

ОБЗОРЫ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017
УДК 615.841*Герасименко М.Ю.¹, Еремушкин М.А.¹, Архипов М.В.², Колягин Ю.И.³, Антонович И.В.¹*
**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ
МАНИПУЛЯЦИОННЫХ МЕХАНОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**¹ ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099, Москва, Россия;² ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 107023, Москва, Россия;³ Центр русской хиропрактики, 354200, Сочи, Россия

Активное развитие робототехники, происходящее сегодня в рамках новой экономической парадигмы 4-й технологической революции, открывает новые возможности во многих областях, в том числе в медицине. Одним из актуальных направлений отечественного здравоохранения является совершенствование и клиническое применение роботизированных манипуляционных механотерапевтических комплексов. В статье представлена характеристика прототипа российского манипуляционного робота для медицинской реабилитации, предложены решения разработки программируемого ситуационного поведения робота, обозначены насущные проблемы совершенствования манипуляционного роботизированного комплекса, требующие дальнейшего решения. На этой основе обозначены перспективы формирования основ создания новой специальности «массажист-программист».

Ключевые слова: *робот; робототехника; медицина; механотерапия; массаж; реабилитация.*

Для цитирования: Герасименко М.Ю., Еремушкин М.А., Архипов М.В., Колягин Ю.И., Антонович И.В. Перспективы развития роботизированных манипуляционных механотерапевтических комплексов. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* 2017; 16 (2): 65-69.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2017-16-2-65-69>

Для корреспонденции: *Еремушкин Михаил Анатольевич*, д-р мед. наук, проф., зав. отделом клинической биомеханики и лечебной физкультуры ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099, Москва. E-mail: info@medmassage.ru.

*Gerasimenko M.Yu.¹, Eremushkin M.A.¹, Arkhipov M.V.², Kolyagin Yu.I.³, Antonovich I.V.¹***THE PROSPECTS FOR THE FURTHER DEVELOPMENT OF THE ROBOTIC
MANIPULATION MECHANOTHERAPEUTIC COMPLEXES**¹ Federal state budgetary institution «Russian Scientific Center of Medical Rehabilitation and Balneology», Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 121099, Moscow, Russia;² Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Moscow State Polytechnical University», Ministry of Education and Science of the Russian Federation, 107023, Moscow, Russia;³ Russian Chiropractic Centre, 354200, Sochi, Russia

The ongoing active development of robotics in the framework of the new economic paradigm known as «the 4th technological revolution» opens up new possibilities for the progress in various disciplines including medicine. The further improvement and clinical application of robotic manipulation mechanotherapeutic complexes are among the major priorities for the Russian public healthcare system. The article represents the characteristics of the Russian robotic manipulator prototype designed to enhance the effectiveness of medical rehabilitation, develop various options of the robotic situational behavior, and specify the topical issues as regards the improvement of the manipulation robotic systems that require the effective solutions and actions. The prospects for the formation of the basic principles of new specialty «massage programmer» are outlined based on the above considerations.

Key words: *robot, robotics; medicine; mechanotherapy; massage; rehabilitation.*

For citation: Gerasimenko M.Yu., Eremushkin M.A., Arkhipov M.V., Kolyagin Yu.I., Antonovich I.V. The prospects for the further development of the robotic manipulation mechanotherapeutic complexes. *Fizioterapiya, Bal'neologiya i Reabilitatsiya (Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation).* 2017; 16 (2): 65-69. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2017-16-2-65-69>

For correspondence: *Mikhail A. Eremushkin*, MD, PhD, DSc, professor, Head of the Department of clinical biomechanics and remedial gymnastics, Federal state budgetary institution «Russian Scientific Center of Medical Rehabilitation and Balneology», Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 121099, Moscow, Russia. E-mail: info@medmassage.ru.

Information about authors: Gerasimenko M.Yu., <http://orcid.org/0000-0002-1741-7246>

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received 17 January 2017
Accepted 26 January 2017

2016 год ознаменовался речью известного швейцарского экономиста, президента Всемирного экономического форума в Давосе К.М. Шваба, в которой он объявил о начале 4-й технологической революции: «Человечество стоит на краю новой технологической революции, которая кардинально изменит то, как мы живем и работаем и относимся друг к другу. Подобного масштаба и сложности перемен человечеству еще никогда не доводилось испытывать» [1].

