

9. *Ольшин П.К., Киреев А.А., Поволоцкий А.В., Маньшина А.А., Соколов И.А.* Исследование структурных и оптических особенностей литийфосфатных стекол // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5 / www.science-education.ru/119-14767 (дата обращения: 15.03.2015).
10. *Орлов Р.Ю., Вигасина М.Ф., Успенская М.Е.* Спектры комбинационного рассеяния минералов. Справочник. – М.: ГЕОС, 2007. 146 с.
11. *Преч Э., Бюльманн Ф., Афвольтер К.* Определение строения органических соединений. – М.: Мир, 2006. 439 с.

*Ирина Викторовна Осоргина,
научный сотрудник,
лаборатория органических полупроводников,
Естественнонаучный институт
Пермского государственного
научно-исследовательского университета,*

*Светлана Евгеньевна Порозова,
д-р техн. наук, профессор,
кафедра «Материалы, технологии
и конструирование машин»,
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»,
Сергей Александрович Плаксин,
д-р мед. наук, профессор,
кафедра хирургии дополнительного
профессионального образования,
Пермский государственный
медицинский университет,
Илья Александрович Морозов,
канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник,
Институт механики сплошных сред УрО РАН,
г. Пермь,
e-mail: osorgina@psu.ru*

И.Н. Роцин, А.Ю. Дьяков, С.М. Козлов, А.А. Охотин, О.В. Чурилова

Современное оборудование для анестезии медицинским ксеноном

Аннотация

В статье отмечена роль отечественных ученых в изучении и внедрении в медицинскую практику сверхчистого ксенона (Xe), по своим характеристикам практически соответствующего идеальному газовому анестетику [1].

Обращают на себя внимание замечательные терапевтические свойства Xe, выявленные анестезиологами, а также в процессе его использования в качестве лекарственного средства.

Представлены наркозно-дыхательные аппараты (НДА) и современное оборудование, адаптирующее их к работе с медицинским ксеноном.

Советские и российские ученые внесли огромный вклад в изучение влияния инертных газов на организм человека и практическое применение их в медицине, в частности в анестезиологии и интенсивной терапии. В 1941 году проф. Н.В. Лазарев (Ленинградская военно-медицинская академия им. С.М. Кирова) предсказал «наркозное» действие инертных газов, а в 1946 году экспериментально подтвердил это предположение на мелких животных [2]. В 1951 году американцы С. Callen и E. Gross [3] провели первый наркоз человеку ксеноном, а в СССР первую анестезию ксеноном в 1962 году провели Л.Н. Буачидзе и В.П. Смольников [4]. Дальнейшие работы в этом направлении сдерживались отсутствием достаточного количества сверхчистого Xe, на получение которого были направлены усилия криогенщиков. В 1992 году проф. Н.Е. Буров уже системно приступил к изучению использования Xe в анестезиологии [5]. В результате проведенных доклинических и клинических испытаний в 1999 году медицинский ксенон впервые в мире был зарегистрирован в России как лекарственное средство.

Отсутствие опыта у врачей при работе с новым анестетиком, а также абсолютное отсутствие соответствующего наркозного оборудования существенно влияли на широкое применение Xe в медицинской практике. С целью использования имеющихся в клиниках наркозно-дыхательных аппаратов без изменения или доработки их конструкции для работы с Xe была создана первая и поэтому небеспроблемная ксеноновая приставка КНП-1 [6]. Особые проблемы анестезиологам создавал дозатор ДКМ: трудности регулирования подачи Xe в НДА, отсутствие стабильности выставленного потока газа, а соответственно и сложности с поддержкой необходимой концентрации ксенон-кислородной смеси в дыхательном контуре аппарата.

Ксеноновая анестезия [7] обеспечивает защиту головного мозга, сердца, легких, печени, почек во время операции, стабильную гемодинамику, благоприятную динамику психометрических параметров и более быстрое восстановление физической активности после операции, не имеет побочных эффектов в сравнении с современными анестетиками, что позволяет рассматривать ксенон в качестве анестетика, чрезвычайно близкого к идеальному [1].

