

ДЕЙНЕКО ВАДИМ ВЛАДИСЛАВОВИЧ

Моделирование прогноза физической реабилитации
у детей с детским церебральным параличом

14.03.11 – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная
физкультура, курортология и физиотерапия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург» на кафедре спортивной медицины и технологий здоровья.

Научный руководитель:

Крысюк Олег Богданович – доктор медицинских наук, доцент, Общество с ограниченной ответственностью «Ареал-Мед», медицинский директор.

Официальные оппоненты:

Налобина Анна Николаевна – доктор биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», Министерство спорта Российской Федерации, кафедра теории и методики адаптивной физической культуры, заведующая кафедрой.

Дидур Михаил Дмитриевич – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт экспериментальной медицины», Федеральное агентство научных организаций, заместитель директора по общим вопросам.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации.

Защита диссертации состоится 22 ноября 2017 года в 14 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 311.002.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК) по адресу: 105005, Москва, Елизаветинский пер., дом 10, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <http://www.vniifk.ru> Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК).

Автореферат разослан

«xx» xxxxxxxx 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат медицинских наук, доцент

Сафонов Леонид Вячеславович

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы исследования. Детский церебральный паралич (ДЦП) – это многофакторное заболевание, поражающее центральную нервную систему (ЦНС) ребенка внутриутробно, во время родов или в младенческом возрасте (Айкарди Ж., 2013, Бадалян Л.О., 2009, Roach E.S., 2002). Болезнь проявляется как нарушениями функции опорно-двигательного аппарата, так и судорожным синдромом, нарушениями психического, интеллектуального развития, а также задержкой речи. В 25% – 30% случаев ДЦП у больных детей нарушения развития оказываются настолько серьезными, что это приводит к их тяжелой инвалидизации (Дутикова Е.М., 2006, Евкушева Е.В., 2013, Сатары В.В., 2010, Pasula A.T., 2009).

В России данное заболевание широко распространено во всех регионах. По данным последних лет заболеваемость ДЦП составляет 8 на 1000 детей, при этом на 100 детей-инвалидов приходится 12 с диагнозом ДЦП. Непрерывный рост количества детей с данной патологией, как в мире, так и в нашей стране, а также значительные социальные последствия нарушения развития и содержания детей с ДЦП определяют чрезвычайную актуальность данного заболевания для современного общества (Куренков А.Л., 2012).

Один из самых важных аспектов ДЦП связан с лечением и реабилитацией детей-инвалидов. Лечение данного заболевания долгое время было малоперспективным. Из-за труднодоступности или отсутствия лечения, квалифицированных специалистов, профильных медицинских центров детей с ДЦП часто направляли в социальные учреждения (Кенис В.М., 2004).

Успехи современных медицинских технологий позволили значительно расширить возможности и улучшить качество восстановительного лечения при многих социально значимых заболеваниях. Это связано с идеей о том, что комплексное, последовательное, систематичное лечение может не только улучшить состояние пациента, но и существенно восстановить утраченные функции (Крысюк О.Б., 2009, 2010).

В комплексное лечение детей с ДЦП в настоящее время входит как медикаментозная терапия, так и хирургическое лечение, а также реабилитация физическими методами и средствами. В физической реабилитации (ФР) ДЦП наиболее успешно применяют лечебную физическую культуру (ЛФК), физиотерапию, гидрокинезиотерапию, лечебный массаж, трудотерапию (Бабушкина О.Ф., 2011, Бушенева С.Н., 2007, Быков А.Т., 2008, Быковская Е.Ю., 2004; Дутикова Е.М., 2000, Малюкова И.Б., 2011, Маслова О.И., 2011; Налобина А.Н., 2013). При этом ряд авторов отмечает невысокую продуктивность фармакологических препаратов и хирургических методов, что требует поиска вариативных и комплексных методов лечения ДЦП (Bittar R.S., 2011). В современных условиях актуальным становится также поиск новых методов реабилитации, основанных на применении высокотехнологичных роботизированных аппаратов и устройств, воздействующих на ЦНС больного ребенка (Бегидова Т.П., 2004, Декопов А.В., 2012; Huang V.S., 2009).

В России на сегодняшний день чаще всего используют стандартные методы реабилитации, которые не всегда способны комплексно воздействовать на ребенка. Однако, в мире уже появился опыт применения высокотехнологичных аппаратов, таких как «Lokomat-Pro», «Armeo», «Brain-port», позволяющих обеспечить комплексное воздействие на больного ДЦП (Долгих В.В., 2014. Икоева Г.А., 2013, Badke M.B., 2015; Borggraefe I., 2009, Danilov Y.P., 2015, Palazzolo J.J., 2007). При этом принципы назначения ФР с использованием современной робототехники и физиотерапии в настоящее время только обсуждаются реабилитологами, то есть, они еще не разработаны, что составляет актуальный аспект проблемы реабилитации детей с ДЦП.

В этой связи перспективным является персонализированный (персонифицированный) подход, используемый в последние годы в клинике внутренних болезней и в физиотерапии. Сущность данного подхода состоит в создании математических моделей прогноза эффектов лечения или реабилитации. Данный подход основан на том, что методы и средства лечения и реабилитации назначают, руководствуясь не показаниями и противопоказаниями, а моделями

прогноза лечебных эффектов. Сами модели создают на основе исследования и математического анализа детерминант лечения или реабилитации – факторов, в наибольшей степени влияющих на лечебные эффекты у определенной категории больных (Крысюк О.Б., 2006).