Одной из характерных особенностей 4-й технологической революции, как это указывает сам К.М. Шваб, а также ряд других ведущих экономических экспертов мирового уровня, таких как Е. Brynjolfsson, А. McAfee, будет «широкое распространение, как в производственной деятельности, так и в условиях повседневного быта, роботизированных комплексов» [2].

Согласно прогнозам аналитиков консалтинговой компании «Tractica» мировой рынок робототехники увеличится с 34,1 млрд долл. в 2016 г. до 226,2 млрд долл. к 2021 г. и достигнет среднегодовых темпов роста на уровне 46%. При этом следует указать, что в 2016 г. мировая индустрия робототехники прошла поворотный момент своего развития, когда объем рынка бытовых роботов (в том числе медицинских) впервые превысил объем рынка промышленных роботов [3].

Мировой рынок медицинских роботов к 2020 г. вырастет от нынешних 4,2 млрд долл. до 11,4 млрд долл., говорится в исследовании компании «Markets & Markets». Таким образом, среднегодовой темп увеличения объема рынка составит 22,2% [4].

Для сравнения следует указать, что в России весь рынок медицинской техники в 2010 г. охватывал 3,4 млрд долл., а согласно «Стратегии развития» к 2020 г. он должен составить 13,6 млрд долл., что нельзя считать достаточным для развития обозначенной парадигмы 4-й технологической революции [5].

Тем не менее уже в приказе Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 29.12.2008 № 786н «О порядке формирования и утверждения государственного задания на оказание в 2009 году высокотехнологичной медицинской помощи гражданам Российской Федерации за счет ассигнований федерального бюджета» в пункте 7.2 упоминалось «восстановительное лечение с использованием роботизированной механотерапии и прикладной кинезотерапии больных с очаговыми поражениями головного и спинного мозга травматического (в том числе послеоперационного) генеза, с врожденными и нейродегенеративными заболеваниями». Позже в приказе Министерства здравоохранения России от 29.12.2012 № 1705н «О порядке организации медицинской реабилитации» было отражено требование: «Для обеспечения функций Центра [реабилитации – авт.] в его структуре рекомендуется предусматривать отдельно для пациентов из числа взрослого населения и для пациентов из числа детского населения: отделения (кабинеты) лечебной физкультуры (в том числе отделения (кабинеты) роботомеханотерапии)». К оборудованию для роботомеханотерапии были отнесены аппараты для роботизированной меха-

нотерапии верхних и нижних конечностей (конечности); велоэргометры роботизированные; оборудование для роботизированной пассивной, активно-пассивной и активной механотерапии туловища и конечностей; оборудование для роботизированной механотерапии верхних и нижних конечностей с динамической системой компенсации веса конечности; оборудование для восстановления координации, в том числе роботизированное.

Разработка и внедрение медицинских роботов в системе современного здравоохранения характеризуется следующими явными преимуществами, позволяющими:

- заменить трудоемкую ручную работу медицинских специалистов;
- сократить медицинский персонал, участвующий в лечебном процессе;
- осуществить возможность практически неограниченной пропускной способности роботизированных комплексов;
- использовать сложнокоординированные двигательные задания, выполнение которых затруднительно без специального оборудования;
- сократить сроки восстановления нарушенных функций за счет длительной стереотипной тренировки циклических локомоций;
- проводить процедуры в режиме лечебно-диагностического воздействия с использованием биологической обратной связи, позволяющей каждый раз подбирать наиболее оптимальный режим работы для каждого конкретного пациента.

Наряду с роботизированными протезами и экзоскелетами («ReWalk», «ExoAtlet»), роботами-манекенами («SimMan 3G», «Simroid»), сервисными роботами-помощниками («Helpmate», «RP8», «RIBA»), роботизированными реабилитационными системами («Biodex», «Lokomat», «Con-trex», «ReoGo», «G-EO», «C-Mill», «Erigo», «Arneo»), а также роботами-манипуляторами для хирургии, особенно микрохирургии («da Vinci»), важным и перспективным направлением экспертами в области медицинской робототехники называются роботизированные установки для лечебных процедур, в частности манипуляционные роботы для выполнения приемов массажа и пассивных движений [6].

