



Фонд детского  
доктора Рошаля



Москва –  
добрый город

**Отчет  
о реализации проекта**

**«Цифровая физическая реабилитация детей и подростков с  
проблемами опорно-двигательного аппарата после травм»**

в рамках проектов для НКО  
«Москва - добрый город»



Москва, 2020 - 2021

## Оглавление

Цель проекта.....	3
Краткие сведения о проекте .....	3
Актуальность проекта.....	5
Проблемы целевой аудитории проекта.....	7
Традиционная тактика лечения неосложненного компрессионного перелома позвоночника у детей.....	11
Проблема перехода в поздний реабилитационный период .....	13
Предложения по интеграции дистанционной физической реабилитации в типовые стадии реабилитации.....	14
Особенности использования смартфона в качестве датчика движения.....	18
Основные этапы проекта .....	20
Формат проведения очных семинаров и тренингов .....	23
Принципы подбора упражнений для занятий со смартфоном .....	34
Комплекс упражнений приложения «Здоровая спина» для неосложненных травм позвоночника .....	37
Комплекс упражнений приложения «Здоровая спина» для здоровой осанки	41
Алгоритм действий врача лечебной физкультуры при проведении цифровой физической реабилитации.....	45
Мобильное приложение «Здоровая спина».....	49
Краткое описание функционала мобильного приложения «Здоровая спина»	52
Пример введения ребенка при прохождении этапов проекта .....	58
Итоги проекта .....	73

## **Цель проекта**

Создать условия для самостоятельной реабилитации детей и подростков с использованием личных смартфонов и технологии оцифровки и контроля восстановительных упражнений, вовлечь родителей в тему удаленной реабилитации, повысить доступность реабилитационных технологий для семей Москвы, столкнувшихся с такими проблемами.

Команда проекта уверена, что в будущем он может быть тиражирован на территорию всей Российской Федерации с удаленной поддержкой ведущих специалистов России в области детской травматологии.

## **Краткие сведения о проекте**

Проект по системе цифровой реабилитации был проведен на базе Научно-исследовательского института неотложной детской хирургии и травматологии г. Москва при содействии Фонда детского доктора Рошаля – победителя конкурса грантов «Москва – добрый город» для некоммерческих организаций. Фонд детского доктора Рошаля в рамках проекта «Цифровая физическая реабилитация детей и подростков с проблемами опорно-двигательного аппарата после травм» приглашал для бесплатного участия родителей и детей в возрасте от 7 до 17 лет с нарушением осанки и травм позвоночника.

Формат проведения проекта реализует новую технологию интеграции дистанционной физической реабилитации в общие стадии реабилитации. Участники проекта проходят курс реабилитации в НИИ неотложной детской хирургии и травматологии. При этом они выполняют специальный комплекс реабилитационных упражнений. Комплекс упражнений разработан

ведущими реабилитологами, инструкторами-методистами ЛФК клиники Рошаля.

Основные задачи проекта:

- изучить пользовательский опыт при использовании мобильного приложения для реабилитации;
- получить количественные характеристики успешности траектории реабилитации по данным обратной связи о выполнении упражнений;
- вовлечь родителей в тему удаленной реабилитации;
- повысить доступность реабилитационных технологий для широкого круга семей, столкнувшихся с такими проблемами.

Для проведения апробации при непосредственном участии коллектива авторов было разработано специальное приложения для операционной системы Android – «Здоровая осанка – упражнения для позвоночника».

## Актуальность проекта

Позвоночник является опорой нашего организма и основой здоровья, которая закладывается в детском возрасте, и имеет уникальную структуру, обеспечивающую хорошую подвижность и достаточную прочность. В настоящее время деформации и повреждения позвоночника являются самой распространенной ортопедической патологией у детей и подростков. Поэтому, своевременное выявление проблем позвоночного столба, квалифицированное лечение и реабилитация – залог здоровья и гармоничного физического развития.

За последнее двадцатилетие наблюдается рост переломов позвоночника у детей среди всех травматических повреждений опорно-двигательного аппарата.

По данным института неотложной детской хирургии и травматологии г. Москвы за два года (2018-2019гг.) неосложненный компрессионный перелом одного или нескольких позвонков получили 1433 ребенка в возрасте от 5 до 17 лет, что составило в среднем около 6% среди всех травм костно-мышечной системы, кроме того, наблюдалось возрастающее количество таких пациентов ежегодно.

Такое количество компрессионных переломов связано со снижением индекса здоровья, ранними изменениями в костно-мышечном аппарате, заболеваниями опорно-двигательной системы, уменьшением двигательной активности, малоэффективной профилактикой травматизма.

Лечебная физкультура (ЛФК) занимает особое место в лечении и профилактике таких заболеваний. Полноценная ЛФК невозможна без специальных технических средств-тренажеров, обеспечивающих дозирование нагрузки и контроль двигательной траектории сустава при выполнении упражнений. При этом

актуальной становится задача широкого внедрения «умных» технологий поддержки ЛФК, позволяющих проводить занятия вне стен клиники в режиме удаленного контроля двигательной активности.

Текущий уровень развития технологий сделал возможным перенос функций компьютерных систем с рабочего стола в карман врача и пациента. Возможности смартфонов привели к бурному развитию мобильного программного обеспечения, значительно расширяющего его базовые функции, как обычного средства связи. Одним из актуальных направлений стали медицинские приложения и сервисы, направленные на уменьшение дистанции взаимодействия между врачом и клиникой, – это различные мессенджеры, чаты и видеозвонки для онлайн-консультаций, средства удаленного контроля физиологических показателей с использованием носимых устройств, услуги по поиску клиник и вызова врачей на дом.

Важным преимуществом смартфонов является их доступность для широкого круга пациентов, отсутствие необходимости приобретения дополнительного оборудования.

## Проблемы целевой аудитории проекта

*Неосложненный компрессионный перелом позвонка* – это травма, которая сопровождается компрессией переднего отдела тела позвонка без повреждения структур нервной системы.

Самой частой причиной, вызывающей подобную травму, является падение с высоты (либо с высоты собственного роста, либо с объекта), неловкие движения (например, резкое сгибание или разгибание позвоночника), выполнение специфических спортивных элементов. За последние несколько лет значительно возросли количества неосложненных компрессионных переломов позвонка при падении во время катания на «ватрушках», трюковых самокатах.

Иногда, ввиду особенности течения неосложненных компрессионных переломов позвонка у детей, отсутствует четкая взаимосвязь между механизмом травмы и характером перелома. Когда минимальная травма и даже ушиб могут привести к повреждению позвонка. Еще одной особенностью компрессионных переломов позвоночника у детей является одновременное поражение нескольких позвонков (перелом и ушиб). У детей неосложненный компрессионный перелом позвонка встречается преимущественно в грудном отделе позвоночника.

Неосложненный компрессионный перелом позвоночника может наблюдаться с 4-х летнего возраста и наиболее часто встречается в возрасте от 8 до 14 лет.

Существует четыре «опасных» периода, связанных с развитием позвоночника:

1. период внутриутробной жизни, когда ребенок еще не родился, но его позвоночник уже формируется и растет. Влияние на организм матери любых неблагоприятных

факторов может способствовать нарушениям в развитии позвоночника у плода;

2. первые годы жизни ребенка и до 5 лет формируются физиологические изгибы позвоночного столба. Обменные нарушения (рахит), неадекватное питание, нерациональная физическая нагрузка могут оказать существенное влияние на формирование осанки детей;

3. в возрасте от 6 до 8 лет - период, совпадающий с началом обучения в школе, появлением осевых нагрузок, достаточно длительным пребыванием в «вынужденном» положении сидя за партой, формированием нарушений осанки;

4. в возрасте 10-15 лет, когда происходит интенсивный рост ребенка. В этом периоде появляются и прогрессируют деформации позвоночного столба.

**Осанка** - это привычное вертикальное положение тела человека, сохраняющееся в покое и движении. Осанка в значительной степени влияет на положение позвоночника. Основную роль в формировании осанки играет равномерное и правильное распределение мышечных усилий (межмышечная координация) и способность мышц максимально долго поддерживать мышечное напряжение (силовая выносливость).

Выделяют несколько типов нарушений осанки, ориентируясь на изменения величины физиологических изгибов позвоночника (это может быть как увеличение, так и заметная их сглаженность (уменьшение)) в сагиттальной плоскости.

- Сутулая спина (сутулость) характеризуется усилением грудного кифоза (выпуклости) и сглаженным или нормальным поясничным лордозом (прогибом).

- Круглая спина с наличием протяженного полого кифоза, вершина которого смещена книзу (ближе к поясничному отделу).



- Кругло-вогнутая спина с усилением всех физиологических изгибов.
- Плоская спина, для которой характерна сглаженность всех изгибов.
- Плоско-вогнутая спина со сглаженностью грудного кифоза и усиленным или нормальным поясничным лордозом.

Сколиотическая осанка заметно отличается от выше указанных типов, так как проявляется изменениями в другой плоскости – фронтальной. При осмотре ребенка со сколиотической осанкой можно увидеть нефиксированное отклонение оси позвоночника в сторону, как правило, хорошо выражена асимметрия уровня лопаток, уровня надплечий (когда одно плечо стоит выше другого), треугольников талии.

В домашних условиях можно выполнить очень простой тест (тест Матиасса), который помогает быстро оценить состояние мышц спины и живота у ребенка/подростка. Стоя, ребенка просят поднять прямые руки перед собой и удерживать их в этом положении в течение 30 секунд. Подъем рук кпереди вызывает смещение центра тяжести тела вперед.

У ребенка с нормальной осанкой и хорошим мышечным корсетом смещение центра тяжести компенсируется за счет незначительного наклона туловища кзади. У ребенка с нарушением осанки и слабостью мышц спины и живота это движение приводит к увеличению грудного кифоза и поясничного лордоза, иногда сразу в начале теста.

Как видно из классификации, типов осанки достаточно много, поэтому составить единый универсальный комплекс физических упражнений для детей с данной патологией достаточно трудно. Если у ребенка есть нарушение осанки, обязательно нужна консультация у ортопеда. Медицинский специалист определит тип нарушения осанки и оценит наличие сколиоза. Перед началом

выполнения лечебной гимнастики, желательно обсудить с врачом ЛФК, какие упражнения более предпочтительны, а какие вовсе нежелательны для ребенка.

## **Традиционная тактика лечения неосложненного компрессионного перелома позвоночника у детей**

Важным условием успешной реабилитации подростков с позвоночной травмой является ее непрерывность на протяжении всех этапов реабилитации. Как правило, такая реабилитация включает два основных этапа.

### ***1-й этап – стационарный***

В условиях специализированного отделения детского стационара проводится разгрузка травмированного сегмента позвоночника с помощью петлевого вытяжения, используются различные методики физиотерапии для купирования болевого синдрома, уменьшения отека мягких тканей и улучшения кровообращения в зоне повреждения, массаж спины, ребенок обучается основным навыкам вертикализации, подбирается ортез (корсет) для позвоночника. Обязательным является проведение лечебной гимнастики, начиная с простых упражнений прямо в кровати пациента.

### ***2-й этап – амбулаторный***

Этот этап предполагает продолжение начатого в стационаре лечения: расширение двигательного режима (разрешается дозированная ходьба, сидение), начиная уже с 1-го месяца после травмы, расширение спектра физиотерапевтических процедур (с акцентом на улучшение тонуса мышц спины), массаж спины, продолжается ношение корсета, но основным пунктом в лечении на данном этапе, безусловно, является лечебная гимнастика.

Лечебная гимнастика – это комплекс специальных физических упражнений, целью которых в случае неосложненного компрессионного перелома позвоночника является восстановление и увеличение тонуса мышц спины и конечностей, увеличение силовой выносливости мышц спины и живота, формирование

естественного мышечного корсета, восстановление опорной функции позвоночника, улучшение координации движений и функции равновесия. Регулярные занятия лечебной гимнастикой вырабатывают и закрепляют у ребенка правильный двигательный стереотип.

Физические упражнения – это двигательные действия, специально организованные для решения определенной задачи.

Таковыми задачами могут быть, например: увеличение силы и объема мышц, восстановление и/или повышение общего тонуса и работоспособности, улучшение координации тела, обучение новым двигательным умениям и навыкам.

Как правило, основное внимание клинических специалистов уделяется ранним этапам реабилитационной процедуры, на которых закладывается будущая траектория восстановления организма после травмы.

## **Проблема перехода в поздний реабилитационный период**

Большой опыт специалистов НИИ детской хирургии и травматологии по сопровождению реабилитации пациентов на поздних этапах реабилитации позволил выявить ряд проблем, понижающих общую эффективность реабилитационных мероприятий. Прежде всего, это ограниченная пропускная способность реабилитационного центра и профильных санаториев. Поэтому реабилитация в позднем периоде проходит главным образом самостоятельно в домашних условиях, что понижает качество выполнения восстановительных упражнений и соответственно результата такой реабилитации. Ожидание очереди на процедуры реабилитации достигает от 2 до 4 месяцев.