Таким образом, социальная значимость ДЦП, обусловленная ростом заболеваемости и инвалидизации в России и в мире, возможности применения высокотехнологичных методов и средств реабилитации, при отсутствии принципов применения современной робототехники и физиотерапии, делают проблему персонифицированной ФР детей с ДЦП чрезвычайно актуальной как для современного общества, так и для современной восстановительной медицины.

Цель исследования: научное обоснование персонифицированного (индивидуализированного) подхода в применении традиционных и высокотехнологичных методов ФР детей с ДЦП на основе моделирования прогноза эффектов ФР.

Объект исследования: средства ФР детей с ДЦП.

Предмет исследования: программы традиционной и высокотехнологичной ФР детей с ДЦП.

Контингент исследования: дети с детским церебральным параличом (форма заболевания – спастическая диплегия).

Задачи исследования:

1) Оценить лечебные эффекты традиционной программы реабилитации детей с ДЦП и программы с использованием высокотехнологичных средств реабилитации.

2) Провести сравнительную оценку лечебных эффектов в группах пациентов с традиционной и высокотехнологичной программами физической реабилитации.

3) Разработать математические модели прогноза эффектов физической реабилитации детей с ДЦП с применением традиционных и высокотехнологичных методов.

Гипотеза: разработка математических моделей прогноза ФР детей с ДЦП позволит индивидуализировать реабилитационный процесс и научно обосновывать назначение традиционных и высокотехнологичных программ ФР.

Научная новизна исследования.

В работе впервые дано научное обоснование применения комплекса методов лечебной и адаптивной физкультуры в совокупности с физиотерапевтическими методами в лечении детей с церебральным параличом, в том числе высокотехнологичных роботизированных систем в совокупности с электростимуляцией головного мозга. Научно обосновано назначение традиционных и высокотехнологичных программ реабилитации детей с ДЦП на основе математических моделей прогноза эффектов реабилитации.

Теоретическая значимость исследования заключается в научном обосновании лечебных эффектов традиционной и высокотехнологичной программ реабилитации, а также в математическом моделировании прогноза реабилитационного потенциала ребенка, страдающего ДЦП.

Практическая значимость.

Разработан индивидуализированный подход к назначению традиционных и высокотехнологичных программ восстановительного лечения детей с ДЦП на основе математической модели прогноза ФР. Данный подход позволяет научно обоснованно принимать решение в пользу традиционной или высокотехнологичной программы ФР. При этом решение базируется на математическом прогнозе реабилитационного эффекта, обладающем высокой достоверностью и валидностью.

Методология исследования заключается в выборе, на основе анализа литературных источников, методов тестирования детей с ДЦП, анализе результатов тестирования для оценки лечебных эффектов программ ФР, проведении математической обработки данных и математического анализа для построения на его основе математической модели прогноза реабилитационного потенциала. **Методы исследования:** изучение и анализ литературных

источников по изучаемой проблеме, тестирование функционального состояния детей с ДЦП, методы математической статистики.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Традиционная программа реабилитации детей с ДЦП (ЛФК, физиотерапия, гидрокинезиотерапия, лечебный массаж) и программа с применением высокотехнологичных реабилитационных средств («Локомат», «Армео», «Брейн-порт») обладают достоверно значимыми эффектами, проявляющимися в улучшении равновесия и ходьбы, снижении спастичности верхних и нижних конечностей. Достигнутые реабилитационные эффекты сохраняются в течение полугода при продолжении реабилитации в амбулаторных условиях в вариантах индивидуальных занятий ЛФК, занятий иппотерапией, Скандинавской ходьбой.

2. Программа реабилитации с применением высокотехнологичных средств, в сравнении с традиционной программой реабилитации детей с ДЦП, имеет достоверные преимущества в реабилитационных эффектах, способствующих повышению двигательной активности ребенка, оцениваемым по шкале Берга (равновесие), шкалам Ашворта для верхних и нижних конечностей (спастичность), шкале GMFCS (моторные функции) и по классификационной шкале передвижения.

3. Математическая модель прогноза эффекта реабилитации у детей с ДЦП с использованием традиционной программы (достоверность $p \leq 0,05$, валидность 89,6%) в качестве детерминант содержит показатели шкалы спастичности Ашворта для нижних конечностей и шкалы GMFCS, а математическая модель прогноза эффекта реабилитации у детей с ДЦП с применением высокотехнологичных средств (достоверность $p \leq 0,05$, валидность 84,6%) в качестве детерминант включает в себя показатели шкалы равновесия Берга и моторной шкалы GMFCS. Обследование ребенка по указанным шкалам позволяет определить значения детерминант реабилитационных эффектов для созданных моделей прогноза реабилитации.

4. Научно обоснованное решение в пользу традиционной или высокотехнологичной программы реабилитации детей с ДЦП должно быть принято путем сравнения значений разработанных математических моделей прогноза реабилитации.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Личное участие автора заключается в участии в разработке плана исследования, а также в организации исследования. Автор самостоятельно создавал базу данных по результатам разработанного протокола исследования. Автор лично проводил тестирование детей по обоснованно отобранному им функциональным шкалам, а также занятия ЛФК, в том числе Скандинавской ходьбой. Автор самостоятельно обрабатывал и обобщал полученный фактологический материал с использованием современных методов математической статистики, таких как корреляционный анализ, множественная регрессия и др.

Апробация и внедрение результатов исследования.