Еще в 1882 г. один из основоположников классической техники массажа И.З. Заблудовский говорил: «Нельзя ли воспользоваться усовершенствованиями механики для устройства таких машин, которые заменили бы действия рук? Стоило бы изобрести машину, силу которой можно было бы в каждый момент определять в цифрах и вместо работы массёра иметь дело с работой, выраженной в цифрах. Другими словами – вместо того, чтобы количество целебного средства взять на глазок, взвешивать его на точных весах». Сегодня эта мечта стала реальностью.

Впервые реализованная идея управления аппаратными средствами для массажа с использованием робота была предложена российскими учеными на II симпозиуме по медицинской робототехнике в Гейдельберге в 1997 г. Шестизвенный промышленный

робот «Puma 560», предназначенный для сборки и дуговой сварки, был дополнен силовым датчиком для измерения усилия взаимодействия инструмента робота с мягкими тканями пациента. Робот «чувствовал» пациента, запоминал его рельеф, упругость, затем вычислял массажные траектории и воспроизводил их своими приводами. Штатная система управления робота, предназначенная для позиционного и контурного управления, могла реализовать алгоритмы раздельного позиционно-силового управления. Робот выполнял отдельные приемы техники классического массажа и акупунктуры на манекенах, собаках и людях-волонтерах. Данный метод роботизированного массажа был защищен российским патентом [7].

Впоследствии разработанный отечественный роботизированный манипуляционный комплекс совершенствовался на базе Московского государственного индустриального университета и Российского научно-го центра медицинской реабилитации и курортологии Минздрава России, где до настоящего времени он проходит стендовые испытания [8].

Основной задачей, реализуемой данным манипуляционным роботом, является замена рутинных манипуляционных функций, выполняемых массажистами, инструкторами ЛФК, врачами мануальной терапии, врачами-остеопатами. Возможности манипуляционного робота позволяют расценивать его как диагностический блок, включающий тензометрию, мионометрию, и лечебный блок: имитация групп массажных приемов – поглаживания, растирания, разминания и вибрации, а также пассивные и пассивно-активные движения в суставах [9].

Научной новизной данной системы является попытка полностью заменить рутинную ручную работу специалиста аппаратом с обратной связью и программными функциями, имеющим как лечебное, так и диагностическое назначение, максимально приблизив его воздействие к мануальным приемам, но оставив за специалистом функции принятия ответственных решений. Наличие обратной связи в устройстве данной системы предоставляет возможность математического или визуального (в графической форме) отображения воздействия, т.е., определив механические свойства мягких тканей, подлежащих массажному воздействию, и задав определенные параметры этого воздействия, можно определить динамику изменений биомеханических показателей массируемых структур как в процессе, так и после массажа. К тому же, как известно, на сегодняшний день нет промышленных образцов специализированной медицинской аппаратуры, способной в наглядном виде отразить совокупный результат массажного воздействия (тонус кожи, тонус мышц, толщину кожной складки, ее подвижность, индексы Кетле, В.В. Бунака и др.). Помимо этого, воздействие данного робота в сравнении с актом мануального воздействия обладает рядом отличительных особенностей, имеющих непосредственное клиническое применение [10].

Точность воздействия. В ряде случаев в процессе массажной процедуры возникает необходимость ока-

зать чрезвычайно детализированное воздействие на ограниченном локальном участке поверхности тела пациента. Так, при массаже послеоперационного соединительнотканного рубца с целью косметической минимизации кожного дефекта или профилактики спайочного процесса массажисту следует производить манипуляции в зависимости от хода линий напряжения Лангера. Невнимание к индивидуальным особенностям анатомического строения кожного покрова, недостаточные знания траектории проведения данных манипуляций и ряд других причин могут привести к нежелательным результатам массажной процедуры, выполняемой руками массажиста. Роботизированный манипуляционный комплекс, предварительно определив степень напряжения тканей, позволяет более точно воздействовать на рубцовую и околорубцовую ткани в соответствии с линиями напряжения не хаотичными, а ритмичными и строго направленными движениями.

