

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ КИСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСПЛАНТАЦИИ НЕКРОВΟΣНАБЖАЕМЫХ ФАЛАНГ ПАЛЬЦЕВ СТОПЫ

Матвеев П.А.¹, Смирнова Л.М.^{1,2}, Шведовченко И.В.¹, Кольцов А.А.¹

¹ Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта, Бестужевская ул., д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), ул. Профессора Попова, д. 5, Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация

Резюме

Введение. Абилизация пациентов с редукционными аномалиями кисти у детей является важной задачей, от успешности решения которой зависит степень интеграции в общество, социализации и качество жизни в целом. Одним из методов лечения является аутотрансплантация некрвоснабжаемых фаланг пальцев стопы. Вместе с тем вопрос о влиянии операции на функцию кисти и дальнейшую жизнедеятельность остается недостаточно изученным.

Цель. Цель исследования — провести комплексную оценку результатов оперативного лечения кисти методом трансплантации некрвоснабжаемых фаланг пальцев стопы у детей.

Материалы и методы. Обследовано 34 пациента с редукционными аномалиями кисти, получивших хирургическое лечение методом аутотрансплантации некрвоснабжаемых фаланг пальцев стопы в условиях клиники ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России в период с 2013 по 2022 г. При выполнении исследования учтены данные клинического осмотра, результаты лучевой диагностики, анкетирования с помощью опросников DASH и AbilHand-Kids. Комплексная оценка полученных данных выполнена с применением краткого базового набора Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья Brief ICF Core Set for Hand Conditions для оценки состояния пациентов с пороками развития верхней конечности.

Результаты. Выполнена оценка выраженности нарушений структуры кисти, функций подвижности и стабильности суставов, показателей потенциальной способности активности и участия пациентов при деформациях кисти до и после начала лечения. Полученные оценки выражены с применением понятийного языка и шкал Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья. Анализ результатов с количественной оценкой подтвердил достигнутые с помощью оперативного лечения уменьшение структурных нарушений кисти, улучшение подвижности и стабильности суставов поражённых лучей кисти при гипоплазии, брахидактилии и эктродактилии. Выявлено повышение потенциальной способности активности и участия пациентов после хирургического лечения редукционных аномалий кисти методом аутотрансплантации некрвоснабжаемых фаланг пальцев стопы.

Обсуждение. В результате проведённого лечения у детей достигнута более высокая способность выполнять или справляться с поставленной задачей или действием без вспомогательных средств или посторонней помощи, в частности в быту и повседневной жизни, при выполнении действий с вовлечением мелкой моторики кисти, с необходимостью приложения усилий, при самообслуживании. Повышение уровня потенциальной способности и участия ребенка объясняется достигнутым увеличением подвижности и стабильности суставов поражённых лучей кисти, а улучшение этих функций кисти — нормализацией её структуры в результате оперативного лечения.

Заключение. Оценку результатов хирургического лечения редукционных аномалий кисти методом аутотрансплантации некрвоснабжаемых фаланг пальцев стопы целесообразно выполнять с применением Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья и комплекса методов, включающих клинический осмотр, рентгенографию, компьютерную томографию, анкетирование по опросникам DASH и AbilHand-Kids до и после лечения.

Матвеев П.А., Смирнова Л.М., Шведовченко И.В., Кольцов А.А. Комплексная оценка функциональных результатов реконструкции кисти с использованием трансплантации некрвоснабжаемых фаланг пальцев стопы // Физическая и реабилитационная медицина. — 2023. — Т. 5. — № 1. — С. 41-51. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-1-41-51.

Matveev PA, Smirnova LM, Shvedovchenko IV, Koltsov AA. Kompleksnaya otsenka funktsionalnikh rezultatov rekonstruktsii kisti s ispolzovaniem transplantatsii nekrovosnabzhaemikh falang paltsev stopi [Comprehensive Evaluation of Functional Results of Hand Reconstruction Using Transplantation of Non-Blooded Toe Phalanges]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2023;5(1):41-51. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-1-41-51. (In Russian).

