечной недостаточности могут усиливаться приемом некоторых медикаментов, возможно, потребуются коррекция терапии)
- **диабет** (коррекция уровня глюкозы едва ли обернет вспять произошедшие в организме пациента с сахарным диабетом изменения, но пациенты с начальными стадиями сахарного диабета должны помнить, что именно плохая коррекция уровня глюкозы приводит и к сердечной патологии, одним из проявлений которой будет плохая переносимость диализа)
- **гипотиреоз** (пониженная функция щитовидной железы, часто встречающаяся у пациентов с ХПН, способствует гипотониям; выявленный по анализу уровня тиреоидных гормонов гипотиреоз относительно просто компенсируется заместительной терапией гормонами)

Отказ от приема пищи во время диализа может способствовать урежению гипотоний: прием пищи вызывает прилив крови к желудочно-кишечному тракту, и этого объема сердечно-сосудистой системе может как раз и не хватить для поддержания артериального давления.

Снижению частоты гипотоний может способствовать **профилирование** уровня **натрия** и **ультрафильтрации** во время диализа. Суть метода следующая: первую часть диализа проводят при повышенном содержании натрия в диализирующем растворе. Благодаря этому не снижается (или даже немного повышается) уровень натрия в крови, что поддерживает артериальное давление. В этот же период устанавливается повышенная скорость ультрафильтрации – удаления воды. Оставить высокий уровень натрия в диализирующем растворе до конца сеанса диализа нельзя: это приведет к сохранению высокого натрия в крови, а как следствие – жажде, большой прибавке веса, высокому артериальному давлению. Поэтому к концу диализа уровень натрия постепенно снижается, и избыток натрия отмывается. Но к этому времени уже достигнут другой результат – удаление воды, и ультрафильтрация (способная вызвать гипотонию) уже не нужна. Так, разделяя во времени удаление воды и натрия, у некоторой части пациентов можно добиться снижения частоты гипотоний. Большинство

моделей современных гемодиализных аппаратов поддерживают эту технологическую возможность. До предела упрощенным вариантом профилирования являлся так называемый последовательный диализ, когда сначала в течение назначенного времени проводился диализ почти без ультрафильтрации, а затем в течение короткого времени (до часа) проводилась ультрафильтрация без диализа. В настоящее время этот вариант почти не используется, поскольку время лечения существенно увеличивается (ультрафильтрацию нельзя проводить за счет сокращения времени диализа), кроме того, на ультрафильтрации теряется значительное количество бикарбонатов, а это – движение в сторону нежелательного ацидоза (смотри ниже).

Напротив, тщательная **коррекция ацидоза** гемодиализом или дополнительным приемом бикарбоната натрия (соды) может снизить вероятность гипотонии.

Как правило, значительной долей пациентов лучше, чем гемодиализ, переносится более сложная процедура – **гемодиофильтрация**. При ее проведении среди прочего у многих пациентов снижается частота гипотоний. К сожалению, это процедура требует специального гемодиализного аппарата, высокопоточных диализаторов (гемофильтров) дополнительных расходных материалов, дополнительного контроля за качеством воды и диализирующего раствора (который в данной технологии частично вводится внутривенно), а потому существенно дороже и не всегда доступна.

Напротив, относительно простым способом бороться с гипотонией является доступное во всех диализных аппаратах **понижение температуры диализирующего раствора**. В быту каждому известно, что прохлада всегда бодрит, а на жаре мы «раскисаем». Объяснение – в сосудистом тоне. Стремясь на холоде уменьшить потери тепла с поверхности тела, сосуды суживаются, емкость сосудистого русла уменьшается, сердцу легче поддерживать артериальное давление. Напротив, раскрываясь на жаре, сосуды отводят тепло из организма, но этим повышают емкость сосудистого русла, и крови на поддержание давления может в какой-то момент не хватить. На практике температуру диализирующего раствора снижают постепенно, по полградуса за несколько сеансов, оценивая результат и не допуская явного дискомфорта. Замечено, что при использовании охлажденного диализирующего раствора у пациентов, получающих диализ во вторую и третью смены, облегчалось засыпание, и улучшался сон.

