

КОНЦЕПЦИЯ ПЕРЕНОСНОГО ИЗОЛИРУЕМОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО МЕДИЦИНСКОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ БОЛЬНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1);

²Всероссийский центр медицины катастроф «Защита» (Россия, Москва, ул. Щукинская, д. 5);

³Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования
(Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1)

Актуальность. В нашей стране в рамках цифровизации здравоохранения приняты и выполняются ряд организационных решений по оптимизации проведения медицинской эвакуации больных и пострадавших в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Цифровая трансформация здравоохранения для решения вопросов коррекции лечения, транспортабельности пациентов и целесообразности проведения медицинской эвакуации в наибольшей степени реализуется пока только в виде телемедицинских консультаций. Вместе с тем, в настоящее время уже могут быть применены новейшие разработки, позволяющие использовать передовые информационные технологии, в том числе технологии искусственного интеллекта, применительно к каждому больному или пострадавшему при проведении медицинской эвакуации на догоспитальном и госпитальном периодах в условиях ликвидации последствий ЧС и при работе в режиме повседневной деятельности. Одной из таких разработок может стать создание переносного изолируемого роботизированного медицинского модуля (Модуль).

Цель – обосновать концепцию Модуля для медицинской эвакуации больных и пострадавших с применением передовых медицинских цифровых технологий.

Методология. На основе анализа передовых разработок медицинского оборудования, материалов, цифровых технологий, многолетнего всестороннего собственного опыта эвакуации проведен информационный и концептуальный поиск концептуальных решений для создания Модуля для медицинской эвакуации больных и пострадавших в режиме повседневной деятельности и ЧС.

Результаты и их анализ. Ключевое решение проблемы состоит в реализации следующих оригинальных идей. Во-первых, это «блоковый» принцип компоновки структуры Модуля. В первом (верхнем) блоке устанавливаются роботизированное диагностическое и лечебное оборудование, системы управления и телеметрической связи. При необходимости работы в автономном режиме блок защищен от внешнего воздействия. Второй (средний) блок предназначен для размещения пациента, которому оказывается медицинская помощь. Блок может быть полностью изолирован от внешней среды, в нем создается комфортная внутренняя обстановка, размещаются элементы системы видеосвязи. В третьем (нижнем) блоке находятся системы жизнеобеспечения пациента и обеспечения автономности Модуля, что позволяет доставлять его на борт транспортного средства отдельно от первого и второго блоков. Масса третьего блока не критична для массы Модуля в целом. Во-вторых, – антропогенная идея использования специальных съемных заменяемых оболочек, изолирующих Модуль от неблагоприятных погодных условий. Возможно использование съемного чехла из защитных материалов. Для условий Крайнего Севера – это теплосберегающие материалы, для условий вооруженных конфликтов – параарамидное волокно (кевлар). В-третьих, – эргономичный вариант расположения медицинской техники над пациентом, что обеспечивает удобное обслуживание оборудования для проведения медицинских манипуляций. В этом случае наблюдение и лечение не прерываются при перемещении пациента из одного транспортного средства в другое.

Заключение. Использование передовых цифровых медицинских технологий при проведении медицинской эвакуации больных и пострадавших, реализованных в концепции Модуля, позволяет существенно снизить риски, применить пациентоориентированный подход при проведении медицинской эвакуации каждого эвакуируемого пациента. Это вносит значительный вклад в развитие медицинской эвакуации и практической медицины.

Ключевые слова: медицинская эвакуация, роботизированный медицинский модуль, цифровизация, чрезвычайная ситуация.

✉ Гончаров Сергей Федорович – д-р мед. наук проф., акад. РАН, директор, Всерос. центр медицины катастроф «Защита» (Россия, 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 5); зав. каф. медицины катастроф Рос. мед. акад. непрерывного проф. образования (Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1), e-mail: director@vcmk.ru;

Соколов Михаил Эдуардович – д-р мед. наук проф., зам. директора, Ин-т математ. исслед. сложных систем, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова (Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1), e-mail: sokolov@sra.msu.ru;

Баранова Наталья Николаевна – канд. мед. наук, гл. врач Центра мед. эвакуации и экстрен. мед. помощи, Всерос. центр медицины катастроф «Защита» (Россия, 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 5); доц. каф. медицины катастроф, Рос. мед. акад. непрерывного проф. образования (Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1), e-mail: baranova74@mail.ru;

Солодова Розалия Фаилевна – канд. мед. наук, науч. сотр. механико-математ. ф-та, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова (Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1), e-mail: rozaliya@solodov.org;

Титов Игорь Георгиевич – зам. директора Всерос. центр медицины катастроф «Защита» (Россия, 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 5), e-mail: mail@vcmk.ru

Введение

В настоящее время на профессиональных медицинских дискуссионных площадках активно обсуждаются проблемы применения цифровых технологий в медицине, открывающих новые возможности для включения организма пациента в процесс мониторинга и лечения. За последние годы цифровизация отечественного здравоохранения заметно продвинулась вперед, активно внедряется единый цифровой контур системы здравоохранения, включающий в себя создание Единой диспетчерской службы на базе Региональных центров скорой медицинской помощи и медицины катастроф, «умных» амбулаторий, стационаров, электронной медицинской карты и возможность дистанционной работы с ней, развитие телемедицинских технологий и пр. [9].

