

А. А. Воробьев, А. В. Петрухин, О. А. Засыпкина, П. С. Кривоножкина

ЭКЗОСКЕЛЕТ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АБИЛИТАЦИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

A. A. Vorobiev, A. V. Petrukhin, O. A. Zasypkina, P. S. Krivonozhkina

EXOSKELETON – NEW OPPORTUNITIES OF HABILITATION AND REHABILITATION (ANALYTICAL REVIEW)

ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Минздрава РФ, г. Волгоград

Целью данного обзора является литературный анализ состояния вопроса об экзоскелетах.

Был проанализирован 71 источник отечественной и зарубежной литературы.

Результаты. Выявлено, что основными областями применения экзоскелетов является военная промышленность и реабилитационная медицина. Установлено, что большинство созданных экзоскелетов не могут найти массовое применение для реабилитации больных с ограничением функций верхних и нижних конечностей из-за большой массы конструкции, зависимости от источников внешнего питания, значительной их стоимости.

Выводы. Наиболее приемлемой для реабилитации является конструкция пассивного экзоскелета, к основным группам нуждающихся в экзоскелетах относятся пациенты, страдающие парезами верхних и нижних конечностей.

Ключевые слова: пассивный экзоскелет, активный экзоскелет, парез, инвалид.

The purpose of this review is a literary analysis of the issue of the exoskeleton.

Materials and Methods. 71 analyzed source of domestic and foreign literature.

Results. It was found that the main areas of application exoskeletons is the military industry and rehabilitation medicine. Found that most established exoskeletons can not find mass application for rehabilitation of patients with limited functions of the upper and lower extremities of the large mass of the structure, depending on the external power source of their considerable value.

Conclusions. It was found that the most appropriate design for the rehabilitation of a passive exoskeleton major groups in need of the exoskeleton are patients suffering from paresis of the upper and lower extremities.

Key words: passive exoskeleton, active exoskeleton, paresis, disabled.

УДК 617.3:615.477

Экзоскелет (от греч. ἔξω – внешний и σκελετός – скелет) – устройство, предназначенное для увеличения силы человека за счет внешнего каркаса [42, 44].

Выделяют активные и пассивные экзоскелеты. Модели с активным принципом работы используют в качестве источника энергии внешние устройства, тогда как механика пассивных экзоскелетов основана на использовании кинетической энергии и силы человека.

Активные экзоскелеты нашли широкое применение в военных целях. Из-за секретности разработок особенности их конструкции невозможно проанализировать. Максимальное количество таких разработок приходится на Пентагон.

Экзоскелет HULC (США) (рис. 1) позволяет солдату перемещаться с грузом по пересеченной местности, при этом отмечается высокая скорость перемещения. HULC помогает не только

переносить, но и поднимать груз с земли. Масса устройства составляет 25 кг, большая часть веса приходится на батареи, заряда которых хватает на 2 ч. Эксплуатация устройства ограничивается климатическими условиями – высокой и низкой температурами, а обслуживание и ремонт могут проводить только специалисты [5, 55].

Экзоскелет XOS (Sarcos, США) создан для нужд армии США. Он представляет собой специализированный костюм, предназначенный для военнослужащих полевых подразделений. У этого экзоскелета есть существенный недостаток – конструкция требует постоянной связи с источником энергии. Масса конструкции составляет 70 кг, что также ограничивает его применение [39, 50].

Описанные экзоскелеты направлены на увеличение выносливости, силы как верхних, так и нижних конечностей, у здоровых людей, а именно военных.



Рис. 1. Экзоскелет HULC [Электронный ресурс]. – URL: <http://topweapon.ru/ekzoskelet-hulc.html>

В ряде стран, где приоритетными являются социальные проекты, разработаны активные экзоскелеты, позволяющие восполнять утраченные функции и осуществлять физическую и социальную реабилитацию пациентов. Примером могут служить экзоскелеты ReWalk, REX, HAL, eLEGS, конструктивные особенности которых направлены на помощь людям, имеющим сложности в передвижении.

Экзоскелет ReWalk (ARGO Medical Technologies, Израиль) (рис. 2) позволяет людям с параличом нижней половины тела (нижний парапарез) вставать на ноги и ходить, опираясь на палки. Работа конструкции ReWalk основана на датчиках, улавливающих наклон тела вперед и передающих сигнал к поддерживающим ноги приборам. Цена аппарата составляет 100 тыс. долларов. Питание осуществляется от аккумулятора, размещенного в специальном рюкзаке за спиной. Применение конструкции возможно только у лиц с сохраненными функциями верхних конечностей [46, 62, 65].

Экзоскелет REX (REX Bionics, Новая Зеландия) обеспечивает дополнительную поддержку тела человека в пространстве при перемещении. Управление осуществляется при помощи джойстика и планшета. Вес экзоскелета – 38 кг. Большой вес аппарата и его высокая стоимость – 150 тыс. долларов США – делает его недоступным для массового применения [58].

Экзоскелет HAL (Hybrid Assistive Limb, Япония) (рис. 3) предназначен для пожилых людей и инвалидов, испытывающих затруднения в передвижении. Общий вес конструкции равен 23 кг, высота – 160 см. Кроме того, аккумуляторная батарея весит 10 кг, а время автономной работы (в условиях максимальной нагрузки) составляет 2,5 ч. Стоимость изделия составляет 4 200 долларов США [60].



Рис. 2. Экзоскелет ReWalk. “A Human Exoskeleton” // Washington Post. 6 May 2008. Retrieved 24 April 2013



Рис. 3. Экзоскелет HAL [Электронный ресурс]: Robo-ting. – URL: <http://roboting.ru/1320-yekzoskelet-hal-mozhet-poyavitsya-v-otkrytoj-prodazhe.html>

eLEGS (Ekso Bionics) – это специальный гидравлический экзоскелет (рис. 4), предназначенный для пациентов с частично парализованными нижними конечностями. Конструкция позволяет им передвигаться с использованием костылей или специальных ходунков. В основе его работы – интерфейс-аппаратно-программный комплекс, который использует естественное человеческое движение, чтобы безопасно перевести

его в действие экзоскелета с помощью микрокомпьютера [48, 57].