Нет убедительных свидетельств тому, что **терапия артериальной гипертензии** может способствовать развитию эпизодов гипотонии, однако не исключено, что некоторым пациентам оправдано принимать гипотензивные препараты после диализа. Прием **мидодрина (Гутрон)** способен препятствовать эпизодам гипотонии. Есть также

свидетельства в пользу метаболического препарата **карнитина**, который, может улучшать сердечную функцию.

Таким образом, существует целый ряд возможных путей профилактики гипотоний, и с учетом особенностей Вашего состояния врач выберет необходимые и приемлемые для Вас.

Важно подчеркнуть, что все усилия могут быть перечеркнуты без разумного ограничения потребления соли и воды. Это – необходимая основа профилактики эпизодов гипотонии.

Судороги

Судороги могут быть локальными (в группе мышц – чаще – на голени или бедре) или общими. **Общие** судороги с потерей сознания являются проявлением тяжелого страдания головного мозга, на диализе встречаются только при неблагоприятном течении вводного периода, и здесь мы не будем их рассматривать.

Для гемодиализного пациента типичными могут быть **локальные** судороги.

Как правило, подобно гипотониям они становятся проявлением дефицита объема крови и слишком быстрых перемещений воды и натрия между водными секторами тела – внутриклеточного, межклеточного и кровью.

Возникновение судорог существенно учащается **при достижении в ходе диализа веса ниже уровня «сухого»**, и в этом случае они служат просто указанием на данный факт. Указанием, заметим – не очень хорошим. Лучше его избегать, двигаясь в направлении поиска «сухого веса», – снижать вес маленькими шажками: ведь избыточное удаление жидкости может привести к гипотониям со всеми неблагоприятными последствиями (смотри выше).

Судороги могут возникать на диализе (равно как и после него) и при весе выше «сухого». И тогда это свидетельствует о **слишком быстром удалении воды или натрия**. Возможно, следует удлинить сеанс диализа. И, конечно, многое зависит от того, с каким весом и с каким уровнем натрия Вы придете на очередной сеанс. Чем больше прибавка веса и чем больше Вы съели соли со времени прошлого диализа, тем быстрее придется их удалять за фиксированное время сеанса. И значит – вызывать судороги и гипотонию!

Существуют некоторые **вспомогательные** медикаментозные средства, облегчающие судороги: метаболический препарат карнитин, используемый в неврологии габапентин, витамин Е; ряд других препаратов несут в себе многочисленные побочные эффекты.

Сухой вес

«Сухой вес» пациента – тот вес, к которому следует стремиться к окончанию сеанса диализа. Нормально функционирующие почки (вместе с другими органами) способны точно поддерживать тот объем жидкости, который необходим организму для нормального функционирования. К сожалению, мы не располагаем способом заместить эту почечную функцию: точно установить, сколько воды оставить в организме, то есть, каков должен быть вес тела после диализа. В то же время, это очень важно!

- избыток веса (=избыток воды) приведет к трудноуправляемому росту артериального давления и избыточной нагрузке на сердце и сосуды: ведь часть лишней воды будет циркулировать в кровеносной системе
- слишком низкий вес (=дефицит воды) будет приводить к гипотониям, судорогам, плохому аппетиту, неудовлетворительному сну

Вам вместе с Вашим врачом предстоит найти оптимальный вес, чтобы обойти обе эти крайности. Существуют несколько инструментальных и лабораторных тестов для выявления избытка или недостатка воды в организме пациента, однако они не используются широко, поскольку не всегда доступны и не всегда точны. На практике сухой вес устанавливается медленным понижением целевого значения от сеанса к сеансу: при приближении к сухому весу улучшается течение артериальной гипертензии (или она исчезает), уходят отеки, в конце сеанса диализа может снижаться давление и появляться предвестники судорог. Значит – следует остановиться и считать этот (или на полкилограмма больше) вес сухим.