При самостоятельных занятиях лечебной физкультурой ребенок и его родители должны адекватно оценивать возможности детского организма и четко соблюдать технику выполнения упражнений. Большинство людей не обладают специальными знаниями по технологии выполнения упражнений, а также часто из-за боли движения выполняются не в полном объеме, значительно снижая амплитуду и эффективность занятий.

Наличие данных проблем требует внедрение доступных способов физической реабилитации для объективного контроля процесса восстановления пациента в амбулаторный период с помощью дистанционного сопровождения.

## **Предложения по интеграции дистанционной физической реабилитации в типовые стадии реабилитации**

При проектировании схемы дистанционной реабилитации нужно учитывать следующие принципиальные факторы:

1. Двигательная реабилитация в дистанционном режиме всегда начинается и заканчивается очным посещением врача-специалиста клиники или санатория.
2. Смартфон должен использоваться как средство обратной связи на основе своего датчика движения или внешнего носимого устройства. Так достигается функция контроля.
3. Пациент должен быть уверен, что находится под удаленным контролем специалиста, а именно: прогресс его занятий фиксируется на стороне клиники, путем подключения его смартфона к соответствующему серверу, в случае возникновения проблем пациент может запланировать очное посещение или удаленную консультацию с сопровождающим его специалистом. Так повышается приверженность к регулярным тренировкам.
4. Перед началом дистанционной реабилитации пациент должен пройти обучение под контролем специалиста ЛФК для получения первичных навыков выполнения упражнений вместе со смартфоном. Так формируется правильная траектория выполнения упражнений.

С учетом этих факторов была сформирована схема интеграции дистанционной реабилитации, показанная на рисунке 1.

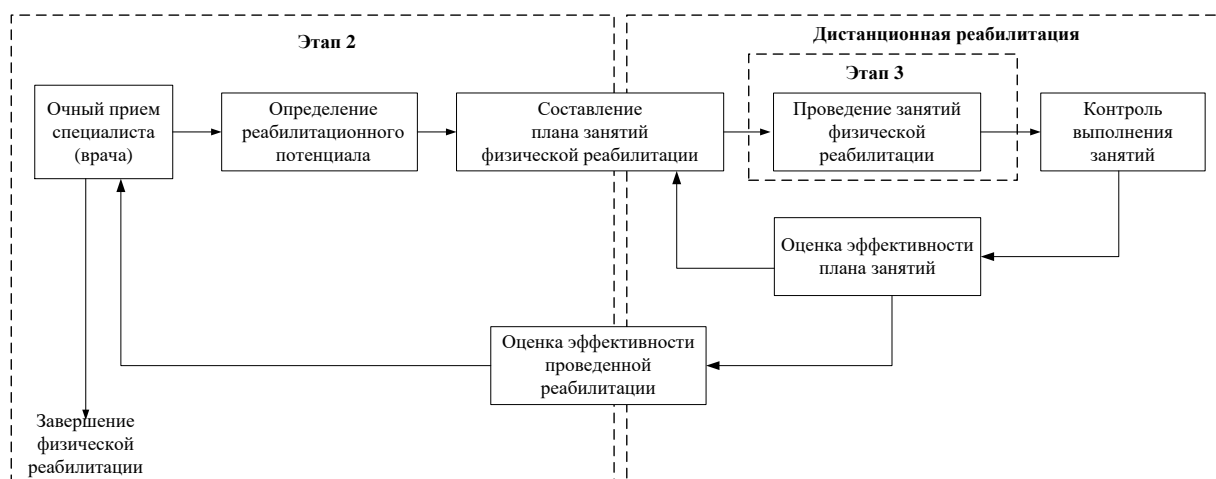


Рисунок 1 – Схема интеграции дистанционной физической реабилитации в общие стадии реабилитации

По нашему мнению процесс реабилитации в позднем периоде должен проходить автономно, но не самостоятельно. При этом автономность заключается в том, что реабилитация принципиально возможна вне стационарных условий. В свою очередь, несамостоятельность обусловлена определением условий и формата проведения реабилитации в рамках позднего этапа реабилитации. В соответствии с уровнем реабилитационного потенциала медицинский специалист составляет индивидуальный план занятий по проведению физической реабилитации. Сформированный план будет использован пациентом в рамках самостоятельного проведения занятий в домашних условиях.

Важным условием реализации такого подхода является наличие надежного способа контроля правильности выполняемых упражнений, соблюдение графика занятий и заданного уровня нагрузки. Смартфон должен быть не инструкцией по выполнению упражнений, а активным ассистентом, оценивающим процесс выполнения упражнений в реальном времени. В отсутствии прямого контакта с пациентами реабилитолог должен быть уверен, что пациент не уклоняется от выполнения упражнений и выполняет их правильно.

В рамках данной работы была предложена структура построения системы, включающая три основных взаимосвязанных функциональных элемента:

1) мобильное приложение, которое должно поддерживать функционал в виде структурированного набора упражнений для суставов, алгоритмов контроля правильности выполнения упражнений и отправки результатов на удаленный сервер;

2) комплекс упражнений, адаптированный для использования в системе удаленной реабилитации;

3) онлайн-кабинет для удаленного контроля врачом или тренером ЛФК реабилитационной активности, в формате мобильного сайта доступного для смартфонов и планшетов на любой операционной системе для обеспечения доступа через стандартный браузер сразу на всех платформах.

Взаимодействие указанных элементов происходит по следующей схеме:

- Реабилитолог проводит очный осмотр, оценивает реабилитационный потенциал пациента и по его результатам, используя инструменты онлайн-кабинета и перечень доступных упражнений, составляет комплекс тренировок и высылает приглашение пациенту по электронной почте.
- Пациент загружает из магазина приложений мобильное приложение, вводит код приглашения и получает доступ к комплексу упражнений, который загружается с удаленного сервера.
- Пациент проходит вводный курс, в течение которого учится выполнять упражнения, получает навык использования смартфона в качестве датчика обратной связи.

Далее пациент самостоятельно начинает выполнять требования комплекса по регулярности выполнения упражнений и



следит за рекомендациями мобильного приложения по правильному выполнению упражнений. Данные о правильности выполнения упражнений пересылаются на сервер и отображаются в онлайн-кабинете реабилитолога. Если система видит, что пациент пропускает упражнения и имеет низкий результат по правильности, то формируется сообщение реабилитологу.

## Особенности использования смартфона в качестве датчика движения

В основе любой технологии контроля движений лежит регистрация и анализ траектории движения конечности. Задача определения траектории движения в пространстве может быть решена двумя основными способами:

- с помощью видеорегистрации (камера смартфона, стереокамеры, камеры глубины, камеры 360 градусов);
- с помощью микроэлектронных инерциальных датчиков (IMU).

Современные возможности систем видетрекинга движения на базе нейросетевых алгоритмов позволяют вести запись свободного движения с помощью одной камеры смартфона без использования дополнительного оборудования в виде камер глубины и прочие. Единственным недостатком таких систем является необходимость установки смартфона на стационарную поверхность или специальную подставку, а также наличие свободного места размером не менее 3 на 3 метра.

Системы контроля движений базе IMU датчиков требуют разработку и производства, хоть и не дорогого, но дополнительного оборудования, его закрепление на конечности, подключение к смартфону. Однако после этих процедур пациент не ограничен в свободе движений, размерам помещения.

В данной работе предлагается использовать датчики движения, встроенные в смартфон. Способы размещения смартфона показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 – Способы размещения и удержания смартфона при выполнении реабилитационных упражнений:

- а) при выполнении упражнений на спине в чехле;
- б) при выполнении упражнений на коленный сустав в чехле,
- в) при выполнении упражнений на плечевой сустав в руке

Для крепления на ноге предлагается использовать доступные в продаже чехлы для смартфонов (arm band), эластичные бинты, носки. При выполнении упражнений на плечевой и локтевой сустав смартфон также может быть размещен в чехле на руке или зажат пальцами.

Единственным значимым ограничением такого размещения является невозможность фиксации движений при выполнении упражнений поочередно на правую и левую конечность. Для данного случая проблема решается разделением подобных упражнений на две части – сначала на одну конечность, потом на другую.

## Основные этапы проекта


№ п/п	Задача	Мероприятие	Результаты
1	Подготовка к проведению очных семинаров и тренингов	Комплекс подготовительных работ по обеспечению проведения очных семинаров и тренингов по цифровой реабилитации с привлечением профильных врачей консультантов	<p>Были отобраны и анкетированы 500 участников для проведения очных семинаров.</p> <p>Подготовлен раздаточный материал, поясняющий принципы цифровой реабилитации с помощью мобильного приложения.</p> <p>Выбрано место и согласован график проведения семинаров.</p> <p>Подготовлены брошюры и презентации тренингов врачей консультантов.</p>
2	Подготовка к проведению очных семинаров и тренингов	<p>Разработка мобильного приложения «Нефитнес» на смартфонах Android и iPhone для обеспечения максимального охвата участников проекта.</p> <p>Размещение приложения в открытом и бесплатном доступе</p>	<p>Полнофункциональный релиз мобильного приложения размещен в открытом и бесплатном доступе.</p>

		<p>в магазине приложений Google Play и App Store</p>	
3	<p>Подготовка к проведению очных семинаров и тренингов</p>	<p>Разработка специального раздела сайта НКО в рамках раздела «Программы». Создание групп проекта в социальных сетях и публикация актуальных материалов по физической реабилитации</p>	<p>Создан раздел сайта НКО</p> <p>Организовано присутствие проекта в социальных сетях</p>
4	<p>Очное обучение участников цифровой физической реабилитации</p>	<p>Проведение семинаров и тренингов по цифровой реабилитации с привлечением профильных врачей консультантов</p>	<p>Проведено 15 очных обучающих семинаров для участников проекта.</p> <p>Участники проекта устанавливают приложение для проведения цифровой реабилитации со смартфоном в домашних условиях.</p>

5	Контроль вовлеченности участников проекта	<p>Удаленное наблюдение за процессом реабилитации участников через приложение «Нефитнес».</p> <p>Получение обратной связи о течение процесса реабилитации</p>	<p>Для всех участников проекта получена обратная связь о достигнутых результатах в критериях: продолжительности нахождения в проекте, выполнения плана тренировок, количество пропусков тренировок, достижения по правильности выполнения упражнений.</p> <p>Проведены очные встречи для получения обратной связи и консультаций.</p>
6	Популяризация инновационных подходов цифровой физической реабилитации на дому	<p>Подготовка материалов для телевидения, релизов в местных СМИ.</p> <p>Проведение круглого стола по проблеме цифровых технологий в области реабилитации и лечебного дела</p>	<p>По итогам проекта снят телесюжет о ходе проекта. Телесюжет размещен в на YouTube.</p> <p>Проведен круглый стол в онлайн-формате.</p>
7	Популяризация инновационных подходов цифровой физической реабилитации на дому	Верстка и публикация методических рекомендаций по цифровой физической реабилитации	<p>Выпущены методические рекомендации по цифровой физической реабилитации</p> <p>Опубликована электронная версия методических указаний на сайте проекта.</p>

## Формат проведения очных семинаров и тренингов

Перед проведением семинаров и тренингов по физической реабилитации врач ЛФК раздавал анкеты, а также листовки полиграфического качества потенциальным участникам – детям от 7 до 17 лет, проходящим лечение в стационаре в НИИ неотложной детской хирургии и травматологии в реабилитационном отделе: в отделении ЛФК, массажа, механо-, кинезо- и рефлексотерапии и в отделении санаторно-курортного лечения. Дизайн листовки показан на рисунке 3.



**Москва – добрый город**

**Фонд детского доктора Рошалья**

**Приглашаем родителей детей в возрасте от 7 до 17 лет с нарушением осанки и травмами позвоночника принять участие в проекте «Цифровая физическая реабилитация детей и подростков с проблемами опорно-двигательного аппарата».**

**Краткое описание**

Дети – участники проекта – проходят курс реабилитации в НИИ неотложной детской хирургии и травматологии (клиника Рошалья). При этом они выполняют специальный комплекс реабилитационных упражнений:

- и в Институте, и в домашних условиях
- при помощи мобильного приложения с использованием обратной связи
- под контролем врачей НИИ неотложной детской хирургии и травматологии

Комплекс упражнений разработан ведущими реабилитологами и инструкторами ЛФК клиники Рошалья.

**Как стать участником проекта?**


**1-ый шаг:** заполнить онлайн анкету. После этого специалист фонда свяжется с Вами и пригласит на прием в клинику Рошалья.

**2-ой шаг:** посетить вместе с ребенком консультативный прием врача в клинике Рошалья для осмотра врача и разделения на группы в соответствии с заболеванием.

