

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА АМБУЛАТОРНОМ ЭТАПЕ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ ФУНКЦИИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Шелякина О.В.¹, Копанев А.А.¹, Мамонова Н.В.², Карева Н.П.³, Дроздов Г.О.³, Аронов А.М.^{1,4}

¹ФГБУ «Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, e-mail: oshelyakina@niito.ru;

²ООО «ИННОРТА», Новосибирск;

³ФГБОУ ВО «НГМУ» Минздрава России, Новосибирск;

⁴АО «Инновационный медико-технологический центр (Медицинский технопарк)», Новосибирск

На основе аппаратно-программного комплекса с функциями дистанционного индивидуального мониторинга и управления параметрами реабилитационного процесса для роботизированной механотерапии «Пульсар-К» разработан метод дистанционной реабилитации после эндопротезирования коленного сустава. Разработанная технология была апробирована в ходе исследования, проведенного на базе Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна с координацией работы из телемедицинского центра Медицинского технопарка. В исследование были включены 102 пациента (87 женщин и 15 мужчин) в возрасте от 50 до 75 лет (средний возраст $61,9 \pm 1,09$) в раннем восстановительном периоде после эндопротезирования коленного сустава. В результате исследования установлено, что эффективность предлагаемой телемедицинской технологии реабилитации после хирургических вмешательств на коленном суставе сопоставима с эффективностью комплексных реабилитационных мероприятий, проводимых в очном режиме, включая роботизированную и специализированную гимнастику. Предполагается, что предоставление разработанной технологии в качестве телемедицинской услуги будет способствовать повышению эффективности амбулаторной реабилитации благодаря возможности осуществления реабилитационного процесса на дому.

Ключевые слова: телемедицинская технология, дистанционная реабилитация, роботизированная механотерапия, заболевания и травмы опорно-двигательного аппарата.

PROSPECTS FOR THE USE OF TELEMEDICINE TECHNOLOGY FOR OUTPATIENT STAGE OF REHABILITATION OF PATIENTS WITH DISORDERS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM

Shelyakina O.V.¹, Kopanев A.A.¹, Mamonova N.V.², Kareva N.P.³, Drozdov G.O.³, Aronov A.M.^{1,4}

¹Novosibirsk research Institute of traumatology and orthopedics n. a. Ya. L. Tsiyvan, Novosibirsk, e-mail: oshelyakina@niito.ru;

²INNORTA, Novosibirsk;

³Novosibirsk state medical university, Novosibirsk;

□ Innovative medical technology center (Medical Technopark), Novosibirsk

On the basis of hardware and software with remote individual monitoring and control of parameters of the rehabilitation process for robotic mechanotherapy "Pulsar-K", developed a method for remote rehabilitation after knee arthroplasty. The developed technology was tested in the study conducted on the basis of the Novosibirsk research Institute of traumatology and orthopedics n.a. Ya.L. Tsiyvan coordination of telemedicine centre of Medical technology Park. The study included 102 patients (87 women and 15 men) aged 50 to 75 years (mean age of 61.9 ± 1.09) in the early recovery period after knee replacement. The study found that the effectiveness of the proposed telemedicine technologies of rehabilitation after surgical interventions on the knee joint is comparable to the efficiency of complex rehabilitation activities carried out in face-to-face mode including robotic and specialized exercises. It is assumed that the provision of the developed technology as telemedicine services will contribute to improving the efficiency of outpatient rehabilitation, due to the possibility of implementation of the rehabilitation process at home.

Keywords: telemedicine technology, remote rehabilitation, robotic therapy, diseases and injuries of musculoskeletal system.

