

Комплекс «Экзокисть-2» в реабилитации верхней конечности при детском церебральном параличе с использованием неинвазивного интерфейса «Мозг-компьютер»

Н.В. Ларина, Л.Л. Корсунская, С.В. Власенко

Кафедра нервных болезней и нейрохирургии 1-го медицинского факультета Медицинской академии имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»; Россия, 294006 Симферополь, бульвар Ленина, 5/7

Контакты: Наталья Валериевна Ларина n.v.larina@mail.ru

Улучшение функции верхней конечности при детском церебральном параличе — одна из главных задач реабилитационного лечения и социализации пациента.

Цель исследования — оценить эффективность комплекса «Экзокисть-2» с неинвазивным интерфейсом «мозг-компьютер» для коррекции двигательной функции верхней конечности при детском церебральном параличе.

В исследование включены 50 детей с детским церебральным параличом (основная группа — 30, группа контроля — 20) мужского и женского пола в возрасте 12–18 лет с уровнем двигательной активности по критериям классификации больших моторных функций (GMFCS) не больше III. Всем пациентам в течение 21 дня проводили стандартный курс санаторно-курортной реабилитации. Пациентам основной группы дополнительно проводили реабилитацию с использованием комплекса «Экзокисть-2» с неинвазивным интерфейсом «мозг-компьютер». В основной группе спастичность в мышцах паретичной кисти по модифицированной шкале спастичности Эшворта уменьшилась с 3 (2; 3) до 2 (1; 2) баллов ($p < 0,002$), по шкале Тардые — с уровня 3 (2; 3) до 2 (1; 2) ($p < 0,002$). У половины пациентов сила мышц паретичной руки по шкале оценки силы мышц Британского совета медицинских исследований выросла с 2,3 (2; 3) до 3 (2; 3) баллов ($p = 0,002$). Оценка бытовых навыков по модифицированной шкале Френчай показала улучшение с 37 (22,75; 63,75) до 45 (30; 72,75) баллов после терапии.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, реабилитация, неинвазивный интерфейс «мозг-компьютер», «Экзокисть-2»

Для цитирования: Ларина Н.В., Корсунская Л.Л., Власенко С.В. Комплекс «Экзокисть-2» в реабилитации верхней конечности при детском церебральном параличе с использованием неинвазивного интерфейса «мозг-компьютер». Нервно-мышечные болезни 2019;9(4):44–50.

DOI: 10.17650/2222-8721-2019-9-4-44-50

The “Exo hand-2” complex in the rehabilitation of the upper limb in cerebral palsy using the non-invasive interface “brain-computer”

N. V. Larina, L. L. Korsunskaya, S. V. Vlasenko

Department of Nervous Diseases and Neurosurgery of the 1st Medical Faculty, Medical Academy named S.I. Georgievsky, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky; 5/7 Lenin Boulevard, Simferopol 294006, Russia

Improving the function of the upper limb in cerebral palsy is one of the main tasks of rehabilitation treatment and socialization of the patient. The purpose of the study was to evaluate the effectiveness of the “Exo hand-2” complex with the non-invasive interface “brain-computer” for correcting the motor function of the upper limb in cerebral palsy.

The study involved 50 male and female with cerebral palsy (main group $n = 30$, control group $n = 20$) aged 12–18 years old. The level of motor activity according to the criteria of classification of large motor functions (GMFCS) was not more than III. All patients received a standard course of spa rehabilitation for 21 days. Patients of the main group were additionally rehabilitated using the “Exo hand-2” complex with the non-invasive interface “brain-computer”. As a result of treatment in the main group, spasticity in the paretic hand on the Modified Ashworth Scale decreased from 3 (2; 3) to 2 (1; 2) points ($p < 0.002$); according to Tardieu, spasticity decreased from the level of 3 (2; 3) to 2 (1; 2) ($p < 0.002$). Half of the patients had paretic arm muscle strength in the Medical Research Council Weakness Scale sums core from 2.3 (2; 3) to 3 (2; 3) points after treatment ($p = 0.002$); assessment of household skills on the Modified Franchay Scale showed an improvement from 37 (22.75; 63.75) to 45 (30; 72.75) points after therapy.