Рис. 4. Экзоскелет eLEGS [Электронный ресурс]. – URL: <http://nauka21vek.ru/archives/7690>

Примером активного экзоскелета верхней конечности является проект студентов-инженеров из Университета Пенсильвании (США). Это фрагмент экзоскелета Titan Arm (рис. 5), конструкция которого компактна, дешева в производстве (элементы экзоскелета напечатаны на 3D-принтере). Система питается от аккумуляторов, которые крепятся на спине, и приводится в действие с помощью кабелей и тросиков. Конструктивные особенности этого проекта попадают под патентную охрану и не представлены конкретными чертежами [67, 71].

В настоящее время ведутся активные разработки альтернативных источников питания для экзоскелетов, создание методов определения энергетических параметров экзоскелета, позволяющих разработчику оперативно оценивать различные варианты конструкции исполнительного механизма в соответствии с выбранными критериями. Например в качестве основного оценочного критерия предлагается выбрать минимальную затрачиваемую мощность, что, при прочих равных, обеспечит максимальную автономность проектируемому экзоскелету [12].

Пассивные экзоскелеты также нашли свое применение в военной области.



Рис. 5. Экзоскелет Titan Arm [Электронный ресурс]. – dailytechinfo – URL: <http://www.dailytechinfo.org/robots/5349-ekzoskelet-titan-arm-poluchil-pervoe-mesto-konkursa-dzheymasa-daysona.html>

В России ООО «Транспортные шагающие системы» создали пассивный экзоскелет «К-2», предназначенный для нужд военных и МЧС. Данное устройство поможет человеку переносить тяжести (рюкзак, бронежилет, защиту сапера, снаряжение пожарного) массой до 50 кг в течение длительного времени без больших усилий и нагрузки на собственный опорно-двигательный аппарат. Минимальные размеры и вес устройства (от 2 кг), эргономичность, неприхотливость в обслуживании сделают его незаменимым помощником в длительных экспедициях, военных марш-бросках, в районах с чрезвычайной ситуацией. Основной материал, из которых сделан экзоскелет – углепластик, придающий изделию большую прочность и малый вес. Также экзоскелет может использоваться при ранениях опорно-двигательного аппарата, позволяя человеку перемещаться на значительное расстояние с поврежденной нижней конечностью, вплоть до перелома, зафиксировав ее дополнительно бинтами или ремнями выше и ниже повреждения. При использовании «К-2» человек получает дополнительную защиту нижних конечностей и позвоночника от механических повреждений. При этом разработчики отмечают возможность использования данной системы у инвалидов, с нарушением функции нижних конечностей [40].

Механики создали первый в России действующий образец экзоскелета пассивной модификации ExoAtlet P, который позволяет человеку-оператору переносить тяжелые грузы (70–100 кг). Модификация экзоскелета – ExoAtlet P-1 – создана для снятия нагрузки с бойцов при переносе штурмового щита. Конструкция данной версии снабжена устройством для фиксации и быстрого снятия щита, что крайне важно во время

боевых действий. Среди показаний для его применения предлагаются:

- разбор завалов при аварийно-спасательных работах и ликвидация последствий стихийных бедствий или техногенных катастроф, выполнение операций пожаротушения при ограниченных запасах воздуха в дыхательных аппаратах;
- строительные работы и решение задач, сопровождаемых переноской тяжелых грузов на большие расстояния;
- разминирование и проведение антитеррористических мероприятий;
- помощь людям с ограниченными физическими возможностями и транспортировка лежащих больных. С помощью экзоскелета ExoAtlet пациенты получают возможность ходить, подниматься и спускаться по лестницам, садиться и вставать без посторонней помощи [1, 31, 43, 59, 61].

По мнению разработчиков, ExoAtlet (рис. 6) – это решение проблемы симбиоза человека и машины на уровне механо-тактильного взаимодействия, это интеграция человека и робота [43].

В проанализированной литературе нам встретились следующие описания пассивных экзоскелетов верхней конечности.

Мягкий пневматический экзоскелет, созданный исследователями из университета Карнеги-Меллон (Carnegie Mellon University), Гарвардского университета (Harvard University), университета Южной Калифорнии (University of Southern California), Массачусетского технологического института (MIT) и разработчика носимых датчиков BioScience, включает в себя гибкие искусственные мышцы, легкие сенсорные датчики и управляющее программное обеспечение. Изготовлен аппарат из мягкого эластичного полимера.

В настоящее время прототип можно носить лишь на голени, биологическая структура которой кропотливо воспроизведена в устройстве. Три его цилиндрические искусственные мышцы соответствуют мышцам передней части голени, и одна – задней. Искусственные сухожилия (стальные кабели) протянуты от концов этих мышц вниз к стопе и служат для перемещения лодыжки. Обратная связь обеспечивается с помощью гиперупругих тензометрических датчиков, расположенных на верхней и боковой части лодыжки. Каждый датчик состоит из резинового пласта, содержащего микроканалы, заполненные жидким проводником из металлического сплава. Форма этих каналов изменяется, когда эластичный материал растягивается или сжимается, тем самым изменяя электрическое сопротивление металла. Когда изменение сопротивления зарегистрировано, программное обеспечение может установить положение голеностопного сустава.



Рис. 6. Российский экзоскелет «ExoAtlet» [Электронный ресурс]. – URL: <http://topwar.ru/51446-rossiyskiy-ekzoskelet-ekzoatlet-exoatlet.html>

Подвижность обеспечивается благодаря гибким материалам, но гибкость представляет определенную проблему: такое устройство гораздо тяжелее контролировать, чем экзоскелет из привычных жестких материалов. Поэтому датчики здесь должны быть чувствительнее, способы контроля – более точными. Лабораторные тесты показали, что устройство в состоянии передвигать лодыжками испытуемых в достаточном для нормальной ходьбы 27-градусном диапазоне движения. Но это только опытный образец, и ученые пытаются усовершенствовать конструкцию так, чтобы пациентам с реальными проблемами подвижности было удобнее носить аппарат [70].