К социально значимым заболеваниям, существенно влияющим на состояние здоровья взрослого населения и уровень затрат государства на лечение и реабилитацию, относятся

дегенеративно-дистрофические заболевания суставов и позвоночника. Современные методы хирургического лечения существенно улучшают прогноз при остеоартрите крупных опорных суставов, который является одной из основных причин преждевременной потери трудоспособности и инвалидности и самым частым показанием для эндопротезирования [1; 2]. Обязательным условием полноценного восстановления функции опорно-двигательного аппарата после хирургического вмешательства является проведение комплексной реабилитации в ранний и поздний восстановительный период, однако организация перманентного реабилитационного процесса затруднена из-за высокой стоимости реабилитационных мероприятий, дефицита медицинских кадров и низкой доступности современных высокотехнологичных средств для жителей отдаленных районов [3; 4]. Доля пациентов, оставшихся без реабилитации после эндопротезирования крупных суставов нижних конечностей, составляет в разных регионах России от 30 до 60% [5].

Инновационным решением данной проблемы может быть разработка телемедицинской технологии дистанционной реабилитации на основе аппаратно-программных комплексов (АПК) с системой мониторинга в условиях удаленного доступа, обеспечивающих осуществление реабилитационного процесса на дому или в медицинских организациях, приближенных к месту жительства пациента.

Цель исследования: разработать технологию дистанционной реабилитации после тотального эндопротезирования коленного сустава на основе аппаратно-программных комплексов с системой дистанционного наблюдения за состоянием здоровья пациента и оценить ее эффективность.

Материал и методы. В качестве основного элемента телемедицинской технологии реабилитации с дистанционным мониторингом использован АПК «Пульсар-К» (РУ № РЗН 2015/31328 от 28.09.2015, производитель ООО «Инновационные реабилитационные технологии»). Отечественный аппарат роботизированной механотерапии «Пульсар-К», разработанный ООО «ИННОРТА» на основании договора о сотрудничестве с ФБГУ «Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, предназначен для реабилитационной тренировки пациентов после оперативного лечения заболеваний и травм нижних конечностей, при контрактурах и двигательных нарушениях в коленном суставе. Аппарат «Пульсар-К» обеспечивает воспроизведение биомеханически одинаковых пассивных движений в поврежденном суставе. Метод непрерывного пассивного движения (Continuous Passive Motion – СРМ-терапия) включается в программу реабилитации после операций на суставах с целью предотвращения формирования внутрисуставных адгезий и тугоподвижности, более быстрого восстановления объема движений после операций и травм, для стимуляции регенерации суставной хрящевой ткани и периартикулярных мягких тканей [6-8].

Программное обеспечение (ПО) АПК «Пульсар-К» позволяет осуществлять функции дистанционного индивидуального мониторинга и управления параметрами процесса реабилитации в условиях удаленного доступа. В комплектность поставки аппарата входит электронный пульт для управления механотерапевтическим тренажером в период тренировки самим пациентом и персональный планшетный компьютер, предназначенный для передачи информации о настройках тренажера в онлайн- или офлайн-режимах в базу данных телемедицинского центра.

Реализацию технологии дистанционной реабилитации осуществляет телемедицинский центр, в задачи которого входит организационно-техническая поддержка предоставляемых телемедицинских услуг, и связанный с ним консультационный центр лечебного учреждения, на базе которого создано дистанционное автоматизированное рабочее место врача-реабилитолога.

Разработанная технология была апробирована в ходе исследования, проведенного на базе Новосибирского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна и реабилитационного центра «Ортос-Лесной» с координацией работы из телемедицинского центра Медицинского технопарка. В исследование были включены 102 пациента (87 женщин и 15 мужчин) в возрасте от 50 до 75 лет (средний возраст $61,9 \pm 1,09$) в раннем восстановительном периоде после эндопротезирования коленного сустава, разделенные на 2 группы методом случайной выборки. В основной группе (65 чел.) СРМ-терапию проводили на АПК «Пульсар-К» в условиях дистанционного мониторинга реабилитационных тренировок, в группе сравнения (37 чел.) для СРМ-терапии использовались аппараты-аналоги Kinetec Performa, Kinetec Prima Advanced в очном режиме под руководством инструктора по лечебной физкультуре. В обеих группах СРМ-терапия дополнялась занятиями специализированной лечебной гимнастикой и локальной магнитотерапией. Курс реабилитации состоял из 12-14 дней, тренировки на аппаратах роботизированной механотерапии проводились 2 раза в день по 30 минут. Для оценки эффективности реабилитационных мероприятий использовались метод гониометрии и специфическая шкала оценки состояния коленного сустава Knee Society Score (KSS). Шкала KSS позволяет оценить функциональное состояние оперированного сустава (раздел «состояние сустава – KSS KS») и качество жизни пациента, связанное с возможностью передвижения и самообслуживания (раздел «функция сустава – KSS FS»). Максимальная оценка по каждому из разделов составляет 100 баллов, что соответствует отличным результатам лечения. Сумма баллов менее 60 свидетельствует о неудовлетворительных результатах реабилитации.

