

Устройства для дозирования донорской крови в полимерные контейнеры и перемешивания ее с консервантом

Аннотация

Представлены современные устройства для дозирования донорской крови в полимерные контейнеры и перемешивания ее с консервантом, и описаны принципы работы данных устройств. Приведены основные параметры устройств.

Введение

Развитие отечественного здравоохранения в настоящее время характеризуется активным внедрением высокотехнологичных видов медицинской помощи, что требует от службы крови интенсификации производственной деятельности с соблюдением требований безопасности и качества выпускаемых гемотрансфузионных средств. В значительной степени это достигается эффективным применением современного оборудования, рациональным использованием донорского потенциала, а также внедрением новых трансфузиологических технологий [1].

Использование для трансфузионной терапии компонентов крови следует считать одним из самых важных достижений службы крови и трансфузиологии за последние десятилетия [2]. Около 60...70 млн доз крови и компонентов переливают в развитых странах каждый год. В год в среднем около 3...4 доз крови вводится больному при рутинном хирургическом лечении, онкологическому больному переливается 100 доз крови или ее компонентов [3], [4].

Применение безопасных, биологически полноценных и клинически эффективных компонентов и препаратов крови в гематологии, онкологии, кардиохирургии, трансплантологии, неотложной хирургии и других областях медицины невозможно без использования соответствующего оборудования, обеспечивающего необходимое качество их заготовки, переработки, хранения и применения. К такому оборудованию, в частности, относятся устройства для перемешивания и дозирования донорской крови [5], [6].

Авторами были разработаны несколько модификаций устройств для дозированного сбора донорской крови и перемешивания ее с консервантом в полимерных контейнерах.

Основная часть

Фракционирование консервированной крови на компоненты и дифференцированное применение их в лечебной практике позволяют рационально использовать ресурсы донорской крови, получать необходимый лечебный эффект и определенную экономическую выгоду, так как компоненты, выделенные из одной дозы крови, могут быть использованы для лечения нескольких пациентов. Для проведения всех этапов исследований и самой процедуры сдачи крови (компонентов) применяются только самые современные методы, используются стерильные одноразовые гемоконтейнеры и новейшее медицинское оборудование [6]-[18]. Оборудование для службы крови является необходимым звеном в мире современной медицины, и ученые постоянно работают над его совершенствованием.

Основными показателями качества устройств, предназначенных для дозированного забора крови, являются: «бережное покачивание», т. е. перемешивание цельной крови происходит плавно и без рывков, что минимизирует гемолиз; автоматический контроль скорости и объема кроводачи; точность дозирования объема крови. Авторами были разработаны электронные устройства для дозирования донорской крови и перемешивания ее с консервантом в полимерных контейнерах (рис. 1).

Первым было разработано устройство «Лика», которое осуществляет дозирование крови по заранее заданному весу (рис. 1а). В состав устройства для заготовки донорской крови входят: платформа для размещения полимерного контейнера для забора крови с магистральной трубкой, привод для качания платформы, узел контроля количества забираемой крови, блок коммутации и источника электропитания. Платформа, на который размещается полимерный контейнер, закреплена



а)



б)

Рис. 1. Устройства для заготовки донорской крови: а) устройство «Лика»; б) миксер «Гемикс»

на оси вращения, и на ней посредством привода осуществляется качание контейнера с забираемой донорской кровью и смешивание ее с гемоконсервантом.

Узел контроля количества забираемой крови содержит коромысло, излучатель света, фотоприемник, отражатель или прерыватель света и усилитель. Один конец коромысла закреплен на платформе при помощи шарнира, а на свободном конце коромысла шарнирно закреплен отражатель или прерыватель света. В коромысле предусмотрено резьбовое отверстие, в которое завернут регулировочный винт с упорной шайбой и контргайкой. Излучатель света и фотоприемник расположены на платформе под отражателем или прерывателем света. Излучатель света подключен к источнику электропитания, а фотоприемник соединен со входом усилителя, выход которого подключен к управляющему входу блока коммутации. Перед началом забора донорской крови коромысло поднимают, полимерный контейнер с гемоконсервантом размещают на платформе устройства, коромысло опускают, трубку контейнера заправляют в узел пережима и включают устройство. Привод запускается и начинает качать платформу с контейнером. Производят венепункцию. Кровь от донора по магистральной трубке начинает поступать в контейнер и перемешивается с гемоконсервантом.