Материалы диссертации и основные положения исследования, результаты и выводы доложены на следующих международных и других научных форумах:

- VII Международном Научном Конгрессе «Спорт, Человек, Здоровье» (Санкт-Петербург, 2015);
- XX Международном научном Конгрессе «Олимпийский спорт и спорт для всех» (Санкт-Петербург, 2016);
- X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения» (Санкт-Петербург, 2015);
- Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы теории и методики адаптивной физической культуры» (Санкт-Петербург, 2016);
- Региональной межвузовской конференции молодых ученых «Человек в мире спорта» (Санкт-Петербург, 2016).

Результаты работы внедрены в СПб ГБУЗ «Городская больница №40».

Основные материалы исследований диссертации опубликованы в виде 9 печатных работ, 5 из которых – статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства Образования и Науки РФ.

Структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, практических рекомендаций и указателя литературы. Работа изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 35 таблиц, 7 рисунков, 6 приложений. Литература включает 88 отечественных и 76 зарубежных источников.

Основное содержание работы

Организация исследования

При проведении диссертационной работы обследовано 126 пациентов с ДЦП. Спастическая диплегия как разновидность ДЦП диагностирована у 100% больных. Обследование и лечение больных проводили в отделении детской медицинской реабилитации городской больницы № 40 Санкт-Петербурга. Методом случайной выборки пациенты были разделены на 2 группы. Пациенты 1-й группы (40 человек) получали ФР по традиционной для данного медицинского учреждения программе – традиционную реабилитацию (ТР), включавшую ЛФК, физиотерапию, гидрокинезиотерапию, лечебный массаж. Пациенты 2-й группы (86 человек) получали ФР с использованием высокотехнологичных методов, впервые примененных у детей с ДЦП в России – высокотехнологичную реабилитацию (ВТР), включавшую ЛФК, физиотерапию, гидрокинезиотерапию, лечебный массаж, а также роботизированную механотерапию на аппаратах «Lokomat-Pro», «Armeo» и транслингвальную электростимуляцию головного мозга (ТЭСГМ) на аппарате «Brain-port».

Результаты обследования детей с ДЦП заносили в специально разработанный протокол.

Методология и методы исследования

Оценку функционального состояния детей проводили до и после ФР по четырем международным шкалам, позволяющим оценить уровень физического состояния, в частности, способность к передвижению, координацию и равновесие,

а также ограничения подвижности в суставах (Зимин А.А., 2006, Топоркова Н.А., 2012, Sorsdahl A.B., 2010). Так, для определения способности к самостоятельному передвижению были использованы шкала GMFCS и шкала самостоятельного передвижения. Для оценки состояния вестибулярного аппарата детей была использована шкала равновесия Берга. Для определения спастичности конечностей использовали шкалу Ашворта для нижних и верхних конечностей.

Статистическая обработка данных, полученных в результате исследования, проведена на персональном компьютере с помощью программы математической статистики STATGRAFICS PLUS (Катранов А.Г., Самсонова А.В., 2005).

Методы математической статистики применяли в три этапа в следующей последовательности. Первый этап:

1. Вычисляли средние арифметические величины X для каждой выборки в отдельности.
2. Вычисляли стандартные отклонения.
3. Вычисляли ошибки средних арифметических величин.
4. Вычисляли t -критерий Стьюдента для связанных выборок.
5. Вычисляли t -критерий Стьюдента для независимых выборок.

На втором этапе применяли корреляционный анализ по двум оценкам коэффициента корреляции: Брава-Пирсона и Спирмена (Бегидова Т.П., 2004).

Третий этап статистической обработки данных включал множественный регрессионный анализ. Данный вид математической статистики используют в современной медицине для прогнозирования развития заболеваний у разных возрастных групп (Маслаускене Т.П., 2009).

Разработка математической модели прогноза ТР и ВТР проведена по методологии, созданной Крысюком О.Б. и соавторами (Крысюк О.Б., Пономаренко Г.Н., Обрезан А.Г., 2006). Она представлена в виде алгоритма, в котором выделены четыре этапа. На первом этапе определяют цель и задачи, разрабатывают протокол исследования, определяют критерии лечебных эффектов. На втором этапе методом случайной выборки формируют группы наблюдения и сравнения, проверяют отсутствие достоверных различий в группах

по возрасту, полу и характеру патологии, проводят исследование согласно протоколу, формируя базу данных. На третьем этапе проводят математическую обработку данных, в т.ч. корреляционный анализ для определения детерминант критерия заданного эффекта. На четвертом этапе анализ завершают построением моделей прогноза реабилитационного (лечебного) эффекта, используя дискриминантный или регрессионный анализ.

Собственные результаты исследований и их обсуждение

Спаستическая диплегия как разновидность ДЦП диагностирована у 126 больных, получавших ФР на базе СПб ГБУЗ «Городская больница № 40». Средний возраст детей с ДЦП был $7,0 \pm 1,3$ лет, продолжительность заболевания составляла от 3 лет до 14 лет, средняя продолжительность заболевания – $7,0 \pm 1,3$ лет.

Наиболее распространенными жалобами были: невозможность самостоятельного передвижения – 97 чел. (77%), трудности в самообслуживании – 121 чел. (96%), проблемы с речью – 34 чел. (26%).

В процессе физикального обследования детей с ДЦП наиболее часто выявляли спастичность конечностей: значительную спастичность нижних конечностей – 103 чел. (82%), умеренную спастичность нижних конечностей – 23 чел. (18%), значительную спастичность верхних конечностей – 92 чел. (72%), умеренную спастичность верхних конечностей – 24 чел. (20%), незначительную спастичность верхних конечностей – 10 чел. (8%).