Для статистической обработки данных, регистрируемых до начала и по окончании курса реабилитации, использовали программное обеспечение IBM SPSS Statistics 21.0.

Результаты регистрации значений переменных шкалы представлены в виде описательной статистики (средняя и её стандартная ошибка $M \pm m$). Ввиду малых размеров популяционной выборки, для сравнения значений на контрольных точках внутри группы использовали непараметрический критерий Уилкоксона для связанных выборок; для сопоставления результатов в основной группе и группе сравнения – критерий Манна-Уитни для несвязанных выборок. Пороговый уровень статистической значимости (альфа) был определен как равный 0,05. В ходе выполнения сравнений статистически значимыми считали различия, не превышающие порогового уровня ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. В соответствии с ФЗ № 242 от 29.07.2017, решение о проведении дистанционной реабилитации принимает врач-специалист по результатам очной консультации, включающей сбор анамнеза и жалоб при патологии костной системы и оценку локального статуса с проведением гониометрии. Основным врачом-консультантом в реабилитационный период является врач лечебной физкультуры (ЛФК), в задачи которого входит регистрация пациента в информационной системе дистанционной реабилитации во время первичного осмотра, создание программы тренировок на аппаратно-программном комплексе для СРМ-терапии на весь реабилитационный период, а также предоставление пациенту комплекса специальной лечебной гимнастики. Использование СРМ-терапии в качестве ключевого звена разработанной телемедицинской технологии объясняется, с одной стороны, высокой эффективностью метода, а с другой – необходимостью выполнения длительных регулярных тренировок для достижения целей двигательной реабилитации. В рандомизированных исследованиях доказано, что непрерывное пассивное движение достоверно улучшает отдаленные результаты после эндопротезирования и артроскопических операций в случае проведения тренировок на роботизированных механотренажерах не менее 4-8 недель продолжительностью до 2 и более часов ежедневно [1; 9]. На всех этапах реабилитации СРМ-терапия комбинируется с лечебной физкультурой в виде соблюдения двигательного режима, занятий общеукрепляющей и специализированной лечебной гимнастикой. При соблюдении подобного режима тренировок эффективность реабилитационных мероприятий может достигать 90% [10].

Организационную основу разработанной технологии дистанционной реабилитации составляет эффективное взаимодействие потребителя телемедицинской услуги и врача-реабилитолога в информационно-телекоммуникативном пространстве, которое обеспечивается программными модулями АПК в части удаленного мониторинга параметров пациента и в части автоматизированного рабочего места (АРМ) врача. АРМ врача является центром управления реабилитационным процессом. С компьютера врача осуществляется создание и редактирование программ реабилитации пациентов, удалённое управление сеансами реабилитации, сбор статистики и контроля результатов с последующим

формированием аналитической отчетности (рисунок).