**3-ий шаг:** посетить вместе с ребенком день открытых дверей в клинике Рошалья для прохождения обучения самостоятельному выполнению упражнений

**Важно: Участие в проекте бесплатное. Для участия необходимо наличие смартфона (операционная система Android не ниже 6.0, IOS не ниже 11)**

**Ссылка на онлайн анкету:**




**Уточнить информацию можно по телефонам:**

+7 (495) 959-43-30 - Регистратура  
+7 (495) 959-11-97 - Фонд  
roshalfund@mail.ru

**Подробнее о нашем проекте:**

roshalfund.com  
vk.com/roshal\_fund\_rehab  
facebook.com/groups/roshalfund

**Партнёр проекта**



НИИ неотложной детской хирургии и травматологии

Техническая поддержка:  
Проект «НеФитнес»

Рисунок 3 –Листовка для привлечения участников проекта

Раздача анкет и заполнение анкет родителями участников представлены на рисунке 4:



Рисунок 4 – Раздача анкет и листовок врачом ЛФК

Группой специалистов отделения ЛФК, массажа, механо-, кинезо- и рефлексотерапии и отделения санаторно-курортного лечения (врач травматолог ортопед, врач невролог, врач ЛФК) проведена первичная консультация пациента, включающая в себя сбор анамнестических данных жизни и заболевания ребенка, жалоб, визуальную диагностику опорно-двигательного аппарата, оценку функционального состояния мышц, суставов и позвоночника.

Визуальная диагностика включала наружный осмотр тела спереди, сзади, сбоку и в положении переднего наклона туловища (исключая пациентов с неосложненным компрессионным переломом позвонков).

При осмотре спереди оценивались следующие показатели – симметрия положения головы и уровня надплечий, форма и



симметрия грудной клетки, треугольники талии, положение таза, форма нижних конечностей, положение стоп (передний, средний отделы)

При осмотре сбоку оценивали положение головы (протракция), выраженность физиологических изгибов, положение (наклон) таза.

При осмотре сзади - симметрию положения головы, уровня надплечий, углов лопаток, симметрию треугольников талии, положение (отклонение в сторону) оси позвоночника, положение таза, симметричность ягодичных складок, форму нижних конечностей, положение заднего отдела стоп.

При осмотре в положении переднего наклона туловища стоя и сидя определяли наличие реберно-мышечного выбухания (тест Адамса).

В положении лежа на спине проводили измерение длины нижних конечностей.

Проводилась визуальная оценка ходьбы (хромота, грубые компенсации)

Оценка функционального состояния мышц, суставов и позвоночника включала:

- функциональное тестирование мышц (ягодичные, ромбовидные, косые мышцы живота) по В. Янда с оценкой по пятибалльной шкале, где 5 баллов соответствуют нормальной сильной мышце, которая при совершаемом движении способна превосходить значительное внешнее сопротивление, 4 балла – сильная мышца, способная превосходить незначительное внешнее сопротивление и т.д.);

- пальпацию и перкуссию остистых отростков позвонков и паравертебральных мышц на всем протяжении позвоночника (при наличии боли оценка ее проводилась по шкале ВАШ);

- определение подвижности суставов (наличие гипермобильности);

- тест Тренделенбурга (слабость абдукторов бедра) - при стоянии на одной ноге, оценивается положение таза на контралатеральной стороне;

- Jack тест (увеличение продольного свода при натяжении подошвенного апоневроза (при пассивном сгибании большого пальца стопы)),

- тест подъема на носки стоп (изменение оси пяточной кости с вальгусной на варусную);

- оценку подвижности (гибкость) позвоночника – стоя на платформе (высота платформы составляет 20 сантиметров), ребенок выполняет наклон вперед, не сгибая коленей. Результат в сантиметрах оценивается по положению средних пальцев рук относительно платформы. За норму принимается состояние, при котором ребенок достает до опоры (до пальцев ног) – 0 сантиметров;

- силовую выносливость мышц спины (секунды). Тест проводится лежа на животе; оценивается время удержания разогнутого на 30 градусов туловища до появления первых признаков утомления (норма для детей среднего школьного возраста 90-120 секунд).

- силовую выносливость мышц брюшного пресса (статическая проба). Лежа на спине, ребенок удерживает поднятые на 45 градусов прямые ноги до появления первых признаков утомления (норма 60 - 120 секунд).

После окончания исследования родители получали заключение осмотра врача в печатном виде с указанием функционального статуса ребенка, диагноза и кратких рекомендаций по дальнейшему лечению и наблюдению ребенка.

В проект были включены дети в возрасте от 7 до 17 лет с различными типами нарушения осанки (сколиотическая, кругло-вогнутая, плоская, плоско-вогнутая, сутулость) и дети, получившие неосложненный компрессионный перелом грудных и/или поясничных позвонков (тип перелома A1N0 по классификации AOspine) не позднее 6 месяцев от момента травмы.

Детям с визуальными признаками структурального сколиоза и/или кифоза, разницей в длине ног более 1 см и выраженным перекосом таза было рекомендовано дополнительное обследование по месту жительства и в последующем лечение в отделении санаторно-курортного лечения НИИ неотложной детской хирургии и травматологии.

Затем детей отбирали для дальнейшего исследования. Основным критерий – дети должны самостоятельно выполнять упражнения. После этого детей разделяли на группы: дети после компрессионного перелома спины и дети с нарушениями осанки. С полученными рекомендациями и заключениями дети с родителями посещали лекции у врача ЛФК по теме: «Особенности ЛФК и правильности выполнения упражнений». Проведение лекции представлено на рисунке 6:



Рисунок 6 – Проведение лекции теме: «Особенности ЛФК и правильности выполнения упражнений»

Во время проведения лекции выделялись основные моменты: нарушения опорно-двигательного аппарата уменьшают подвижность и снижают функциональные возможности пациента. Одним из эффективных способов лечения и профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата является физическая реабилитация. Это определено по критериям уменьшения физических ограничений у пациентов, уменьшения боли и улучшения функциональных показателей. Одна из самых распространённых и доступных форм физической реабилитации является лечебная физкультура. Лечебная физкультура – это специально подобранные для лечения простые, дозированные, физические упражнения, выполняемые с учетом клинических

особенностей, функционального состояния и общей физической работоспособности пациента.

Важной особенностью ЛФК является регулярность и непрерывность занятий на любом этапе восстановления. При этом необходимым условием успешной физической реабилитации является правильность выполнения восстановительных упражнений с индивидуальным дозированием нагрузки на поврежденный сегмент опорно-двигательного аппарата. Однако процесс перехода пациента из стационарного периода на амбулаторный имеет ряд сложностей:

- отсутствие доступности реабилитационных центров для регулярного посещения;
- отсутствие постоянного медицинского сопровождения пациента в процессе выполнения физической реабилитации;
- отсутствие контроля правильности выполнения занятий по ЛФК.

Данные проблемы могут быть решены с помощью телемедицинских систем для реализации дистанционного сопровождения физической реабилитации на основе смартфона. При этом данная система должна выполнять следующие функции:

- контроль правильности (адекватности) выполнения индивидуального плана занятий по физической реабилитации;
- корректировка плана занятий;
- оценка эффективности плана занятий и всей проведенной реабилитации.

После проведенной лекции врач ЛФК очно обучал участников инновационному подходу по цифровой физической реабилитации. Данное обучение проходило поэтапно.

На первом этапе врач ЛФК раздавал участникам комплекс упражнений. Данный комплекс представлен на рисунке 7.

### Комплекс лечебной гимнастики.

*(выполнять по 3 раза в день)*

1. И.п. лежа на спине, руки согнуты в локтях и прижаты к туловищу – вдох, руки вверх - выдох (6-8 раз).
2. И.п. то же. Быстрое сгибание – разгибание в локтевых суставах (20 раз).
3. И.п. лежа на спине, опора на локти. Скользящие шаги (30 раз).
4. И.п. лежа на спине, руки верх, поясница прижата. Одновременно поднять от пола правую руку и левую ногу, удержать до 3 счетов. То же – другой рукой и ногой (10-12 раз).
5. И.п. то же, опора на локти ноги выпрямлены. Приподнять таз и удержать. Напрягая ягодицы до 10-12 счетов.
6. И.п. то же. Поднимать поочередно прямые ноги – «ходьба» (20 раз или 30 сек.).
7. И.п. то же, согнуть ноги в коленях и положить правой руки на левое колено, давить коленом на ладонь, а ладонью давить на колено (8-10 раз), затем пауза 5-6 с. Повторить 5-6 раз для каждой ноги.
8. И.п. то же, пятки поставить ближе к ягодицам. Приподнять таз, затем вернуться в и.п. Повторить 8 раз.
9. И.п. лежа на животе. Потянуться руками и ногами в противоположные стороны, затем расслабиться (8-10 раз).
10. И.п. лежа на животе, руки вдоль туловища, кистями вниз. Голова на лоб. Свести лопатки, удержать положение до 6-8 счетов. (4-6 раз).
11. И.п. лежа на животе. Руки вытянуты вперед. Поочередное отведение руки в сторону и удержание ее до 5 счетов, не поднимая головы (10-12 раз).
12. И.п. стоя, руки по швам. Медленно поднять плечи вперед, вернуть в и.п. (10-12 раз). То же самое назад. Упражнение выполняется в медленном темпе перед зеркалом.

### Рисунок 7 – Комплекс упражнений

На первом этапе врач ЛФК обучал участников правильному выполнению упражнений, демонстрировал выполнение и пояснял особенности каждого упражнения. Участники получали домашнее задание: необходимо было выучить список упражнений и регулярно выполнять рекомендованные упражнения – каждый день по три раза. На рисунке 8 продемонстрировано обучение участников:



Рисунок 8 – Обучение участников

На втором этапе врач ЛФК проверял, как участники запомнили упражнения и насколько верно они выполняют эти упражнения. Проходила корректировка выполнения упражнений (рисунок 9).



Рисунок 9 – Корректировка выполнения упражнений

На третьем этапе медицинские специалисты вместе с техническим консультантом проекта обучали участников выполнять упражнения с помощью смартфона. Обучение представлено на рисунке 10:



Рисунок 10 – Обучение упражнениям с использованием смартфона

Для этого родителям или их детям необходимо было установить мобильное приложение «Здоровая спина» на собственном смартфоне. В мобильном приложении оцифровано 12 упражнений.

Далее родители и дети в присутствии специалистов НИИ неотложной детской хирургии и травматологии смотрели ролики упражнений, которым они обучались во время первого этапа исследования.

После с помощью специального чехла или других подручных средств, врачи вместе с техническим консультантом демонстрировали родителям, как необходимо закрепить смартфон на руке или ноге ребенка (рисунок 11).





Рисунок 11 – Способ крепления смартфона к щиколотке

Слушая голосовые команды, участники проекта выполняли комплекс упражнений. По результатам каждого упражнения в приложении появлялась оценка о правильности выполнения упражнений.

## Принципы подбора упражнений для занятий со смартфоном

Упражнения лечебной гимнастики можно разделить на группы:

### ***По анатомическому признаку:***

- для крупных мышечных групп (туловище, верхние и нижние конечности);
- для средних мышечных групп (плечо, голень, бедро);
- для мелких мышечных групп (стопа, кисть, пальцы).

### ***По характеру мышечных сокращений:***

- динамические;
- статические.

При динамическом режиме работы мышц происходит их сокращение и расслабление, что, в свою очередь, приводит к работе позвоночника (сгибание, разгибание, скручивание).

При статической мышечной работе происходит напряжение мышцы, без изменения ее длины, в течение определенного времени.

Дыхательные упражнения задают четкий ритм при выполнении движений, способствуют нормализации и совершенствованию дыхательного акта, улучшают координацию дыхания и движений, укрепляют дыхательную мускулатуру.

Как показали множественные исследования, у детей после травмы позвоночника или при выраженном нарушении осанки функция равновесия может быть значительно нарушена.

Координация движений это согласованная мышечная активность, согласованная работа всех мышц, направленная на выполнение поставленной задачи.

Равновесие – способность поддерживать, контролировать положение тела во время выполнения задания.

Упражнения на равновесие также могут быть статическими (удержание баланса в заданной позе) и динамическими (удержание баланса в движении, например, при ходьбе, беге):

Важно также помнить, что работа над координацией движений и балансом развивает у ребёнка не только моторную ловкость, но и улучшает работу головного мозга (например, способность анализировать информацию).

В целом задачами лечебной гимнастики являются:

- обучение пациента, формирование правильных двигательных стереотипов при выполнении ЛФК;
- уменьшение болевого синдрома;
- сохранение мышечной силы, стабильности сустава;
- повышение мотивации при выполнении ЛФК, реальное исполнение предписанной программы реабилитации;
- мониторинг физической активности пациента;
- контроль нагрузки в течение дня и при выполнении упражнений.