Еще одна экспериментальная модель экзоскелета верхней конечности Exoskeleton Prototype 3 (EXO-UL3, рис. 7) благодаря приводам, управляемым нейронными сигналами самого владельца, позволяет перемещать конечность во всех плоскостях. Принципы работы такой системы: намерение человека сместить куда-либо руку (плечо, кисть) машина обнаруживает благодаря неинвазивной поверхностной электромиографии – набору датчиков, снимающих биотоки, командующие мышцами. Естественную неуловимую глазом задержку между появлением первых миоэлектрических сигналов и фактическим началом движения той или иной мышцы компьютер использует, чтобы успеть вычислить

предполагаемое смещение руки, применяя свою цифровую модель человеческой конечности (дополнительно задействуется обратная связь от датчиков фактической позиции и скорости частей машины). В результате приводы костюма-робота срабатывают абсолютно синхронно с сокращениями мышц и «давят» в ту сторону, в какую носитель аппарата желает согнуть свою руку. Однако система управления («биопорт») несовершенна. Чувствительный к миоэлектрическим сигналам костюм способен повышать силу мышц конечностей у людей, страдающих нейродегенеративными заболеваниями. По мнению авторов, данная система несовершенна и нуждается в доработке [66].



Рис. 7. Экзоскелет EXO-UL3. Нейроуправляемый экзоскелет Exoskeleton Prototype 3 // My robot.ru [Электронный ресурс]. – URL: <http://topweapon.ru/ekzoskilet-hulc.html>

Существует разработка группы исследователей под руководством Тарика Рахмана из Университета штата Делавэр (США). Данная конструкция получила название WREX – Wilmington Robotic Exoskeleton (Уилмингтонский роботизированный экзоскелет). Она ориентирована на детей со слабостью верхних конечностей и представляет собой подвижную систему поддерживающих соединений, которая устанавливается на активные суставы и мышцы ребенка с помощью инвалидной коляски или специальной куртки-жилета. Движения конечности осуществляются с небольшим усилием. Конструкция позволяет осуществлять движения с ограниченной амплитудой в трех измерениях. Данная модель доступна только в США, а конструкция экзоскелета нуждается в постоянной адаптации его к анатомическим параметрам ребенка. Подробная конструктивная информация по данной разработке в опубликованных материалах не представлена, что делает его реализацию без проведения дополнительных исследований практически невозможной [63].

В настоящее время в России встречаются лишь единичные исследования, посвященные

разработке экзоскелета для верхней конечности человека. Часть из них находится в стадии проектирования. Так, В. Г. Градецким, И. А. Ермоловым и соавт. описана математическая модель экзоскелета руки человека, для которой решены прямая и обратная задачи кинематики, а также определена погрешность позиционирования устройства в пространстве, зависящая от линейной и угловой погрешностей [16–18].

Коллективом авторов данного сообщения были сформулированы клинично-анатомические критерии, предъявляемые к экзоскелетам [13–15], проведены работы по анатомическому соответствию пассивного экзоскелета верхней конечности оригинальной конструкции.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что модели с активным принципом позволяют выполнять больший объем работы, однако, зависимость от источников внешнего питания, дороговизна, массивность конструкции ограничивают их широкое применение, в том числе и в медицинских целях. Этих недостатков лишены пассивные экзоскелеты, они не зависят от источников внешнего питания. Следовательно масса конструкции меньше, надежность пассивной системы выше, обслуживать такую систему может простой механик, стоимость устройства и его обслуживания существенно ниже, чем у активных аналогов.

Из обзора следует, что большинство конструкций ориентированы на военную промышленность, а данные разработок скудно представлены в материалах для публичного просмотра и засекречены. При этом модели предназначены для здоровых людей (военнослужащие).

Для людей-инвалидов экзоскелет в настоящее время используется в основном в целях реабилитации, и в меньшей степени для абилитации. Однако социальная значимость последнего направления заставляет нас уделять внимание при конструировании экзоскелета расширению его возможностей для адаптации инвалидов к повседневной жизни посредством восполнения функций, без которых человек не может самостоятельно существовать [13–15].

Учитывая новизну данного направления в доступной нам литературе, мы не нашли четких показаний к использованию экзоскелетов верхней конечности.

В последующей части нашего обзора предпринята попытка представить данные о возможной нужде отечественного современного здравоохранения в экзоскелетах реабилитационного и абилитационного назначения и о показаниях к их использованию.

В литературе нам не встретились указания на широкое практическое применение пассивных экзоскелетов верхней конечности, хотя последние

играют большую роль в познавательной деятельности человека для освоения мира и полноценной жизнедеятельности, особенно у детей.

По данным Госкомстата России, численность лиц, впервые признанных инвалидами, в 2013 г. в Российской Федерации составила 1 141 969 человек или 77,6 на 10 тыс. населения. Заболевания, приводящие к инвалидизации, характерны для любого возраста, но особенно остро это ощущается среди детей и подростков [24, 25, 27]. За последние годы в России заболеваемость болезнями нервной системы и органов чувств выросла на 27 % [20, 36].

Официальные данные об общем числе инвалидов в России отсутствуют. В 2007 г. в стране их насчитывалось более 6,2 млн человек (4,2 % населения) [26, 29]. По данным ВОЗ, в мире дети-инвалиды составляют от 2 до 3 % детского населения [11]. В структуре инвалидности с учетом возраста преобладают подростки. Во всех возрастных группах детей-инвалидов преобладают мальчики (58 %), уровень инвалидности среди них выше, чем среди девочек в 1,2–1,7 раза. Анализ результатов исследований последних лет по данной проблеме показывает, что структура инвалидности детей от 0 до 17 лет по нозологическим формам достаточно стабильная. Ведущие ранговые места занимают болезни нервной системы, психические расстройства (более 70 % – умственная отсталость) и врожденные аномалии развития [33, 35]. Еще одним свидетельством являются данные о том, что на долю болезней нервной системы приходится 21,4 % всех заболеваний, определяющих развитие инвалидности в детстве [19].

Среди патологий нервной системы главной причиной детской инвалидности является детский церебральный паралич, распространенность которого составляет 2–2,5 случая на 1 тыс. детей. В клинической структуре этого заболевания преобладают спастическая дисплегия (44–68 %), гемипаретическая форма (14–30 %), затем следуют гиперкинетическая и атонически-астатическая формы; на третьем месте – двойная гемиплегия (18 %). В зарубежных исследованиях широко обсуждаются причинно-следственные связи уровня детской инвалидности и аутизма. Уровень этого заболевания, по данным разных авторов, варьирует от 2,16 до 5,0 на 1 тыс. детей всех возрастов [17]. А. А. Баранов и соавт. указывают на то, что за последнее десятилетие в общей структуре детской инвалидности вырос удельный вес врожденных аномалий и психических расстройств, однако снизилась доля заболеваний нервной системы [3, 4].