Key words: cerebral palsy, rehabilitation, non-invasive interface “brain-computer”, “Exo hand-2”

For citation: Larina N.V., Korsunskaya L.L., Vlasenko S.V. The “Exokist-2” complex in the rehabilitation of the upper limb in cerebral palsy using the non-invasive interface “brain-computer”. Nervno-myshechnye bolezni = Neuromuscular diseases 2019;9(4):44–50.

Введение

Детский церебральный паралич (ДЦП) – мультифакторное заболевание, в развитии которого основную роль отводят нарушению или аномалии развития головного мозга плода или новорожденного. Патологической основой ДЦП является поражение головного мозга в интранатальном или раннем постнатальном периоде с последующим формированием патологического мышечного тонуса (преимущественно спастичности) при сохранении позотонических рефлексов и сопутствующем нарушении становления цепных установочных выпрямительных рефлексов [1–4].

По данным литературы, ДЦП встречается с частотой 2–3,6 на 1000 живых новорожденных и является основной причиной детской инвалидности в мире [1, 3, 10, 11]. Среди недоношенных детей частота ДЦП – 1 %. У новорожденных с массой тела меньше 1500 г распространенность ДЦП увеличивается до 5–15 %, а при экстремально низкой массе тела – до 25–30 %. При одноплодной беременности риск ДЦП составляет 0,2 %, а при многоплодной риск патологии возрастает: при двойне – 1,5 %, при тройне – 8,0 %, при четырехплодной беременности – уже до 43 % [1, 3, 4, 10]. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики в Российской Федерации распространенность зарегистрированных случаев ДЦП составляет 2,2–3,3 на 1000 новорожденных [1, 3, 13]. В последнее 10-летие разработаны разные методы восстановительного лечения нарушенных двигательных, речевых и психических функций у детей с ДЦП [14–17].

Существенное влияние на качество жизни и социализацию детей с ДЦП оказывает выраженность двигательных расстройств, особенно в верхней конечности [12]. В связи с этим реабилитационные программы, направленные на улучшение функциональных возможностей руки, представляются наиболее значимыми.

Современные подходы к восстановлению движений конечностей при поражениях центральной нервной системы заключаются в прямом воздействии на паретичные конечности, а также в активации структур головного мозга. Одним из перспективных методов стимулирования пластичности головного мозга является кинестетическое воображение движения [5, 6, 9]. Исследования взрослых пациентов с органическим поражением центральной нервной системы показали, что целенаправленное, систематическое повторение представления движения способствует активации сенсомоторных зон головного мозга, активируя процесс нейропластичности [7, 9]. Неинвазивный интерфейс «мозг-компьютер» позволяет контролировать и управлять внешним роботизированным устройством при воображении целенаправленного движения во время регистрации биоэлектрической активности мозга. Сегодня имеются сообщения об успешной реабилитации взрослых больных с двигательными нарушениями с использованием программно-аппаратного комплекса

нейроинтерфейса «мозг-компьютер» и экзоскелета кисти [8].

Цель исследования – оценить эффективность неинвазивного интерфейса «мозг-компьютер» и комплекса «Экзокисть-2» в реабилитационных мероприятиях при ДЦП с нарушенной функцией верхней конечности. Исследование проводилось на базе специализированного отделения для психоневрологических больных ФГБУ «Евпаторийский военный детский клинический санаторий им. Е.П. Глинки» Минобороны России с 03.07.2019 по 31.10.2019.

Материалы и методы

Критерии включения. Пациенты мужского и женского пола в возрасте от 12 до 18 лет, получающие курс санаторно-курортной реабилитации, с установленным диагнозом «ДЦП» в соответствии с критериями Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10), имеющие в структуре неврологических нарушений гемипарез, тетрапарез, гиперкинетический синдром либо их комбинацию, с уровнем двигательной активности не выше III по критериям классификации больших моторных функций (Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy, GMFCS).

Критерии исключения. Отказ от участия в исследовании родителей или законных представителей пациентов; уровень двигательной активности по критериям GMFCS больше III; наличие плегии верхней конечности; афатические нарушения; медикаментозно некорригируемая эпилепсия; нарушения зрения, не позволяющие различать инструкцию на экране; умственная отсталость умеренной, тяжелой и глубокой степеней (F71–73 по МКБ-10).