Анестезия ксеноном:

- оказывает органопротекторный эффект при обширных операциях на сердце, печени, почках, поджелудочной железе и позволяет добиться лучших результатов лечения и сокращения его сроков;
- сопровождается меньшим напряжением регуляторных систем, что способствует сбережению защитных ресурсов организма и развитию благоприятной стратегии адаптации;
- обеспечивает надежную нейровегетативную защиту, сохранение показателей гомеостаза, стабильное состояние лейко- и лимфопоэза, умеренный противовоспалительный и иммуномодулирующий эффект по состоянию гуморальных и цитокинных показателей;
- не угнетает клеточный и гуморальный иммунитет, оказывает протективное действие в отношении функциональной активности нейтрофильных фагоцитов, в том числе у пациенток с раком молочной железы, получавших на первом этапе комбинированного лечения неoadьювантную химиотерапию;
- обеспечивает лучшую анестезиологическую защиту с преобладанием анаболических процессов над катаболическими;
- достоверно уменьшает количество осложнений, расход нар-

котических анальгетиков и миорелаксантов может быть уменьшен с 30 до 50 %;

- пробуждение и экстубация могут проводиться в 2 раза быстрее (на операционном столе);
- уменьшает побочное действие галогенсодержащих анестетиков.

Успешно проведенные клинические испытания применения ксенона у детей позволили получить разрешение Минздрава РФ на его использование в детских клиниках у детей старше 1 года.

Со временем появились 6 продаваемых НДА, разработанных для анестезии как традиционными анестетиками, так и ксеноном: «Ксена-010» (Россия), «Фаза-23» (Россия), «Ахеома» (Финляндия), «Venar Libera» (Словакия), «Akzent-X» (Германия), «Felix Dual» (Франция). Здесь следовало бы выделить по признаниям анестезиологов аппарат «Ксена-010» как наиболее перспективный, экономичный по расходу Хе и удобный в работе. Однако по субъективным и экономическим причинам производство данного НДА было прекращено. Также прекратился выпуск аппарата «Felix Dual». НДА «Фаза-23» требует серьезной доработки и для работы с Хе практически не применяется. «Akzent-X» не отличается особой экономией анестетика и этим несколько настораживает ЛПУ, использующие Хе. В работе [8] анестезиологи достаточно подробно характеризуют работу применяемого в анестезиологии наркоточного оборудования, работающего с Хе. На сегодняшний день предлагаются всего три ксеноновых НДА («Ахеома», «Venar Libera» и «Akzent-X»), которые имеют высокую закупочную цену. Имеющийся же в стране огромный парк НДА можно адаптировать под Хе гораздо проще и дешевле универсальной ксеноновой наркоточной приставкой, разработанной и созданной в ЗАО «АТОМ-МЕД ЦЕНТР».

Приставка адаптирует современные НДА с герметичной газовой магистралью, работающие с различными анестетиками по замкнутому контуру, для анестезии Хе. К таким аппаратам, например, относятся НДА «Draeger Medical» (Германия) – «Draeger Fabius», «Draeger Primus»; «General Electric (GE Healthcare)» (США) – ADU; «Datex-Ohmeda INC (GE Healthcare)» (США) – «Aliseo»; «Dameca» (Дания) – «Siesta i Whisper» и др.