Учитывая характер наших разработок, нас более интересовали случаи у детей, у которых «ядром» клинической картины является син-

дром двух / одностороннего верхнего вялого / смешанного паралича (пареза). Нами определен перечень данных заболеваний [45, 49, 50, 53, 54].

1. Артрогриппоз (системное заболевание скелетно-мышечной системы, характеризующееся контрактурами и деформацией конечностей, недоразвитием суставов и мышц, а также фиброзом).

2. Смешанные формы детского церебрального паралича.

3. Невральная амиотрофия.

4. Спинальная амиотрофия (группа генетических заболеваний, характеризующаяся поражением двигательных нейронов на уровне передних рогов спинного мозга).

5. Плечевая плексопатия на фоне:

– тромбоцитопенической пурпуры Шенляйн–Гёноха;

– родовой травмы («акушерский паралич» при переломе ключицы);

– дополнительных шейных ребер (синдром «верхней апертуры грудной клетки»);

– опухоли Панкоста (опухоль верхушки легкого);

– при неправильном положении верхней конечности во время наркоза при длительном течении операционного периода;

– гранулематозной васкулопатии, ассоциированной с вирусом herpes zoster;

– экзогенной интоксикации дофамином.

6. Синдром Гийена–Барре–Штроля (острая аутоиммунная воспалительная демиелинизирующая полирадикулонейропатия).

7. Синдром Ларсена (наследственное заболевание, характеризующееся множественными врожденными вывихами, необычным лицом и скелетными аномалиями).

8. Синдром Элерса–Данлоса (коллагенозы).

9. Дистрофическая дисплазия.

10. Различные формы врожденной миопатии (синдром «центрального стержня», немалиновая миопатия и другие варианты синдрома «вялого ребенка»).

11. Миотоническая дистрофия.

12. Атонически-астатическая форма детского церебрального паралича, смешанные формы детского церебрального паралича с преобладанием гипотонуса мышц конечностей.

Таким образом, синдром верхнего вялого паралича встречается при многих заболеваниях и может служить причиной инвалидизации. Поскольку верхние конечности играют преобладающую роль в освоении окружающего мира, у пациентов с верхним вялым параличом утрачиваются функции социальной адаптации, невозможными становятся навыки самообслуживания, что вынуждает детей-инвалидов всецело зависеть от посторонней помощи [28–30].

При всем многообразии этиологии верхнего вялого / смешанного паралича, клиническая картина у таких пациентов в целом однотипна. Основными признаками симптомокомплекса, требующими применения экзоскелета являются:

- снижение силы мышц верхних конечностей;
- ограничение скорости, объема (амплитуды) движений в проксимальных и дистальных отделах верхних конечностей с преобладающим ухудшением в проксимальных отделах;
- сниженный мышечный тонус в проксимальных и дистальных отделах верхних конечностей либо наличие смешанного тонуса, с преобладанием гипотонии;
- снижение или отсутствие сухожильных рефлексов с рук (сгибательно-локтевой, разгибательно-локтевой, карпорадиальный), что позволяет выделить единый симптомокомплекс, встречающийся при разной патологии.

Стандартные методы медикаментозного лечения направлены на восстановление прямой связи между головным мозгом и мышцами конечностей. Однако нет ни одного препарата, который способен восстановить обратную связь. В данном случае официальная медицина обращается к физиотерапевтическим методам

лечения и лечебной физкультуре, которые пациенты получают короткими курсами, практически не имея возможности применять их дома, за исключением упражнений активного, но чаще пассивного характера, требующих посторонней помощи [2, 8–10].

Таким образом, складывается ситуация, когда для пациентов с синдромом верхнего вялого пареза необходимо разработать такой вид реабилитационного лечения, при котором будет осуществляться воздействие на обратную биологическую связь между центральным и периферическим отделом нервной системы, а значит косвенно и на прямую связь, дополняя медикаментозную терапию. Данный вид лечения должен быть ежедневно доступен пациентам, малобюджетен в производстве, прост и удобен в использовании, что играет ключевую роль в адаптации детей-инвалидов и позволяет им стать полноправными членами общества, принимать активное участие во всех сторонах общественной жизни [22, 23, 34, 37, 38].

Решение этой задачи во многом становится возможным благодаря инновационному направлению биоинженерии – конструированию и внедрению экзоскелетов верхней конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аведиков Г. Е., Жмакин С. И. Экзоскелет: конструкция, управление // В сборнике: XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 84–90.
2. Анализ стратегий, используемых в реабилитационном процессе семьями, воспитывающими детей с ограниченными возможностями // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена : Аспирантские тетради : Научный журнал. – 2007. – № 17 (43). – С. 23–26.
3. Баранов А. А., Щеплягина Л. А., Ильин А. Г. Состояние здоровья детей как фактор национальной безопасности // Российский педиатрический журнал. – 2005. – № 2. – С. 4–8.
4. Баранов А. А. Научные и практические проблемы российской педиатрии на современном этапе // Педиатрия. – 2005. – С. 4–7.
5. Бедняк С. Г., Еремина О. С. Роботизированные экзоскелеты HALC (почувствуй себя HAL'ком) // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 49–51.
6. Борисов А. В. Автоматизация проектирования стержневых экзоскелетов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – № 10. – С. 29–33.
7. Боровин Г. К., Костюк А. В. Математическое моделирование гидравлической системы управления экзоскелетона, Д. Сит3 05–7 / 294 М. : [б. и.], 2004 (Ин-т прикл. математики РАН).
8. Бортфельд С. А. Двигательные нарушения и лечебная физкультура при детском церебральном параличе // Л.: Медицина, 1971. – 248 с.
9. Бортфельд С. А., Рогачева Е. И. Лечебная физкультура и массаж при детских церебральных параличах // Л.: Медицина, 1986. – 173 с.
10. Бортфельд С. А., Городецкая Г. Ф. Точечный массаж при детских церебральных параличах. – Л.: Медицина, 1979. – 136 с.
11. Вельтищев Ю. Е. Проблемы охраны здоровья детей России // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2000. – № 1. – С. 5–9.
12. Верейкин А. А., Ковальчук А. К., Кулаков Д. Б., Семенов С. Е., Каргинов Л. А., Кулаков Б. Б., Яроц В. В. Синтез кинематической схемы исполнительного механизма экзоскелета // Актуальные вопросы науки. – 2014. – № XIII. – С. 68–76.
13. Воробьев А. А., Петрухин А. В., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. В. Клинико-анатомические требования к активным и пассивным экзоскелетам верхней конечности // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2014. – № 1. – С. 56–61.