Вместе с тем, подавляющее большинство цифровых технологий созданы для оказания стационарной и амбулаторной помощи, ведения пациентов на «дому», особенно это касается мониторинга и оказания медицинской помощи пациентам с хроническими заболеваниями (сахарный диабет, онкология и др.); для оказания специализированной медицинской помощи в лечебных медицинских учреждениях в части проведения оперативных дистанционных вмешательств, электронного документооборота, идентификации пациента, проведения телемедицинских консультаций и др.

При возникновении природных и техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС, крупных дорожно-транспортных происшествий, землетрясений, военных и вооруженных конфликтов, совершении терактов и др.) цифровые технологии применяются пока только для принятия административных решений по мониторингу оказания медицинской помощи и управлению маршрутизацией при медицинской эвакуации. В отношении собственно помощи пострадавшему доступны лишь методики проведения телемедицинских консультаций для решения вопросов транспортабельности и целесообразности выбора варианта маршрутизации при проведении медицинской эвакуации [2–4, 6, 7, 9].

На эти проблемы обращают свое внимание ряд специалистов, подчеркивающих значение информатизации управления эвакуацией при медицинской сортировке в очаге ЧС в ходе ликвидации медико-санитарных последствий катастроф и террористических актов [4, 9, 18, 19].

За последнее десятилетие в гражданских и военных ведомствах выполнены ряд конструкторских работ, реализация которых будет способствовать оптимизации проведения медицинской эвакуации пострадавших в ЧС различного характера. Речь идет о создании модулей медицинских самолетных (ММС) и модулей медицинских вертолетных (ММВ). Данные конструкции уже введены в эксплуатацию и предназначены для медицинской эвакуации 2 тяжелопострадавших – на ММВ и 4 – на ММС. Кроме того, применяются одноместные модули с конструктивно предусмотренным креплением для набора медицинского оборудования, полностью соответствующего стандартам проведения реанимационных мероприятий и интенсивной терапии больным и пострадавшим [16, 17].

Анализ опыта создания и применения эвакуационных медицинских модулей приведен в статье А.Н. Гребенюка и соавт. [8]. На наш взгляд, его можно существенно дополнить, выделив ключевые моменты, без разрешения которых создание переносного изолируемого роботизированного модуля (далее – Модуль) для медицинской эвакуации больных и пострадавших вряд ли возможно.

Опыт массового использования ММС относится ко времени проведения медицинской эвакуации пострадавших при пожаре в клубе «Хромая лошадь» в г. Пермь в декабре 2009 г. Тогда для проведения медицинской эвакуации 105 пострадавших в профильные лечебные медицинские организации Москвы, Санкт-Петербурга, Челябинска были выполнены 12 авиарейсов, в том числе самолетом Ил-76 МЧС России, оснащенный пятью ММС, 20 пострадавших эвакуировали за один рейс [15].

В последующие годы и вплоть до настоящего времени ММС и ММВ неоднократно использовались и используются при санитарно-авиационной эвакуации больных и пострадавших в ЧС и работе в режиме повседневной деятельности Службы медицины катастроф Минздрава России, Службы медицины катастроф Минобороны России, в системе МЧС России как на федеральном, так и на региональном уровнях [1, 4, 8, 9, 11, 13, 15, 16].

Следует отметить ряд очевидных положительных моментов использования ММС: удобство расположения пострадавших для проведения мероприятий экстренной медицинской помощи пациентам, находящимся на нижнем ярусе, наличие для каждого пострадавшего комплекта реанимационного оборудования,

возможность подачи кислорода, проведения искусственной вентиляции лёгких и интенсивной терапии и др. [8, 13].

Вместе с тем, за прошедшее время не удалось полностью решить исследуемую проблему.

Во-первых, в условиях ЧС сложно выполнить положение «на одного пораженного, находящегося в тяжелом состоянии, – одна реанимационная бригада», и в случае применения ММС на одну бригаду медицинских специалистов приходилось 3–4 реанимационных пациента. В таких условиях медицинские работники вынуждены мониторить показания приборов каждого пациента, притом что, как правило, современные приборы при интенсивной терапии и реанимации снабжены звуковыми сигналами и функцией «alarm».

Во-вторых, при использовании ММС невозможно обеспечить изолированную среду (санитарные условия, уровень температуры и давления воздуха, влажности и пр.) для каждого пострадавшего, что особенно важно применительно к пациентам комбустиологического профиля – медицинская эвакуация из г. Пермь («Хромая лошадь»), а также пациентов с инфекционными заболеваниями, радиационными и токсикологическими поражениями, когда требуется, прежде всего, защита от заражения и загрязнения медицинского персонала, окружающих, оборудования и самого транспортного средства.

В-третьих, затруднен доступ медицинского персонала к пациенту, который располагается на верхних носилках ММС. Несмотря на решение располагать сверху пострадавших, не требующих интенсивной терапии, визуальный контроль ряда жизненно важных показателей необходим, и не исключена возможность ухудшения состояния пациента.

Кроме того, при разработке ММС и ММВ конструктивно не предусмотрены и, в итоге, не реализованы современные возможности цифровой индустрии в оказании медицинской помощи, среди которых можно выделить:

- использование бесконтактных датчиков для мониторинга параметров и показателей состояния здоровья эвакуируемых;
- роботизацию отдельных медицинских манипуляций и процессов;
- систему поддержки принятия врачебных решений;
- использование современного медицинского оборудования с объединением его в единый цифровой контур и потоковой пере-

дачей показателей и параметров на удаленный цифровой носитель с возможностью дистанционного контроля состояния здоровья эвакуируемых;

- проведение телемедицинских консультаций при медицинской эвакуации;
- использование Big Data: сбор и анализ данных с контактных и бесконтактных датчиков показателей параметров здоровья эвакуируемых; данных о проведенных медицинских манипуляциях и их эффективности; систематизация архивов диагностических и других исследований для обучения; программных алгоритмов и совершенствования системы поддержки принятия клинических решений и др. [10, 12, 20].