Пациенты, вошедшие в исследование, были разделены при случайной выборке на основную группу ($n = 30$) (табл. 1) и группу сравнения ($n = 20$) (табл. 2).

Для оценки объема движений верхних конечностей были использованы следующие шкалы:

- 1) модифицированная шкала Френчай (Modified Franchay Scale, MFS) для оценки двигательных навыков верхней конечности при центральном парезе с использованием 10 заданий;
- 2) шкала «Возможности кисти–дети» (ABILHAND-Kids) – тест оценки родителями двигательной функции верхней конечности ребенка в быту (3 степени возможности выполнения навыка: «невозможно», «трудно», «легко»);
- 3) шкала функционирования верхних конечностей (The Manual Ability Classification System, MACS) для определения возможностей навыков самообслуживания, позволяющая классифицировать манипуляторные возможности рук детей с ДЦП 4–18 лет с учетом возраста;
- 4) модифицированная шкала спастичности Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS) для оценки

Таблица 1. Характеристика пациентов основной группы (n = 30)
Table 1. Characteristics of patients in the main group (n = 30)

Параметр Parameter	Значение Value
Число пациентов с детским церебральным параличом: Number of cerebral palsy patients:	
Гемиплегическая форма Hemiplegia	7
Тетрапарез Tetraparesis	21
Спастика-гиперкинетическая форма Spastico-hyperkinetic form	2
Медиана возраста, лет Median age, years old	14 (13; 15,75)*
Пол: Sex:	
Мужской Male	15
Женский Female	15
Число матерей с патологией беременности: Number of mothers with pregnancy pathology:	
Да Yes	8
Нет No	22
Число матерей с беременностью: Number of mothers with pregnancy:	
Первой First	16
Второй Second	8
Третьей Third	3
Более More	3
Роды: Births:	
Первые First	21
Вторые Second	7
Третьи Third	1
Более More	1
Медиана срока гестации, нед Median the gestational age, weeks	34 (31,75; 37,75)*
Медиана оценки по шкале Апгар, балл Apgar grade median, points	6 (4; 7) *
Медиана веса, г Median weight, g	2375 (2100; 3292,5)*
Парез руки: Hand paresis:	
Левая Left	23
Правая Right	2
Обе Both	5

*В скобках указан интерквартильный интервал.

*In parentheses is indicated the interquartile interval.

уровня спастичности при определении степени сопротивления пассивным движениям по 5-балльной шкале (от 0 до 4);

- 5) модифицированная шкала Тардые (Modified Tardieu Scale, MTS) для оценки уровня спастичности, основанной на тестировании мышечного сопротивления при быстром и медленном пассивном движении (5 уровней);
- 6) шкала оценки силы мышц Британского совета медицинских исследований (Medical Research Council Weakness Scale sums core, MRC-SS) для тестирования силы мышц-сгибателей и разгибателей кисти.

Все пациенты основной и контрольной групп в течение 21 дня получали комплексное санаторно-курортное лечение (лечебную физкультуру, массаж паретичных мышц, пелоидотерапию, гидрокинезиотерапию в термально-минеральной воде, электростимуляцию мышц-антагонистов паретичным) в соответствии со стандартами санаторно-курортного лечения (Приказ Минздрава России № 213 от 22 ноября 2004 г. «Об утверждении стандарта санаторно-курортной помощи больным ДЦП»).

Пациенты основной группы дополнительно проходили курс реабилитации с использованием комплекса «Экзокисть-2», включающего неинвазивный интерфейс «мозг-компьютер» производства консорциума в составе НПО «Андроидная техника», Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова и Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Использованная система нейроинтерфейса основана на анализе паттернов биоэлектрического сигнала, возникающего при представлении движения руки (разгибание пальцев кисти), который регистрируется электроэнцефалографом. В основной группе пациентам проводили 10 занятий по одинаковой схеме: 3 сессии по 10 мин в день с перерывом на отдых не менее 5 мин. Во время сессии пациент сидел в кресле на расстоянии 1 м от экрана монитора. Каждые 10 с на монитор подавались визуальные задания на расслабление и воображение движений для правой и левой кисти. При точном выполнении пациентом задания фиксирующая взор метка окрашивалась в зеленый цвет и экзоскелет выполнял разжатие кисти; при недостаточном воображении движения метка оставалась белого цвета и экзоскелет не срабатывал. По каналу обратной связи результат отображался на экране в виде графиков.