Программный модуль дистанционной работы аппарата Пульсар-К

Необходимые коррективы в ранее заданные для каждого пациента параметры тренировочного процесса вносятся врачом-реабилитологом на основании информации, поступающей с компьютера пациента. Индивидуальный мониторинг осуществляется автоматически во время реабилитационной тренировки и включает отображение в реальном времени величины угла сгибания в суставе и усилия сопротивления, отображение номера и времени подхода пациента, сохранение промежуточных результатов для текущего дня (время каждого подхода, достигнутые максимальные и минимальные углы для каждого подхода). Полученные телеметрические данные накапливаются в отдаленной информационной базе для их последующего постоянного автоматизированного анализа. Пациент является активным участником реабилитационного процесса, в его задачи входят не только самостоятельные занятия на АПК, но и отправка автоматически сформированного отчета о выполнении плана тренировки в текущий день. Отсутствие такого отчета регистрируется в программном модуле врача как невыполнение тренировочного задания и служит оперативным сигналом для связи с пациентом. Необходимость ежедневного взаимодействия с врачом в электронно-информационной среде повышает мотивацию пациента к выполнению назначений, что особенно актуально при проведении реабилитации в домашних условиях. Известно, что более 60% пациентов ортопедического профиля, нуждающихся в реабилитации, в домашних условиях не выполняют рекомендации по расширению физической активности [5; 8]. Диалог специалиста и пациента в инфокоммуникативном пространстве повышает степень осознанного активного участия

пациента в реабилитационном процессе и соответственно эффективность реабилитационных мероприятий.

Анализ статистической обработки результатов апробации разработанной телемедицинской технологии показал, что эффективность роботизированной механотерапии на изделии с дистанционным управлением процессом реабилитации сопоставима с эффективностью СРМ-терапии, проводимой на известных аппаратах-аналогах в условиях реабилитационного центра (таблица).

Динамика показателей функции сустава и физического функционирования
в исследуемых группах ($M \pm m$)

Показатель	Основная группа (n=65)			Группа сравнения (n=37)		
	До начала курса	После курса	P ₁₋₂	До начала курса	После курса	P ₄₋₅
	1	2	3	4	5	6
Шкала KSS KS, баллы	52,5±2,93	74,5±1,42	P=0,001	54,2±3,75	73,2±3,28	P=0,001
Шкала KSS FS, баллы	22,3±2,14	31,4±1,57	P=0,001	26,4±4,38	32,5±3,42	P=0,001
Угол сгибания, град.	58,4±3,23	87,6±2,51	P=0,001	57,9±4,35	89,1±3,66	P=0,001
Дефицит разгибания, град.	7,2±0,78	4,9±0,54	P=0,01	7,6±1,43	4,7±1,13	P=0,01

Примечание: при сопоставлении показателей до и после курса реабилитации в сравниваемых группах $p > 0,05$ во всех случаях.

Средний балл по разделу Knee score шкалы KSS к окончанию курса реабилитации в основной группе составил 74,5±3,42, что является основанием оценить результаты восстановительного лечения как хорошие. Об эффективности разработанной технологии свидетельствует и динамика объема движения в оперированном суставе: за две недели средние значения угла сгибания приблизились к 90°, а дефицит разгибания уменьшился в 1,5 раза. Величина среднего балла по разделу Function Score шкалы KSS, отражающему способность пациента к свободному передвижению и самообслуживанию, достоверно увеличилась к концу курса реабилитации, однако оставалась в пределах, не позволяющих оценить результаты лечения как удовлетворительные. Существенная разница в величине среднего балла по разным разделам шкалы KSS объясняется более медленным восстановлением физического функционирования пациента по сравнению с восстановлением функции самого сустава. Влияние тотального эндопротезирования на постуральный баланс и походку приводит к биомеханическим нарушениям, являющимся частой причиной ограничения двигательной активности в целом [10]. Продолжение на амбулаторном этапе тренировок на аппарате для СРМ-терапии будет способствовать восстановлению физиологического двигательного стереотипа и улучшению отдаленных результатов эндопротезирования [9; 11].

В группе сравнения динамика всех анализируемых показателей была аналогичной, средний балл по разделу Knee score шкалы KSS после реабилитации составил $73,2 \pm 3,28$ ($p=0,346$ при сопоставлении с основной группой), объём движения в оперированном суставе увеличился в той же степени, как и в основной группе (таблица). Полученные результаты свидетельствуют о том, что эффективность предлагаемой телемедицинской технологии реабилитации после хирургических вмешательств на коленном суставе сопоставима с эффективностью комплексных реабилитационных мероприятий, включающих роботизированную и специализированную гимнастику, осуществляемых в очном режиме.