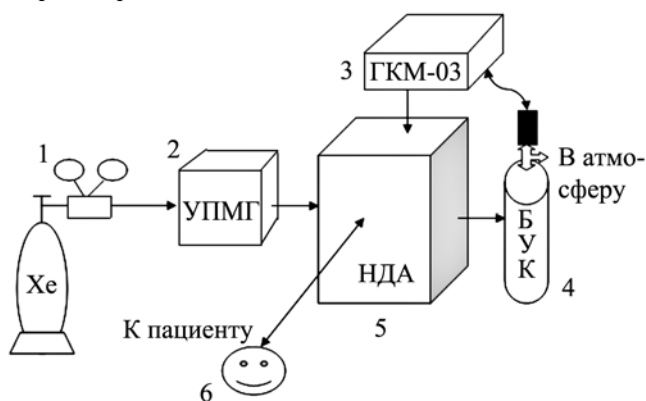


Рис. 1. Схема подключения приставки к наркоточному аппарату: 1 – ксеноновый баллон с редуктором; 2 – дозатор-расходомер (устройство подачи медицинских газов); 3 – газоанализатор; 4 – блок улавливания ксенона с датчиком проскока Хе; 5 – наркозно-дыхательный аппарат; 6 – пациент

Приставка состоит из следующих элементов-блоков (рис. 1):

- баллон, наполненный сжатым Хе и оснащенный редуктором, позволяющим уменьшить давление газа на выходе из баллона до рабочего на входе в НДА или давления в дыхательном контуре (поз. 1);
- устройство подачи газа УПМГ-АМЦ, которое дозирует Хе при подаче в НДА и измеряет расход анестетика в процессе анестезии (поз. 2);
- газоанализатор газовой смеси ГКМ-03 (ЗАО «ИНСОВТ»), позволяющий контролировать концентрацию Хе и O_2 в дыхательном контуре НДА (поз. 3), а также с помощью

датчика «проскока» Хе определять степень заполнения БУКа;

- блок улавливания Хе (БУК) – адсорбер, который собирает выдыхаемую пациентом газовую смесь, содержащую Хе, с целью его последующей регенерации, а также устранения воздействия газового анестетика на персонал в операционной (поз. 4).

Приставка обеспечивает удешевление ксеноновой анестезии методом рециклинга медицинского ксенона: это сбор БУКом выдыхаемой пациентами газовой смеси, извлечение из нее Хе, его очистка высокой степени до чистоты, определяемой фармакопейной статьей, и возврат в лечебное учреждение для повторного использования. Составляющие приставку блоки могут располагаться как непосредственно на самом НДА, с учетом его конструктивных особенностей, так и на специальной отдельной стойке, устанавливаемой рядом с аппаратом.



Рис. 2. Общий вид приставки на стойке

Следует отметить, что ни один из трех НДА, разработанных и предлагаемых сегодня для анестезии Хе, не снабжается производителем блоком улавливания ксенона. Поэтому клиника, использующая такой аппарат, так или иначе должна доукомплектовывать его блоком улавливания Хе с целью удешевления анестезии рециклингом этого анестетика. Конструкция БУКа приставки позволяет использовать его с любым из указанных аппаратов.

Методика проведения ксеноновой анестезии изложена в работе Л.Л. Николаева [9]. В общем случае после премедикации и интубирования пациента проводится его тщательная денитрогенизация чистым O_2 с целью удаления из организма третьего газа. Затем выполняется подача ксенона в дыхательный контур НДА дозатором-расходомером УПМГ-АМЦ.



Рис. 3. Дозатор-расходомер УПМГ-АМЦ

Новейшая разработка дозатора позволяет осуществлять подачу Xe в НДА как через канал ввода воздуха (или закиси азота) под давлением 4 атм, так и непосредственно в дыхательный контур аппарата при минимальном избыточном давлении и плавно регулировать скорость подачи Xe с дискретой 5 мл/мин в процессе анестезии. Для обеспечения быстрого установления хирургической концентрации Xe в дыхательном контуре НДА дозатор в экстренном режиме подает Xe со скоростью до 1 л/мин. УПМГ-АМЦ позволяет использовать для работы кроме Xe еще 10 различных газов и газовых смесей, а также подавать их не только в НДА, но и в другое ингаляционное оборудование.