Необходимость уменьшения отрицательного воздействия указанных недостатков и реализация на практике возможностей цифровой индустрии определяют значимость разработки концептуально нового Модуля для медицинской эвакуации больных и пострадавших.

Таким образом, данное научное направление – создание Модуля является ответом на настойчивые требования практики проведения медицинской эвакуации больных и пострадавших.

Материал и методы

На основе анализа многолетнего всестороннего собственного опыта медицинской эвакуации специальным и общегражданским видами транспорта, передовых разработок оборудования и сопутствующих материалов, цифровых технологий, проведен информационный поиск (по данным Научной электронной библиотеки, Российской государственной библиотеки) концептуальных решений для создания переносного изолируемого роботизированного модуля (Модуля) для медицинской эвакуации больных и пострадавших. Для обоснования создания концептуально нового Модуля проведен анализ существующих и перспективных устройств для медицинской эвакуации больных и пострадавших.

Результаты и их анализ

Анализ существующих устройств для проведения медицинской эвакуации больных и пострадавших выявил направления создания концепции «Переносного изолируемого роботизированного медицинского модуля для эвакуации больного или пострадавшего» (Модуль).

Совершенно очевидно, что Модуль должен обеспечить:

- сбор достаточной диагностической информации о состоянии эвакуируемого пациента;
- оказание медицинской помощи в адекватном объеме;
- защиту эвакуируемого пациента, оборудования и медикаментов от агрессивных условий внешней среды и опасностей, исходящих от пациента;
- полноценный обмен информацией с удаленным консультантом.

В общем виде «диагностический блок» может включать любое медицинское диагностическое неинвазивное оборудование, подходящее по функциям, как существующее, так и перспективное. Новые типы, например, интегрального датчика, внедряемого чипа и другие могут быть без промедления использованы для замены морально устаревших образцов и органично включены в диагностическую систему. Неразрешимых проблем в обновлении такого комплекса нет.

Аналогично можно говорить и о лечебном блоке. Система инвазивного введения лекарств, аппарат искусственной вентиляции легких и другие уже могут быть дополнены, например, гемодиализом или экстракорпоральной медицинской оксигенацией.

Система поддержания жизнедеятельности (согревание, охлаждение, подготовка воздуха, поддержание давления внутри блока) может осуществляться с использованием, например, модернизированной отечественной системы «Ламсистем». Система может быть дополнена комплексом защиты оборудования и усовершенствована за счет применения современных материалов.

Важнейшей частью Модуля должна стать система его поддержания в режиме автономной работы (батареиный блок, запас или концентратор кислорода, система хранения отходов и др.). Решение этих вопросов представляет определенные трудности, но они преодолимы.

Блок обмена телеметрической информацией, ее защита от несанкционированного доступа обеспечиваются соответствующими разработками специалистов.

Указанные блоки роботизированы. В роботе «Ангел», например, осуществлено соединение в одном комплексе диагностического оборудования – блока постановки предварительного диагноза и блока лечебной аппаратуры. Каждая из систем является «открытой» [14].

Может возникнуть вопрос: почему Модуль для эвакуации больного или пострадавшего, востребованный гражданскими и силовыми ведомствами, до сих пор не создан? Ключевая проблема заключается в том, что совмещение всех указанных функциональных блоков в едином объеме приводит к недопустимым массогабаритным характеристикам Модуля.

Рассмотрим устройство Модуля, защищенного патентом на изобретение России [14], более подробно. Основу первого блока составляет автоматизированная система непрерывного медицинского контроля за пациентом, включающая инструментальный контроль показателей гомеостаза с объективной оценкой динамики состояния эвакуируемого. Осуществляется автоматизированное определение степени травматического, ожогового, гиповолемического шока, инфаркта миокарда, инсульта и других неотложных состояний. Проводится роботизированное лечение пациента с учетом динамики его состояния («система обратной связи») по существующим (вновь принятым) клиническим протоколам и стандартам.

Предусмотрена возможность дистанционного роботизированного мониторинга жизненно важных функций человека в режиме реального времени, включая:

- общий визуальный осмотр;
- детальный визуальный осмотр;
- инструментальную пальпацию;
- аускультацию;
- измерение артериального давления (АД);
- измерение частоты и характеристик пульса;
- измерение частоты дыхания;
- измерение параметров ЭКГ;
- капнографию;
- парциальное давление кислорода;
- измерение температуры тела;
- исследование важнейших параметров крови, в том числе кардиомаркеров (СТnI, СК-МВ, BNP), электролитов (Na, K, Cl, iCa), газов крови (pH, PCO₂, PO₂, Lactate), свертывания (ACT Kaolin, ACT Celite, PT/INR), креатинина, мочевины, гематокрита.

Лечебный комплекс представлен системой автоматизированного введения лекарственных средств (инфузоматы и насосы), элементами управления автоматической системой проведения непрямого массажа сердца и контрпульсацией, набором медикаментов с учетом автоматической системы сбора продуктов жизнедеятельности человека, промывной и выделяемой жидкости [14]. Важнейшей частью блока являются роботизированный ап-

парат искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и «оперативный» запас кислорода.

