

Разработка передвижного автоматического комплекса сердечно-легочной реанимации

Аннотация

Проведена разработка передвижного автоматического комплекса сердечно-легочной реанимации. Разработан оригинальный аппарат сердечной реанимации и испытан в работе совместно с аппаратом искусственной вентиляции легких. Созданы система управления и пульт управления комплексом. Приведены результаты исследований реанимационного комплекса, описаны его преимущества по отношению к аналогичным выпускаемым зарубежным аппаратам и комплексам.

Введение

В отечественной медицинской промышленности отсутствуют промышленные образцы аппаратов сердечно-легочной реанимации. Создание отечественных автоматических систем сердечной реанимации на уровне мировых аналогов, соответствующих требованиям Американской кардиологической ассоциации (American Heart Association, АНА), является актуальной задачей. При этом, принимая во внимание мировой уровень конструктивной и функциональной сложности современных изделий медицинской техники, достижение указанных целей возможно только при условии совместного использования передовых интеллектуальных медицинских и технических технологий на всех стадиях жизненного цикла изделий [1]-[3].

Обзор литературы показал, что в медицинской практике используют два типа изделий сердечной реанимации. Первый тип, выпускаемый фирмой «Stryker Medical» (США) и имеющий международное название «Lucas» («Lucas-2»), является аппаратом поршневого действия, реализующий не более 100 сокращений в минуту при глубине вдавливания 4,5...5 см. Основными недостатками таких изделий являются отсутствие возможности выполнять даже частичную искусственную вентиляцию легких, а также невозможность использования аппаратов при транспортировке пациента под углом к горизонту, так как грудная клетка, подвергаемая компрессии, должна обязательно находиться в горизонтальном положении. Альтернативными аппаратами являются аппараты «AutoPulse» фирмы «Zoll» (США), сочетающие в себе стерильную и торакальную компрессию при проведении непрямого массажа сердца, путем реализации объемного давления на грудную клетку. Однако данный тип характеризуется высокой стоимостью, а также необходимостью использования одноразовых расходных материалов, например бандажей.

Поэтому решение задачи создания отечественных автоматизированных систем сердечной реанимации по-прежнему остается актуальным и своевременным.

Материалы и методы

Автоматический комплекс для сердечно-легочной реанимации (АКСЛР) – это неинвазивная автоматическая система, позволяющая проводить непрямой массаж сердца пациента и искусственную вентиляцию легких в случае возникновения внезапной остановки сердца и дыхания.

Цель создания автоматического устройства для сердечно-легочной реанимации – это мобильность, автономность и осуществление реанимации пациента в движении.

Особенность устройства для сердечной реанимации: прибор сочетает в себе стерильную и торакальную компрессию, тем самым сжатие сердца осуществляется со всех сторон, что обеспечивает более продолжительную и лучшую циркуляцию крови. При этом сокращены до минимума паузы между компрессиями, что обеспечивает адекватную коронарную перфузию.

Сушность закрытого массажа сердца заключается в сдавлении сердца между грудиной и позвоночником, опорожнении камер сердца в магистральные сосуды. При этом кровообращение обеспечивается не только сжатием сердца, но и увеличением внутригрудного давления. Короткие и резкие сжатия

грудной клетки обуславливают достаточно высокие подъемы АД, не сопровождающиеся, однако, адекватным искусственным кровотоком в сосудистом русле. Поэтому массаж должен быть плавным и обеспечивать соотношение искусственной систолы к диастоле 1 : 1 [3]-[8].

Требуемое усилие, обеспечивающее деформацию грудной клетки на величину, задаваемую оператором аппарата, исходя из технических характеристик изделия, указанных ниже, создается модулем пневматического линейного перемещения, который построен на базе пневматического привода DPZ-32-100-P-A фирмы «FESTO» (Германия).

С целью защиты костных тканей от повреждения универсальный модуль тягового усилия оборудован датчиком усилия и датчиком перемещения. Совместная работа указанных датчиков реализует обратную связь как по усилию, так и по величине деформаций грудной клетки. Механическая (кинематическая) взаимосвязь между нажимной пластиной (рис. 1) и модулем тягового усилия реализуется при помощи приводных ремней, регулируемых врачом-реаниматором.