Перед началом исследования все пациенты прошли неврологический осмотр с оценкой состояния по использованным шкалам. Динамика восстановления двигательных функций оценивалась по увеличению набранных по вышеперечисленным шкалам баллов. Для шкал MAS, MTS и MRC-SS учитывались только показатели для мышц кисти (средние по сгибателям и разгибателям в лучезапястном суставе). Для шкалы

Таблица 2. Характеристика пациентов группы сравнения (n = 20)
Table 2. Characteristics of patients in the comparison group (n = 20)

Параметр Parameter	Значение Value
Число пациентов с детским церебральным параличом: Number of cerebral palsy patients:	
Гемиплегическая форма Hemiplegia	5
Тетрапарез Tetraparesis	14
Спастика-гиперкинетическая форма Spastico-hyperkinetic form	1
Медиана возраста, лет Median age, years old	14 (12; 17)
Пол: Sex:	
Мужской Male	9
Женский Female	11
Число матерей с патологией беременности: Number of mothers with pregnancy pathology:	
Да Yes	6
Нет No	14
Число матерей с беременностью: Number of mothers with pregnancy:	
Первой First	9
Второй Second	5
Третьей Third	6
Более More	—
Роды: Births:	
Первые First	5
Вторые Second	9
Третьи Third	6
Более More	—
Медиана срока гестации, недели Median the gestational age, weeks	36 (32; 39)
Медиана оценки по шкале Апгар, баллы Apgar grade median, points	6 (4; 7,25)
Медиана веса, г Median weight, g	3050 (2007,5; 3575)
Парез руки: Hand paresis:	
Левая Left	4
Правая Right	3
Обе Both	13

ABILHAND-Kids кроме стандартных показателей выполнения действий (выполнить невозможно — X_0 , трудно — X_1 и легко — X_2) использовался суммарный показатель X , рассчитываемый по формуле $X = X_1 + 2X_2$, диапазон которого составляет от 0 до 42. Введение суммарного показателя позволяет использовать статистические критерии для сравнения возможностей выполнения повседневных действий до и после реабилитационных мероприятий по шкале ABILHAND-Kids. Все пациенты или их законные представители подписывали информированное согласие, исследование было одобрено этическим комитетом (протокол № 53 от 06.12.2018).

Результаты исследования

Результаты использования комплекса «Экзокисть-2» показали, что у 70 % пациентов основной группы достоверно снижается спастичность ($p < 0,002$) по шкалам MAS и MTS (табл. 3, 4). Тестирование силы мышц-сгибателей после курса реабилитации показало достоверное увеличение показателя у половины пациентов основной группы по шкале MRC-SS (табл. 3). По шкале MFS показано значимое улучшение манипуляторных возможностей руки ($p = 6 \times 10^{-5}$). При этом улучшение произошло у 90 %, а у остальных изменения остались на исходном уровне. Наиболее значимо увеличилась способность пациентов выполнять повседневные действия по шкале ABILHAND-Kids ($p < 0,004$). Динамики функции верхних конечностей по шкале MACS не выявлено.

Оценка выполнения повседневных действий по шкале ABILHAND-Kids показала (табл. 5, 6), что в основной группе достоверно увеличилась способность выполнять повседневные действия ($p = 4 \times 10^{-5}$), при том что в группе сравнения также отмечено увеличение объема бытовых навыков, но положительные изменения не были статистически значимыми.

Результаты исследования показали, что кинестетическое воображение движения, лежащего в основе комплекса «Экзокисть-2», является эффективным дополнительным методом в реабилитационном процессе у детей старшего школьного возраста.

Выводы

Применение комплекса «Экзокисть-2» с использованием неинвазивного интерфейса «мозг-компьютер» у пациентов старшего школьного возраста с ДЦП повышает эффективность реабилитационных мероприятий на санаторно-курортном этапе.