Конечно, варианты детальной компоновки аппаратуры блока требуют дальнейших работ и обсуждения. Медицинское оборудование представлено в виде отдельных корпусных приборов. Такая структура позволяет осуществить быструю замену неисправного или устаревшего прибора. Другой вариант – представление в виде функциональных блоков, собранных в общем корпусе, что более компактно и имеет меньшую массу. Но в этом случае неисправность одного из блоков может привести к необходимости замены всего комплекса [14].

Особого внимания потребует разработка математического и программного обеспечения работы Модуля. Должна быть предусмотрена и реализована возможность замены одного компонента программного обеспечения другим, выполняющим идентичные функции и имеющим программный интерфейс без необходимости изменений в других программных компонентах и их настройках. Программное обеспечение должно предусматривать возможность проведения испытаний каждого компонента отдельно. Разработка и реализация вновь создаваемых программных компонентов должны осуществляться на языках программирования высокого уровня, включая C/C++. Использование платформенно-зависимых конструкций при реализации вновь создаваемых программных компонентов должно быть минимизировано. При выборе операционной системы, под управлением которой предполагается функционирование программного обеспечения, должны быть рассмотрены операционные системы реального времени с открытым исходным кодом, включая операционные системы семейства Linux. Программное обеспечение дает возможность автоматизированного выполнения сценариев, связанных с диагностикой, мониторингом и лекарственной терапией, описанных на специальном языке, обеспечивающем возможность верификации кода сценария клиницистом, не имеющим образования в области компьютерных технологий. Должны быть рассмотрены возможности использования существующих языков и разработки нового языка, выбор которых должен быть обоснован [14].

В состав программного обеспечения комплекса Модуль должна входить система поддержки баз данных и обработки функциональных показателей пациента.

Должно быть разработано информационное обеспечение в составе управляющей программы, реализующей определенные модели постановки диагноза и научно обоснованные алгоритмы проведения медикаментозного лечения.

Общие требования к специальному программному обеспечению – оно должно иметь открытую архитектуру построения в виде законченных алгоритмов и функциональных модулей, интерфейс пользователя должен создать визуализацию рабочего процесса; язык интерфейса пользователя – русский; информационные программные средства дают возможность использования электронного справочника по клиническому применению лекарственных средств.

Лечебно-диагностическая аппаратура и аналитический комплекс дополняются системой автоматического управления жизнеобеспечением и защищенной связью с дистанционным консультантом. Эта система должна обеспечить дистанционный непрерывный контроль за функционированием Модуля [14].

В первом блоке расположена аккумуляторная батарея небольшой емкости. Медицинская аппаратура и пациент, находящийся внутри второго блока («размещения»), должны быть связаны посредством соответствующих кабелей, электродов и катетеров.

Основу второго блока составляет герметичная изолирующая оболочка, внутри которой располагается пациент. Поступающий воздух охлаждается или подогревается до заданной температуры, которая поддерживается автоматически. Обратное поступление воздуха система блокирует за счет специального возвратного клапана. Выход воздуха из блока размещения пациента осуществляется через фильтры и поддерживается в заданном объеме. Фильтры снабжены автоматически датчиками радиоактивности. Данные датчиков радиоактивности, температуры, давления внутри блока передаются на рабочее место врача. Приточно-вытяжная система обеспечивает не только удаление воздуха и поддержание отрицательного давления, но и управляет притоком воздуха посредством двух активных систем вентиляции.

Внутри второго блока предусмотрена двухзонная система, позволяющая изолировать органы дыхания пациента от выделений из других систем организма: пот, раневое отделяемое, физиологические отправления.

Внутрь второго блока через защищенные порты (отверстия со специальными мембрана-

ми) герметично вводятся интубационная трубка для ИВЛ; провода ЭКГ, видеокамер, микрофонов; катетеры для инфузий и т. д. Через аналогичные каналы вводятся мочевого катетер, дренажные трубки и пр. Блок оборудован четырьмя камерными перчатками со сменной кистевой частью и более для безопасного осуществления необходимых манипуляций внутри бокса. Для безопасного внесения и изъятия перевязочных средств, предметов ухода за эвакуируемым пациентом бокс оснащен передаточным шлюзом с двумя герметичными молниями, конструктивно исключающими возможность одновременного расстегивания во избежание появления незащищенного сквозного доступа внутрь. В ходе проведения медицинской эвакуации самолетом система контроля обеспечивает поддержание давления внутри блока на требуемом уровне – от отрицательного, относительно окружающей среды, до нормального (760 мм рт. ст.).

Третий блок предназначен для размещения системы жизнеобеспечения эвакуируемого пациента и обеспечения автономности модуля. Он расположен под вторым блоком и отделен от него герметичной горизонтальной перегородкой, снабжен специальной системой крепежа, позволяющей закрепить Модуль в различных видах гражданского или военного транспорта. Он содержит системы электропитания, подогревания и охлаждения воздуха; запас кислорода с обеспечением пожаро-, взрывобезопасности при расположении перечисленных объектов в непосредственной близости друг от друга, медикаментов, средств по уходу и др.

В третьем блоке расположены: выпрямитель; одна или несколько аккумуляторных батарей большой емкости, достаточных для автономной работы Модуля в течение 12–24 ч, электрические кабели для соединения с оборудованием, расположенным во всех трех блоках. Также расположена аппаратура нагнетания, фильтрации, подогрева, охлаждения, передачи воздуха, последовательно вводимого в первый и второй блоки.