Дозирование воздействия. Нередко в лечебной практике возникает необходимость оказывать строго дозированное воздействие на мягкотканые структуры, например при парезах, чтобы не переутомить мышцу механической стимуляцией и не вызвать снижения биоэлектрической активности мышечных волокон. В данном случае, не располагая системами обратной связи, массажист практически никаким способом не может дозировать свои манипуляции, а врач, назначающий эту процедуру, его контролировать. Имея возможность воспроизводить аналоги массажных приемов, роботизированный комплекс для манипуляции на мягких тканях способен выполнить данное задание с помощью устройства обратной связи, четко установив количество выполняемых движений и их интенсивность.

Надежность. Там, где применяются однообразные технические приемы массажа или требуется приложение значительных мышечных усилий со стороны массажиста при наличии постоянного потока пациентов (это прежде всего центры лечебного питания, занимающиеся лечением ожирения, косметические салоны, фитнес-центры, специализированные реабилитационные центры), роботизированный комплекс может стать достойной заменой ручной работы. Если качество массажной процедуры с каждым следующим пациентом у массажиста (любой квалификации) убывает в арифметической прогрессии в течение рабочего дня, данный недостаток абсолютно отсутствует у роботной системы.

Исключение или минимизация человеческого фактора. Наличие высококонтагиозных заболеваний (корь, краснуха, дифтерия, менингококковая инфекция), а также чрезвычайно опасных болезней, передающихся через кровь и другие биологические жидкости (ВИЧ-инфекция, вирусные гепатиты В, С, D, тяжелый острый респираторный синдром), окончательное излечение от которых пока невозможно или весьма затруднительно, в ряде случаев не исключают использование в процессе лечебных мероприятий процедур массажа для этой категории пациентов. В некоторых случаях существует насущная необходимость проводить процедуры массажа во вредных условиях внешней среды, включая зоны

повышенной радиации, запыленности и даже боевых действий. В подобных ситуациях повышенной эпидемиологической и экологической опасности использование робота для массажа является безальтернативным вариантом, так как работа человека-массажиста в таких условиях представляет для него определенную опасность.

Тем самым превосходство робота в процедурах достигается за счет более точных, строго дозированных, многократно повторяющихся однообразных монотонных движений, независимых от утомляемости и субъективных оценок человека-манипулятора (врача, массажиста), в условиях, несущих для него определенную долю опасности. Особо следует отметить, что использование рассматриваемой роботизированной системы в качестве лечебно-диагностического комплекса является особенно перспективным и, по-видимому, единственным направлением для практического внедрения данной технической идеи роботостроительства – создания робота-массажиста в медицинской практике, тем более что подобные устройства крайне необходимы как для практической деятельности реабилитационных кабинетов, отделений, центров, санаторно-курортных учреждений, так и для работы научных институтов, занимающихся проблемами изучения действия массажных манипуляций.

Многие технические вопросы функционирования и производства электронных и механических частей таких роботов сегодня с успехом решены. Однако нерешенными остаются фундаментальные вопросы разумного ситуационного поведения робота, интерфейса оператор–робот, его безопасности для пациента и врача. Психологический барьер, который возникает у большинства пациентов перед использованием аппаратного воздействия в процессе лечебных процедур (тем более робота), может служить значительным препятствием для широкого применения данной технической разработки в клинической практике.

Именно для решения этой проблемы при эксплуатации роботизированного манипуляционного комплекса нами были предложены следующие этические требования к системам робот–ассистент, который не должен:

- иметь антропоморфную форму (не должен вызывать страх, отвращение и низменные инстинкты у человека);
- замещать аналогичную человеческую функцию без ее усовершенствования и расширения (не должен повторять человеческую глупость и ограниченность);
- делать обобщающие выводы, выходящие за рамки заложенной программы (не должен принимать самостоятельные решения, способные повлечь за собой значимые для человека последствия).

