

НОВЫЕ ОЗООНОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКИ

Кипенский А.В.¹, Глухенькая Т.А.², Назаров Е.И.², Король Е.И.¹

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

61002, Харьков, ул. Кирпичева, 2, тел.: (057)70-76-481, e-mail: kavkpi@ukr.net

²НПП «Эконика», г. Одесса, e-mail: einazarov@hotmail.com

New ozone technologies for medical practice are proposed. For the procedure of intravenous infusion of ozonized physiological solution, a correct dosage of ozone's method has been developed that provides not only a preset ozone concentration in saline, but also its stabilization during the procedure. Ozonization the large volumes of blood, which is necessary for infectious diseases, is suggested to be carried out by the original method of extracorporeal ozonization and blood oxygenation. To implement this method was developed the hardware-software complex Bozon-ЕООК".

В диапазоне терапевтических концентраций озон при воздействии на человеческий организм проявляет иммуномодулирующее, противовоспалительное, бактерицидное, верицидное, фунгицидное, анальгезирующее и другие действия. Именно поэтому озонотерапия заслуженно получает все более широкое распространение во всем мире среди немедикаментозных методов лечения. Дополнительными преимуществами озонотерапии являются простота применения, высокая эффективность, хорошая переносимость и практическое отсутствие побочных действий. Все процедуры озонотерапии принято разделять на три основные группы: наружное воздействие озоном (высокие концентрации озона используются для дезинфекции, а низкие способствуют эпителизации и заживлению), парентеральное введение озона (обработка озоном крови и плазмы, подкожное и внутримышечное введение озono-кислородной смеси (ОКС), внутривенное введение озонированного физиологического раствора (ОФР)), энтеральное введение озона (питье и кишечные орошения озонированной дистиллированной водой, ректальные инсуффляции ОКС). Среди перечисленных процедур для решения различных клинических задач наиболее часто проводятся процедуры внутривенного введения ОФР и экстракорпоральная обработка крови озоном (большая и малая аутогемотерапия). Однако, не смотря на популярность этих процедур, методы их проведения до недавнего времени были далекими от совершенства.

Процедура внутривенного введения ОФР состоит из двух этапов: озонирование физиологического раствора для обеспечения в нем заданного значения концентрации озона (КО) и непосредственное введение ОФР в венозное русло. Озонирование физраствора производится путем его барботирования ОКС. Принято считать, что при озонировании физиологического раствора (ФР) в стандартном флаконе 0,2 л, процесс насыщения раствора озоном составляет примерно 15 минут. При этом значение КО в ФРС_{ФР} будет определяться коэффициентом растворимости озона в ФР

$$C_{\text{ФР}} = k_{\text{р}} C_{\text{ОКС}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{ОКС}}$ – концентрация озона в ОКС, которой барботируется ФР;

$k_{\text{р}}$ – коэффициент растворимости озона в ФР, значение которого при нормальных условиях окружающей среды составляет 0,14.

Однако многочисленные экспериментальные исследования [1] показали, что коэффициент растворимости озона в ФР может существенно отличаться от флакона к флакону, даже среди образцов одной партии. Это, в свою очередь, приводит к тому, что к окончанию процесса барботирования КО в ОФР будет иметь неопределенное значение (как правило, ниже планируемого). Кроме того, в процессе внутривенной инфузии происходит разложение озона в ОФР и к окончанию процедуры КО в ОФР может достигать 30–50 % от первоначального значения (в отдельных случаях озона в ФР вообще практически на остается). Все это приводит к тому, что пациент не получает дозы озона, необходимой для достижения терапевтического эффекта. Эту проблему частично

можно решить за счет применения т.н. «метода трех игл», суть которого состоит в том, что в процессе инфузии ОФР свободное пространство во флаконе заполняется не воздухом из окружающей среды, а ОКС. Такой прием при определенных условиях позволяет стабилизировать КО в ОФР в ходе процедуры, однако не гарантирует ее обеспечение в начальной стадии. Кроме того, использование озонатора (генератора ОКС) на обоих этапах проведения процедуры повышает ее стоимость,

Для корректной дозировки озона в процедурах внутривенной инфузии ОФР был предложен оригинальный метод [2]. Суть этого метода состоит в следующем:

– на первом этапе ФР барботируется ОКС с КО, рассчитанной по выражению (1), в течение 3 мин. После этого автоматически измеряется КО в ФР и по результатам измерения корректируется значение КО в ОКС на выходе озонатора (Рис. 1, а, где линией 1 показано изменение (увеличение) КО в ОКС, а линией 2 – изменение КО в ФР);

– на втором этапе ФР барботируется ОКС с новым значением КО до тех пор, пока КО в ФР не достигнет заданного значения (для определения соответствующего момента КО в ФР периодически измеряется);

– на третьем этапе производят внутривенную инфузию ОФР, а КО в нем поддерживают путем восполнения пространства во флаконе с физраствором ОКС из специальной накопительной емкости.