Достижению сухого веса может препятствовать:

- **анемия**
(Достаточна ли доза эритропоэтина и железа? Нет ли других причин для анемии? – смотри раздел по анемии)
- **низкий уровень белка**
(Удовлетворительно ли питание? Нет ли других причин для дефицита белка? смотри раздел по питанию)

Доза гемодиализа

Лечение диализом, как и любое другое лечение должно быть дозированным. Здесь имеет значение достижение некоторой минимально необходимой дозы очищения. Верхняя граница на практике отсутствует: много диализа быть не может, поскольку в самых мощных вариантах диализ не дотягивает и до четверти очищающей способности почек.

Существуют различные способы оценки дозы диализа, обеспеченной проведенным лечением. Два самых простых и надежных варианта

основаны на измерении уровня мочевины в крови до и после сеанса гемодиализа. В многочисленных исследованиях было установлено, что результаты лечения лучше, если в ходе сеанса уровень мочевины снижается не менее чем на 65–70%: если до диализа был 25 ммоль/л, после диализа должен быть не выше 7–8 ммоль/л. Этот показатель обозначается как Доля Снижения Мочевины (ДСМ), или в англоязычном варианте – Urea Reduction Ratio (URR).

Более сложный способ, также основанный на степени снижения мочевины в ходе диализа, учитывает вклад ультрафильтрации, рассчитывается сложнее и обозначается как Kt/V :

$$Kt/V = -\ln(R - 0,008t) + (4 - 3,5R) \times UF/BW,$$

где R – отношение концентраций мочевины после и до диализа, UF – объем ультрафильтрации за сеанс (л), BW – вес тела (кг), t – длительность сеанса (час).

Важно подчеркнуть, что для правильной оценки дозы диализа требуется взять пробы крови по точным, хоть и несложным правилам:

- проба крови «до диализа» берется из фистульной иглы до начала подключения;
- проба крови «после диализа» берется из артериальной магистралы или фистульной иглы до начала отключения после 1 минуты замедленного (до 50 мл/мин) кровотока, отключения ультрафильтрации и потока диализата (то есть, фактической остановки диализа).

В противном случае лаборатория получит искаженные текущим диализом или разведением физраствором пробы крови, которые не будут отражать истинную дозу полученного диализа.

Дозой диализа не ограничиваются требования к эффективному или, как говорят, адекватному диализу, но минимальные требования должны быть обеспечены у всех пациентов:

- доля снижения мочевины не менее 65–70%
- Kt/V – не менее 1,2–1,4

Мы привыкли считать, что функция крови – доставлять тканям кислород и питание, забывая еще об одной – забирать из тканей продукты жизнедеятельности и нести их к органам, удаляющим или обезвреживающим эти вещества (почки, печень, *диализатор*).

Как мы уже говорили, из «дальних» секторов организма уремиические токсины вымываются медленнее, чем из крови. Поэтому к концу сеанса диализа создается особая ситуация. Концентрация мочевины в клетках органов, получающих меньший поток крови, выше, чем в крови на 10–20–40% (например, в мышцах – во время сеанса они не работают, и кровоснабжение снижается). И после окончания сеанса эти концентрации начинают выравниваться: за полчаса вся жидкость

в организме перемешивается до однородного состояния (рисунок 13). Естественно, в крови концентрация увеличивается. В некоторых центрах дозу диализа рассчитывают с учетом этого эффекта и называют «выровненным Kt/V ». Целевое значение для него меньше – 1,2. Поскольку выровненный Kt/V рассчитывается по тем же значениям уровней мочевины до и после сеанса, но с учетом продолжительности сеанса, различие между этими показателями не принципиально, если только время сеанса существенно не отличается от стандартных 4–5 часов.

Указанные целевые значения относятся к трехразовому диализу. Для более частого диализа ориентиры не разработаны так подробно, но он, как правило, существенно мощнее, и сомнений в его адекватности не возникает.