14. Воробьев А. А., Петрухин А. В., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. В. Основные клинико-анатомические критерии для разработки экзоскелета верхней конечности // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2014. – № 1. – С. 20–26.
15. Воробьев А. А., Петрухин А. В., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. В. Клинико-анатомическое обоснование требований к разработке экзоскелетов верхней конечности // Оренбургский медицинский вестник. – 2014. – № 3, Т. I. I., С. 14–18.
16. Градецкий В. Г. Моделирование движений человека для промышленных применений. – М.: Ин-т пробл. механики, 2008.
17. Градецкий В. Г., Ермолов И. Л., Князьков М. М., Семёнов Е. А., Суханов А. Н. Кинематическая модель экзоскелета руки человека и определение ошибки позиционирования // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – № 5. – С. 37–41.
18. Градецкий В. Г., Ермолов И. Л., Князьков М. М., Семёнов Е. А., Суханов А. Н. Применение разгрузочных элементов в конструкции робота-экзоскелета // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012. – № 11. – С. 20–23.
19. Дьяченко В. Г., Рзянкина М. Ф., Солохина Л. В. // Руководство по социальной педиатрии. Хабаровск. – 2010. – 437 с.
20. Доклад заместителя Министра здравоохранения и социального развития Российской Федерации А. Л. Сафонова на Всероссийском съезде специалистов по охране труда «Государственная политика в области охраны труда в свете Концепции демографической политики в Российской Федерации». – М., ТПП, 22 апреля 2008 г.
21. Здоровье молодежи – забота общества. Доклад исследовательской группы ВОЗ по проблемам молодежи в свете Стратегии достижения здоровья для всех к 2000 году. ВОЗ, Женева. Серия техн. докл. 731. 1987.
22. Зелинская Д. И., Балева J. I. C. Детская инвалидность. – М.: Медицина, 2001. – 136 с.
23. Зелинская Д. И. Актуальные проблемы детской инвалидности // Вестник Союза педиатров России: Детский доктор. – 2002. – № 4. – С. 48–51.
24. Измеров Н. Ф. Национальная система медицины труда как основа сохранения здоровья работающего населения России // Здравоохранение Российской Федерации. – 2008. – № 1.
25. Концепция Программы действий по улучшению условий и охраны труда (разработана Департаментом трудовых отношений и государственной гражданской службы Минздравсоцразвития России), 2008.
26. Лещенко Я. А., Батура О. Г., Лебедева Л. Н. Смертность населения трудоспособного возраста // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2008. – № 3. – С. 23–25.
27. Лихачев П. Ю. Производственные травмы как причина инвалидности // В сб. научных трудов «Актуальные проблемы инвалидности». – М.: ЦИЭТИН, 1999. – С. 59–62.
28. Мартов П. М. Трудовое устройство инвалидов (современное состояние и проблемы совершенствования). Сб. научных трудов. Вып. 20. – М.: ЦИЭТИН, 1999.
29. Макарова М. Р., Лядов К. В., Турова Е. А., Кочетков А. В. Возможности современной механотерапии в коррекции двигательных нарушений неврологических больных // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – № 1. – С. 54–62.
30. Мироненко В. П., Вергунова Н. С. Концепция оптимальной модели передвижения для людей с инвалидностью // Вестник Харьковской государственной академии дизайна и искусств. – 2014. – № 3. – С. 20–23.
31. На внешней подвеске // Наука и жизнь: журнал. – 2013. – № 10. – С. 39.
32. Овчаренко С. А. Социально-гигиеническая характеристика факторов риска инвалидизации населения активного трудоспособного возраста // В сб. научных трудов «Актуальные проблемы инвалидности». – М.: ЦИЭТИН, 2004.
33. Осадчих А. И. Теоретические аспекты концепции инвалидности // Актуальные вопросы лечебно-трудовой реабилитации инвалидов, М., 1988.
34. Приоритеты социальной политики // Аналитический вестник Совета Федерации Ф. С. РФ. – 2001. – № 21.
35. Рейфман М. Б. Социальная реабилитация (опыт работы Московского областного правления). – М.: ВОС, 1991.
36. Российский статистический ежегодник, 2008.
37. Соловьева К. С., Битюков К. А. Проблема детской инвалидности в связи с ортопедической патологией и задачи ортопеда при проведении медицинской реабилитации // Материалы Межрегиональной конф. детских ортопедов-травматологов. – Пермь, 2002. – С. 55–62.
38. Соловьева К. С., Битюков К. А. Проблема детской инвалидности в связи с ортопедической патологией и задачи ортопеда при проведении медицинской реабилитации // Оптимальные технологии диагностики и лечения в детской травматологии и ортопедии, ошибки и осложнения. – СПб, 2003 – С. 13–16.
39. Технологии: железные солдаты // «Братишка» журнал для спецназа. – 2011. – № 1.