Опорно-двигательный аппарат является сложной многокомпонентной механической системой, с высокой степенью свободы сочленений. Упрощенная кинематическая модель человека состоит из подвижных соединений и костных звеньев, при этом подвижное соединение представляет собой сустав, который обеспечивает произвольное пространственное движение костных звеньев. В целом такая система может генерировать множество траекторий, обусловленных задачей конкретного двигательного акта.

Сутью любого физического упражнения является создание нагрузки на мышцы, путем выполнения определенных движений. Движение формируется за счет четкой последовательности актов сгибания, разгибания и вращения в каждом суставе. Важно отметить, что любое упражнение является циклическим, т.е.

конечность всегда возвращается в исходную позицию, при этом у каждого упражнения есть максимальная позиция, характеризующая максимальной деформацией в суставе.

При выборе упражнений исходили из следующих критериев:

1. Упражнения должны создавать дозированную нагрузку на мышцы.
2. Упражнения будут выполняться в основном лежа на спине или животе, в редких случаях сидя или стоя.
3. Упражнение не должно содержать сложных движений.
4. Для контроля выполнения датчик может легко закрепляться на конечности.
5. Упражнения должны обеспечивать, в том числе, статичный режим выполнения, например дыхательные упражнения.

Итак, упражнение – набор периодически повторяемых движений, выполняемых пользователями в рамках ЛФК. Количество повторов одного движения устанавливается согласно тестам на боль, которые проходит пользователь в мобильном приложении. Упражнение пока выбирается только со стороны мобильного приложения.

Комплекс упражнений – набор упражнений, сгруппированных с целью максимально эффективного лечебного воздействия. Комплекс назначается на определенный период времени, то есть создается календарный план выполнения упражнений, которые пациент должен выполнять.

## Комплекс упражнений приложения «Здоровая спина» для неосложненных травм позвоночника

1. Название: **Потягушки**. Описание выполнения: лежим на спине, носки тянем на себя, руки согнуты, руки на полу вдоль тела – делаем вдох. Поднимаем руки за голову – выдох. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

2. Название: **Стремительные гантельки**. Описание выполнения: лежим на спине, носки тянем на себя, руки согнуты в локтях, в руках гантели – делаем вдох. Поднимаем обе гантели к потолку – выдох. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

3. Название: **Ловкие гантельки слева**. Описание выполнения: лежим на спине, руки лежат вдоль тела, в руках гантели. Сгибаем-разгибаем левую руку в локте к плечу. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 10 раз.

4. Название: **Ловкие гантельки справа**. Описание выполнения: лежим на спине, руки лежат вдоль тела, в руках гантели. Сгибаем-разгибаем правую руку в локте к плечу. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 10 раз.

5. Название: **Смелые ручки слева**. Описание выполнения: лежим на спине, руки вытянуты вверх за голову, поясница, плечи и лопатки прижаты к полу, в руках гантели. Одновременно поднимаем от пола левую руку и правую ногу и удерживаем 5 счетов. Точка размещения смартфона или трекера движения: на щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

6. Название: **Прямые ручки справа**. Описание выполнения: лежим на спине, руки вытянуты вверх за голову,

поясница, плечи и лопатки прижаты к полу, в руках гантели. Одновременно поднимаем от пола правую руку и левую ногу и удерживаем 5 счетов. Точка размещения смартфона или трекера движения: на щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

7. Название: **Скользящая стопа слева.** Описание выполнения: лежим на спине, опираемся на локти, в руках гантели. Сгибаем левое колено, скользя стопой по полу до ягодиц. Точка размещения смартфона или трекера движения: на щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 10 раз.

8. Название: **Скользящая стопа справа.** Описание выполнения: лежим на спине, опираемся на локти, в руках гантели. Сгибаем правое колено, скользя стопой по полу до ягодиц. Точка размещения смартфона или трекера движения: на щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 10 раз.

9. Название: **Легкий животик.** Описание выполнения: лежим на спине, руки согнуты в локтях, поясница прижата к полу, в руках гантели. Опора на локти, ноги выпрямлены. Приподнимаем таз и удерживаем 10 счетов, напрягая ягодицы. Точка размещения смартфона или трекера движения: на животе. Рекомендуемое число повторов – 1 раз.

10. Название: **Высокие ножки слева.** Описание выполнения: лежим на спине, руки согнуты в локтях, поясница прижата к полу, в руках гантели. Поднимаем прямую левую ногу. Точка размещения смартфона или трекера движения: на щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 10 раз.

11. Название: **Высокие ножки справа.** Описание выполнения: лежим на спине, руки согнуты в локтях, поясница прижата к полу, в руках гантели. Поднимаем прямую правую ногу. Точка размещения смартфона или трекера движения: на щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 10 раз.

12. Название: **Упрямое колено слева.** Описание выполнения: лежим на спине, руки вверх, поясница прижата, в руках гантели. Согнуть ноги в коленях и положить кисть правой руки на левое колено, давить коленом на ладонь, а ладонью давить на колено. Точка размещения смартфона или трекера движения: на левой щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

13. Название: **Упрямое колено справа.** Описание выполнения: лежим на спине, руки вверх, поясница прижата, в руках гантели. Согнуть ноги в коленях и положить кисть левой руки на правое колено, давить коленом на ладонь, а ладонью давить на колено. Точка размещения смартфона или трекера движения: на правой щиколотке. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

14. Название: **Мини мостик.** Описание выполнения: лежим на спине, руки согнуты в локтях, поясница прижата к полу, в руках гантели. Ноги согнуты в коленях на 90°. Приподнимаем таз, затем опускаем таз и руки. Точка размещения смартфона или трекера движения: на животе или на запястье. Рекомендуемое число повторов – 8 раз.

15. Название: **Супергерой.** Описание выполнения: лежим на животе, руки вытянуты вверх за голову. Лбом упираемся в полотенце. Чуть потянуться руками и ногами в противоположные стороны, затем медленно расслабиться – опустить руки и ноги. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 8 раз.

16. Название: **Гибкие лопатки.** Описание выполнения: лежим на животе, руки вдоль тела. Лбом упираемся в полотенце. Сводим лопатки и удерживаем до 6 счетов. Подбородок к груди. Носки ставим на упор. Точка размещения смартфона или трекера движения: на предплечье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

17. Название: **Уголок слева.** Описание выполнения: лежим на животе, руки вытянуты вперед. Отводим левую руку в сторону

вдоль пола и удерживаем ее на весу до 5 счетов, не поднимая головы. Точка размещения смартфона или трекера движения: на левом запястье. Рекомендуемое число повторов – 5 раз.

18. Название: **Уголок справа**. Описание выполнения: лежим на животе, руки вытянуты вперед. Отводим правую руку в сторону вдоль пола и удерживаем ее на весу до 5 счетов, не поднимая головы. Точка размещения смартфона или трекера движения: на правом запястье. Рекомендуемое число повторов – 5 раз.

19. Название: **Свободные плечи**. Описание выполнения: стоим на коленях, руки вдоль тела. Медленно вращаем плечи назад. Точка размещения смартфона или трекера движения: на предплечье. Рекомендуемое число повторов – 10 раз.



## Комплекс упражнений приложения «Здоровая спина» для здоровой осанки

1. Название: **Легкие взмахи (Дыхательное упражнение)**.  
Описание выполнения: лежим на спине, руки вдоль туловища, поясница прижата. На вдохе руки поднимаем вверх, на выдохе – руки опускаем вниз. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 4 раза.

2. Название: **Гравитация**. Описание выполнения: лежим на спине, стопы вместе, носочки на себя, колени прямые, живот втянут, поясница прижата к полу, лопатки чуть сведены, ягодицы напряжены, подбородок к груди. Ладонями и пятками давим в пол, удерживаем напряжения мышц, во время отдыха вытягиваем руки вверх к потолку. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

3. Название: **Бодрые кулачки**. Описание выполнения: лежим на спине, руки в упоре на локти, ноги согнуты в коленях. Выполняем и удерживаем прогиб груди, лопатки сводим вместе. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 8 раз.

4. Название: **Грудной мостик**. Описание выполнения: лежим на спине, руки в упоре на локти, ноги согнуты в коленях. Выполняем и удерживаем прогиб груди, лопатки сводим вместе. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 8 раз.

5. Название: **Воздушный животик (дыхательное упражнение)**. Описание выполнения: лежим на спине. Вдох через нос, медленный выдох через рот. Для контроля выполнения упражнения - одна рука лежит на груди, вторая на животе, на вдохе - живот надувается, на выдохе - сдувается. Точка размещения

смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 4 раза.

6. Название: **Стойкое бедро (слева)**. Описание выполнения: лежим на спине, руки вдоль тела, правая нога лежит на кирпичике для йоги, вторая нога согнута в колене. Напрягаем ягодицы, поднимаем таз, поясница прямая, вытягиваем и удерживаем руки вверх и соединяем ладони. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 5 раз.

7. Название: **Стойкое бедро (справа)**. Описание выполнения: лежим на спине, руки вдоль тела, левая нога лежит на кирпичике для йоги, вторая нога согнута в колене. Напрягаем ягодицы, поднимаем таз, поясница прямая, вытягиваем и удерживаем руки вверх и соединяем ладони. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 5 раз.

8. Название: **Разводной мостик**. Описание выполнения: лежим на спине, руки вдоль тела, колени согнуты, пятки ближе к ягодицам. Поднимаем таз и напрягаем в ягодицах, вытягиваем руки вверх и соединяем ладони, разводим и сводим колени, не сдвигая стопы. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 8 раз.

9. Название: **Упругие лопатки**. Описание выполнения: лежим на животе, руки лежат на полу, согнуты в локтях на 90°, лоб упирается в полотенце. Сводим лопатки, удерживаем прогиб. Следим, чтобы голова не запрокидывалась назад. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

10. Название: **Сильная спина**. Описание выполнения: лежим на животе, руки вперед, в руках гантели. Прогибаемся в подъеме, отрываем руки от пола, сгибаем руки в локтях,

выпрямляем руки, опускаем руки. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

11. Название: **Уверенный пловец**. Описание выполнения: лежим на животе, руки вперед. Прогибаемся в подъеме, поднимаем прямые руки от пола, делаем руками круговое движение, вытягиваем руки, опускаем руки. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

12. Название: **Спокойное дыхание (Дыхательное упражнение)**. Описание выполнения: лежим на животе, руки на полу, согнуты локтях на 90°. Медленный вдох через нос, руки под лоб, медленный выдох - через рот, руки в исходное положение. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 8 раз.

13. Название: **Упрямый жучек**. Описание выполнения: лежим на спине, руки за головой, ноги согнуты в коленях и тазе на 90°. Поясница прижата к полу. Давим и удерживаем ладонками в коленях, поясница прижата к полу. Руки за голову – вдох, руки давят в колени – выдох. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 8 раз.

14. Название: **Лыжник (слева)**. Описание выполнения: стоим на четвереньках. Одновременно поднимаем левую руку и правую ногу. Держим горизонтальную линию руки и ног. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

15. Название: **Лыжник (справа)**. Описание выполнения: стоим на четвереньках. Одновременно поднимаем правую руку и левую ногу. Держим горизонтальную линию руки и ног. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 6 раз.

16. Название: **Гибкие плечи**. Описание выполнения: встать, выпрямить спину, опустить плечи, поясницу не прогибаем, в руках гантели. Поднимать и опускать плечи, руки остаются выпрямленными. Точка размещения смартфона или трекера движения: на запястье. Рекомендуемое число повторов – 20 раз.

## **Алгоритм действий врача лечебной физкультуры при проведении цифровой физической реабилитации**

### **Шаг 1. Первичная консультация участников и их отбор для очного обучения.**

Группой специалистов (врач травматолог ортопед, врач невролог, врач ЛФК) проводится первичная консультация родителей и детей, включающая в себя сбор анамнестических данных жизни и заболевания ребенка, жалоб, визуальную диагностику опорно-двигательного аппарата, оценку функционального состояния мышц, суставов и позвоночника.

*Анализировался реабилитационный потенциал*, при этом цифровая реабилитация была рекомендована детям в возрасте от 7 до 17 лет с различными типами нарушения осанки (сколиотическая, кругло-вогнутая, плоская, плоско-вогнутая, сутулость) и дети, получившие неосложненный компрессионный перелом грудных и/или поясничных позвонков (тип перелома A1N0 по классификации AОspine) не позднее 6 месяцев от момента травмы. Детям с визуальными признаками структурального сколиоза и/или кифоза, разницей в длине ног более 1 см и выраженным перекосом таза было рекомендовано дополнительное обследование по месту прикрепления и в последующем лечение в отделении санаторно-курортного лечения НИИ НДХиТ.

*Визуальная диагностика* включала наружный осмотр тела спереди, сзади, сбоку и в положении переднего наклона туловища (исключая пациентов с неосложненным компрессионным переломом позвонков).

При осмотре спереди оценивались следующие показатели – симметрия положения головы и уровня надплечий, форма и симметрия грудной клетки, треугольники талии, положение таза,

форма нижних конечностей, положение стоп (передний, средний отделы)

При осмотре сбоку оценивали положение головы (протракция), выраженность физиологических изгибов, положение (наклон) таза.