Матвеев Павел Андреевич / Pavel A. Matveev; e-mail: p-matveyev@narod.ru

Комплексная оценка результатов хирургического лечения редукционных аномалий кисти подтвердила выраженный положительный функциональный эффект метода аутотрансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы, выражающийся в улучшении состояния структуры и функций кисти, повышении потенциальной способности активности и участия пациентов, качества их жизни.

Ключевые слова: абилитация, кисть, стопа, реконструкция, трансплантация, результаты, классификация функционирования.

COMPREHENSIVE EVALUATION OF FUNCTIONAL RESULTS OF HAND RECONSTRUCTION USING TRANSPLANTATION OF NON-BLOODED TOE PHALANGES

Matveev PA¹, Smirnova LM^{1,2}, Shvedovchenko IV¹, Koltsov AA¹

¹ Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation

² St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI", 5 Professora Popova Street, 197376 St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

Introduction. Habilitation of patients with reduction hand anomalies in children is an important task, the success of which depends on the degree of integration into society, socialization and quality of life in general. One of the methods of treatment is non-blooded toe phalanges autotransplantation. At the same time, the question of the effect of the operation on the function of the hand and further life activity remains insufficiently studied.

Aim. The aim of the study is to conduct a comprehensive assessment of the results of surgical treatment of the hand by non-blooded toe phalanges transplantation in children.

Materials and methods. We examined 34 patients with reduction hand anomalies who received surgical treatment by non-blooded toe phalanges autotransplantation in the clinic of the Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled in the period from 2013 to 2022. The study took into account the data of clinical examination, the results of radiation diagnostics, questionnaires using the questionnaires DASH and AbilHand-Kids. A comprehensive assessment of the obtained data was performed using the Brief International Classification of Functioning, Disability and Health Core Set for Hand Conditions to assess the condition of patients with upper limb malformations.

Results. The severity of impairments in the structure of the hand, the functions of mobility and stability of the joints, the indicators of the potential ability of activity and the participation of patients with deformities of the hand before and after the start of treatment were assessed. The obtained estimates are expressed using the conceptual language and scales of the International Classification of Functioning, Disability and Health. Analysis of the results with a quantitative assessment confirmed the reduction of structural hand disorders achieved with the help of surgical treatment, improvement of mobility and stability of the joints of the affected rays of the hand in case of hypoplasia, brachydactyly and ectrodactyly. An increase in the potential ability of activity and participation of patients after surgical treatment of reduction hand anomalies by the method of non-vascularized toe phalanges autotransplantation was revealed.

Discussion. As a result of the treatment, children achieved a higher ability to perform or cope with the task or action without auxiliary means or outside help, in particular at home and in everyday life, when performing actions involving fine motor skills of the hand, with the need to exert effort, in self-service. The increase in the level of the potential ability and participation of the child is explained by the achieved increase in the mobility and stability of the joints of the affected rays of the hand, and the improvement of these functions of the hand is due to the normalization of its structure as a result of surgical treatment.

Conclusion. It is advisable to evaluate the results of surgical treatment of reduction hand anomalies by non-blooded toe phalanges autotransplantation using the International Classification of Functioning, Disability and Health and a set of methods, including clinical examination, radiography, computed tomography, questionnaires on DASH and AbilHand-Kids questionnaires before and after treatment. A comprehensive evaluation of the results of surgical treatment of reduction hand anomalies confirmed the pronounced positive functional effect of the method of non-blooded toe phalanges autotransplantation, which is expressed in improving the state of the structure and functions of the hand, increasing the potential ability of activity and participation of patients, and their quality of life.

Keywords: habilitation, hand, foot, reconstruction, transplantation, results, classification of functionality.

Publication ethics. The submitted article was not previously published, all borrowings are correct.

Conflict of interest. There is no information about a conflict of interest.

Source of financing. The study had no sponsorship.

Received: 31.01.2023

Accepted for publication: 15.03.2023

Введение / Introduction

Абилитация пациентов с врождёнными пороками развития и приобретёнными деформациями кисти у детей является важной задачей, от успешности решения которой зависит степень интеграции в общество, социализации и качество жизни в целом.

С целью описания состояния таких пациентов и результативности лечения разработано множество классификаций [1–6].

Для лечения пациентов с редукционными аномалиями кисти применяют различные варианты хирургических вмешательств, среди которых широко известны такие методы реконструкции, как микрохирургическая аутотрансплантация пальцев стопы [7–9], костная пластика с использованием губчато-кортикальных трансплантатов [10–12] или некророснабжаемых фаланг пальцев стопы [13–20].