Рис. 1. Конструкция аппарата сердечной реанимации

Регулирование частоты сокращений, величины деформации грудной клетки, а также необходимого усилия осуществляется при помощи панели управления. Управление работой пневматического привода осуществляется пневматическим распределителем, управляемым микропроцессорной системой, построенной на базе микроконтроллера «Arduino Nano» компании «System Elettronica» (Италия), рассмотренной более подробно ниже.

Основные характеристики разработанного макетного образца, конструкция которого представлена на рис. 1, приведены в обобщенной табл. 1.

Преимуществом предлагаемого аппарата сердечной реанимации, входящего в комплекс СЛР, в сравнении с зарубежными аналогами является его небольшая себестоимость, расширенный диапазон частот сокращения грудной клетки, возможность регулирования усилия сдавливания и величины деформирования грудной клетки, а также возможность его использования при любых угловых положениях грудной клет-

ки, что обеспечивает простоту транспортировки, мобильность и применимость как в стационарных, так и в полевых условиях.

Таблица 1

Характеристики аппарата сердечной реанимации

№ п/п	Вид характеристики	Значение
1	Тип привода	Пневматический
2	Диапазон рабочих давлений	От 2 до 6 бар
3	Минимальное необходимое рабочее давление	3,5 бар
3	Максимальное усилие сжатия грудной клетки	50 кг (490,5 Н)
4	Максимальная частота сжатия	120 сокращений/мин
5	Максимальная величина сжатия	6 см
6	Зависимость от электрического питания	Аккумуляторная батарея 24 В
7	Объем пневмоаккумулятора	20 л
8	Среднее время автономной работы	30 мин
9	Максимальная грузоподъемность	150 кг
10	Количество операторов	1 человек
11	Возможность работы с внешними устройствами	Да
12	Время приведения в рабочее состояние:	1,5 мин

Результаты

В состав передвижного автоматического комплекса сердечно-легочной реанимации входят автоматический аппарат сердечной реанимации с носилками, аппарат искусственной вентиляции легких (ИВЛ), система хранения и подачи сжатого воздуха (кислорода), подвижный стол, пульт управления.

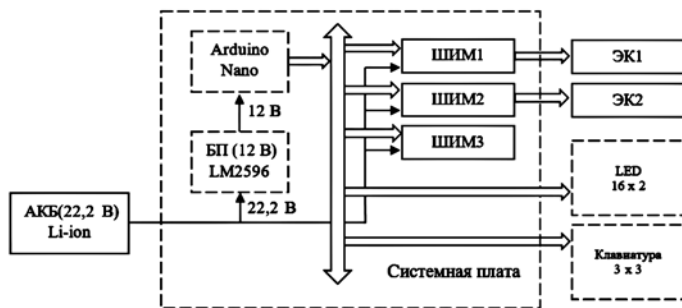


Рис. 2. Структурная схема системы управления реанимационным комплексом

Система управления предназначена для управления реанимационным комплексом. Выполнена одним модулем, состоящим из следующих частей (рис. 2):

- блок питания 12 В. Понижающий преобразователь выполнен на микросхеме LM2596 компании «Texas Instrument» (США);
- контроллер. Стандартная плата контроллера «Arduino Nano» реализована на микроконтроллере «ATmega328p» компании «System Elettronica» (Италия);
- системная плата. На плате реализован силовой ключ, три канала ШИМ, установлены разъемы для подсоединения плат блока питания, контроллера, пленочной клавиатуры и ЖК-дисплея 16 х 2.

Программное обеспечение позволяет изменять параметры работы как аппарата сердечной реанимации, так и аппарата ИВЛ, а также режим взаимодействия между ними. Экспериментальные зависимости расхода, перемещение банджа и усилия сдавливания грудной клетки от подаваемого в пневматический

линейный привод давления практически не отличаются от теоретических зависимостей, представленных на рис. 3 и 4.