Кроме того, в этом блоке расположены система генерации кислорода, один или несколько газовых баллонов (кислород, закись азота и др.), трубопровод для передачи газов последовательно в первый и второй блоки.

В третьем блоке расположены один или несколько контейнеров для хранения и обеззараживания промывной и выделяемой жидкости или раневого отделяемого, а также продуктов жизнедеятельности пациента. Жидкости поступают из первого блока через трубопровод, введенный в третий блок через одно или несколько герметизированных отверстий с возможностью их полной изоляции. Структура и состав перспективной автоматизированной и роботизированной медицинской системы понятны. Каким должен быть облик Модуля (рисунок)?

Размер площадки размещения пациента зависит от его роста и ширины плеч – 2000×600 мм. Длина и ширина Модуля не должны существенно превышать габариты человека, поскольку их увеличение приведет к проблемам перемещения и размещения внутри ограниченного пространства самолета, вертолета, катера, автомобиля. Доста-



Вариант внешнего облика переносного изолируемого роботизированного медицинского модуля [патент на промышленный образец № 118696, Рос. Федерация].

точная высота блока для размещения пациента – 450 мм. Высота блока медицинской аппаратуры в настоящий момент определяется размерами роботизированного аппарата ИВЛ и составляет 340 мм, достаточные размеры площадки – 1500 × 250 мм.

Масса первого и второго блоков, изготовленных из карбона: без аппаратуры – 20 кг, с аппаратурой – 45 кг.

Размещение пациента увеличит массу Модуля до 105–150 кг, т. е. блок может перемещаться пятью «носильщиками» (до 30 кг на 1 человека).

В случае необходимости Модуль может оперативно стать полноценной реанимационной койкой, изолированной от внешней среды. Наблюдение за пациентом можно осуществлять дистанционно, что позволяет существенно увеличить их число в реанимационном отделении.

Заключение

Технология роботизированной медицинской эвакуации больных и пострадавших предполагает перемещение от места оказания скорой специализированной медицинской помощи в экстренной форме до палаты реанимационного отделения стационара разными видами транспорта. Перемещение пациента осуществляется без его перекладывания с одних носилок на другие и переключения с одних образцов медицинской аппаратуры на другие.

Применение переносного изолируемого роботизированного медицинского модуля позволяет создать оптимальные условия при проведении эвакуации. Прежде всего – это безопасность пациента и персонала, снижение рисков ошибок при принятии организационных и клинических решений, комфортная рабочая среда, что соответствует принципам пациентоориентированного подхода к каждому пострадавшему и улучшению качества проведения медицинской эвакуации.

По итогам анализа мнений более 700 экспертов по вопросам проведения медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайной ситуации определены направления и критерии контроля ее качества [4, 5]. Некоторые из них могут быть реализованы при разработке и внедрении в практику работы переносного изолируемого роботизированного медицинского модуля. В частности, к ним относятся:

- выбор тактики оказания медицинской помощи при проведении медицинской эвакуации будет более оптимальным при использовании системы поддержки клинических решений, соответствовать стандартам медицинской помощи и проводиться согласно клиническим рекомендациям;

- при использовании переносного изолируемого роботизированного медицинского модуля можно корректировать уход от схемы «один врач – один пациент» без ущерба для качества проводимых лечебно-эвакуационных мероприятий;

- набор оборудования и оснащения будет соответствовать порядкам оказания и стандартам медицинской помощи в соответствии со степенью тяжести состояния эвакуируемого пациента и профилем его патологии;

- обеспечивается защита персонала, больных и пострадавших в ходе эвакуации с соблюдением эпидемической и инфекционной безопасности.

Эти и другие направления контроля качества эвакуации с применением переносного изолируемого роботизированного модуля являются методической основой для разработки специалистами профильных комиссий по скорой медицинской помощи и медицине катастроф и сотрудниками Национального института качества Росздравнадзора методических (практических) рекомендаций по контролю качества и безопасности выездных форм работ.

Литература

1. Банин И.Н., Осыковский А.В., Балабаев Г.А. Опыт и перспективы применения вертолетов при оказании экстренной консультативной медицинской помощи и проведении санитарно-авиационной эвакуации в Воронежской области // Медицина катастроф. 2012. N 2. С. 26–27.
2. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших: состояние, проблемы. Сообщение 2 // Медицина катастроф. 2019. N 1. С. 42–46.
3. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших: состояние, проблемы. Сообщение 3 // Медицина катастроф. 2019. N 2. С. 38–44.
4. Баранова Н.Н., Гончаров С.Ф. Критерии качества проведения медицинской эвакуации: обоснование оценки и практического применения // Медицина катастроф. № 4. 2019. С. 38–42.
5. Баранова Н.Н., Гончаров С.Ф. Медицинская эвакуация при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: маршрутизация, критерии качества // Скорая медицинская помощь. 2019. N 4. С. 4–18.
6. Быстров М.В., Гончаров С.Ф. К вопросу об организационной модели функционирования регионального центра скорой медицинской помощи и медицины катастроф субъекта Российской Федерации // Медицина катастроф. 2019. N 4. С. 5–10. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-4-5-10