После набора в контейнер необходимого количества крови отражатель, расположенный на коромысле, приподнимается, оптический датчик срабатывает и сигнал с выхода усилителя подается на управляющий вход блока коммутации, который автоматически включает узел пережима трубки контейнера и отключает привод для качания платформы. Магистральная трубка контейнера пережимается, и кровь донора перестает поступать в контейнер; покачивание платформы прекращается. Одновременно с окончанием процесса забора крови подаются световой и звуковой сигналы [9].

Устройство для дозирования донорской крови «ЛИКА» просто в эксплуатации, однако недостатками являются отсутствие электронной панели для задания объема и необходимость применения калибровочной шкалы.

Современной модификацией представленного выше устройства является миксер «Гемикс» (рис. 1б), который выполняет следующие основные функции: перемешивание забираемой крови с консервантом с непрерывным контролем тока крови; программируемое задание объема забираемой крови, а также измерение и индикацию поступившего объема крови в миллилитрах; пережимание магистральной трубки полимерного контейнера после забора запрограммированного объема крови или нажатия кнопки «СТОП»; возможность взвешивания ранее заготовленных доз крови и ее компонентов; имеет звуковую и световую сигнализацию; обеспечивает контроль уровня заряда встроенной аккумуляторной батареи и автоматическую ее подзарядку при включении миксера в сеть.

Миксер донорской крови (рис. 1б) состоит из следующих узлов: платформы для размещения полимерного контейнера; датчика (индикации) объема забираемой крови; контроллера с микропроцессорной системой управления и контроля заданного объема забираемой крови, системой оповещения при неисправностях, контроля безопасности процесса забора крови; устройства, обеспечивающего принудительный пережим трубки пластикового контейнера с кровью при возникновении нештатных ситуаций или при окончании процесса забора крови; устройства ввода/вывода информации, соответствующего требованиям эргономики и программно-аппаратной совместимости; аккумулятора с зарядным устройством.

На лицевой панели миксера расположено устройство ввода/вывода информации, что делает его удобным для работы медицинского персонала. В верхней выступающей части кожуха расположено устройство, обеспечивающее принудительный пережим трубки с электромагнитом, защелкой и кнопкой сброса. В задней части устройства расположена подвижная платформа для размещения полимерного контейнера. Кнопка

включения питания, предохранители расположены на задней панели устройства. Для обеспечения зарядки внутреннего аккумулятора устройства на задней панели установлен разъем для подключения кабеля питания к сети 220 В, 50 Гц. На задней части кожуха прибора установлен дугообразный стержень, предназначенный для предохранения платформы от внешних механических ударов и выполняющий в то же время функцию ручки для переноса всего устройства.

Отличие разработанных устройств для дозирования и перемешивания крови от аналогичных известных устройств заключается в том, что в них вместо сложного и дорогого узла для электронного взвешивания крови, содержащего большое количество элементов, применен сравнительно простой и весьма недорогой узел контроля количества забираемой крови. Устройства обеспечивают автоматическое покачивание мешков с кровью для равномерного смешивания с консервантом, осуществляют автоматический контроль скорости и объема кроводачи, исключают необходимость дополнительного взвешивания и уравнивания контейнеров с кровью перед центрифугированием. Технология «бережное покачивание» обеспечивает перемешивание цельной крови, которое происходит плавно и без рывков, что минимизирует гемолиз.