При осмотре сзади - симметрию положения головы, уровня надплечий, углов лопаток, симметрию треугольников талии, положение (отклонение в сторону) оси позвоночника, положение таза, симметричность ягодичных складок, форму нижних конечностей, положение заднего отдела стоп. При осмотре в положении переднего наклона туловища, стоя и сидя, определяли наличие реберно-мышечного выбухания (тест Адамса). В положении лежа на спине, проводили измерение длины нижних конечностей. Также проводилась визуальная оценка ходьбы (хромота, грубые компенсации)

**Шаг 2. Оценка функционального состояния мышц, суставов и позвоночника включала:**

- функциональное тестирование мышц (ягодичные, ромбовидные, косые мышцы живота) по В. Янда с оценкой по пятибалльной шкале, где 5 баллов соответствуют нормальной сильной мышце, которая при совершаемом движении способна превосходить значительное внешнее сопротивление, 4 балла – сильная мышца, способная превосходить незначительное внешнее сопротивление и т.д.)

- пальпацию и перкуссию остистых отростков позвонков и паравертебральных мышц на всем протяжении позвоночника (при наличии боли оценка ее проводилась по шкале ВАШ)
- определение подвижности суставов (наличие гипермобильности)

- тест Тренделенбурга (слабость абдукторов бедра) - при стоянии на одной ноге, оценивается положение таза на контралатеральной стороне
- Jack тест (увеличение продольного свода при натяжении подошвенного апоневроза (при пассивном сгибании большого пальца стопы)), тест подъема на носки стоп (изменение оси пяточной кости с вальгусной на варусную)
- оценку подвижности (гибкость) позвоночника – стоя на платформе (h 20см), ребенок выполняет наклон вперед, не сгибая коленей. Результат (см) оценивается по положению средних пальцев рук относительно платформы. За норму принимается состояние, при котором ребенок достает до опоры (до пальцев ног, 0 см)
- силовую выносливость мышц спины (сек.). Тест проводится лежа на животе; оценивается время удержания разогнутого на 30 градусов туловища до появления первых признаков утомления (норма для детей среднего школьного возраста 90 - 120 сек)
- силовую выносливость мышц брюшного пресса (статическая проба). Лежа на спине, ребенок удерживает поднятые на 45 градусов прямые ноги до появления первых признаков утомления (норма 60 - 120 сек).

После окончания исследования родители получали заключение осмотра врача в печатном виде с указанием функционального статуса ребенка, диагноза и кратких рекомендаций по дальнейшему лечению и наблюдению ребенка.

Основной критерий – дети должны самостоятельно выполнять упражнения. Далее детей разделяли на группы: дети после компрессионного перелома спины и дети с нарушениями осанки.

### **Шаг 3. Очное обучение цифровой физической реабилитации**

С полученными рекомендациями и заключениями дети с родителями посещают лекцию врача ЛФК по теме: «Особенности ЛФК и правильности выполнения упражнений». Во время проведения лекции выделялись основные моменты:

После проведенной лекции врач ЛФК очно обучал участников инновационному подходу по цифровой физической реабилитации. Данное обучение проходило поэтапно.

Итак, *на первом этапе* врач ЛФК обучал участников правильному выполнению упражнений, демонстрировал выполнение и пояснял особенности каждого упражнения. Участники получали домашнее задание: необходимо было выучить список упражнений и регулярно выполнять рекомендованные упражнения – каждый день по три раза.

*На втором этапе* врач ЛФК проверял, как участники запомнили упражнения и насколько верно они выполняют эти упражнения. Проходила корректировка выполнения упражнений.

*На третьем этапе* врач ЛФК вместе с техническим консультантом проекта обучали участников выполнять упражнения с помощью смартфона согласно инструкции пользователя. Выступления, проведения занятий ЛФК и очное обучение проводились на территории НИИ неотложной детской хирургии и травматологии в отделении реабилитации.

#### **Шаг 4. Удаленное наблюдение за процессом реабилитации**

Удаленное наблюдение за процессом реабилитации участников через приложения «Здоровая спина». Наблюдение за выполнением упражнений осуществлялось с использованием онлайн-кабинета врача, предоставленное техническим партнером проекта ООО «БИОТЕХПРОДАКТС». После начала выполнения упражнений с помощью приложения врач через личный кабинет получает возможность наблюдения за результатами.



## Мобильное приложение «Здоровая спина»

«Здоровая спина» – это бесплатное приложение с комплексом из 13 упражнений для проблемной спины и после неосложненных травм позвоночника. Приложение содержит комплекс реабилитационных упражнений, разработанный специалистами НИИ неотложной детской хирургии и травматологии (Клиника Рошала) для проведения занятий в домашних условиях.

Приложение будет полезно для родителей, дети которых проходят курсы лечебной гимнастики на заключительных этапах физической реабилитации.

Основные характеристики:

1. Восстановительные упражнения для позвоночника для самостоятельных занятий лечебной физкультурой дома. Все упражнения оптимизированы для занятий со смартфоном, выполняются последовательно для левой и правой ноги или руки.

2. Комплекс упражнений на 100 дней. Комплекс имеет средний уровень сложности, необходимые навыки выполнения упражнений формируются в первую неделю занятий.

3. Видео и голосовое сопровождение выполнения упражнений. Ребенок может заниматься упражнениями, не смотря в экран смартфона. Выполнение упражнений сопровождается синхронными видеороликами и голосовыми командами.

4. Обязательно требование к исследованию - возможность контроля выполнения упражнения с помощью датчиков движения смартфона. Если пользователь не участник исследования, то он может отключить режим контроля правильности в Настройках приложения.

Приложение подготовлено при поддержке Фонда детского доктора Рошала в рамках проекта «Цифровая физическая

реабилитация детей и подростков с проблемами опорно-двигательного аппарата».

Приложение размещено в магазине приложений Google Play и Apple Store. Функции мобильного приложения доступны без ограничений. QR код для скачивания и внешний вид иконки приложения представлены на рисунке 12:



Рисунок 12 – Иконка приложения и QR код для скачивания

Приложение можно найти через поиск в Google Play или App Store по фразе: «Здоровая спина». Внешний вид витрины мобильного приложения показан на рисунке 13.

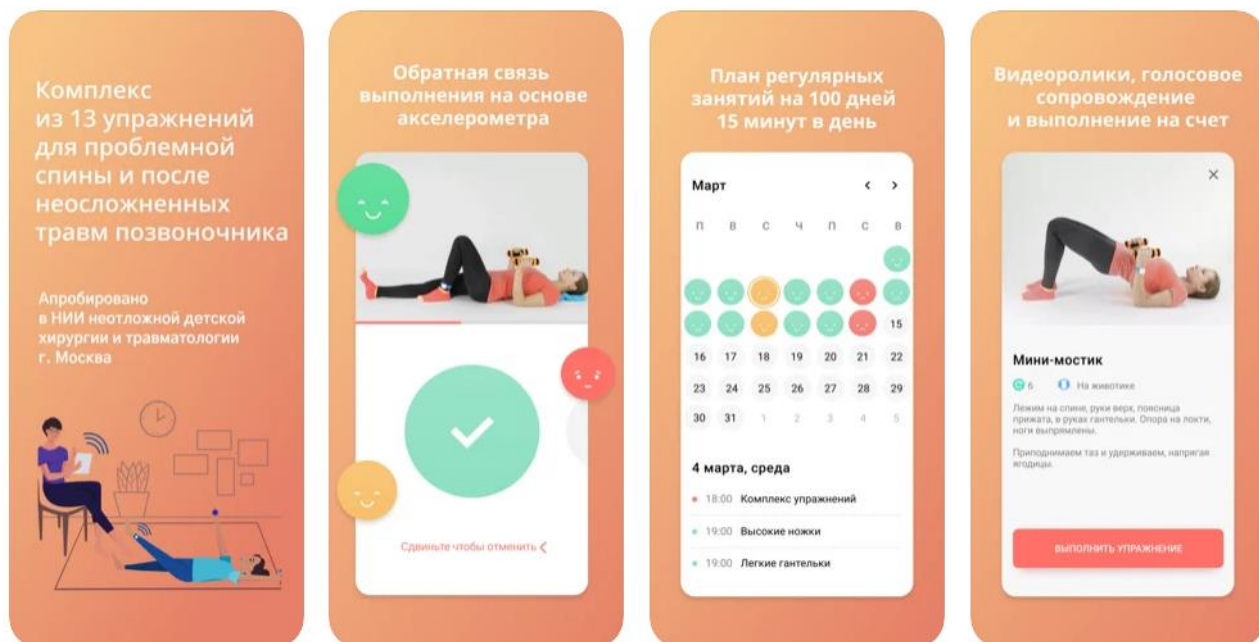


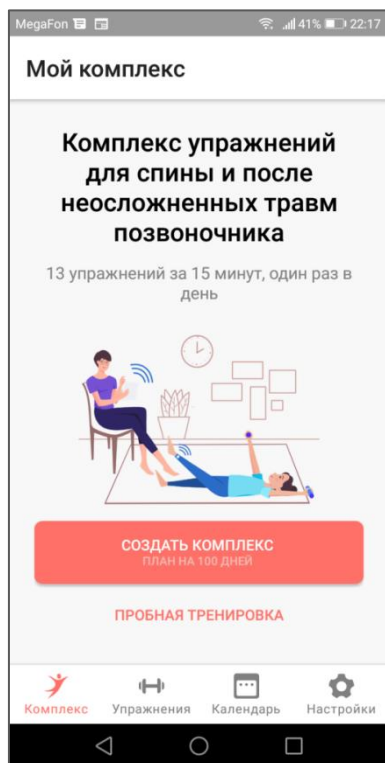
Рисунок 13 – Внешний вид витрины мобильного приложения

## Краткое описание функционала мобильного приложения «Здоровая спина»

### Первый запуск



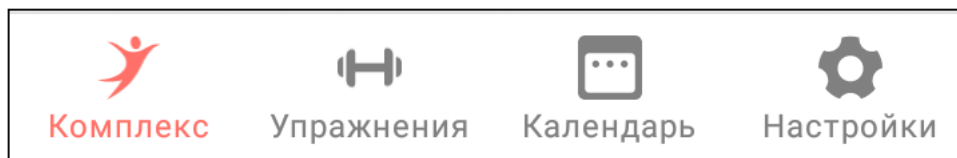
После запуска приложения появится вступительный экран с краткой информацией о приложении.



Нажмите «Далее» и появится основной экран работы с приложением.

## Нижнее меню приложения

Экран приложения состоит из двух основных фрагментов - основного экрана приложения и нижнего меню.



В нижнем меню доступны четыре функции.

1. **Комплекс** - это основной экран работы с приложением. Экран позволяет создать комплекс упражнений для регулярного выполнения. Следить за прогрессом комплекса, запускать ежедневные тренировки.

Комплекс упражнений – набор упражнений, сгруппированных с целью максимально эффективного воздействия на суставы. Комплекс назначается на определенный период времени, те создается календарный план выполнения упражнений, которые пациент должен выполнять.

2. **Упражнения.** Это список карточек доступных упражнений. Пользователь может пролистать карточки. Выбрав карточку, можно прочитать описание упражнения, посмотреть видеоролик выполнения. И попробовать выполнить упражнения в произвольном порядке.

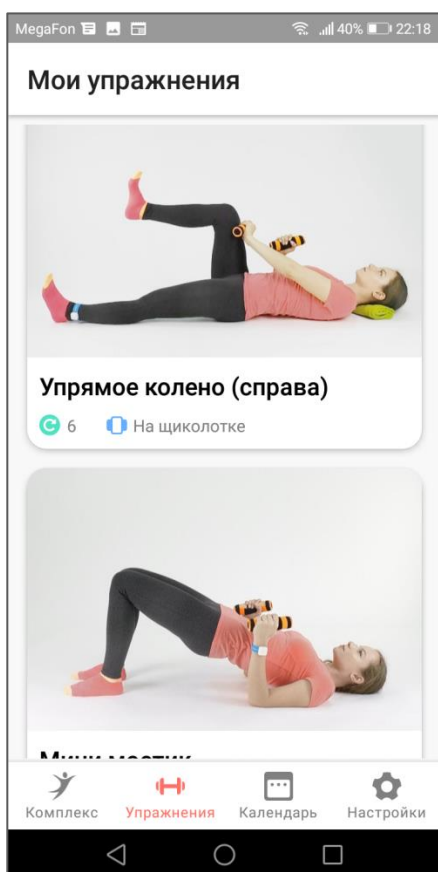
Упражнение - набор периодически повторяемых движений, выполняемых пользователями в рамках лечебной физкультуры. Количество повторов одного движения выбирается исходя из необходимой нагрузки на сустав.