7. Гончаров С.Ф., Акиншин А.В., Баженов М.И. [и др.]. Медицинская эвакуация пострадавших с политравмой. Организационные вопросы. Сообщение 1 // Медицина катастроф. 2019. N 4. С. 43–47. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-4-43-47
8. Гребенюк А.Н., Лисина Е.А., Лисин П.Л., Старков А.В. Медицинские технические устройства для медицинской эвакуации раненых и пострадавших в чрезвычайных ситуациях // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2020. № 1. С. 21–35. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-21-35.
9. Исаева И.В., Чалая Л.Л. Система экстренной консультативной медицинской помощи и медицинской эвакуации (санитарная авиация) в республике Татарстан и перспективы ее развития // Медицина катастроф. 2016. № 3. С. 36–38.
10. Кожевникова И.С. [и др.] Применение инфракрасной термографии в современной медицине (обзор литературы) // Экология человека. 2017. № 2. С. 39–46.
11. Курнявка П.А., Катик А.А., Суханов А.В., Перевалов Д.Н. Опыт реализации в Хабаровском крае государственного приоритетного проекта «Развитие санитарной авиации» // Медицина катастроф. 2018. № 2. С. 39–32.
12. Полторанина О.А., Лежнина И.А., Уваров А.А. Емкостные датчики для бесконтактной регистрации электрокардиограммы // Молодежь и современные информационные технологии: XIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. тр. : в 2 т. Томск : Изд-во ТПУ, 2016. Т. 2. С. 174–175.
13. Попов А.С., Гудзь Ю.В. Медицинская эвакуация пострадавших травматологического профиля силами авиации МЧС России с использованием модулей самолетных (вертолетных) // Многопрофильная клиника XXI века. Инновации в медицине-2017: материалы междунар. науч. конгр. СПб. : ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, 2017. С. 244–246.
14. Садовничий В.А., Соколов М.Э., Подольский В.Е. [и др.]. Переносной и транспортируемый изолируемый роботизированный эвакуационный медицинский модуль : пат. на изобретение № 2658466, Рос. Федерация. МПК А61В 5/04. Заявка № 2017144637, 19.12.2017. Опубл. 21.06.2018, Бюл. 18.
15. Фисун А.Я., Федоткин О.В., Сухоруков А.А. [и др.]. Ликвидация медико-санитарных последствий чрезвычайной ситуации в Перми: уроки и выводы // Медицина катастроф. 2010. № 1. С. 10–12.
16. Якиревич И.А., Попов А.С., Белинский В.В. Опыт проведения санитарно-авиационной эвакуации пострадавших и больных на воздушных судах МЧС России в 2015 г. // Медицина катастроф. 2016. № 1. С. 20–25.
17. Якиревич И.А., Алексанин С.С. Опыт санитарно-авиационной эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях авиацией МЧС России с использованием медицинских модулей // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2014. № 2. С. 5–12. DOI: 10.25016/2541-7487-2014-0-2-5-12.
18. Broby N., Lassetter J.H., Williams M., Winters B.A. Effective International medical Disaster relief: A Qualitative Descriptive Study // Prehosp. Dis. Med. 2018. Vol. 33, N 2. P. 119–126. DOI: 10.1017/S1049023X18000225.
19. Pepper M., Archer F., Moloney J. Triage in Complex, Coordinated Terrorist Attacks // Prehosp. Dis. Med. 2019. Vol. 34, N 4. P. 442–448. DOI: 10.1017/S1049023X1900459X.
20. Sokolov M., Solodova R., Galatenko V. [et al.]. Tactile diagnostics in robotic surgery // European Journal of Surgical Oncology. 2016. Vol. 42, N 9. P. 73. DOI: 10.1016/j.ejso.2016.06.025.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.
Поступила 21.04.2020

Для цитирования. Гончаров С.Ф., Соколов М.Э., Баранова Н.Н., Солодова Р.Ф., Титов И. Г. Концепция переносного изолируемого роботизированного медицинского модуля для эвакуации больных и пострадавших // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2020. № 3. С. 14–23. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-3-14-23

The concept of a portable isolated robotic medical module for evacuation of the sick and injured

Goncharov S.F.^{2,3}, Sokolov M.E.¹, Baranova N.N.^{2,3}, Solodova R.F.¹, Titov I.G.²

¹Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia);

²All-Russian Centre for Disaster Medicine (Zaschita) (5, Schukinskaya Str., Moscow, 123182, Russia);

³Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (bld. 1, 2/1, Barrikadnaya Str., Moscow, Russia)

✉ Sergei Fedorovich Goncharov – Dr. Med. Sci., Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, director, All-Russian Centre for Disaster Medicine (Zaschita) (5, Schukinskaya Str., Moscow, 123182, Russia); Head of the Department of Disaster Medicine, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (bld. 1, 2/1, Barrikadnaya Str., Moscow, Russia), e-mail: director@vcmk.ru;

Mikhail Eduardovich Sokolov — Dr. Med. Sci. Prof., deputy director, Institute of Complex Systems Mathematical Research, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia), e-mail: sokolov@spa.msu.ru;

Natalya Nikolaevna Baranova – PhD. Med. Sci., chief physician, Centre for Medical Evacuation and Emergency Medical Services, All-Russian Centre for Disaster Medicine (Zaschita) (5, Schukinskaya Str., Moscow, 123182, Russia); associate professor of the department of disaster medicine, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (bld. 1, 2/1, Barrikadnaya Str., Moscow, Russia), e-mail: baranova74@mail.ru;

Rosalia Failevna Solodova – PhD. Med. Sci., researcher, Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia), e-mail: rozaliya@solodov.org;

Igor Georgievich Titov – deputy director, All-Russian Centre for Disaster Medicine (Zaschita) (5, Schukinskaya Str., Moscow, 123182, Russia); e-mail: mail@vcmk.ru

Abstract

Relevance. In our country, as part of the digitalization of healthcare, a number of organizational decisions have been made and are being implemented to optimize the medical evacuation of the sick and injured in emergency situations. The digital transformation of healthcare in order to address the issues of treatment correction, patient transportability and the feasibility of medical evacuation to the greatest degree is realized so far only in the form of telemedicine consultations. At the same time, the latest developments can already be applied, allowing the use of advanced information technologies, including artificial intelligence technologies, for each sick or injured during medical evacuation in the prehospital and hospital periods in the event of emergency response and during everyday work. One of such developments could be the creation of a portable isolated robotic medical module.