Выводы

1. Разработана технология дистанционной реабилитации при заболеваниях и травмах крупных суставов, внедрение которой будет способствовать решению важной задачи – предоставлению услуг по медицинской реабилитации пациентам, не имеющим доступа к современным высокотехнологичным средствам восстановительного лечения из-за трудностей передвижения и удаленности места жительства от крупных реабилитационных центров, где эти средства могут быть сосредоточены.

2. В качестве основного элемента технологии дистанционной реабилитации предложен АПК «Пульсар-К» (РУ № РЗН 2015/31328) с функцией дистанционного мониторинга для роботизированной механотерапии, предоставляемый вместе с мобильным устройством для взаимодействия в информационно-телекоммуникативном пространстве во временное пользование потребителю телемедицинской услуги на амбулаторном этапе медицинской реабилитации.

3. Технология дистанционной реабилитации на основе АПК «Пульсар-К» для роботизированной механотерапии по эффективности не уступает реабилитации с применением СРМ-терапии в очном режиме под наблюдением инструктора лечебной физкультуры. Реализация данной технологии в виде телемедицинской услуги будет способствовать обеспечению качественного реабилитационного процесса в домашних условиях под дистанционным наблюдением за состоянием пациента с патологией опорно-двигательного аппарата.

Список литературы

1. Пролонгированная СРМ-терапия в реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава / О.В. Пиманчев [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2013. – № 8. – С. 52-53.
2. Singh J.A. Epidemiology of knee and hip arthroplasty: a systematic review // Open Orthop. J., 2011, Vol. 5, P. 80-85.

3. Матвеев Р.П., Брагина С.В. Динамика ортопедических показателей при гонартрозе после тотального эндопротезирования и реабилитационного лечения / Р.П. Матвеев, С.В. Брагина // Гений ортопедии. – 2014. – № 1. – С. 9-13.
4. Den Hertog A., Gliesche K., Timm J. et al. Pathway-controlled fast-track rehabilitation after total knee arthroplasty: a randomized prospective clinical study evaluating the recovery pattern, drug consumption, and length of stay // Arch. Orthop. Trauma Surg., 2012, Vol. 132 (8), P. 1153-1163.
5. Потенциальные возможности совершенствования реабилитации пациентов с последствиями травм и заболеваниями костно-мышечной системы на региональном уровне / О.М. Черникова [и др.] // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. - 2012. – № 3. – С. 6-8.
6. Применение СРМ-терапии у пациентов после травм и ортопедических операций в амбулаторной практике / Е.Ш. Ломтатидзе [и др.] // Вестн. последиплом. мед. образования. – 2012. – № 2. – С. 31-33.
7. Чикина Л.Н., Болтенко Ж.В. Состояние и динамика первичной инвалидности вследствие болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани в Центральном федеральном округе в 2008–2013 гг. // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2014. – № 4. – С. 30-33.
8. Peiris C.L., Taylor N.F., Shields N. Patients receiving inpatient rehabilitation for lower limb orthopaedic conditions do much less physical activity than recommended in guidelines for healthy older adults: an observational study // J. Physiother, 2013, Vol. 59 (1), P. 39-44.
9. Steadman R.J., Briggs K.K., Rodrigo J.J. et al. Outcomes of Microfracture for Traumatic chondral Defects of the Knee: Average 11-year follow-up // Arthroscopy, 2003, Vol. 19 (5), P. 477-484.
10. Биомеханические показатели стояния и походки больных после тотального эндопротезирования коленного сустава с использованием компьютерной навигации / Ю.А. Безгородов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 4 (62). – С. 11-17.
11. Husby V.S., Helgerud J., Bjorgen S. Early postoperative maximal strength training improves work efficiency 6-12 months after osteoarthritis-induced total hip arthroplasty in patients younger than 60 years // Am. J. Phys. Med. Rehabil., 2010, Vol. 89, P. 304-314.