В таблице 1 представлены программы ФР детей с ДЦП: с применением высокотехнологичных средств (группа ВТР), без них (группа ТР).

Таблица 1 - Программы комплексной реабилитации детей с ДЦП

Вид занятия	Продолжительность (мин)		Количество процедур	
	Группа ВТР	Группа ТР	Группа ВТР	Группа ТР
ЛФК	30	30	20	20
Физиотерапия	10	10	10	10
Массаж	20	20	10	10
Гидрокинезиотерапия	30	30	5	5

Thera-vital	20	20	10	10
Thera-Balance	20	20	10	10
Локомат	20	-	10	-
Армео	20	-	10	-
ТЭСГМ	20	-	10	-

Как следует из таблицы 1, в методиках стационарного лечения детей с ДЦП по продолжительности и времени процедур различий нет. Существенная разница состоит в том, что в группе, получавшей ВТР, были использованы такие приборы робототехники как «Локомат» и «Армео», а также устройство «Брейн-порт» для проведения ТЭСГМ. В свою очередь у детей, получавших ТР, было больше времени на отдых и восстановление между лечебными процедурами.

Для оценки лечебных эффектов ТР и ВТР сравнивали показатели физического состояния детей с ДЦП.

Результат изменения суммы баллов по шкале равновесия Берга после лечения в группе ТР свидетельствует о статистически достоверном улучшении суммарного показателя шкалы равновесия Берга после ФР. Среднее значение суммы баллов шкалы Берга после ТР увеличилось на 2,5 баллов (до лечения $18,6 \pm 3,1$ после лечения $22,1 \pm 3,3$; $p < 0,05$), что свидетельствует об улучшении координации и баланса после реабилитации. ВТР также показала статистически достоверное улучшение по шкале равновесия Берга. Изменение среднего показателя суммы баллов после лечения составило 7,4 балла (до лечения $21,4 \pm 2,1$, после лечения $28,8 \pm 2,1$; $p < 0,05$), что является значительным улучшением равновесия и координации движений.

Исходные показатели по шкале равновесия Берга в указанных группах статистически не различались (ТР $18,6 \pm 3,1$, ВТР $21,4 \pm 2,1$; $p \geq 0,05$). Это позволяет сравнить средние суммарные показатели шкалы равновесия Берга у групп пациентов после ФР. Реабилитационные эффекты по улучшению равновесия и координации у детей группы ВТР, где применяли высокотехнологичные средства реабилитации, были достоверно более выраженными, чем у детей группы ТР, получавших традиционный курс реабилитации (ТР после лечения $22,1 \pm 3,3$, ВТР

после лечения $28,8 \pm 2,1$; $p < 0,05$). Особенно улучшилась способность к статическому удержанию туловища в положении сидя и стоя.

Результат изменения среднего значения суммы баллов по шкале спастичности Ашворта для нижних конечностей после лечения в группе ТР достоверно уменьшился, что отражает значимый лечебный эффект ТР (до лечения $3,5 \pm 0,2$, после лечения $3,1 \pm 0,1$; $p < 0,001$). Однако, среднее значение показателя до и после ФР оставалось в пределах 3 – 4 балла, что соответствует умеренной спастичности нижних конечностей. Количество баллов в группе ВТР также достоверно уменьшилось, что отражает значимый эффект ФР (до лечения $3,5 \pm 0,1$, после лечения $2,8 \pm 0,1$; $p < 0,001$). Стоит заметить, что среднее количество баллов до реабилитации соответствовало умеренной спастичности нижних конечностей (3–4 балла), а после реабилитации оно соответствовало незначительной спастичности (2–3 балла), что позволяет трактовать данный лечебный эффект как более благоприятный по прогнозу в группе ВТР по сравнению с группой ТР.

Сравнение лечебных эффектов у пациентов групп ТР и ВТР было возможным, так как исходные показатели по шкале Ашворта для нижних конечностей в указанных группах статистически достоверно не различались (группа ТР до лечения $3,5 \pm 0,2$, группа ВТР до лечения $3,5 \pm 0,1$; $p \geq 0,05$). В группе ВТР лечебный эффект, характеризующийся уменьшением спастичности нижних конечностей, был достоверно значимее, чем реабилитация по традиционным методикам (группа ТР после лечения $3,1 \pm 0,1$, группа ВТР после лечения $2,8 \pm 0,1$; $p < 0,05$). Полученные результаты совпадают с данными исследований о влиянии таких устройств как Brain-port и Lokomat на функциональное состояние нижних конечностей у больных с инсультом. Снижение спастичности нижних конечностей в результате применения указанных устройств исследователи связывают с воздействием данных устройств на центры головного мозга, отвечающие за регуляцию тонуса нижних конечностей (Barros C.G., 2010, Borggraefe I., 2009).