Следует остановиться также еще на одном уникальном блоке приставки – БУКе. Это компактный цилиндр диаметром 140 мм и высотой 590 мм, массой 7,2 кг. Блок может улавливать не менее 150 л собственно Xe из газовой смеси, выдыхаемой пациентом. После заполнения БУК направляется на регенерацию в «АТОМ-МЕД ЦЕНТР», где из него извлекается Xe и очищается до фармацевтической чистоты, а затем возвращается в клинику. Такой рециклинг медицинского Xe значительно удешевляет ксеноновую анестезию, которая по стоимости сравнивается со стоимостью анестезии севофлюраном и десфлюраном.



Рис. 4. Блок улавливания Xe

Была проанализирована эффективность работы трех десятков блоков улавливания Xe, возвращенных клиниками после проведения ксеноновой анестезии. Из 28 БУКов извлечено 3474,5 л собранной в процессе хирургических операций газовой смеси, в ней содержалось 2533 л Xe. Таким образом, в среднем одним БУКом собрано 90,5 л ксенона. Большая разница (более чем в 14 раз) в количестве Xe, собранного в разных клиниках ($V_{\min} = 14,8$ л; $V_{\max} = 212,6$ л), объясняется различным опытом работы анестезиологов с Xe. Расчет показал, что потери собранного в БУКи ксенона в процессе регенерации не превышают 5 %.

Универсальная приставка внесена в Государственный реестр медицинской техники РФ, прошла апробацию в РМАПО и успешно эксплуатируется анестезиологами, использующими медицинский ксенон.

Список литературы:

1. *Эйткенхед А.Р., Смит Г.* Руководство по анестезиологии / Пер. с англ. В 2-х т. Т. 1. 3-е изд. – М.: Медицина, 1999. 488 с.
2. *Лазарев Н.В., Люблина Е.И., Мадорская Р.Я.* О наркотическом действии ксенона // Физиологический журнал СССР. 1948. Т. XXXIV. № 1. С. 131-134.
3. *Cullen S., Gross E.* The anaesthetic properties of xenon in animals and human beings with additional observations on krypton // Science. 1951. Vol. 113. PP. 580-582.
4. *Буачидзе Л.Н., Смольников В.П.* Наркоз ксеноном у человека // Вестник АМН СССР. 1962. № 8. С. 22-25.
5. *Буров Н.Е., Потапов В.Н., Макеев Г.Н.* Ксенон в анестезиологии. Клинико-экспериментальные исследования. – М.: Пульс, 2000. 356 с.
6. *Потапов В.Н., Колесова И.П., Козлов С.М., Потапов А.В., Потапов С.В., Коробов А.В.* Оборудование для проведения анестезии и терапии ксеноном / Материалы 3-й конференции анестезиологов-реаниматологов медицинских учреждений МО РФ «Ксенон и инертные газы в медицине». – М.: ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, 2012. С. 112-115.
7. *Буров Н.Е., Потапов В.Н.* Ксенон в медицине. Очерки по истории медицинского ксенона. – М.: Изд-во «Пульс», 2012. 640 с.
8. *Рылова А.В., Лубнин А.Ю.* Ксеноновая анестезия по закрытому контуру: печальный и радостный опыт. Обзор аппаратуры // Вестник интенсивной терапии. 2008. № 4. С. 17-22.
9. *Николаев Л.Л.* Варианты низкочастотной анестезии ксеноном. – М.: Город, 2014. 105 с.

Игорь Николаевич Роцин,
канд. эконом. наук, ген. директор,
Анатолий Юрьевич Дьяков,
заслуженный врач РФ, зам. ген. директора,
Сергей Михайлович Козлов,
канд. техн. наук, помощник ген. директора,
ЗАО «АТОМ-МЕД ЦЕНТР»,
г. Москва,
Александр Александрович Охотин,
начальник конструкторского бюро,
ООО «ТЕХНОМЕР»,
г. Арзамас, Нижегородская обл.,
Ольга Владимировна Чурилова,
зам. генерального директора по качеству,
ЗАО «АТОМ-МЕД ЦЕНТР»,
г. Москва,
e-mail: 7654334@gmail.com