Intention: To justify the concept of a portable, isolated robotic medical module for the medical evacuation of the sick and injured using advanced medical digital technologies.

Methodology. Based on an analysis of the advanced medical equipment, medical materials, digital medical technologies, many years of comprehensive in-house experience in medical evacuation, an information and patent search was conducted for conceptual solutions to create a portable isolated robotic medical module (Module) for medical evacuation of the sick and injured in the daily life and emergency situations.

Results and Discussion. A key solution to the problem is to implement the following original ideas. Firstly, it is the “block” principle of layout of the Module structure. In the first (upper) block, robotic diagnostic and medical equipment, control systems and telemetry communications are installed. If you need to work offline, the unit is protected from external influences. The second (middle) block is designed to accommodate a patient who receives medical care. The unit can be completely isolated from the external environment, a comfortable internal environment is created and elements of a video communication system are placed. The third (lower) block contains systems for patient’s life support and autonomous operation, and can be delivered on board the vehicle separately from the first and second blocks. The mass of the third block is not critical for the mass of the Module as a whole. Secondly, there is an idea of using special removable and replaceable shells to isolate the Module from adverse weather conditions. It is possible to use a removable cover made of protective materials. For the conditions of the Far North, these are heat-conserving materials, for the conditions of armed conflict - para-aramid fiber (Kevlar). Thirdly, ergonomic location of medical equipment above the patient provides convenient maintenance of equipment for medical manipulations. In this case, observation and treatment are not interrupted when moving the patient from one vehicle to another.

Conclusion. Advanced digital medical technologies in the medical evacuation of the sick and injured within the concept of a portable, isolated, robotic medical module can significantly reduce risks and apply a patient-oriented approach during the medical evacuation of each patient. This makes a significant contribution to the development of medical evacuation and practical medicine.

Keywords: medical evacuation, robotic medical module, digitalization, emergency.

References

1. Banin I.N., Osykovyi A.V., Balabaev G.A. Opyt i perspektivy primeneniya vertoletov pri okazanii ekstreynoi konsul'tativnoi meditsinskoj pomoshchi i provedenii sanitarno-aviatsionnoi evakuatsii v Voronezhskoi oblasti [Experience and prospects of the use of helicopters in the provision of emergency medical care and air ambulance evacuation in the Voronezh region]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2012. N 2. Pp. 26–27. (In Russ.)
2. Baranova N.N. Meditsinskaya evakuatsiya postradavshikh: sostoyanie, problemy. Soobshchenie 2 [Medical evacuation of victims: state-of-the-art, problems. Message 2]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2019. N 1. Pp. 42–46. (In Russ.)
3. Baranova N.N. Meditsinskaya evakuatsiya postradavshikh: sostoyanie, problemy. Soobshchenie 3 [Medical evacuation of victims with polytrauma. Organizational matters. Message 3]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2019. N 2. Pp. 38–44. (In Russ.)
4. Baranova N.N., Goncharov S.F. Kriterii kachestva provedeniya meditsinskoj evakuatsii: obosnovanie otsenki i prakticheskogo primeneniya [Quality Criteria for Medical Evacuation: Substantiation of Assessment and of Practical Use]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2019. N 4. Pp. 38–42. (In Russ.)
5. Baranova N.N., Goncharov S.F. Meditsinskaya evakuatsiya pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii: marshrutizatsiya, kriterii kachestva [Medical evacuation during emergency response: routing, quality criteria]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency Medical Care]. 2019. N 4. Pp. 4–18. (In Russ.)
6. Bystrov M.V., Goncharov S.F. K voprosu ob organizatsionnoi modeli funktsionirovaniya regional'nogo tsentra skoroi meditsinskoj pomoshchi i meditsiny katastrof sub'ekta Rossijskoj Federatsii [To the question of the organizational model of the functioning of the regional center for emergency medical care and disaster medicine of the constituent entity of the Russian Federation]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2019. N 4. Pp. 5–10. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-4-5-10 (In Russ.)
7. Goncharov S.F., Akin'shin A.V., Bazhenov M.I., Baranova N.N., Bobii B.V., Byzov A.V., Guseva O.I., Meshkov M.A., Savvin Yu.N., Chernyak S.I. Meditsinskaya evakuatsiya postradavshikh s politravmoi. Organizatsionnye voprosy. Soobshchenie 1 [Medical evacuation of victims with polytrauma. Organizational matters. Message 1]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2019. N 4. Pp. 43–47. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-4-43-47 (In Russ.)
8. Grebenyuk A.N., Lisina E.A., Lisin P.L., Starkov A.V. Meditsinskie tekhnicheskie ustroystva dlya meditsinskoj evakuatsii ranenyykh i postradavshikh v chrezvychaynykh situatsiyakh [Medical technical devices for medical evacuation of wounded and injured in emergency situations]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyakh* [Medico-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations]. 2020. N 1. Pp. 21–35. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-21-35. (In Russ.)
9. Isaeva I.V., Chalya L.L. Sistema ekstreynoi konsul'tativnoi meditsinskoj pomoshchi i meditsinskoj evakuatsii (sanitarnaya aviatsiya) v respublike Tatarstan i perspektivy ee razvitiya [System of Emergency Consultative Medical Care and Medical Evacuation (Sanitary Aviation) in Republic of Tatarstan and its Outlook]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2016. N 3. Pp. 36–38. (In Russ.)
10. Kozhevnikova I.S., Pankov M.N., Gribanov A.V. [et al.]. Primenenie infrakrasnoi termografii v sovremennoi meditsine (obzor literatury) [The use of infrared thermography in modern medicine (literature review)]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017. N 2. Pp. 39–46. (In Russ.)