При этом миксер (рис. 1б) осуществляет нормирование крови по объему, а устройство, представленное на рис. 1, забираемую кровь нормирует по массе. Принцип работы устройств во многом схож. Надежность пережима магистральной трубки полимерного контейнера и, следовательно, качество работы устройств в значительной степени определяются конструкцией узла пережима. Для повышения эффективности работы, обеспечения надежного и гарантированного перекрытия магистральных трубок различного диаметра и выполненных из материалов различной жесткости в конструкцию узла пережима введена поджимающая пружина, подвижный сердечник электромагнита выполнен с уступом для захода пластины (стержня) защелки, а в основании предусмотрена прорезь для наконечника.

Миксер донорской крови имеет следующие технические характеристики: объем забираемой дозы крови – 50...600 мл; погрешность дозирования – не более 10 % от заданного значения; время непрерывной работы от полностью заряженной аккумуляторной батареи – не менее 8 ч; напряжение питания ~ 220 В, 50 Гц; переход в режим ожидания (режим экономии энергии аккумулятора) при перерыве в работе, составляющем $(5 \pm 0,5)$ мин.

Заключение

Для дозирования донорской крови в полимерные контейнеры и перемешивания ее с консервантом разработаны устройства, позволяющие автоматически нормировать поступающую кровь от донора, а также снижать нагрузку на медицинский персонал.

Устройство «Лика» и миксер донорской крови «Гемикс» зарегистрированы в Российской Федерации и успешно применяются на станциях переливания крови, в отделениях переливания крови, в научно-исследовательских медицинских учреждениях. Наличие встроенного аккумулятора позволяет использовать миксер донорской крови вне стационарных условий, в том числе и в составе мобильных комплексов.

Исследование выполнено при поддержке Фонда содействия инновациям (соглашение № 25ГРЦТС10-D5/56183).

Список литературы:

1. Четкин А.В., Данильченко В.В., Григорьян М.Ш., Воробей Л.Г., Плоцкий Р.А. Служба крови Российской Федерации в 2014 году: итоги деятельности // Трансфузиология. 2015. Т. 16 (3). С. 4-12.
2. Гудков А.Г. Радиоаппаратура в условиях рынка. Комплексная технологическая оптимизация. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2008. 336 с.