40. Транспортные шагающие системы [Электронный ресурс]. URL: <http://twssystem.ru/ru/node/6> (дата обращения: 27.12.2014).
41. Фролов А.А., Принципы нейрореабилитации, основанные на использовании интерфейса «мозг-компьютер» и биологически адекватного управления экзоскелетом // Физиология человека. – 2013. – Т. 39, № 2. – С. 99–113.
42. Экзоскелет // Википедия. Дата обновления: 05.01.2015. URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=67717712> (дата обращения: 27.12.2014).
43. Экзоатлет – Российский экзоскелет [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.exoatlet.ru> (дата обращения: 27.12.2014).
44. Экзоскелет – военное и мирное применение // Главный механик. – 2011. – № 11. – С. 50–54.
45. Agras P. I., Guveloglu M., Aydin Y., Yakut A., Kabakus N. Lower brachial plexopathy in a child with Henoch-Schönlein purpura // *Pediatr Neurol.* – 2010 May;42 (5): 355–8.
46. «A Human Exoskeleton». // *Washington Post*. 6 May 2008. Retrieved 24 April 2013.
47. Astur N., Flynn J.M., Ramirez N., Glotzbecker M., van Bosse H.J., Hoashi J.S., d'Amato C.R., Kelly D.M., Warner W.C. Jr., Sawyer J.R. The Efficacy of Rib-based Distraction With V.E.PTR in the Treatment of Early-Onset // *Hum Mol Genet.* – 2013 Dec 20.
48. Berkeley robotics and human engineering laboratory [Электронный ресурс]. – URL: <http://bleex.me.berkeley.edu/research/exoskeleton/elegs%E2%84%A2>.
49. Binienda Z.K., Sarkar S., Mohammed-Saeed L. Chronic exposure to rotenone, a dopaminergic toxin, results in peripheral neuropathy associated with dopaminergic damage. Division of Neurotoxicology, National Center for Toxicological Research // *Neurosci Lett.* – 2013 Apr 29;541:233–7. doi: 10.1016 / j.neulet.2013.02.047. Epub 2013 Mar.
50. Binkiewicz-Glinska A., Sobierajska-Rek A., Bakula S., Wierzba J., Drewek K., Kowalski I.M., Zaborowska-Sapeta K. Arthrogryposis in infancy, multidisciplinary approach: case report // *Proc Natl Acad Sci U.S.A.* – 2013. Mar 19; 110 (12).
51. Combat Exoskeleton Marches Toward Afghanistan Deployment // *Wired.com*, May 23, 2012.
52. Computersimulation of the hydraulic control system for exoskeleton / Borovin G.K., Kostyuk A.V. G. *Seet* 3 05–7 / 280 M.
53. Coste B., Houge G., Murray M.F., Stitzel N., Bandell M., Giovanni M.A., Philippakis A., Hoischen A., Riemer G., Steen U. / Gain-of-function mutations in the mechanically activated ion channel PIEZO2 cause a subtype of Distal Arthrogryposis, 10.1073 / *pnas*.1221400110. Epub 2013 Mar 4.
54. Fleming J., Fogo A., Haider S., Varicella zoster virus brachio plexitis associated with granulomatous vasculopathy *Clin Exp Dermatol.* 2013 Jun;38 (4): 378–81.
55. «HULC». Lockheed Martin // Retrieved. – 2011–08–02.
56. Kany J., Kumar H.A., Amaravathi R.S., Abid A., Accable F., de Gauzy J.S., Cahuzac J.P. A subscapularis-preserving arthroscopic release of capsule in the treatment of internal rotation contracture of shoulder in Erb's palsy (SPARC procedure) // *J Pediatr Orthop B.* – 2012 Sep;21 (5): 469–73.
57. Kazerooni, H., Human Augmentation and Exoskeleton Systems in Berkeley // *International Journal of Humanoid Research: Vol 4 No 3 Sep 07.*
58. Meghan Rosen Mind to motion: Brain-computer interfaces promise new freedom for the paralyzed and immobile // *Science News Volume 184, Issue 10, 16 November 2013.* – P. 22–24.
59. Miomir Vukobratovic When Were Active Exoskeletons actually Born? // *International Journal of Humanoid Robotics.* – 2007. – B. 3. – T. 4. – С. 459–486.
60. Moreno J., Turowska E., Wearable Lower Limb and Full-Body Robots // *Arantes Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons*, 2008. – P. 283–321.
61. Nano News Net [Электронный ресурс]: сайт о нанотехнологиях. – URL: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2013/rossiiskie-uchenye-predstavili-pervyi-deistvuyushchii-obrazets-ekzoskeleta-dlya-shturmovykh> (дата обращения: 28.12.2014).
62. «Paraplegic Support Suits» // *Trendhunter Magazine*. 4 April 2008. Retrieved 29 January 2013.
63. Rahman T., Sample W., Jayakumar S., King M.M., Wee J.Y., Seliktar R., Alexander M., Scavina M., Clark A. Passive exoskeletons for assisting limb movement // *J Rehabil Res Dev.* – 2006 Aug-Sep;43 (5): 583–90.
64. Raytheon X. O.S 2 Exoskeleton, Second-Generation Robotics Suit, United States of America // *army-technology.com*. URL: <http://www.army-technology.com/projects/raytheon-xos-2-exoskeleton-us> (дата обращения: 27.12.2014).
65. Rewalk' bionic legs get FDA approval // *News.com.au*. 17 January 2011. Retrieved 13 May 2012; 22.
66. Rosen J., Perry J.C. Upper Limb Powered Exoskeleton, *Journal of Humanoid Robotics*, Vol. 4, No. 3 (2007) 1–20.
67. Titanarm [Электронный ресурс]. – URL: <http://titanarm.com> (дата обращения: 27.12.2014).

68. van Alfen Clinical and pathophysiological concepts of neuralgic amyotrophy // Nat Rev Neurol. – 2011. May 10;7 (6): 315–22. doi: 10.1038 / nrneurol. 2011.62.
69. WHO. Regional Office for Europe. Стратегические направления улучшения здоровья и развития детей и подростков. – 2003.
70. Yong-Lae Park / Design and control of a bio-inspired soft wearable robotic device for ankle, foot rehabilitation // Bioinspir. Biomim. – 2014 / 9.
71. Zolfagharifard Ellie The wearable robot that turns anyone into a SUPERHERO: Bionic arm lets users lift an extra 40lb effortlessly // mail online. – 10. Dec. 2013: URL: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2521245/Titan-Arm-bionic-exoskeleton-lets-users-lift-extra-40lb-effortlessly.html> (дата обращения: 27.12.2014).