Результаты в группе ТР по шкале спастичности Ашворта для верхних конечностей в динамике не показали достоверного различия (до лечения $3,2 \pm 0,6$,

после лечения $3,0 \pm 0,1$; $p \geq 0,05$). Следовательно, ФР по программе ТР не обеспечивает значимого уменьшения спастичности верхних конечностей у детей с ДЦП. Результаты в группе ВТР по шкале спастичности Ашворта для верхних конечностей в динамике выявили достоверное различие (до лечения $2,9 \pm 0,1$, после лечения $2,6 \pm 0,1$; $p < 0,01$). Исходные данные в группах статистически не различались (ТР до лечения $3,2 \pm 0,6$, ВТР до лечения $2,9 \pm 0,1$; $p \geq 0,05$). Результаты реабилитации в группе ВТР были достоверно лучше, чем в группе ТР (ТР после лечения $3,0 \pm 0,1$, ВТР после лечения $2,6 \pm 0,1$; $p < 0,05$). Таким образом, применение высокотехнологичных методов при реабилитации детей с ДЦП позволяет достоверно уменьшить спастичность верхних конечностей, в то время как ФР с применением традиционных методик не обладает достоверным лечебным эффектом. Полученный результат в группе ВТР, очевидно, связан с применением таких устройств как «Армео» и «Локомат». Так, с помощью программ заданий с биологической обратной связью, на роботизированном аппарате «Армео» удалось снизить тонус мышц верхних конечностей, где он был повышен. Это согласуется с исследованием Palazzolo J.J., 2007. Занятия с «Brain-port», стимулируя активные зоны мозга, отвечающие за движения рук, помогают активизировать мелкую моторику и тем самым уменьшить спастичность.

Важным лечебным эффектом ФР больных ДЦП является динамика их моторных навыков, для оценки которых была использована шкала GMFCS. В группе ТР отмечено статистически достоверное улучшение данного показателя (до лечения $2,5 \pm 0,2$, после лечения $2,2 \pm 0,2$; $p < 0,05$), при этом среднее количество баллов до и после ФР соответствует передвижению с использованием ручных приспособлений (от 2 до 3 баллов). Таким образом, несмотря на статистически достоверное изменение показателей, качественного улучшения моторных функций в группе ТР не произошло. Динамика шкалы GMFCS в группе ВТР также отразила достоверное улучшение (до лечения $2,3 \pm 0,1$, после лечения $1,9 \pm 0,1$; $p < 0,001$). Однако, у детей группы ВТР улучшение показателя по моторной шкале GMFCS сопровождалось и улучшением прогноза (от 1 до 2 баллов), что соответствует самостоятельному передвижению с ограничениями.

Исходные показатели по данной шкале в группах больных ДЦП достоверно не отличались (ТР до лечения $2,5 \pm 0,2$, ВТР до лечения $2,3 \pm 0,1$; $p \geq 0,05$). После лечения результаты реабилитации в группе ВТР были статистически достоверно лучше, чем в группе ТР (ТР после лечения $2,2 \pm 0,2$, ВТР после лечения $1,9 \pm 0,1$; $p < 0,05$). При этом показатель моторной шкалы GMFCS в группе детей, получавших ВТР, стал соответствовать передвижению с использованием ручных приспособлений (1,9), а в группе детей, получавших ТР, он продолжал соответствовать передвижению с помощью моторизированных средств (2,2). Таким образом, ВТР обеспечивает более благоприятный прогноз по шкале GMFCS у детей с ДЦП, чем ТР. Полученный эффект ФР, очевидно, связан с применением комплекса высокотехнологичных средств нейрореабилитации, обеспечивающих стимуляцию двигательных центров головного мозга и способствующих более интенсивному развитию компенсаторных механизмов (Danilov Y.P., 2014, Bittar, R.S., 2011, Colombo G., 2000).

Сравнение показателей классификационной шкалы передвижения до и после лечения в группе ТР свидетельствуют о статистически достоверном улучшении показателей данной шкалы при проведении ТР (до лечения $2,4 \pm 0,1$, после лечения $2,0 \pm 0,1$; $p < 0,01$). Динамика классификационной шкалы передвижения в группе ВТР также отразила достоверное улучшение (до лечения $2,2 \pm 0,3$, после лечения $1,4 \pm 0,1$; $p < 0,001$). Исходные показатели двух групп статистически достоверно не различались (ТР до лечения $2,4 \pm 0,1$, ВТР до лечения $2,2 \pm 0,3$; $p \geq 0,05$). Результаты ФР в группе ВТР были достоверно лучше, чем в группе ТР (ТР после лечения $2,0 \pm 0,1$, ВТР после лечения $1,4 \pm 0,1$; $p < 0,05$). Стоит заметить, что показатели классификационной шкалы группы ВТР стали соответствовать самостоятельному передвижению по ровной поверхности (1,4), а показатели группы ТР остались в диапазоне, соответствующему ходьбе под наблюдением (2,0).

Исходя из собственных наблюдений, дети, проходящие курс высокотехнологичного лечения, более уверенно преодолевали значительные

расстояния, самостоятельно поднимались после падений, преодолевали препятствия. Данный реабилитационный эффект, очевидно, связан с более глубоким воздействием современных высокотехнологичных аппаратов на двигательные центры головного мозга, скелетную мускулатуру и проприорецепторы.

Сравнив результаты стационарного этапа лечения больных ДЦП по всем шкалам, можно сделать заключение, что как традиционная, так и высокотехнологичная реабилитация положительно влияет на физическое состояние ребенка с ДЦП. Однако, лечение с применением высокотехнологичных методов ФР оказывает более выраженные и глубокие лечебные эффекты на организмы больных детей, по сравнению с традиционным лечением.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности разработки математической модели прогноза ФР детей с ДЦП, как для группы, получавшей ВТР, так и для группы, получавшей ТР.

Для сравнения взаимовлияния исследованных шкал физического состояния ребенка на эффект ФР был проведен корреляционный анализ между показателями использованных шкал.