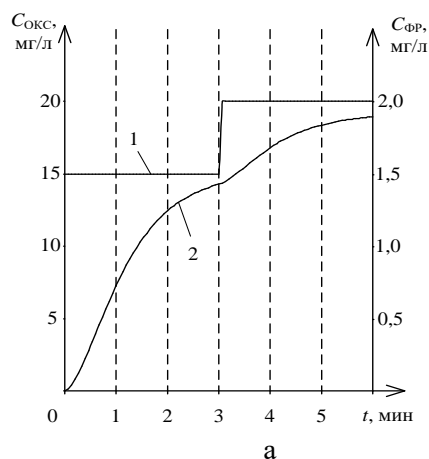


Рис. 1. Метод корректной дозировки озона в процедурах внутривенной инфузии ОФР: процесс насыщения озонем физиологического раствора (а); автоматическая озонная установка с переносным модулем (б); переносной модуль с установленным флаконом физраствора и снятым кожухом с накопительной емкости (в)

Реализация метода корректной дозировки озона в процедурах внутривенной инфузии ОФР потребовала соответствующей модернизации технологического оборудования. В частности была усовершенствована автоматическая озонная установка (АОУ) и ее программно-математическое обеспечение (ПМО). Кроме того, был разработан специальный переносной модуль с накопительной емкостью для приготовления и инфузии ОФР.

Модернизация АОУ (рис. 1, б) состояла в том, что на ее пневматическом выходе был установлен дополнительный электромагнитный клапан и быстроразъемный фитинг для подключения к переносному модулю. Кроме того в корпусе установки был предусмотрен специальный отсек с датчиком КО в жидкости, выполненный в виде оптопары открытого типа, которая работает в ультрафиолетовой области спектра. При соединении переносного модуля с установкой в оптическом канале датчика размещается стеклянная кювета, куда поступает ОФР для измерения в нем КО.

Усовершенствование ПМО АОУ заключалось в реализации автоматических измерений КО в ФР в нужные моменты времени и расчете (при необходимости) нового значения КО в ОКС.

Разработанный переносной модуль BOZON–MOF (рис. 1, в) содержит накопительную емкость для хранения запаса ОКС, две буферные стеклянные емкости, заполненные фторопластовой стружкой и предназначенные для исключения попадания влаги из флакона с ФР в накопительную емкость и в озонатор. Для присоединения модуля к АОУ служат специальные фитинги.

Многочисленные экспериментальные исследования и медицинская апробация нового метода подтвердили его эффективность, которая была достигнута за счет обеспечения заданного значения КО в ОФР и ее стабилизации в течение всей процедуры. Это позволило достаточно строго нормировать озоновую дозу, получаемую пациентом.

Для обработки крови пациента озоном наиболее часто проводятся процедуры большой аутогемотерапии (БАГТО). Проведение процедуры БАГТО в общем случае состоит из трех основных этапов:

- забор из кубитальной вены пациента 50-100 мл венозной крови;
- озонирование крови путем ее смешивания с ОКС с заданной КО;
- возврат пациенту озонированной крови через вену.

В результате процедуры БАГТО происходит активация антиоксидантной защиты организма, нарушаемой при многих патологических состояниях системы. Наблюдения показывают, что при правильном применении эта процедура исключительно редко сопровождается побочными эффектами и осложнениями. Однако, не смотря на накопленный опыт, существующие методики БАГТО имеют целый ряд недостатков, которые могут оказывать негативное влияние на качество проводимых процедур [3]. Кроме того, при некоторых заболеваниях и состояниях больного требуется обработка ОКС больших объемов крови, что невозможно с использованием известных методик.

Для повышения эффективности процедур обработки крови озоном был разработан новый, сравнительно недорогой, метод экстракорпорального озонирования и оксигенирования крови (ЭООК) [4], обеспечивающий требуемый уровень безопасности при обработке больших объемов крови.

Суть нового метода поясняет рис. 2, а на котором изображены основные исполнительные механизмы программно-аппаратного комплекса «БОЗОН-ЭООК»: роторно-пленочный контактор (РПК 1) с электроприводом 2 для вращения рабочей емкости, два перистальтических насоса 3 и 4, генератор ОКС 5 и встроенный источник медицинского кислорода 6 [5]. Все детали РПК 1 выполнены из устойчивых к озону материалов – стекла и полипропилена. Разработанная конструкция РПК 1, за счет изменения частоты вращения рабочей емкости, позволяет регулировать скорость взаимодействия поверхности крови и ОКС до 2 м²/мин. Подключение кровеносной системы пациента к комплексу «БОЗОН-ЭООК» осуществляется с помощью специального комплекта стерильных магистралей: забора крови – 7 и возврата крови – 8. Магистраль возврата крови 8 включает в себя специальный буферный байпас с фильтром 9. Во время процедуры магистраль 7, 8 и РПК 1 находятся в термостате 10 при стабильной температуре. Магистраль 11 служит для подачи ОКС от генератора ОКС 5 в РПК 1.