В результате лечения снижается спастичность мышц кисти, увеличиваются сила мышц и объем движений кисти.

Комплексное санаторно-курортное лечение с применением комплекса «Экзокисть-2» увеличивает объем бытовых навыков, что способствует социализации пациентов с ДЦП.

Таблица 3. Изменение двигательной функции у пациентов основной группы на фоне комплексной терапии

Table 3. Changes in motor function in patients of the main group on the background of complex therapy

Шкала Scale	Значение Value		P
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	
Модифицированная шкала спастичности Эшворта, баллы Modified Ashworth Scale, points	3 (2; 3)	2 (1; 2)	<0,002
Модифицированная шкала Тардье, степень спастичности Modified Tardieu Scale, degree of spasticity	2 (2; 3)	2 (1; 2)	<0,002
Медиана силы мышц-сгибателей по шкале Британского совета медицинских исследований, баллы Flexor strength median on the Medical Research Council Weakness Scale sums core, points	2,3 (2; 3)	3 (2; 3)	0,002
Шкала функционирования верхних конечностей, уровень The Manual Ability Classification System, level	3 (2; 3,75)	2 (2; 3)	≥0,06
Модифицированная шкала Френчай, баллы Modified Franchay Scale, points	37 (22,75; 63,75)	45 (30; 72,75)	≤0,004

Таблица 4. Изменение двигательных функций у пациентов группы сравнения на фоне стандартной терапии

Table 4. Changes in motor functions in patients of the comparison group on the background of standard therapy

Шкала Scale	Значение Value		P
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	
Модифицированная шкала спастичности Эшворта, баллы Modified Ashworth Scale, points	3 (2; 3)	3 (2; 3)	≥0,05
Модифицированная шкала Тардье, степень спастичности Modified Tardieu Scale, degree of spasticity	2 (2; 3)	2 (2; 3)	≥0,05
Медиана силы мышц-сгибателей по шкале Британского совета медицинских исследований, баллы Flexor strength median on the Medical Research Council Weakness Scale sums core, points	2,3 (2; 3)	2,3 (2; 3)	≥0,05
Шкала функционирования верхних конечностей, уровень The Manual Ability Classification System, level	3 (2; 3,75)	3 (2; 3,75)	≥0,05
Модифицированная шкала Френчай, баллы Modified Franchay Scale, points	39 (24,65; 62,45)	40 (24,85; 62,75)	≥0,05

Таблица 5. Изменение выполнения бытовых навыков по шкале «Возможности кисти–дети» у пациентов основной группы

Table 5. Changes in the performance of household skills on the ABILHAND-Kids scale in patients of the main group

Выполнение бытовых навыков Performance of household skills	Значение, баллы Value, points		P
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	
Невозможно Impossible	8,6	4,95	≤0,01
Трудно Hard	8,8	9,95	≤0,01
Легко Easily	3,6	6,1	≤0,01

Таблица 6. Изменение выполнения бытовых навыков по шкале «Возможности кисти–дети» у пациентов в группе сравнения

Table 6. Changes in the performance of household skills on the ABILHAND-Kids scale in patients in the comparison group

Выполнение бытовых навыков Performance of household skills	Значение, баллы Value, points		P
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	
Невозможно Impossible	9,6	9,1	≥0,05
Трудно Hard	7,6	8,25	≥0,05
Легко Easily	3,4	3,6	≥0,05