11. Kurnyavka P.A., Katik A.A., Sukhanov A.V., Perevalov D.N. Opyt realizatsii v Khabarovskom krae gosudarstvennogo prioritnogo proekta «Razvitiye sanitarnoi aviatsii» [Experience in the implementation of the state priority project “Development of medical aviation” in the Khabarovsk Territory]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2018. N 2. Pp. 39–32. (In Russ.)

12. Poltoranina O.A., Lezhnina I.A., Uvarov A.A. Emkostnye datchiki dlya beskontaktnoi registratsii elektrokardiogrammy [Capacitive sensors for non-contact recording of an electrocardiogram]. *Molodezh' i sovremennye informatsionnye tekhnologii* [Youth and modern information technology]: XIII International scientific and practical conf. proceedings. Tomsk. 2016. Vol. 2. Pp. 174–175. (In Russ.)

13. Popov A.S., Gudzh' Yu.V. Meditsinskaya evakuatsiya postradavshikh travmatologicheskogo profilya silami aviatsii MChS Rossii s ispol'zovaniem modulei samoletnykh (vertoletnykh) [Medical evacuation of injured traumatological profile by the aviation forces of the EMERCOM of Russia with the use of airplane (helicopter) modules]. *Mnogoprofil'naya klinika XXI veka. Innovatsii v meditsine – 2017* [Multidisciplinary clinic of the XXI century. Innovations in Medicine – 2017]: international scientific congress proceedings. St. Petersburg. 2017. Pp. 244–246. (In Russ.)

14. Sadovnichii V.A., Sokolov M.E., Podol'skii V.E. [et al.]. Patent N 2658466, RU. Perenosnoi i transportiruemyi izoliruemyi robotizirovannyi evakuatsionnyi meditsinskii modul' [Portable and transportable isolatable robotic evacuation medical module]. IPC A61B 5/04. Application N 2017144637, 12.19.2017. Publ. 06.21.2018, Bull. 18. (In Russ.)

15. Fisun A.Ya., Fedotkin O.V., Sukhorukov A.A. Likvidatsiya mediko-sanitarnykh posledstviy chrezvychainoi situatsii v Permi: uroki i vyvody [Liquidation of Medical and Sanitary Consequences of Emergency Situation in Perm: Lessons Learned and Conclusions]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2010. N 1. Pp. 10–12. (In Russ.)

16. Yakirevich I.Ya., Popov A.S., Belinskiy V.V. [et al.]. Opyt provedeniya sanitarno-aviatsionnoi evakuatsii postradavshikh i bol'nykh na vozdukhnykh sudakh MChS Rossii v 2015 g. [Experience of Realization of Sanitary Aviation Evacuation of Sick and Casualties by Emergencies Ministry's Aircraft in 2015]. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2016. N 1. Pp. 20–25. (In Russ.)

17. Yakirevich I. Ya, Aleksanin S.S. Opyt sanitarno-aviatsionnoi evakuatsii postradavshikh v chrezvychainykh situatsiyakh aviatsiei MChS Rossii s ispol'zovaniem meditsinskikh modulei [Experience of medical evacuation of injured in emergencies using aircrafts of Russian EMERCOM]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyakh* [Medico-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations]. 2014. N 2. Pp. 5–12. DOI: 10.25016/2541-7487-2014-0-2-5-12. (In Russ.)

18. Broby N., Lassetter J.H., Williams N., Winters B.A. Effective International medical Disaster relief: A Qualitative Descriptive Study. *Prehosp. Dis. Med.* 2018. Vol. 33, N 2. Pp. 119–126. DOI: 10.1017/S1049023X18000225.

19. Pepper M., Archer F., Moloney J. Triage in Complex, Coordinated Terrorist Attacks. *Prehosp. Dis. Med.* 2019. Vol. 34, N 4. Pp. 442–448. DOI: 10.1017/S1049023X1900459X.

20. Sokolov M., Solodova R., Galatenko V., Staroverov V., Nakashidze E. Tactile diagnostics in robotic surgery. *European Journal of Surgical Oncology*. 2016. Vol. 42, N 9. P. 73. DOI: 10.1016/j.ejso.2016.06.025.

Received 21.04.2020

For citing. Goncharov S.F., Sokolov M.E., Baranova N.N., Solodova R.F., Titov I.G. Kontseptsiya perenosnogo izoliruемого robotizirovannogo meditsinskogo modulya dlya evakuatsii bol'nykh i postradavshikh. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2020. N 3. Pp. 14–23. (In Russ.)

Goncharov S.F., Sokolov M.E., Baranova N.N., Solodova R.F., Titov I.G. The concept of a portable isolated robotic medical module for evacuation of the sick and injured. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020. N 3. Pp. 14–23. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-3-14-23