REFERENCES

1. Avedikov G. E., Zhmakin S. I. Exoskeleton: design, management. The collection: XII All-Russian Conference on Control V.S.PU 2014 Institute of Control. VA Trapeznikova R. A.S, 2014, pp. 84–90 (in Russian).
2. Analysis of the strategies used in the rehabilitation process of families raising children with disabilities // Bulletin of the Russian State Pedagogical University. Herzen: Postgraduate Notebook: Scientific Journal 2007. no. 17 (43), pp. 23–26 (in Russian).
3. Baranov A. A., Scheplyagina L. A., Ilyin A. G. Russian Journal of Pediatrics, 2005, no. 2, pp. 4–8 (in Russian).
4. Baranov A. A. Pediatrics, 2005, pp. 4–7 (in Russian).
5. Bednyak S. G., Eremina O. S. Collection of scientific works Sworld. 2014, B. 2, no. 1, pp. 49–51 (in Russian).
6. Borisov A. V. Mechatronics, Automation, Control, 2014. no. 10, pp. 29–33 (in Russian).
7. Borovin G. K., Kostyuk A. V., J. Inst. of Mathematics, Russian Academy of Sciences D. Sit3 7.5 / 294 MM: [b. and.], 2004 (in Russian).
8. Bortfeld S. A. Movement disorders and physiotherapy with cerebral palsy, L., Medicine Publ., 1971, 248 p. (in Russian).
9. Bortfeld S. A., Rogacheva E. I. Physical therapy and massage with cerebral palsy, L., Medicine Publ., 1986, 173 p. (in Russian).
10. Bortfeld S. A., Gorodetskaya G. F. Acupressure with cerebral palsy, L, Medicine, 1979, 136 p. (in Russian).
11. Veltishchev Y. E. Russian Gazette Perinatology and pediatrics, Moscow, 2000. no. 1, pp. 5–9 (in Russian).
12. Vereykin A. A., Kovalchuk A. K., Kulakov D. B., and other Actual problems of science, 2014. no. XIII, pp. 68–76 (in Russian).
13. Vorobyov A. A., Petruhin A. V., Zasyapkina O. A., Krivonozhkina P. V. Volgograd Medical Scientific J., 2014, no. 1, pp. 56–61 (in Russian).
14. Vorobyov A. A., Petruhin A. V., Zasyapkina O. A., Krivonozhkina P. V. Journal of Anatomy and histopathology, 2014, no. 1, pp. 20–26 (in Russian).
15. Vorobyov A. A., Petruhin A. V., Zasyapkina O. A., Krivonozhkina P. V. Orenburg Medical vestnik, 2014, no. 3, vol. II, pp. 14–18 (in Russian).
16. Gradetsky V. G. Modeling human motion for industrial applications. Moscow: Institute of Problems. Mechanics, 2008 (in Russian).
17. Gradetsky V. G., Ermolov I. L., Knyazkov M. M., and other, Mechatronics, Automation, Control, 2014, no. 5, pp. 37–41 (in Russian).
18. Gradetsky V. G., Ermolov I. L., Knyazkov M. M., and other, Mechatronics, Automation, Control, 2012, no. 11, pp. 20–23 (in Russian).
19. Dyachenko V. G., Rzyankina M. F. Solokhina L. V. Management in social pediatrics. Khabarovsk, 2010, 437 p. (in Russian).
20. Report of the Deputy Minister of Health and Social Development of the Russian Federation All-Russian Congress of occupational safety specialists «State policy in the field of occupational safety and health in the light of the concept of population policy in the Russian Federation.” Moscow, Chamber of Commerce, April 22, 2008 (in Russian).
21. Youth Health – caring society. Report of a WHO Study Group on youth issues in the light of the Strategy for Health for All by the year 2000, WHO, Geneva. Series techn. rep. 731, 1987 (in Russian).
22. Zielinskaya D. I., Balewa I. S. Child Disability, M, Medicine, 2001, 136 p. (in Russian).
23. Zielinskaya D. I. Bulletin of the Union of pediatricians of Russia: the doctor Child 2002, no. 4, pp. 48–51 (in Russian).
24. Izmerov N. F. The national system of occupational medicine as a basis for preserving the health of the working population of Russia, Health of the Russian Federation, 2008, no. 1 (in Russian).
25. The concept of the Programme of Action to improve working conditions and safety (Department of Labour Relations and State Civil Service Ministry of Russia), 2008 (in Russian).
26. Leshchenko Y. A., Batura O. G., Lebedeva L. N. Problems of Social Hygiene, health and medical history, 2008, no. 3, pp. 23–25 (in Russian).