3. **Календарь.** Экран предназначен для отображения истории тренировок, привязанной к датам выполнения упражнений и комплекса. После создания комплекса будет создан календарный план на 100 дней.

4. **Настройки.** Экран содержит дополнительные опции работы с приложением.

5. Более подробно работа с каждым пунктом меню будет изложена далее.

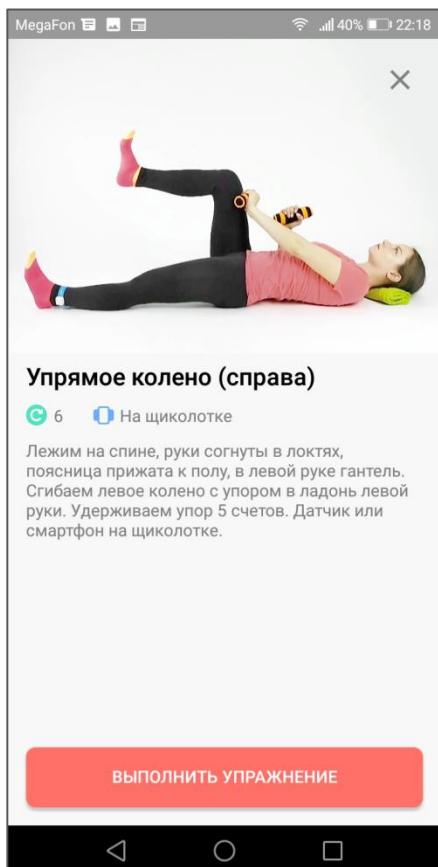
## Меню «Упражнения»



Экран «Упражнения» содержит список доступных упражнений в виде ленты карточек упражнений.

Карточка упражнения показывает:

1. Фото основного движения упражнения.
2. Название упражнения.
3. Количество рекомендуемых повторов упражнения.
4. Место закрепления смартфона или датчика, если упражнение выполняется с включенным контролем движения.



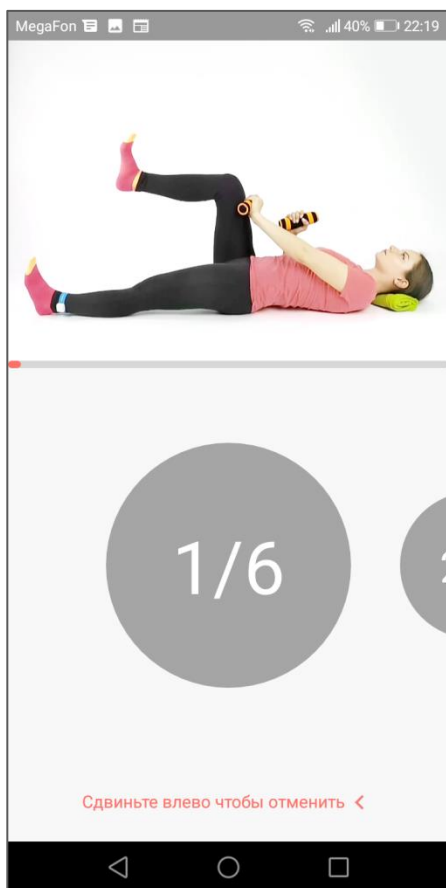
Каждая карточка упражнения может быть раскрыта. В раскрытой карточке показывается:

1. Видео выполнения упражнения.
2. Текстовое описание исходного положения и выполнения упражнения.
3. Количество рекомендуемых повторов упражнения.
4. Место закрепления смартфона или датчика.

Кнопка «Выполнить упражнение» запускает процесс выполнения.

Перед началом выполнения пользователь должны принять исходное положение и неподвижно ожидать команды на начало выполнения.

Если датчик или смартфон зафиксирует движение, то приложение сообщит об этом: «Пожалуйста, не двигайтесь».

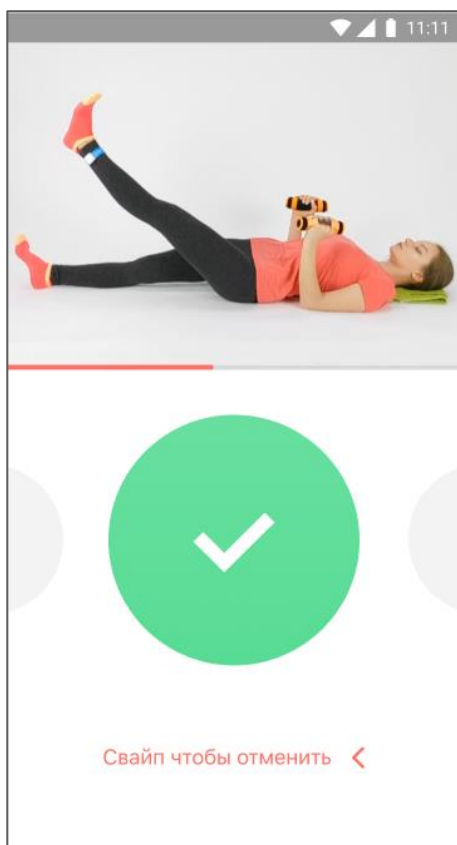


Далее по команде «Начинаем упражнение», начинается процедура выполнения повторов упражнения.

Задача – повторять движения на счет, ориентируясь на видеоролик и «бусинки» повторов упражнения.

Упражнение выполняется четко на счет.

В «бусинках» повтора показывается позиция текущего повтора и общее количество повторов.



Возможно 4 варианта визуализации результата:

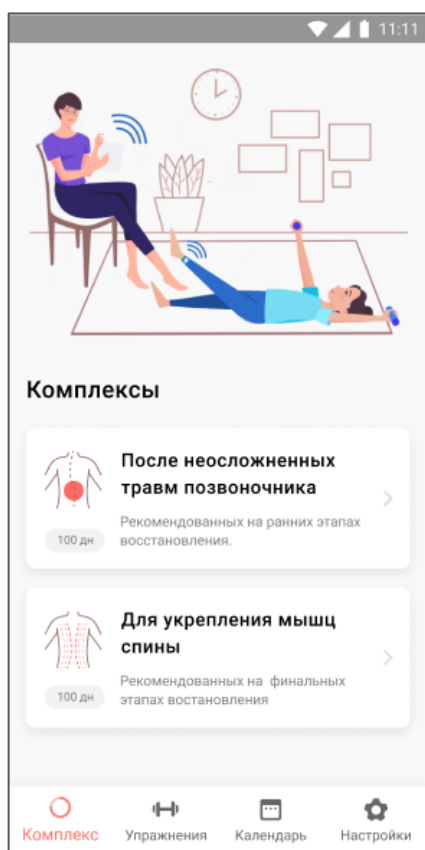
Зеленая «бусинка» с белой галочкой - Успешное выполнение повтора.

Желтая «бусинка» с белой галочкой - Выполнение повтора выполнено успешно, то есть небольшое отклонение в синхронности движений.

Красная «бусинка» со знаком вопроса - Движение фиксировалось, но было не определено как повтор упражнения.

Серая «бусинка» - упражнение не выполнялось.

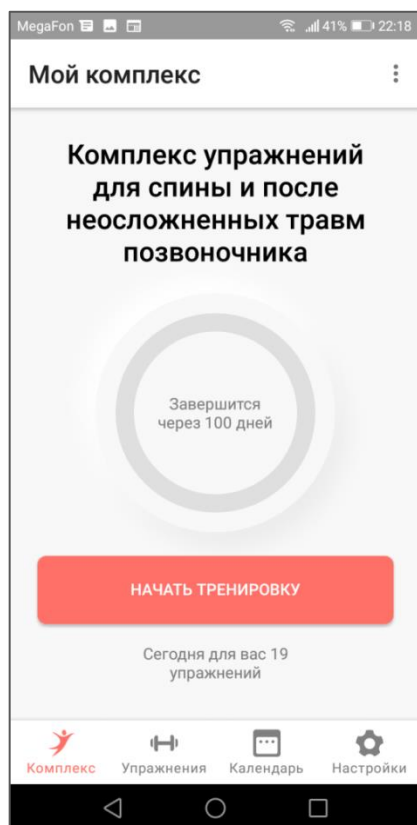
## Меню «Комплексы»



На экране комплекса можно создать план регулярных упражнений на 100 дней.

Это основной режим работы с приложением.

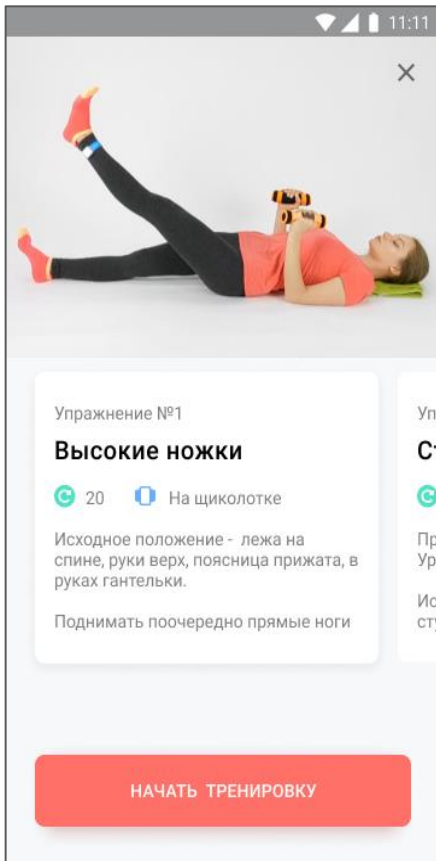
Для ознакомления с процессом выполнения серии упражнений можно запустить «Пробную тренировку».



После создания комплекса появится:

1. Круговой прогресс выполнения.
2. Кнопка «Начать тренировку».
3. Служебное меню «три точки» в верхнем правом углу.





При нажатии на кнопку «Начать тренировку».  
Откроется окно с горизонтальным списком упражнений, которые запланированы на тренировку.

Для старта нажмите на кнопку «Начать тренировку»



В процессе тренировки упражнения будут выполняться друг за другом.

Между упражнениями предусмотрена пауза для отдыха и занятия исходного положения для следующего упражнения.

## Пример введения ребенка при прохождении этапов проекта


Для участия в проекте родителям детей от 7 до 17 лет необходимо было заполнить бумажную анкету или онлайн-заявку. Родители детей – потенциальных участников проекта, – проходящих лечение в НИИ неотложной детской хирургии и травматологии (в отделении травматологии, хирургии, нейрохирургии, в отделении ЛФК, массажа, механо-, кинезо- и рефлексотерапии и в отделении санаторно-курортного лечения), узнавали о проекте от лечащего врача и при желании стать его участником, заполняли бумажную анкету. Далее анкеты оцифровывались и сохранялись в базу данных, формируя внутренний список потенциальных участников.

Родители, дети которых не проходили лечение в стационаре, заполняли онлайн-заявку на участие в проекте на сайте Фонда детского доктора Рошаля. Информация о проекте активно транслировалась в СМИ, социальных сетях и была подробно представлена на различных семинарах и конгрессах по реабилитационной медицине. Онлайн-анкеты сохранялись в Google-Таблице, формируя внешний список потенциальных участников. Пример онлайн-заявки представлен на рисунке 14.

Далее сотрудники регистратуры отделения ЛФК звонили родителям из списка потенциальных участников проекта и записывали ребенка на первичную консультацию к медицинским специалистам НИИ НДХиТ: врачу травматологу-ортопеду, врачу неврологу, врачу по лечебной физкультуре.

Первичная консультация пациента, включала в себя сбор анамнестических данных жизни и заболевания ребенка, жалоб, визуальную диагностику опорно-двигательного аппарата, оценку функционального состояния мышц, суставов и позвоночника.

«Цифровая физическая реабилитация  
детей и подростков с проблемами  
опорно-двигательного аппарата»



Проект Фонда детского доктора Рошалья  
на средства гранта «Москва – добрый город»

---

### Заявка на участие

Уважаемые Москвичи!

Фонд детского доктора Рошалья – победитель конкурса грантов для НКО «Москва – добрый город» приглашает родителей детей в возрасте от 7 до 17 лет с нарушением осанки и травм позвоночника принять участие в проекте «Цифровая физическая реабилитация».

Дети – участники проекта в рамках курса реабилитации смогут выполнять специальный комплекс реабилитационных упражнений, разработанный специалистами НИИ неотложной детской хирургии и травматологии (Клиника Рошалья) в домашних условиях, при помощи мобильного приложения с использованием обратной связи, под постоянным присмотром врачей. Предполагаются как очные осмотры и консультации, так и дистанционный контроль выполнения упражнений.

Участие бесплатное! Медицинская помощь и техническая поддержка будет осуществляться за счет Фонда детского доктора Рошалья.

Адрес электронной почты \*

.....  
Действительный адрес эл. почты

Эта форма собирает адреса электронной почты респондентов. [Изменить настройки](#)

Рисунок 14 – Онлайн-заявка на участие в проекте

Визуальную диагностику составил наружный осмотр тела спереди, сзади, сбоку и в положении переднего наклона туловища (исключая пациентов с неосложненным компрессионным переломом позвонков).