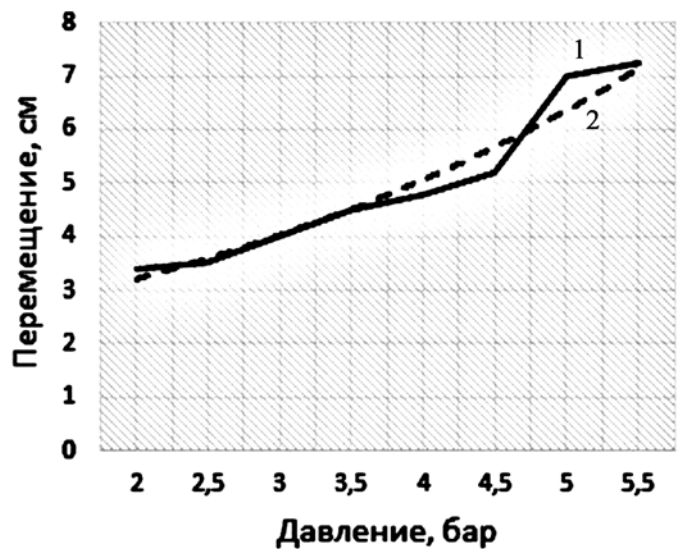


Рис. 3. График зависимости перемещения банджа (сдавливания грудной клетки) в зависимости от давления воздуха в приводе: 1 – макс. перемещение; 2 – экспоненциальная (макс. перемещение)

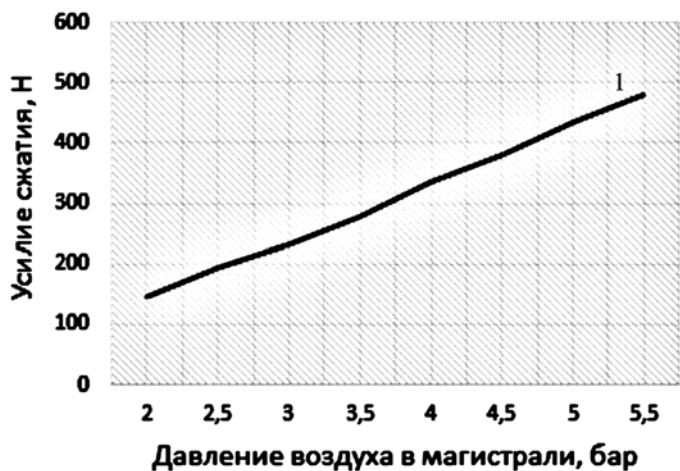


Рис. 4. График зависимости усилия сжатия грудной клетки от давления воздуха в приводе: 1 – макс. давление

Комплекс позволяет реализовать автоматический режим работы сердечных сокращений и цикла вдох/выдох 30 : 2 и 15 : 2. Оба аппарата, входящие в комплекс, работают от сжатого воздуха, а система управления – от аккумуляторов напряжением 24 В.

Заключение

Разработанный передвижной автоматический комплекс СЛР (устройство для проведения непрямого массажа сердца и искусственной вентиляции легких) соответствует рекомендациям Американской ассоциации кардиологов (АНА), Европейского совета по реанимации (ERC) и Минздрава России. АКСЛР практически исключает ручное вмешательство, возникновение усталости у лиц, выполняющих СЛР, а также негативное влияние стресса и ошибок персонала, связанных с проведением ручного непрямого массажа сердца и ИВЛ

Постоянные качественные компрессии без перерывов или компрессии в режиме 30 : 2 при проведении сердечно-легочной реанимации, кроме щадящего воздействия на грудную клетку, обеспечивают лучший приток крови к головному мозгу и сердцу по сравнению с ручным способом сердечно-легочной реанимации. Автономность комплекса обеспечивает продолжительность непрерывной работы до 40 мин. Глубина ком-

прессии составляет 4...6 см, ЧСС – 60...120 в минуту. АКСЛР может использоваться для проведения СЛР взрослым пациентам весом до 150 кг и ростом до 190 см. Существует возможность транспортировки пациента с углами наклонов до 45 град.

Разработка комплекса и исследования выполнены за счет гранта СевГУ, идентификатор 27/06-31, 2020 г.

Список литературы:

1. Осипов К.Н., Поливцев В.П., Поливцев В.В. Оценка измерительной информации в ходе испытаний аппарата сердечной реанимации // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2020. № 4-1. С. 68-72.
2. Беляев Ф.Ф. и др. Оценка возможности и адекватности газообмена при вентиляции легких жидкими средами // *Анестезиология и реаниматология*. 1978. № 1. С. 49-52.
3. Кобеляцкий Ю.Ю., Царев А.В. Механическая компрессия грудной клетки при проведении сердечно-легочной реанимации: опыт использования аппарата «Autopulse» // *Медицина неотложных состояний*. 2013. № 4 (51). С. 62-67.
4. Пашков Е.В., Поливцев В.П., Поливцев В.В. Автоматическое устройство для сердечно-легочной реанимации на базе линейного пневмопривода // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2020. № 4-1 (342). С. 74-78.
5. Осипов К.Н., Поливцев В.П. Экспериментальная оценка эффективных и безопасных режимов непрямого аппаратного массажа сердца // *Автоматизация измерения в машино-приборостроении*. 2020. № 4 (12). С. 108-112.