Пути повышения дозы гемодиализа

Если назначенным режимом диализа целевая доза не достигается, дозу диализа необходимо повысить. Иногда дозу диализа повышают, несмотря на достигнутые целевые значения в том случае, если имеются признаки уремической интоксикации и недостаточности диализа. Эти признаки не просты в интерпретации и могут объясняться и другими причинами. Но недостаточный диализ может быть одним из объяснений следующих состояний:

- анемия, сохраняющаяся, несмотря на терапию эритропоэтином и железом;
- низкий уровень белков, сочетающийся с плохим аппетитом; (к обоим этим пунктам применима оговорка: если нет воспалительных реакций или инфекционных заболеваний)



Концентрация мочевины в конце сеанса диализа



Концентрация мочевины через полчаса после диализа

Рисунок 13. Выравнивание концентраций мочевины после окончания сеанса диализа. Концентрации обозначены интенсивностью окраски

- высокое артериальное давление, несмотря на ограничение соли и гипотензивную терапию
- признаки полинейропатии («синдром беспокойных ног» и другие – смотри ниже);
- зуд, несмотря на приемлемые показатели фосфорно-кальциевого обмена;
- другие признаки уремии

Повысить дозу диализа можно следующим образом:

- ☑ идеальный путь – **увеличить кратность диализа** (более 3 раз в неделю); при этом можно немного снизить интенсивность и длительность каждого сеанса, и переносимость диализа для некоторых пациентов улучшится; *к сожалению*, на этом пути часто лежат административные барьеры и нежелание пациентов тратить дополнительное время на диализ;
- ☑ **увеличить продолжительность каждого сеанса**; при существенном увеличении продолжительности сеанса (на 1–2 часа) можно немного снизить интенсивность каждого сеанса, и переносимость диализа для некоторых пациентов улучшится; *к сожалению*, при плотном графике диализных смен в отделении (при трех, а тем более, четырех сменах в день) увеличить длительность сеанса у отдельного пациента невозможно, а собрать в одну смену всех пациентов, нуждающихся в более продолжительном лечении, трудно уже из-за желания пациентов получать диализ в определенные смены;
- ☑ использовать **более мощный диализатор** (с большими клиренсами) или диализатор с более проницаемыми мембранами; *к сожалению*, переносимость более мощного диализа может быть худшей у некоторых пациентов; использование высокопоточных диализаторов (гемофильтров) требует дополнительного очищения диализирующего раствора (дополнительный фильтр на ГД аппарате) и контроля его качества;
- ☑ использовать более **высокий кровоток** по диализатору; *к сожалению*, не все фистулы способны дать кровоток выше 300 мл/мин; использовать высокопоточные диализаторы (гемофильтры) без кровотока от 300 мл/мин бессмысленно: их возможности не будут использованы;
- ☑ обеспечить **полноценное использование** назначенного **диализного времени**:
 - исключить сокращение диализного времени за счет **опозданий и преждевременных отключений**;
 - сократить до минимума неэффективные периоды диализа **периоды гипотонии**: во время гипотонии практически прекращается кровообращение в периферических тканях, и они перестают «отмываться»; по диализатору циркулирует одна и та же кровь

из центральных зон кровообращения, не выводящая из организма уремических токсинов. К сожалению, такая же ситуация складывается **у пациентов с сердечной недостаточностью**; их периферические ткани плохо кровоснабжаются и, соответственно, плохо отмываются. Решением в этом случае может быть только удлинение и увеличение частоты сеансов диализа.

- сократить до минимума неэффективные периоды диализа – периоды, когда **уменьшен кровоток по диализатору** – или персоналом в ходе борьбы с диализными осложнениями, или в результате плохого функционирования сосудистого доступа (фистулы, протеза), а также в результате неудачного пунктирования.
- ☑ напротив, **улучшить отмывание периферических тканей** (мышечных, в первую очередь) и сократить эффект отскока мочевины можно, **дав физическую нагрузку мышцам**, тем самым обеспе-



Рисунок 14. Физическая нагрузка повышает эффективность очищения в ходе сеанса диализа. Диализный зал в Мариинской больнице в Санкт-Петербурге

чив хороший кровоток по ним, который и отмоет мышечные ткани от уремических токсинов. Наибольшая масса мышечной ткани расположена в ногах и тазовом поясе, поэтому важно дать физическую нагрузку (небольшую по усилиям, но значительную по длительности) именно ногам. Идеальный вариант – переносной велотренажер на диализном кресле (рисунок 14).