27. Likhachev P.Y. In Proc. scientific works "Actual problems of disability", M., TSIETIN, 1999, pp. 59–62 (in Russian).
28. Martov P.M. Coll. scientific papers. vol. 20, M., TSIETIN, 1999 (in Russian).
29. Makarova M.R., Lyadov K.V., Turov E.A., Kochetkov A.V. Bulletin of regenerative medicine, 2014, no. 1, pp. 54–62 (in Russian).
30. Mironenko V.P., Vergunova N. S. Bulletin of the Kharkiv State Academy of Design and Arts, 2014, no. 3, pp. 20–23 (in Russian).
31. On the external load // Science and Life: journal, M., 2013, no. 10, pp. 39 (in Russian).
32. Ovcharenko S.A. In Proc. scientific works "Actual problems of disability", M., TSIETIN, 2004 (in Russian).
33. Osadchikh A. I. Actual problems of medical labor rehabilitation of invalids, M., 1988 (in Russian).
34. Social policy priorities // Analytical Bulletin of the Federation Council R.F, 2001, no. 21 (in Russian).
35. Reifman M.B. Social rehabilitation (experience of the Moscow regional board), M., BOC, 1991 (in Russian).
36. Russian Statistical Yearbook of 2008 (in Russian).
37. Solovyov K.S., Bitjukov K.A. The problem of child disability in connection with orthopedic pathology and orthopedic problems during medical rehabilitation. Material. Interregional Conf. Pediatric Orthopedics and Traumatology, Perm, 2002, pp. 55–62 (in Russian).
38. Solovyov K.S., Bitjukov K.A. The problem of child disability in connection with orthopedic pathology and orthopedic problems during medical rehabilitation. Optimal diagnostic and treatment technologies in pediatric traumatology and orthopedics, errors and complications, St. Petersburg, 2003, pp. 13–16 (in Russian).
39. Technology: Iron soldier, «Big Brother» magazine for Special Forces, 2011, no. 1 (in Russian).
40. Transportation walking system [electronic resource]. URL: <http://twssystem.ru/ru/node/6> (date accessed: 12/27/2014).
41. Frolov A. A. Human Physiology, 2013, Vol. 39, no. 2, pp. 99–113 (in Russian).
42. Exoskeleton // Wikipedia. Date: 05.01.2015, URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=67717712> (date accessed: 27.12.2014).
43. Exoatlet – Russian exoskeleton [electronic resource] . URL: <http://www.exoatlet.ru>. (date accessed: 27.12.2014).
44. Exoskeleton military and peaceful use. Main mechani, 2011, no. 11, pp. 50–54.
45. Agras P. I., Guveloglu M., Aydin Y., Yakut A., Kabakus N. Lower brachial plexopathy in a child with Henoch-Schönlein purpura // Pediatr Neurol, 2010 May; 42 (5): 355–8.
46. «A Human Exoskeleton». // Washington Post. 6 May 2008, Retrieved 24 April 2013.
47. Astur N., Flynn J.M., Flynn J.M., Ramirez N., Glotzbecker M., van Bosse H.J., Hoashi J.S., d'Amato CR, Kelly D.M., Warner W.C. Jr., Sawyer J.R. The Efficacy of Rib-based Distraction With V.E.PTR in the Treatment of Early-Onset // Hum Mol Genet, 2013 Dec 20.
48. Berkeley robotics and human engineering laboratory [electronic resource]. URL: <http://bleex.me.berkeley.edu/research/exoskeleton/elegs%E2%84%A2>. (date accessed: 27.12.2014).
49. Binienda Z.K., Sarkar S., Mohammed-Saeed L., Chronic exposure to rotenone, a dopaminergic toxin, results in peripheral neuropathy associated with dopaminergic damage. Division of Neurotoxicology, National Center for Toxicological Research // Neurosci Lett, 2013 Apr 29; 541:233–7. doi: 10.1016 / j.neulet.2013.02.047. Epub 2013 Mar.
50. Binkiewicz-Glinska A., Sobierajska-Rek A., Bakula S., Wierzba J., Drewek K., Kowalski I.M., Zaborowska-Sapeta K Arthrogryposis in infancy, multidisciplinary approach: case report // Proc Natl Acad Sci USA, 2013 Mar 19; 110 (12).
51. 51. Combat Exoskeleton Marches Toward Afghanistan Deployment // Wired.com, May 23, 2012.
52. Computersimulation of the hydraulic control system for exoskeleton / Borovin G. K., Kostyuk, A. V. G. Seet3 05–7 / 280 M.
53. Coste B., Houge G., Murray M. F., Stitzel N., Bandell M., Giovanni M.A., Philippakis A., Hoischen A., Riemer G., Steen U / Gain-of-function mutations in the mechanically activated ion channel PIEZO2 cause a subtype of Distal Arthrogryposis., 10.1073 / pnas.1221400110, Epub 2013 Mar 4.
54. Fleming J., Fogo A., Haider S., Varicella zoster virus brachio plexitis associated with granulomatous vasculopathy Clin Exp Dermatol, 2013 Jun; 38 (4): 378–81.
55. «HULC». Lockheed Martin // Retrieved. 2011–08–02.
56. Kany J., Kumar H.A., Amaravathi R.S., Abid A., Accabed F., de Gauzy J.S., Cahuzac J.P. A subscapularis-preserving arthroscopic release of capsule in the treatment of internal rotation contracture of shoulder in Erb's palsy (SPARC procedure) // J Pediatr Orthop B, 2012 Sep; 21 (5): 469–73.
57. Kazerooni, H., Human Augmentation and Exoskeleton Systems in Berkeley // International Journal of Humanoid Research: Vol. 4, no. 3, Sep 07.
58. Meghan Rosen Mind to motion: Brain-computer interfaces promise new freedom for the paralyzed and immobile // Science News Volume 184, Issue 10, 16 November 2013, pp. 22–24.

59. Miomir Vukobratovic When Were Active Exoskeletons actually Born? // International Journal of Humanoid Robotics, 2007, B. 3, vol. 4, pp. 459–486.
60. Moreno J., Turowska E., Wearable Lower Limb and Full-Body Robots // ArantesWearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons, 2008, pp. 283–321.
61. Nano News Net [electronic resource]: a website about nanotehnologiy. URL: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2013/rossiiskie-uchenye-predstavili-pervyi-deistvuyushchii-obrazets-ekzoskeleta-dlya-shturmovyk> (date accessed: 28.12.2014).
62. “Paraplegic Support Suits” // Trendhunter Magazine. 4 April 2008, Retrieved 29 January 2013.
63. Rahman T, Sample W, Jayakumar S, King M. M., Wee J. Y., Seliktar R, Alexander M, Scavina M, Clark A Passive exoskeletons for assisting limb movement // J Rehabil Res Dev. 2006 Aug-Sep;43 (5): 583–90.
64. Raytheon X. O.S 2 Exoskeleton, Second-Generation Robotics Suit, United States of America // army-technology.com. URL: <http://www.army-technology.com/projects/raytheon-xos-2-exoskeleton-us> (date accessed: 28.12.2014).
65. Rewalk’ bionic legs get FDA approval // News.com.au. 17 January 2011, Retrieved 13 May 2012; 22.
66. Rosen J., Perry J. C. Upper Limb Powered Exoskeleton, Journal of Humanoid Robotics, vol. 4, No. 3 (2007) 1–20.
67. Titanarm [electronic resource]: URL: <http://titanarm.com> (date accessed: 28.12.2014).
68. van Alfen Clinical and pathophysiological concepts of neuralgic amyotrophy // Nat Rev Neurol, 2011 May 10;7 (6): 315–22. doi: 10.1038 / nrneurol. 2011, 62.
69. WHO. Regional Office for Europe. «Strategic directions for improving the health and development of children and adolescents.” 2003.
70. Yong-Lae Park / Design and control of a bio-inspired soft wearable robotic device for ankle, foot rehabilitation // Bioinspir. Biomim, 2014 / 9.
71. Zolfagharifard Ellie The wearable robot that turns anyone into a SUPERHERO: Bionic arm lets users lift an extra 40lb effortlessly // mail online. 10. Dec, 2013: URL: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2521245/Titan-Arm-bionic-exoskeleton-lets-users-lift-extra-40lb-effortlessly.html> (date accessed: 28.12.2014).

Поступила в редакцию 25.01.2015

Утверждена к печати 14.02.2015

Авторы:

Воробьев А. А. – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии Волгоградского государственного медицинского университета (г. Волгоград).

Петрухин А. В. – канд. техн. наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и поисково-го конструирования Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград).

Засыпкина О. А. – канд. мед. наук, ст. преподаватель кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Волгоградского государственного медицинского университета (г. Волгоград).

Кривоножкина П. С. – ассистент кафедры детских болезней педиатрического факультета с курсом детской неврологии Волгоградского государственного медицинского университета (г. Волгоград).

Контакты:

Засыпкина Ольга Александровна

тел.: 8-903-317-44-76

e-mail: zasyrkina_olga@inbox.ru