При осмотре спереди оценивались следующие показатели – симметрия положения головы и уровня надплечий, форма и симметрия грудной клетки, треугольники талии, положение таза, форма нижних конечностей, положение стоп (передний, средний отделы)

При осмотре сбоку оценивали положение головы (протракция), выраженность физиологических изгибов, положение (наклон) таза.

При осмотре сзади – симметрию положения головы, уровня надплечий, угол лопаток, симметрию треугольников талии, положение (отклонение в сторону) оси позвоночника, положение

таза, симметричность ягодичных складок, форму нижних конечностей, положение заднего отдела стоп.

При осмотре в положении переднего наклона туловища стоя и сидя определяли наличие реберно-мышечного выбухания (тест Адамса).

В положении лежа на спине проводили измерение длины нижних конечностей.

Проводилась визуальная оценка ходьбы (хромота, грубые компенсации)

Оценка функционального состояния мышц, суставов и позвоночника включала:

- функциональное тестирование мышц (ягодичные, ромбовидные, косые мышцы живота) по В. Янда с оценкой по пятибалльной шкале, где 5 баллов соответствуют нормальной сильной мышце, которая при совершаемом движении способна превосходить значительное внешнее сопротивление, 4 балла – сильная мышца, способная превосходить незначительное внешнее сопротивление и т.д.);

- пальпацию и перкуссию остистых отростков позвонков и паравертебральных мышц на всем протяжении позвоночника (при наличии боли оценка ее проводилась по шкале ВАШ);

- определение подвижности суставов (наличие гипермобильности);

- тест Тренделенбурга (слабость абдукторов бедра) - при стоянии на одной ноге, оценивается положение таза на контралатеральной стороне;

- Jack тест (увеличение продольного свода при натяжении подошвенного апоневроза (при пассивном сгибании большого пальца стопы)), тест подъема на носки стоп (изменение оси пяточной кости с вальгусной на варусную);

- оценку подвижности (гибкость) позвоночника – стоя на платформе (h 20см), ребенок выполняет наклон вперед, не сгибая коленей. Результат (см) оценивается по положению средних пальцев рук относительно платформы. За норму принимается состояние, при котором ребенок достает до опоры (до пальцев ног, 0 см);


- силовую выносливость мышц спины (сек.). Тест проводится лежа на животе; оценивается время удержания разогнутого на 30 градусов туловища до появления первых признаков утомления (норма для детей среднего школьного возраста 90 -120 сек);

- силовую выносливость мышц брюшного пресса (статическая проба). Лежа на спине, ребенок удерживает поднятые на 45 градусов прямые ноги до появления первых признаков утомления (норма 60 - 120 сек).

После окончания исследования родители получали заключение осмотра врача в печатном виде с указанием функционального статуса ребенка, диагноза и кратких рекомендаций по дальнейшему лечению и наблюдению ребенка.

Пример заключения осмотра участника проекта представлен на рисунке 15.

Именно на этом этапе происходил отбор детей для дальнейшего исследования. Основной критерий – отсутствие стойкой структурной деформации позвоночника (требующей проведения индивидуальной корригирующей гимнастики), возможность самостоятельного выполнения упражнений, рекомендованных врачом. К сожалению, именно на этом этапе проекта более 38% потенциальных участников не смогли продолжить участие в исследовании в виду выраженности структурных изменений.


 Государственное бюджетное учреждение здравоохранения г. Москвы  
 Научно-Исследовательский Институт Неотложной Детской Хирургии и  
 Травматологии  
 ОТДЕЛЕНИЕ РЕАБИЛИТАЦИИ  
 т. 8(495) 959 -57-46

**Осмотр врача ЛФК**

№ карты: \_\_\_\_\_ (ОМС)

**Родители, ФИО:** Мать: \_\_\_\_\_  
**Пациент, ФИО:** \_\_\_\_\_  
**Дата рождения:** \_\_\_\_\_ **Возраст:** 10 лет  
**Вес пациента:** 26 кг **Пол:** женский  
**Диагноз основного заболевания:** Неосложненный компрессионный перелом тел Th2, Th3, Th4, Th5 позвонков. Кифотическая осанка (сутулость). Вальгусная мобильная деформация стоп.  
**Уровень повреждения:** грудной отдел позвоночника  
**Количество повреждений:** 4  
**Жалобы:** на нарушение осанки, деформацию стоп  
**Анамнез:** травма уличная 05.09.19 - девочка упала на спину с высоты своего роста. Стационарное лечение в НИИ НДХиТ с 05.09.19 по 15.09.19. Восстановительное лечение (14 дней) в санаторном отделении НИИ НДХиТ. Ранее наблюдалась ортопедом по месту прикрепления (нарушение осанки, вальгусные стопы)  
**Аллергия:** пищевая - все молочные продукты; бытовая - шерсть ( реакция отек Квинке, кожная сыпь, поллиноз)  
**Ограничения по медицинским показаниям:** нет  
**ОСМОТР**  
**Голова:** в среднем положении, движения в ШОП в полном объеме, безболезненные  
**Грудная клетка:** не деформирована, обычной формы  
**Осанка:** нарушена - сутулая спина, отмечается крыловидность лопаток, усилен грудной кифоз, не фиксирован.  
**Ось позвоночника:** ровная, Тест Адамса сидя и стоя отрицательный, фронтальный баланс сохранен  
**Таз:** симметричный, ягодичные складки симметричные. Тест Тренделенбурга отриц. с обеих сторон  
**Нижние конечности:** правильной формы, одинаковой длины  
**Своды стопы:** сформированы удовлетворительно, мобильная вальгусная деформация заднего отдела обеих стоп  
**Движения в суставах:** гипермобильные (переразгибание локтевых суставов, 1го ПФС )  
**Нарушение походки:** нет, ходьба свободная без средств дополнительной опоры  
**Пальпация остистых отростков позвонков и паравертебральных мышц** безболезненная на всем протяжении  
**Мышечный тонус:** физиологичен  
**Силовая выносливость мышц:** спина 102 сек/ живот 40 сек  
**Гибкость позвоночника:** +2см  
**Шкала боли:** 0  
**Оценка мышечной силы:** 4 балла (ягодичные мышцы, косые мышцы живота)

**Рекомендации:**  
 ЛФК по Древинг ежедневно 2 раза в день  
 Физioterпевтическое лечение 3-4 раза в год  
 Массаж спины 3 раза в год  
 Плавание  
 Наблюдение ортопеда по месту жительства.  
 Контроль осанки в быту

Рисунок 15 – Пример заключения осмотра врача

По итогам первого этапа дети были записаны в группу «неосложненный компрессионный перелом позвоночника» или «нарушение осанки».

На втором этапе исследования ребенок с родителями посещал лекции у врача по лечебной физкультуре по теме: «Особенности лечебной гимнастики и техники выполнения физических упражнений», лекции у врача-реабилитолога по теме: «Важность регулярной реабилитации». После проведения лекций были сформированы практические группы, в которых специалисты реабилитации демонстрировали родителям и детям правильное выполнение лечебных физических упражнений после

неосложненного компрессионного перелома позвоночника или при нарушениях осанки, объясняли особенности выполнения каждого упражнения.

Далее каждый ребенок получал домашнее задание и должен был освоить порядок выполнения упражнений, уметь в последующем выполнять их без листовки, заниматься рекомендованными упражнениями ежедневно. При этом родители проводили визуальный контроль и отслеживали адекватность (правильность) выполнения упражнений. Согласно заключению осмотра врача (рисунок 15) ребенку необходимо выполнять рекомендованный комплекс упражнений один – два раза в день. В течение недели ребенок под присмотром родителей выполнял домашнее задание.

На третьем этапе исследования специалистами регистратуры отделения ЛФК дети записывались на повторную консультацию к врачу травматологу-ортопеду (или врачу неврологу) и врачу по лечебной физкультуре, которые ранее проводили первичный осмотр ребенка. Во время второй консультации врачи также проводили сбор жалоб и оценку функционального состояния мышц, суставов и позвоночника (оценивалась силовая выносливость мышц спины и живота, гибкость позвоночника), фиксировался уровень болевого синдрома.

После второго осмотра лечащим врачом ребенок демонстрировал специалисту по лечебной физкультуре выполнение комплекса физических упражнений. При этом специалист проверял, насколько хорошо ребенок запомнил упражнения и насколько правильно их выполнение. Если ребенок показывал хороший результат, то он переводился на четвертый этап исследования – дистанционное сопровождение выполнения комплекса физических упражнений (дистанционная реабилитация).

В случае если ребенок выполнял упражнения с ошибками, то врач корректировал движения, поясняя родителям, в чем эта ошибка состоит и на что необходимо обратить внимание при самостоятельном выполнении комплекса. В таком случае, в течение 5-7 дней, ребенок, под присмотром родителей, снова выполнял рекомендованные упражнения с учетом замечаний врача ЛФК. И только после этого родители с ребенком вновь посещали врача ЛФК для демонстрации выполнения упражнений. Если ребенок показывал неудовлетворительный результат, то у родителей уточнялись следующие моменты:

- проводили Вы визуальный контроль занятий?
- как часто Вы занимались?
- при выполнении, какого упражнения, появлялись затруднения, например, болевой синдром?

В том случае, когда врач ЛФК во время ответов замечал отсутствие мотивации или времени у родителей и у ребенка, то на консультацию вызывали технического консультанта, который пояснял родителям ключевые моменты проекта и рассказывал про цифровую реабилитацию. При этом врач ЛФК напоминал о последствиях несоблюдения двигательного режима, отказа от регулярности физических упражнений. И уже после этого родители с детьми переходили на следующий этап проекта. Однако технический консультант отмечал таких родителей в списке участников и более внимательно отслеживал их участие в проекте.

На четвертом этапе исследования медицинский специалист вместе с техническим консультантом проекта обучали ребенка и родителей выполнять упражнения с помощью смартфона. Сначала в присутствии медицинского и технического специалистов демонстрировалось правильное крепление смартфона, затем участника подключали к проекту. Для этого родители устанавливали мобильное приложение «Здоровая спина» на



собственном телефоне. Данное приложение доступно как для операционной системе Android, так и для iOS.

Родители и ребенок познакомились с основными особенностями мобильного приложения, проверяли настройки, смотрели видеоролики упражнений, навык выполнения которых, сформировался у ребенка во время первых этапов исследования.

Важная функция проекта – контроль выполнения упражнения с помощью датчиков движения смартфона или отдельного устройства «Нефитнес». Для осуществления контроля датчиками смартфона необходимо его закрепить с помощью специального чехла или других подручных средств на щиколотке или на запястье или на другой рекомендованной точке тела ребенка. Место крепления датчика движения показано в мобильном приложении на видеороликах, а также отмечено в описании упражнений. Все упражнения оптимизированы для занятий со смартфоном, выполняются последовательно для левой и правой конечности.

Далее врач воспроизводил в мобильном приложении видеоролик упражнения «Высокие ножки» для тестирования. Каждое упражнение имеет текстовое описание, в данном случае: лежим на спине, руки согнуты в локтях, поясница прижата к полу, в руках гантели. Основное действие: поднимаем прямую ногу. Затем врач просил ребенка принять исходное положение для выполнения упражнения. В это время технический консультант показывал родителям, как необходимо закрепить смартфон на контролируемой точке – в данном случае на щиколотке ребенка.

Для демонстрации выполнения упражнения со смартфоном технический консультант нажимал в мобильном приложении кнопку «Начать упражнение». Таким образом, запускается процесс тренировки, который имеет вербальное сопровождение. Поскольку смартфон был зафиксирован на щиколотке, а ребенок принял исходное положение и лежал неподвижно, то появилась голосовая

команда о старте выполнения: «Начинаем упражнение». Слушая голосовые команды, участник проекта выполнял каждую итерацию упражнения «Высокие ножки».

Главная задача тренировки – повторять движения на счет по голосовым командам и слушать звуковое оповещение каждого повтора. Необходимость крепления смартфона на конечности ребенка заключается в том, что внутренние датчики смартфона по уникальному алгоритму считывают качество выполнения каждого выполненного упражнения.

По результатам упражнения в приложении появлялась оценка о правильности выполнения упражнений в виде смайликов. Таким образом, датчик смартфона отслеживает параметры выполнения упражнений, а мобильное приложение, при условии подключения к проекту, отправляет результат лечащему врачу в онлайн-кабинет.