Разработанный медицинский манипуляционный робот запатентован и представляет собой приоритет российской медицины и робототехники [11]. Поэтому реализация этой идеи в стране имеет большую экономическую выгоду. Приходится сожалеть, что если несколько лет назад эта идея была уникальна, то сейчас на Западе появляются как разработки, повторяющие российскую

модель, так и более совершенные аналогичные медицинские комплексы для массажа и мануальной терапии с использованием промышленных роботов.

Следует признать, что российские производители роботов по большинству номенклатуры сегодня не могут конкурировать с зарубежными фирмами [12]. В действительности нет смысла «догонять» и повторять уже существующие разработки. Наиболее рациональной задачей на сегодняшний день может стать обслуживание роботов зарубежных фирм при условии опережающей разработки научно-теоретических инженерных и медицинских основ их функционирования.

В этом ключе можно выделить следующие насущные проблемы совершенствования манипуляционного роботизированного комплекса, требующие дальнейшего решения:

- улучшение дизайна и эстетической привлекательности изделия;
- разработка максимально простого и удобного пользовательского интерфейса;
- разработка диагностической программы с визуальным отображением результатов тензо-динамо-гониометрии (давление/смещение, пассивное движение/движение с сопротивлением);
- математическое описание массажных приемов;
- разработка системы и алгоритма быстрой и простой смены насадок;
- разработка системы, позволяющей создавать программы из набора массажных приемов и движений (видов механической деформации тканей и вибрации в инфразвуковом диапазоне);
- определение границ вариативности для каждого массажного приема (общих и индивидуальных) на разных областях тела;
- формирование основ создания новой специальности «массажист-программист».

Создание медицинских изделий и роботизированных комплексов, в частности для восстановительной медицины и реабилитации, представляет значительный интерес как для практической медицины, так и для разработчиков, предприятий медицинской промышленности и высших технических учебных заведений [13]. Существенным вкладом в решение задачи внедрения в производство новых инновационных разработок в области медицинской робототехники может стать, по мнению авторов, объединение усилий науки, бизнеса и государства в реализации приоритетных направлений технологического развития экономики в форме интегрированных научно-производственных структур – кластеров, позволяющих увеличивать возможности (компетенцию) всех участников.

Таким образом, дальнейшее создание и совершенствование роботных систем для манипуляции на мягких тканях в качестве лечебно-диагностического комплекса может открыть новый подход к дозированному, а соответственно, и строго научному применению мануального воздействия в широкой клинической практике, что в свою очередь раскрывает новые горизонты в развитии и совершенствовании как техники, так

и методологии массажа и мануальной терапии и даже самих этих специальностей в контексте парадигмы 4-й технологической революции.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schwab K.M. The fourth industrial revolution. *Foreign Affairs*. 12.12.2015. Available at: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> (дата обращения 12.01.2017).
2. Brynjolfsson E., McAfee A. *The second machine age: work, progress and prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York, London, 2014.
3. The global robotics industry is at a critical turning point as non-industrial robots overtake industrial robots in market size for the first time in 2016. *Tractica*. 30.08.2016. Available at: <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/the-global-robotics-industry-is-at-a-critical-turning-point-as-non-industrial-robots-overtake-industrial-robots-in-market-size-for-the-first-time-in-2016> (дата обращения 12.01.2017).
4. *Аналитическое исследование: Мировой рынок робототехники*. М.: Национальная Ассоциация участников рынка робототехники; 2015.
5. *Стратегия развития медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года*. М.: Министерство промышленности и торговли Российской Федерации; 2010.
6. Краевский С.В., Рогаткин Д.А. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов. *Технологии живых систем*. 2010; 7 (4): 3–14.
7. Архипов М.В., Головин В.Ф., Журавлев В.В. Обзор состояния робототехники в восстановительной медицине. *Мехатроника, автоматизация, управление*; 2011; (8): 42–50.
8. Разумов А.Н., Саморуков А.Е., Еремускин М.А., Головин В.Ф. Основные направления и перспективы клинического использования роботных систем для манипуляции на мягких тканях. *Вопр. курортол*. 2004; (2): 3–5.
9. Головин В.Ф., Архипов М.В., Журавлёв В.В. *Робототехника в восстановительной медицине. Роботы для механотерапии*. LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. KG; 2012.
10. Еремускин М.А. *Массаж от классики до экзотики: полная энциклопедия систем, видов, техник, методик*. М.: Эксмо; 2012.
11. Головин В.Ф., Саморуков А.Е. *Способ массажа и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2145833 от 08.05.1998*.
12. Рогаткин Д.А., Куликов Д.А., Ивлиева А.Л. Три взгляда на современные данные нейронаук в интересах интеллектуальной робототехники. *Model. Artif. Intellig.* 2115; 6 (2): 98–136.
13. Архипов М.В., Головин В.Ф., Журавлёв В.В., Вжесневский Е.А., Полонский М.Е. Реальность и перспективы робототехники в восстановительной медицине. В кн.: *Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Лечебная физическая культура: достижения и перспективы развития»*. М.: РГУФК; 2013; 1: 27–9.