В группе ТР наиболее выраженная корреляция выявлена между значениями показателей классификационной шкалы передвижения и моторной шкалы GMFCS ($r=0,881$; $p<0,001$). Близкая к максимальной корреляция определена между значениями моторной шкалы GMFCS и шкалы равновесия Берга ($r=-0,825$; $p<0,001$). С высокой достоверностью сильно коррелируют между собой показатели шкалы Ашворта для верхних конечностей и моторной шкалы GMFCS ($r=0,796$; $p<0,001$), показатели шкалы равновесия Берга и классификационной шкалы передвижения ($r=-0,796$; $p<0,001$), а также значения шкалы Ашворта для нижних и верхних конечностей ($r=0,795$; $p<0,001$). Выше среднего значения отмечена корреляция между шкалой Ашворта для нижних конечностей и классификационной шкалой передвижения ($r=0,762$; $p<0,001$), шкалой Ашворта для верхних конечностей и классификационной шкалой передвижения ($r=0,741$; $p<0,001$), а также между показателями шкалы Ашворта для нижних конечностей и

шкалы равновесия Берга ($r=-0,714$, $p<0,001$). Наименьшие коэффициенты корреляции выявлены между показателями шкалы Ашворта для нижних конечностей и моторной шкалы GMFCS ($r=0,689$; $p<0,001$), а также между значениями шкалы Ашворта для верхних конечностей и шкалы равновесия Берга ($r=-0,619$; $p<0,01$).

В группе ВТР сильная корреляционная связь при высоком уровне достоверности отмечена между значениями классификационной шкалы передвижения и моторной шкалы GMFCS ($r=0,774$; $p<0,001$), а также между значениями шкалы GMFCS и шкалы равновесия Берга ($r=-0,736$; $p<0,001$). Менее выраженная корреляционная связь наблюдается между значениями шкалы равновесия Берга и классификационной шкалы передвижения ($r=-0,654$; $p<0,001$), а также между значениями шкалы Ашворта для нижних конечностей и моторной шкалы GMFCS ($r=0,611$; $p<0,001$). Еще менее выраженная корреляционная связь в этой группе установлена между показателями моторной шкалы GMFCS и шкалы Ашворта для верхних конечностей ($r=0,519$; $p<0,001$), показателями шкалы Ашворта для верхних конечностей и показателями шкалы Берга ($r=0,501$; $p<0,001$), а также между показателями шкалы Ашворта для нижних и верхних конечностей ($r=0,497$; $p<0,001$), показателями шкалы Ашворта для верхних конечностей и классификационной шкалы передвижения ($r=0,417$; $p<0,01$). Наименее выраженная корреляционная связь установлена между показателями шкалы Ашворта для нижних конечностей и показателями шкалы Берга ($r=-0,366$; $p<0,01$), а также между показателями шкалы Ашворта для нижних конечностей и показателями и классификационной шкалы передвижения ($r=0,365$; $p<0,001$).

Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее выраженной корреляцией между значениями шкал, как у группы ТР, так и группы ВТР, обладает классификационная шкала передвижения. Это совпадает с данными литературы как отечественных, так и зарубежных авторов, по мнению которых самостоятельное передвижение и мотивация к нему являются самыми главными задачами реабилитации детей с ДЦП (Ермоленко Н.А., 2000, Сатары В.В., 2010, Вахтер Р., 2007, Rosenbaum Р., 2007, Panteliadis С.Р., 2004).

Таким образом, способность к самостоятельному передвижению, выявленная с помощью корреляционного анализа как наиболее значимый критерий эффекта ФР детей с ДЦП, легла в основу регрессионного анализа для создания моделей математического прогноза результата ТР и ВТР детей с ДЦП.

В результате регрессионного анализа получены модели прогноза ФР детей с ДЦП. Они представлены в виде линейных формул, в которые входят детерминанты лечебного эффекта при заданном критерии ФР в виде улучшения способности к самостоятельному передвижению.

Математическая модель прогноза ТР детей с ДЦП (достоверность $p < 0,05$; валидность 89,6%):

$$\text{СП} = -2,02264 + 0,0148735 * \text{ША (н)} + 0,7055547 * \text{GMFCS},$$

где СП – самостоятельное передвижение;

ША (н) – показатель шкалы Ашворта для нижних конечностей;

GMFCS – показатель моторной шкалы GMFCS.

В модель прогноза ТР в качестве детерминант вошли исходные показатели шкалы Ашворта для нижних конечностей и моторной шкалы GMFCS. Это свидетельствует о том, что снижение спастичности ног и улучшение моторной функции сыграет ведущую роль в традиционном лечении. Следовательно, реабилитационные мероприятия ТР направлены, главным образом, на уменьшение спастичности в нижних конечностях и восстановление моторных функций, что приводит к существенному улучшению способности к самостоятельному передвижению при ТР детей с ДЦП.

Математическая модель прогноза ВТР детей с ДЦП (достоверность $p < 0,05$; валидность 84,6%):

$$\text{СП} = 0,430271 - 0,0148735 * \text{ШБ} + 0,7055547 * \text{GMFCS},$$

где СП – самостоятельное передвижение;

ШБ – показатель шкалы равновесия Берга;

GMFCS – показатель моторной шкалы GMFCS.