Чтобы обеспечить дистанционное сопровождение участника, технический консультант подключал смартфон родителей или ребенка к исследованию через настройки мобильного приложения. Для этого необходимо было указать электронную почту, на которую техническая команда проекта отправляла код подключения. Пример электронного письма с кодом представлен на рисунке 16:

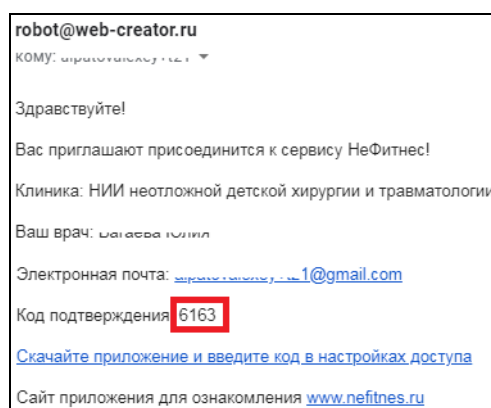


Рисунок 16 – Пример электронного письма с кодом для подключения к проекту

Если логин (электронная почта) и код подтверждения корректны, то приложение перейдет к следующему шагу: родители указывали данные ребенка для его идентификации в проекте и вводили пароль. Если все данные введены правильно, появлялось окно «Регистрация пройдена!». Таким образом, родители подключались к дистанционному сопровождению двигательной реабилитации детей – к цифровой реабилитации.

На пятом этапе исследования в течение трех месяцев ребенок самостоятельно или под визуальным контролем родителей занимался комплексом восстановительных упражнений с использованием смартфона. Благодаря тому, что ребенок проходил обучение у врача ЛФК и хорошо выучил последовательность упражнений, выполнение лечебного комплекса под голосовые команды, не смотря на экран смартфона, стало крайне легким. Напомним, что комплекс состоит из девятнадцати упражнений, которые ребенок выполняет последовательно друг за другом.

В онлайн-кабинете лечащий врач видел общую оценку качества выполнения всего комплекса, амплитуду движения, количество повторений, а также каждого упражнения в отдельности. Пример результатов выполнения упражнений в онлайн-кабинете показан на рисунке 17:



Рисунок 17 – Результаты выполнения упражнений

У врача появилась возможность дистанционно контролировать и анализировать тренировочный реабилитационный процесс, составлять новые комплексы восстановительных упражнений с учетом индивидуальных особенностей ребенка.

Если медицинские и технические специалисты видели, что ребенок часто пропускает занятия или выполняет упражнения некорректно, технический консультант связывался с родителями, чтобы уточнить причину ошибок. Если проблема была не в техническом сопровождении, то консультант просил специалистов регистратуры отделения ЛФК записать ребенка на прием к лечащему врачу.

По завершении трех месяцев домашнего выполнения лечебных упражнений ребенка совместно с родителями записывали на консультацию к лечащему врачу. Третья консультация включала в себя также сбор жалоб, визуальную диагностику опорно-двигательного аппарата и оценку функционального состояния

мышц, суставов и позвоночника. Во время осмотра ребенка медицинские специалисты отметили:

- достоверный прирост силовой выносливости мышц спины и мышц пресса,
- улучшение баланса, равновесия и координации движений,
- увеличение общей двигательной активности ребенка,
- положительные изменения профиля осанки,
- купирование болевого синдрома,
- адаптацию опорно-двигательного аппарата (позвоночника) к бытовым нагрузкам,
- улучшение эмоционального состояния ребенка.

После окончания консультации все родители получили заключение результатов осмотра врачей в печатном виде с указанием функционального статуса ребенка, краткими рекомендациями о дальнейшем лечении, корректировкой комплекса упражнений (по необходимости), промежуточным результатом лечения.

Далее ребенок продолжает ежедневно заниматься со смартфоном. Через год после травмы его снова пригласят на консультацию с контрольным МРТ-исследованием для расчета степени восстановления травмированных позвонков и оценки эффективности проведенной реабилитации. Также будет анализироваться качество жизни пациента, оцениваться функциональное состояние опорно-двигательного аппарата.

Несмотря на тяжесть заболевания и на строгие ограничения двигательного режима, ежедневные занятия физическими упражнениями с использованием смартфона помогли достоверно улучшить тонус и баланс мышц туловища и конечностей, что в последующем облегчило адаптацию ребенка к урокам по физической культуре и даже к занятиям в спортивных секциях. Благодаря дистанционному контролю у родителей и у ребенка

повышалась ответственность за регулярность и качество занятий. Они более внимательно соблюдали рекомендации по упражнениям, зная, что находятся под опекой со стороны лечащего врача. В результате ребенок не терял физическую форму и быстрее возвращался к «нормальной жизни без корсета».

Одно из главных преимуществ проекта заключается в его доступности и портативности. Родители и дети не привязаны к месту, времени и к какой-либо онлайн-площадке. Для выполнения упражнений нужен лишь смартфон и подручные средства для его крепления.

Другим важным преимуществом является легкость в использовании. Ребенок может самостоятельно разобраться в мобильном приложении и организовать индивидуальные занятия без визуального контроля родителей.

Как отметили сами участники проекта, повысилась мотивация на ежедневные занятия не только у ребенка, но и у самих родителей, что способствовало укреплению семейных взаимоотношений. Иногда с детьми занимались бабушки и дедушки, что также объединяло и благоприятно влияло на здоровье всей семьи. Ежедневные занятия со смартфоном повышали интерес и у младших детей в семье, которые быстро присоединялись к совместным тренировкам. В результате повысилось общение, и улучшились отношения между детьми. Дети видели собственный прогресс при выполнении упражнений в виде текстовых комментариев и смайликов, что повышало самоорганизацию, а родители обращали внимание на интерес детей к физическим нагрузкам и их старания. В результате повысилась приверженность к регулярным занятиям.

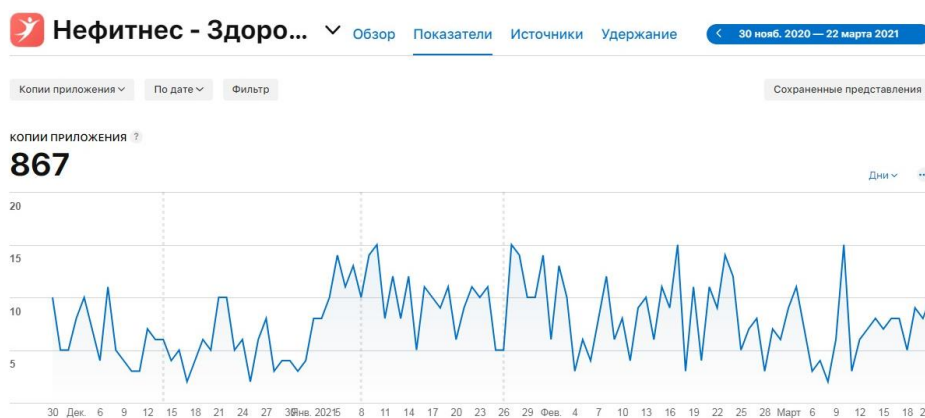
Данный проект дал возможность создать условия для самостоятельной реабилитации детей и подростков с использованием личных смартфонов с технологией оцифровки

упражнений и контроля восстановительных упражнений. Повысил доступность реабилитационных технологий для семей Москвы, столкнувшихся с такими проблемами.

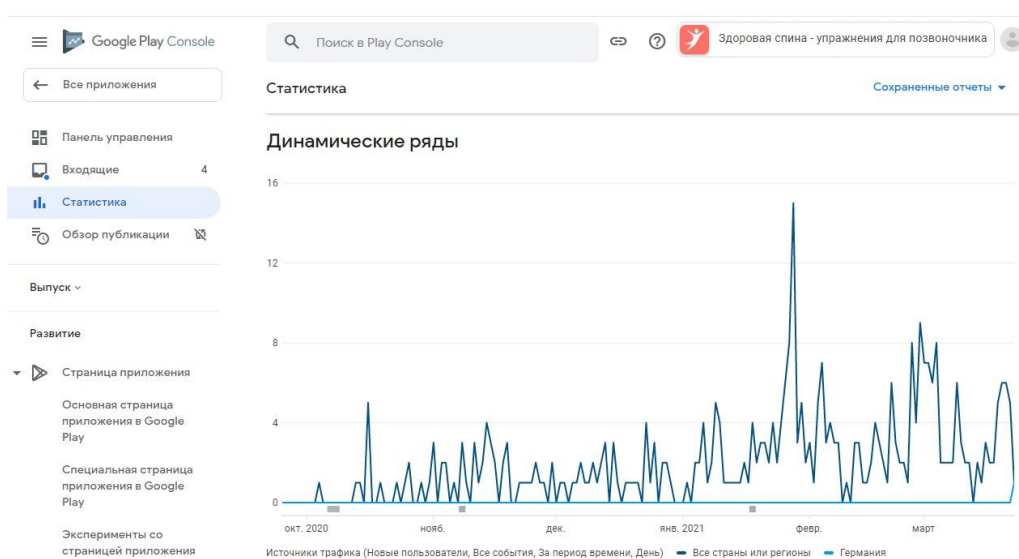
Поскольку во время стационарного лечения родители не находятся рядом с ребенком, то они не знают, как и какие именно упражнения нужно выполнять дома. Благодаря обучению родители стали обладать специальными знаниями по технике выполнения восстановительных упражнений. При помощи мобильного приложения, они знали, какие упражнения необходимо выполнять, и могли оценить, насколько правильно (адекватно) их ребёнок выполняет рекомендованные упражнения. В результате проект позволил быстро вовлечь родителей в тему дистанционной реабилитации.

Возможно, повышение заинтересованности со стороны родителей связано с неблагоприятной эпидемиологической обстановкой распространения новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV). В результате такой обстановки, время наблюдения пациентов с неосложненным компрессионным переломом позвонков в стационаре значительно уменьшалось, что могло неблагоприятно повлиять на реабилитационный потенциал ребенка. По этой причине после выписки ребенка родители должны точно выполнять все рекомендации по выполнению лечебной гимнастики для достижения положительной динамики течения заболевания. На наш взгляд, именно дистанционная реабилитация во время 2019-nCoV позволила таким пациентам сохранить и даже улучшить реабилитационный потенциал.

Несмотря на то, что в исследовании в рамках данного проекта участвовало только двести пятьдесят детей, спрос на проект растет, что отображено на графиках (рисунок 18). Пользователи скачивают и самое главное – используют мобильное приложение «Здоровая спина».



а)



б)

Рисунок 18 – Динамика скачивания мобильного приложения

а) на ОС iOS;

б) на ОС Android

Такой спрос подтверждает заинтересованность людей, что дает возможность развивать проект. В дальнейшем проект будет расширять нозологическую базу для проведения двигательной реабилитации всего опорно-двигательного аппарата.

Команда проекта уверена, что в будущем он может быть тиражирован на территорию всей Российской Федерации с удаленной поддержкой ведущих специалистов России в области детской травматологии и реабилитации.



## Итоги проекта

В настоящее время использование телекоммуникационных технологий в медицине широко представлено в мире. В России Федеральным Законом «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» от 29 июля 2017 г. определена возможность использования телемедицинских технологий только после очного осмотра, а также очного либо заочного подписания информированного согласия пациента на проведение диагностических и лечебных мероприятий. Также необходимы соблюдение врачебной тайны и защита персональных данных пациента.

Широкое внедрение технологий мобильных приложений с обратной связью через профильные медицинские учреждения может повысить приверженность пациентов к физической реабилитации. Для этого необходима система оценки эффективности приложения. Ими могут являться показатели возможности самого использования приложения, удовлетворённости пациентов, показатели экономической эффективности.

Имеющаяся возможность оценки по пятибалльной шкале в рамках самого приложения может быть детализирована и представлена отдельным конгруэнтным опросником, что позволит глубже понять работу с приложением и внести изменения при необходимости. Эволюция комплексной оценки приложения должна пройти путь от пилотного испытания до рандомизированного исследования. Отдельной категорией пациентов, перспективных с точки зрения использования цифровой медицины являются пациенты с установленным диагнозом и

готовящиеся к оперативному лечению. Использование телемедицинских технологий в комплексной подготовке пациентов на дооперационном этапе позволяет снизить вероятность осложнений, а также облегчает послеоперационное восстановление. По итогам работы можно выделить следующие тезисы:

- Разработка и предоставление бесплатного доступа к технологиям мобильной реабилитации в виде мобильного приложения является последовательным шагом в развитии цифровой медицины.
- Необходимо адаптация законодательной базы и цифрового сектора медицины для облегчения взаимодействия пациента и доктора.
- Требуются дополнительные исследования в отношении мобильного приложения для изучения компетентности к удалённой реабилитации и оценки его эффективности.

Привычный ритм взаимодействия со смартфоном формирует у пациентов устойчивый сценарий ежедневных или недельных тренировок, повышает приверженность к физическим упражнениям.

Достижения пользователя, пропуски упражнений и прочая информация периодически поступают врачу реабилитологу, при этом реализуется удаленный контроль над действиями пользователя по проведению лечебной гимнастики.

После прохождения месячного цикла тренировок пациенту назначается повторный очный прием для обсуждения результатов реабилитации и коррекции программы упражнений в случае необходимости.