6. Филипович О.В., Пашков Е.В., Поливцев В.П. Автоматическое устройство для сердечно-легочной реанимации / Патент на полезную модель RU 189470, 23.05.2019. Заявка № 2018139986 от 12.11.2018.
7. Пашков Е.В., Поливцев В.П. Автоматическое устройство для сердечно-легочной реанимации в экстремальных условиях / Патент на полезную модель № 193963, 21.11.2019, приоритет 21.05.2019.
8. Поливцев В.П. и др. Устройство для сердечно-легочной реанимации / Патент на полезную модель RU 201542 U1, 21.12.2020, приоритет 16.09.2020.

*Виктор Петрович Поливцев,
канд. техн. наук, доцент,
зав. лабораторией,
Алексей Львович Корепанов,
д-р мед. наук, доцент,
гл. научный сотрудник,
Владимир Викторович Поливцев,
руководитель группы,
научно-исследовательская лаборатория
«Экспериментальные системы
жизнеобеспечения биологических объектов»,
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь,
e-mail: akorepanov2006@rambler.ru*

Р.Г. Хамитов, Р.Ф. Аюпова, В.Г. Левандовский, А.С. Соломонов, Е.Б. Жибурт

Программируемая автоматизация переливания крови

Аннотация

Дана оценка возможности автоматизации двухэтапного режима переливания крови (биологическая проба, основной этап), соответствия реальной скорости переливания заданной. Было перелито 15 доз эритроцитов. Переливание эритроцитов с использованием инфузионного насоса, штатных магистралей для переливания крови и устройства для их нагрева позволяет:

- объективизировать деятельность врача по выбору и реализации режима гемотрансфузии;
- автоматически выполнить как установленный режим биологической пробы, так и заданный режим основного этапа переливания;
- ввести в вену донора подогретую трансфузионную среду;
- избежать гемолиза в процессе переливания.

Введение

Скорость переливания крови и ее компонентов определяет эффективность гемотрансфузии [1]. При массивной кровопотере кровь переливают быстро, нередко используя больше одной инфузионной магистрали [2]. Пациентам с нарушениями сердечной деятельности требуется медленная инфузия – для профилактики, связанной с трансфузией циркуляторной перегрузки [3], [4].

Особую важность представляет начальный этап введения донорской крови, который называют «биологической пробой». Цель этой пробы – выявить несовместимость, пирогенность, гипотензивное или иное патологическое действие вводимого продукта [5]. С 1 января 2021 года в России биологическую пробу при гемотрансфузии проводят как и в других развитых странах: донорскую кровь и (или) ее компоненты переливают со скоростью 2 мл/мин первые 15 мин трансфузии, наблюдая за состоянием реципиента. Биологическая проба проводится независимо от объема и наименования донорской крови и ее компонентов, за исключением трансфузии криопреципитата. При необходимости трансфузии нескольких доз компонентов

донорской крови биологическая проба выполняется перед трансфузией каждой новой дозы компонента донорской крови. Биологическая проба выполняется, в том числе, при экстренной трансфузии (Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 октября 2020 г. № 1134н «Об утверждении порядка медицинского обследования реципиента, проведения проб на индивидуальную совместимость, включая биологическую пробу, при трансфузии донорской крови и (или) ее компонентов»).

После проведения биологической пробы скорость инфузии, как правило, увеличивается.

Система для переливания крови регулирует скорость инфузии вручную, при помощи роликового зажима, т. е. целиком полагаясь на психофизиологические характеристики оператора [6].

Альтернативой может стать использование инфузионного насоса, позволяющего регулировать скорость переливания крови.

Цель работы: оценить возможность автоматизации двухэтапного режима переливания крови (биологическая проба, основной этап), оценить соответствие реальной скорости переливания заданной.