REFERENCES

1. Schwab K.M. The fourth industrial revolution // *Foreign Affairs*. 12.12.2015. Available at: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> (accessed 12 January 2017).
2. Brynjolfsson E., McAfee A. *The second machine age: work, progress and prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. N.Y., L., 2014.
3. The global robotics industry is at a critical turning point as non-industrial robots overtake industrial robots in market size for the first time in 2016. *Tractica*. 30.08.2016. Available at: <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/the-global-robotics-industry-is-at-a-critical-turning-point-as-non-industrial-robots-overtake-industrial-robots-in-market-size-for-the-first-time-in-2016> (accessed 12 January 2017).
4. *Analytical study: The world market of robotics. [Аналитическое исследование: Мировой рынок робототехники]*. Moscow: National Association of Market Participants in Robotics; 2015. 157 p. (in Russian)
5. *Strategy for the Development of the Medical Industry of the Russian Federation for the Period Until 2020. [Стратегия развития медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года]*. Moscow: Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation; 2010. (in Russian)
6. Kraevskiy S.V., Rogatkin D.A. Medical robotics: the first steps of medical robots. *Tekhnologii zhivyykh sistem*. 2010; 7 (4): 3–14. (in Russian)
7. Arkhipov M.V., Golovin V.F., Zhuravlev V.V. Overview of the state of robotics in restorative medicine. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*. 2011; (8): 42–50. (in Russian)
8. Razumov A.N., Samorukov A.E., Eremushkin M.A., Golovin V.F. Main directions and prospects of clinical use of robotic systems for manipulation on soft tissues. *Vopr. kurortol*; 2004; (2): 3–5. (in Russian)
9. Golovin V.F., Arkhipov M.V., Zhuravlev V.V. *Robotics in restorative medicine. Robots for mechanotherapy. [Робототехника в восстановительной медицине. Роботы для механотерапии]*. LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. KG KG; 2012. (in Russian)
10. Eremushkin M.A. *Massage from Classics to Exotics: a Complete Encyclopedia of Systems, Types, Techniques, Techniques. [Массаж от классики до экзотики: полная энциклопедия систем, видов, техник, методик]*. Moscow: Eksmo; 2012. (in Russian)
11. Golovin V.F., Samorukov A.E. *The Method of Massage and the Device for its Implementation. Patent RF N 2145833; 1998*. (in Russian)
12. Rogatkin D.A., Kulikov D.A., Ivlieva A.L. Three views on modern neuroscience data in the interest of intelligent robotics. *Model. Artif. Intellig.* 2115; 6 (2): 98–136. (in Russian)
13. Arkhipov M.V., Golovin V.F., Zhuravlev V.V., Vzhesnevskiy E.A., Polonskiy M.E. Reality and perspectives of robotics in restorative medicine. In: *Materials of the II All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation «Medical Physical Culture: Achievements and Development Prospects»*. [Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Лечебная физическая культура: достижения и перспективы развития»]. Moscow: RGUFK; 2013; 1: 27–9. (in Russian)

Поступила 17.01.17

Принята в печать 26.01.17