Для корректного проведения процедур экстракорпорального озонирования и оксигенирования больших объемов крови программно-аппаратный комплекс «БОЗОН-ЭООК» обеспечивает регулирование параметров процедуры в следующих диапазонах:

- КО в ОКС от 0,2 до 0,6 мг/л;
- расхода ОКС от 0,2 до 0,3 л/мин;
- частоты вращения рабочей емкости РПК до 45 об/мин;
- объемной скорости забора и возврата крови в диапазоне от 25 до 45 мл/мин.

Кроме того в комплексе предусмотрены: синхронизация процессов забора и возврата крови, контроль за количеством обработанной крови, контроль за наличием крови в магистралах забора и возврата, стабилизация температуры в термостате на уровне 37,5 °С с отклонением, не более ± 0,5 °С.

Для использования разработанного комплекса в медицинской практике в Министерстве Здравоохранения Украины были зарегистрированы и утверждены

соответствующие методические рекомендации. Испытания, проведенные на добровольцах, показали, что обработка больших объемов крови (5-6 л) при поддержании концентрации озона в ОКС до 0,5 мг/л не сопровождается ростом интенсивности перекисных процессов в организме. К настоящему времени на базе клиники Сартус (г. Одесса) было проведено около 500 процедур ЭООК с использованием программно-аппаратного комплекса «БОЗОН-ЭООК» (рис. 2, б). Во всех случаях была отмечена неизменная нормализация баланса оксидантной и антиоксидантной системы организма, регистрируемого по уровню малонового диальдегида (как маркера перекисного окисления жиров и оксидативного стресса) и интенсивности вспышек хемилюминесценции плазмы крови. Кроме того было установлено, что процедура ЭООК не оказывает негативного воздействия на параметры крови общего и биохимического анализа.

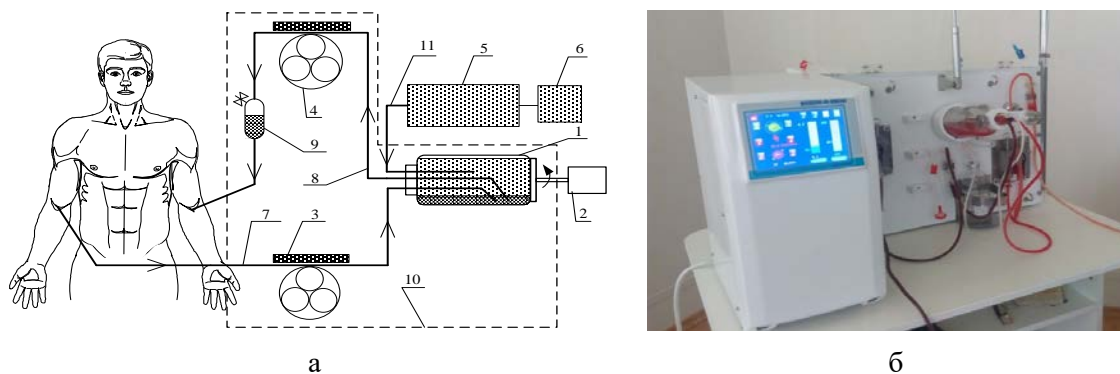


Рис. 2. Схема программно-аппаратного комплекса «БОЗОН-ЭООК» (а) и его внешний вид (б)

В заключение следует отметить, что применение новых озоновых технологий в медицинской практике позволяет эффективно решать многие клинические задачи.

Список источников информации

1. Глухенькая Т.А. Анализ процедур внутривенной инфузии озонированного физиологического раствора и оценка их качества / Т.А. Глухенькая, А.В. Кипенский, Е.И. Король, Е.И. Назаров // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський національний університет повітряних сил ім. Івана Кожедуба, 2017. – Вип. (1)147. – С. 135-143.
2. Кипенский А.В. Разработка метода корректной дозировки озона в процедурах внутривенной инфузии озонированного физиологического раствора / А.В. Кипенский, Т.А. Глухенькая // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Зб. наук.праць. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 36(1079). – С. 161–172.
3. Кипенский А.В. Анализ методик экстракорпоральной обработки крови озон-кислородной смесью и определение путей повышения их качества / А.В. Кипенский, Т.А. Глухенькая, Е.И. Назаров // Тези доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – С. 148-155.
4. Кипенский А.В. Новый метод экстракорпоральной обработки крови озон-кислородной смесью / А.В. Кипенский, Е.И. Назаров, Т.А. Глухенькая // Проблеми управління и інформатики. – Киев: Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2016. – № 3. – С. 94-105.
5. Пат. 98092 Україна, МПК (2012.01) А61К 31/00. Установка для лікування вірусних гепатитів з використанням медичного озону (Варіанти) / Назаров Е.И., Глухенькая Т.А.; заявители и патентообладатели. – № а201109895; Заявл. 09.08.2011; Оpubл. 27.02.2012; Бюл. № 4. – 15 с.