В модель прогноза ВТР в качестве детерминант вошли значения шкалы равновесия Берга и моторной шкалы GMFCS. Это свидетельствует о том, что для восстановления способности к самостоятельному передвижению при применении высокотехнологичного лечения ведущую роль сыграют как исходные показатели равновесия и координации ребенка, так и показатели моторной функции. Следовательно, реабилитационные мероприятия ВТР направлены, главным образом, на восстановления навыка самостоятельного передвижения за счет улучшения координации и восстановления моторных функций ребенка.

Как для ТР, так и для ВТР, критерием успешности лечения является способность к самостоятельному передвижению, оцениваемая в баллах. Так при результате стационарного лечения от 0 до 3 баллов лечение расценивают как успешное с перспективой самостоятельного передвижения. Более высокое количество баллов соответствует худшему прогнозу, означающему, что ребенок после лечения не сможет передвигаться самостоятельно.

Учитывая полученное статистически достоверное улучшение равновесия, самостоятельного передвижения, снижения спастичности нижних и верхних конечностей после стационарного этапа реабилитации, существует задача сохранения достигнутых эффектов между курсами госпитальной реабилитации.

Для поддержания лечебного эффекта, достигнутого на стационарном этапе реабилитации, опираясь на проанализированную научную литературу и возможности региона, на амбулаторном этапе были выбраны и использованы следующие методы ФР детей с церебральным параличом: лечебная физическая культура (ЛФК), иппотерапия (ИТ) и скандинавская ходьба (СХ).

После выписки из стационара реабилитацию детей с ДЦП продолжали в трех группах, различавшихся по виду ФР на амбулаторном этапе. Продолжительность исследования составила 6 месяцев. В первую группу вошли дети, занимавшиеся ЛФК (14 человек). Занятия в малых группах (2–3 чел.) продолжительностью от 25 до 35 минут проводил инструктор ЛФК 3 раза в неделю. Вторую группу составили дети, получавшие ИТ (10 человек). Занятия продолжительностью от 20 до 40 минут проходили с инструктором 2 раза в

неделю. Третья группа состояла из детей, занимающихся СХ (6 человек) с инструктором (обучение технике ходьбы), затем под присмотром инструктора или родителей, 3 раза в неделю, продолжительность от 15 до 30 минут в зависимости от физического состояния ребенка. Лечебные эффекты амбулаторного этапа ФР сравнивали по показателям шкал, примененным на стационарном этапе ФР. Результаты амбулаторного этапа ФР в течение полугода достоверно не изменились ни в одной из трех наблюдаемых групп.

Так в группе, получавшей ЛФК, отмечена следующая динамика показателей: шкалы Ашворта для верхних конечностей до ЛФК $2,61 \pm 0,24$, после ЛФК $2,59 \pm 0,20$ ($p \geq 0,05$); шкалы Ашворта для нижних конечностей до ЛФК $2,88 \pm 0,22$, после ЛФК $3,20 \pm 0,15$ ($p \geq 0,05$); шкалы равновесия Берга до ЛФК $28,40 \pm 4,04$, после ЛФК $27,90 \pm 3,70$ ($p \geq 0,05$); моторной шкалы GMFCS до ЛФК $1,95 \pm 0,16$, после ЛФК $2,10 \pm 0,30$ ($p \geq 0,05$); классификационной шкалы передвижения до ЛФК $1,47 \pm 0,24$, после ЛФК $1,50 \pm 0,20$ ($p \geq 0,05$).

В группе, получавшей ИТ, выявлена следующая динамика показателей: шкалы Ашворта для верхних конечностей до ИТ $2,65 \pm 0,21$, после ИТ $2,60 \pm 0,30$ ($p \geq 0,05$); шкалы Ашворта для нижних конечностей до ИТ $2,81 \pm 0,25$, после ИТ $2,80 \pm 0,30$ ($p \geq 0,05$); шкалы равновесия Берга до ИТ $28,70 \pm 4,11$, после ИТ $24,70 \pm 3,76$ ($p \geq 0,05$); моторной шкалы GMFCS до ИТ $1,93 \pm 0,28$, после ИТ $2,20 \pm 0,40$ ($p \geq 0,05$); классификационной шкалы передвижения до ИТ $1,49 \pm 0,34$, после ИТ $1,60 \pm 0,25$ ($p \geq 0,05$).

В группе, практиковавшей СХ, отмечена следующая динамика показателей: шкалы Ашворта для верхних конечностей до ИТ $2,67 \pm 0,33$, после ИТ $2,70 \pm 0,32$ ($p \geq 0,05$); шкалы Ашворта для нижних конечностей до ИТ $2,89 \pm 0,31$, после ИТ $2,70 \pm 0,30$ ($p \geq 0,05$); шкалы равновесия Берга до ИТ $26,67 \pm 7,60$, после ИТ $26,10 \pm 6,76$ ($p \geq 0,05$); моторной шкалы GMFCS до ИТ $2,17 \pm 0,41$, после ИТ $1,90 \pm 0,27$ ($p \geq 0,05$); классификационной шкалы передвижения до ИТ $1,67 \pm 0,50$, после ИТ $1,50 \pm 0,43$ ($p \geq 0,05$).

Следовательно, регулярные занятия ЛФК, ИТ и СХ достоверно сохраняют лечебные эффекты стационарного этапа ФР в течение полугода.

Перспективы дальнейшего развития темы в решении проблемы прогнозирования эффектов физической реабилитации заключаются в поиске новых средств и методов комплексной физической реабилитации детей с ДЦП, а также в разработке математических моделей прогноза физической реабилитации на стационарном и амбулаторном этапах лечения.