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Батышева Т.Т., Крапивкин А.И., Царегородцев А.Д. и др. Реабилитация детей с поражением центральной нервной системы. Российский вестник перинатологии и педиатрии 2017;62(6):7–15. DOI: 10.21508/1027-4065-2017-62-6-7-15. [Batysheva T.T., Kravivkin A.I., Tsaregorodtsev A.D. et al. Rehabilitation of children with damage to the central nervous system. Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii = Russian bulletin of perinatology and Pediatrics 2017;62(6):7–15. (In Russ.)].
2. Семенова К.А., Мастюкова Е.М., Смуглин М.Я. Клиника и реабилитационная терапия детского церебрального паралича. М.: Медицина, 1972. 328 с. [Semenova K.A., Mastuykova E.M., Smuglin M.Ya. Clinic and rehabilitation therapy for cerebral palsy. Moscow: Medicine, 1972. 328 p. (In Russ.)].
3. Dan B., Mayston M., Paneth N., Rosenbloom L. Cerebral palsy: science and clinical practice. London: Mac Keith Press, 2014. 692 p.
4. Куренков А.Л., Батышева Т.Т., Виноградов А.В., Зюзяева Е.К. Спастичность при детском церебральном параличе: диагностика и стратегии лечения. Журнал неврологии и психиатрии 2012;7(2):24–8. [Kurenkov A.L., Batysheva T.T., Vinogradov A.V., Zyuzuaya E.K. Spasticity in cerebral palsy: diagnosis and treatment strategies. Zhurnal neurologii i psikhiriatrii = Journal of neurology and psychiatry 2012;7(2):24–8. (In Russ.)].
5. Дамулин И.В., Екушева Е.В. Процессы нейропластичности после инсульта. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика 2014;3:69–74. [Damulin I.V., Ekusheva E.V. The processes of neuroplasticity after a stroke. Nevrologiya, psikhiriatriya, psikhosomatika = Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics 2014;3:69–74. (In Russ.)].
6. Neuper C., Scherer R., Reiner M., Pfuertscheller G. Imagery of motor actions: differential effects of kinesthetic and visuo-motor mode of imagery in single-trial EEG. Cogn Brain Res 2005;25(3):668. PMID: 16236487. DOI: 10.1016/j.cogbrainres.2005.08.014.
7. Dimyan M.A., Cohen L.G. Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke. Nature Reviews Neurology 2011;7(2):76–85. PMID: 21243015. DOI: 10.1038/nrneurol.2010.200.
8. Мокиенко О.А., Люкманов Р.Х., Черникова Л.А. и др. Интерфейс «мозг-компьютер»: первый опыт применения в клинической практике в России. Физиология человека 2016;42(1):31–9. [Mokienko O.A., Lyukmanov R.Kh., Chernikova L.A. et al. Brain-computer interface: first experience in clinical practice in Russia. Fiziologiya cheloveka = Human physiology 2016;42(1):31–9. (In Russ.)].
9. Monge-Pereira E., Ibañez-Pereda J., Alguacil-Diego I.M. et al. Use of Electroencephalography brain-computer interface systems as a rehabilitative approach for upper limb function after a stroke: a systematic review. PM and R 2017;9(9):918–32. PMID: 28512066. DOI: 10.1016/j.pmrj.2017.04.016.
10. Stavsky M., Mor O., Mastrolia S.A. et al. Cerebral palsy – trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention. Front Pediatr 2017;5:21. PMID: 28243583. DOI: 10.3389/fped.2017.00021.
11. Graham H.K., Rosenbaum P., Paneth N. et al. Cerebral palsy. Nat Rev Dis Primers 2016;2:15082. PMID: 27188686. DOI: 10.1038/nrdp.2015.82.
12. Булекбаева Ш.А., Дарибаев Ж.Р., Ризванова А.Р. и др. Особенности роботизированной кинезитерапии у детей с ДЦП в дошкольном возрасте. Детский церебральный паралич и другие нарушения движения у детей: Материалы III Междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием, 31 октября – 1 ноября, 2013, Москва. С. 18–19. [Bulekbaeva Sh.A., Daribaev J.R., Rizvanova A.R. et al. Features of robotic kinesitherapy in children with cerebral palsy in preschool age. Cerebral palsy and other movement disorders in children: proceedings of the III Interdisciplinary Scientific and Practical Conference with international participation, October 31 – November 1, 2013, Moscow. P. 18–19. (In Russ.)].
13. Ткаченко Е.С., Голева О.П., Щербаков Д.В., Халикова А.Р. Детский церебральный паралич: состояние изученности проблемы (обзор). Мать и дитя в Кузбассе 2019;2:4–9. [Tkachenko E.S., Goleva O.P., Scherbakov D.V., Halikova A.R. Cerebral palsy: a state of knowledge of the problem (review). Mat' i ditya v Kuzbass = Mother and child in Kuzbass 2019;2:4–9. (In Russ.)].
14. Левченкова В.Д., Батышева Т.Т., Матвеева И.А., Семенова К.А. Патогенетические основы лечения больных детским церебральным параличом. Детский церебральный паралич и другие нарушения движения у детей: Материалы III Междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием, 31 октября – 1 ноября, 2013, Москва. С. 55–56. [Levchenkova V.D., Batysheva T.T., Matveeva I.A., Semenova K.A. Pathogenetic basis for the treatment of patients with cerebral palsy. Cerebral palsy and other movement disorders in children: proceedings of the III Interdisciplinary Scientific and Practical Conference with international participation, October 31 – November 1, 2013, Moscow. P. 55–56. (In Russ.)].
15. Петухова М.Л., Никитин С.Е. Оптимальная модель ортопедической помощи и профилактики деформаций сегментов опорно-двигательного аппарата у детей с ДЦП. Детский церебральный паралич и другие нарушения движения у детей: Материалы III Междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием, 31 октября – 1 ноября, 2013, Москва. С. 71. [Petukhova M.L., Nikitin S.E. The optimal model of orthopedic care and prevention of deformations of the segments of the musculoskeletal system in children with CP. Cerebral palsy and other movement disorders in children: proceedings of the III Interdisciplinary Scientific and Practical Conference with international participation, October 31 – November 1, 2013, Moscow. P. 71. (In Russ.)].
16. Потапова Г.В. Диагностика и коррекция нарушений моторного развития у детей с болезнью Литтла с позиции системогенеза. Детский церебральный паралич и другие нарушения движения у детей: Материалы III Междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием, 31 октября – 1 ноября, 2013, Москва. С. 75–76. [Potapova G.V. Diagnosis and correction of motor development disorders in children with Little disease from the position of systemogenesis. Cerebral palsy and other movement disorders in children: proceedings of the III Interdisciplinary Scientific and Practical Conference with international participation, October 31 – November 1, 2013, Moscow. P. 75–76. (In Russ.)].
17. McGinley J.L., Dobson F., Ganeshalingam R. et al. Single-event multilevel surgery for children with cerebral palsy: a systematic review. Dev Med Child Neurol 2012;54(2):117–28. PMID: 22111994. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.04143.x.