3. Verba V.S., Gudkov A.G., Leushin V.Yu., Murafetov A.A., Popov V.V., Rayevsky S.K. National equipment for blood service // Gematologiya i Transfuziologiya. 2008. Vol. 53 (1). PP. 43-44.
4. Гудков А.Г., Леушин В.Ю., Чететкин А.В., Лазаренко М.И. Технологии трансфузиологии. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2012. 272 с.
5. Agasieva S.V., Gudkov A.G., Sister V.G., Ivannikova E.M., Leushin V.Y., Bobrikhin A.F. Nonpolluting Technologies for Polymer Welding // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. Vol. 51. № 5-6. PP. 46-48.
6. Agasieva S.V., Lemondzhava V.N., Leushin V.Y., Khalapsina T.M., Goralcheva E.N., Chizhikov S.V., Markin A.V. Automated Systems for Thawing Cryopreserved Blood Components // Biomedical Engineering. 2018. Vol. 51 (6). PP. 385-388.
7. Agasieva S.V., Vetrova N.A., Gudkov A.G., Shashurin V.D., Naraikin O.S., Goralcheva E.N., Lemondzhava V.N., Gukasov V.M. Technological Optimization of Devices for Safe Storage of Platelet-Containing Transfusion Media // Biomedical Engineering. 2017. Vol. 51 (4). PP. 254-257.
8. Agasieva S.V., Lemondzhava V.N., Leushin V.Y., Khalapsina T.M., Goralcheva E.N., Chizhikov S.V., Markin A.V. Automated Systems for Thawing Cryopreserved Blood Components // Biomedical Engineering. 2018. Vol. 51 (6). PP. 385-388.
9. Gudkov A.G., Leushin V.Y., Agasieva S.V., Bobrikhin A.F., Goralcheva E.N., Lemondzhava V.N., Aparnikov A.N. A Device for Storage of Platelet-Containing Transfusion Media // Biomedical Engineering. 2017. Vol. 50 (5). PP. 325-327.
10. Agasieva S.V., Gudkov A.G., Bobrikhin A.F., Goralcheva E.N., Zelenov M.S., Lemondzhava V.N., Leushin V.Y., Chernyshev A.V., Levchuk M.A., Chizhikov S.V. Modeling of Processes of Storage of Containers with Platelet-Containing Media in Platelet Incubators // Biomedical Engineering. 2017. Vol. 50 (5). PP. 348-351.
11. Гудков А.Г., Городецкий В.М., Леушин В.Ю. и др. Оборудование для службы крови // Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век. 2017. Т. 9. № 2. С. 46-55.
12. Gudkov A.G., Leushin V.Yu., Bobrikhin A.F., Lemondzhava V.N., Goralcheva E.N. Development results of the intelligent device for storage of the transfusion environments containing platelets / Proceedings of the 8th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K 2016). 2016. Vol. 3. PP. 108-115.
13. Гудков А.Г., Леушин В.Ю., Чететкин А.В. и др. Использование современного оборудования для обеспечения безопасности тромбоцитного концентрата в учреждениях службы крови // Технологии живых систем. 2016. № 4. С. 50-56.
14. Гудков А.Г., Чететкин А.В., Щукин С.И. и др. Обеспечение безопасности использования тромбоцитного концентрата в учреждениях службы крови // Медицинская техника. 2016. № 2. С. 1-3.
15. Agasieva S.V., Bobrikhin A.F., Gudkov A.G., Tsyganov D.I., Goralcheva E.N., Leushin V.Y., Shashurin V.D. Compact Self-contained Cryosurgical Devices // Biomedical Engineering. 2017. Vol. 51. Iss. 2. PP. 120-123.
16. Агасиева С.В., Гудков А.Г., Леушин В.Ю. и др. Устройство для хранения тромбоцитосодержащих трансфузионных сред // Медицинская техника. 2016. № 5 (299). С. 27-29.
17. Agasieva S.V., Rybakov Y.L., Gukasov V.M., Gudkov A.G., Goralcheva E.N., Shashurin V.D. Low-Energy Complex Magnetotherapy in Oncology // Biomedical Engineering. 2018. Vol. 51. Iss. 5. PP. 373-375.
18. Gudkov A.G., Leushin V.Yu., Vesnin S.G., Sidorov I.A., Sedankin M.K., Solov'ev Yu.V., Agasieva S.V., Chizhikov S.V., Gorbachev D.A., Vidyakin S.I. Studies of a Microwave Radiometer Based on Integrated Circuits // Biomedical Engineering. 2020. Vol. 53. Iss. 6. PP. 413-416.

Александр Григорьевич Гудков,
 д-р техн. наук, генеральный директор,
 Виталий Юрьевич Леушин,
 канд. техн. наук, зам. генерального директора,
 ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
 Светлана Викторовна Агасиева,
 канд. техн. наук, доцент,
 ФГАОУ ВО «Российский университет
 дружбы народов»,
 г. Москва,
 Александр Викторович Чететкин,
 д-р мед. наук, профессор, директор,
 Андрей Дмитриевич Касьянов,
 канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник,
 ФГБУ «Российский НИИ гематологии
 и трансфузиологии Федерального
 медико-биологического агентства»,
 Елена Анатольевна Киселева,
 зав. отделением,
 отделение «Республиканский центр
 гравитационной хирургии крови»,
 ФГБУ «Российский НИИ гематологии
 и трансфузиологии Федерального
 медико-биологического агентства»,
 г. С.-Петербург,
 Игорь Александрович Сидоров,
 канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,
 НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
 Вахтанг Нодарович Лемонджав,
 начальник конструкторского отдела,
 Григорий Александрович Гудков,
 лаборант,
 ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
 Дмитрий Анатольевич Горбачев,
 ст. научный сотрудник,
 НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
 г. Москва,
 e-mail: ooo.giperion@gmail.com

* * * * *