Выводы

1. Установлено, что применение как традиционной, так и высокотехнологичной реабилитации позволяет достигать достоверных улучшений двигательной активности детей с ДЦП. Выявленный лечебный эффект отражается в положительных изменениях показателей шкалы равновесия Берга, шкал спастичности Ашворта для нижних и верхних конечностей, шкалы больших моторных функций GMFCS и классификационной шкалы передвижения.
2. Установлено, что программа с применением высокотехнологичных методов реабилитации, в сравнении с программой традиционной реабилитации детей с ДЦП, имеет достоверные преимущества, состоящие в уменьшении спастичности нижних и верхних конечностей, улучшении динамического и статического равновесия, а также в более уверенном самостоятельном передвижении.
3. На основании полученных результатов разработана методика оценки реабилитационного прогноза детей с ДЦП, которая позволяет научно обоснованно принимать решение о выборе программы реабилитации детей с ДЦП в пользу традиционного либо высокотехнологичного лечения. Данная методика позволяет получить отдельное линейное уравнение для каждой программы физической реабилитации детей с ДЦП. При этом в математическую модель прогноза реабилитационного эффекта по традиционной программе в качестве детерминант входят показатели шкалы GMFCS и шкалы спастичности Ашворта для нижних конечностей (регрессия достоверна на уровне значимости $p < 0,05$, валидность 89,6%), а в математическую модель прогноза реабилитационного эффекта по программе высокотехнологичной реабилитации в качестве детерминант входят показатели

шкалы равновесия Берга и моторной шкалы GMFCS (регрессия достоверна на уровне значимости $p < 0,05$, валидность 84,6%).

Практические рекомендации

1. Высокотехнологичную реабилитацию с применением роботизированных устройств «Armeo» и «Lokomat-pro», а также портативного нейростимулятора головного мозга «Brain-port» следует использовать в комплексе с традиционными средствами лечения детей с ДЦП (массаж, ЛФК, физиотерапия, гидрокинезиотерапия).

2. В медицинских учреждениях при реабилитации детей с ДЦП для прогноза реабилитационного эффекта следует проводить исследование пациента по шкалам спастичности Ашворта, моторной шкалы GMFCS, шкале равновесия Берга и шкале самостоятельного передвижения.

3. Для прогноза эффекта физической реабилитации по традиционной программе следует применить формулу:

$$СП = -2,02264 + 0,0148735 * ША (н) + 0,7055547 * GMFCS,$$

где СП – самостоятельное передвижение;

ША (н) – показатель шкалы Ашворта для нижних конечностей;

GMFCS – показатель моторной шкалы GMFCS.

4. Для прогноза эффекта физической реабилитации с использованием высокотехнологичного лечения («Armeo», «Lokomat-pro», «Brain-port») следует применить формулу:

$$СП = 0,430271 - 0,0148735 * ШБ + 0,7055547 * GMFCS,$$

где СП – самостоятельное передвижение;

ШБ – показатель шкалы равновесия Берга;

GMFCS – показатель моторной шкалы GMFCS.

5. Для сохранения результатов, полученных на госпитальном этапе реабилитации, на амбулаторном этапе следует использовать занятия лечебной физкультурой / иппотерапию / Скандинавскую ходьбу.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Дейнеко, В.В. Актуальные вопросы лечения больных детским церебральным параличом / В.В. Дейнеко, О.Б. Крысюк // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2015. – №2. – Т.10. – С. 466-467.
2. Дейнеко, В.В. Применение современных технологий лечения детей с ДЦП / В.В. Дейнеко, С.Г. Щербак, А.М. Сарана, С.В. Макаренко, О.Б. Крысюк, Т.С. Игнатова. // VII Международный Научный Конгресс «Спорт, Человек, Здоровье», 2015. – С. 206.
3. Дейнеко, В.В. Применение современных методов реабилитации у детей с детским церебральным параличом / В.В. Дейнеко // Современные проблемы теории и методики адаптивной физической культуры. – 2016. – С. 96-99.
4. Дейнеко, В.В. Актуальные проблемы физической реабилитации детей с церебральным параличом / В.В. Дейнеко, О.Б. Крысюк // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2016. – №6. – С. 41-45.
5. Дейнеко, В.В. Современные возможности реабилитации детей-инвалидов с детским церебральным параличом / В.В. Дейнеко // Адаптивная физическая культура. – 2016. – №3 (67) – С. 28-29.
6. Дейнеко, В.В. Реабилитация детей с детским церебральным параличом / В.В. Дейнеко, О.Б. Крысюк // Спортивная медицина: наука и практика. – 2016. – №3. – Т.6. – С. 65-69.
7. Дейнеко, В.В. Современные аспекты персонализированной реабилитации / О.Б. Крысюк, В.В. Дейнеко // XX Международный научный Конгресс «Олимпийский спорт и спорт для всех». – 2016. – Т. 2 – С. 209-212.
8. Дейнеко, В.В. Транслингвальная нейростимуляция головного мозга в лечении детей с церебральным параличом / Т.С. Игнатова, А.П. Скоромец, В.Е. Колбин, А.М. Сарана, С.Г. Щербак, С.В. Макаренко, В.В. Дейнеко, Ю.П. Данилов // Вестник восстановительной медицины. – 2016. – №6 (76). – С. 10-16.

9. Дейнеко, В.В. Высокотехнологичная физическая реабилитация детей с церебральным параличом / В.В. Дейнеко, О.Б. Крысюк // Адаптивная физическая культура. – 2017. – №1 (69). – С. 18-20.