Вклад авторов

Н.В. Ларина, С.В. Власенко: отбор пациентов, оценка неврологического статуса до/после реабилитационного лечения, анализ полученных данных, статистическая обработка данных, написание статьи;

Л.Л. Корсунская: оценка неврологического статуса до/после реабилитационного лечения, анализ полученных данных, статистическая обработка данных, написание статьи.

Authors' contributions

N.V. Larina, S.V. Vlasenko: selection of patients, assessment of neurological status before/after rehabilitation treatment, analysis of the obtained data, statistical data processing, writing an article;

L.L. Korsunskaya: assessment of neurological status before/after rehabilitation treatment, analysis of the obtained data, statistical data processing, article writing.

ORCID авторов/ORCID authors'

Н.В. Ларина/N.V. Larina: <http://orcid.org/0000-0002-6996-4823>

Л.Л. Корсунская/L.L. Korsunskaya: <http://orcid.org/0000-0003-0958-130X>

С.В. Власенко/S.V. Vlasenko: <http://orcid.org/0000-0002-1417-1164>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование поддержано Федеральной целевой программой Министерства науки и высшего образования (RFMEFI60519X0186).

Financing. The study is supported by the Federal Target Program of the Ministry of Science and Higher Education (RFMEFI60519X0186).

Соблюдение этических стандартов. Данное исследование одобрено комитетом по биоэтике (протокол №53 от 06.12.2018).

Compliance with ethical standards. This study was approved by the bioethics committee (minutes No. 53 of December 6, 2018).

Информированное согласие. Получено согласие от родителей либо законных представителей всех детей, участвующих в исследовании.

Informed consent. Consent was obtained from parents or legal representatives of all children participating in the study.

Статья поступила: 01.10.2019. **Принята к публикации:** 22.12.2019.

Article received: 01.10.2019. **Accepted for publication:** 22.12.2019.