Метод трансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы получил широкое применение при врождённых недоразвитиях (гипоплазии, брахидактилии, эктродактилии), при приобретённых деформациях кисти, сопровождающихся потерей части фаланги с суставной поверхностью (последствия травм или остеомиелита) [13–20].

В условиях клиники ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России в период с 2013 по 2022 г. данный метод применили 44 пациентам (всего выполнено 59 пересадок фаланг пальцев стопы). Нами были проведены клинические, рентгенологические и инструментальные исследования результатов этого лечения, о которых мы сообщили ранее в наших научных публикациях [19–21].

Вместе с тем вопрос о влиянии операции на функцию кисти и дальнейшую жизнедеятельность остается недостаточно изученным.

Цель / Aim

Цель работы — провести комплексную оценку результатов оперативного лечения кисти методом трансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы у детей.

Материалы и методы / Materials and methods

Обследовано 34 пациента с редукционными аномалиями кисти, получивших хирургическое лечение методом аутотрансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы в условиях клиники ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России в период с 2013 по 2022 г.

При осмотре детей до и после операции мы учитывали данные клинического осмотра, результаты лучевой диагностики (рентгенографии и мультиспиральной компьютерной томографии), а также анкетирования с помощью опросников.

Каждому из пациентов проведено анкетирование с помощью рекомендованного к использованию решением II Съезда Общества кистевых хирургов РФ (15–17.05.2008, Россия, Санкт-Петербург) инструмента «Опросник исходов и неспособности руки и кисти DASH» (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure) [22]. Оценку неспособности выполняли в баллах — от 0 (хорошая функциональность, отсутствие неспособностей) до 100 (чрезмерная неспособность). При этом 16 из 34 обследованных детей были опрошены до операции, 18 — в отдалённом периоде (от 6 месяцев до 8 лет) после операции.

В отдалённом периоде от 2 до 8 лет после операции 9 пациентов (4 мальчика и 5 девочек) были опрошены с помощью анкеты AbilHand–Kids, которая позволяет оценить уровень владения ребёнком бытовыми навыками. Данная анкета содержит 21 вопрос, для каждого из которых предлагается выбрать один из 3 вариантов ответа: «невозможно», «трудно» или «легко» [23].

Статистический анализ результатов анкетирования по опроснику DASH проведен с использованием программы IBM SPSS Statistics 23.0.

Рассмотрены краткий и расширенный базовые наборы Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ) Brief ICF Core Set for Hand Conditions и Comprehensive ICF Core Set for Hand Conditions и применен из них краткий набор для характеристики функций организма, структур организма, активности и участия пациентов с пороками развития верхней конечности [24–27].

Для определения значений оценок состояния пациентов по категориям МКФ применяли результаты анкетирования по опросникам DASH и AbilHand–Kids, а также клинко-рентгенологическое обследование пациентов до и после выполненной пересадки некророснабжаемых фаланг пальцев стопы.

Результаты / Results

Для повышения взаимопонимания разных специалистов, в том числе и из различных стран, при оценке результатов лечения детей-инвалидов, перенесших хирургическое лечение по поводу редукционных аномалий кисти, и сопоставимости представляемых результатов применен понятийный язык МКФ.

С этой целью были рассмотрены базовые наборы МКФ, разработанные в швейцарском Центре исследования параплегии и принятые на Международной консенсусной конференции по МКФ, проходившей 7–9 мая 2009 г. в Ноттвиле (Швейцария), для характеристики функций организма (домен *b*), структур организма (*s*), активности и участия (*d*) пациентов с пороками разви-

тия верхней конечности: краткий базовый набор (Brief ICF Core Set for Hand Conditions) — из 42 кодов описания состояния пациента — и расширенный набор (Comprehensive ICF Core Set for Hand Conditions) — из 165 кодов [24–27]. В результате для оценки функционального эффекта оперативного лечения исследуемой группы пациентов был выбран как достаточный и удобный для применения краткий базовый набор МКФ Brief ICF Core Set for Hand Conditions. При этом мы игнорировали те категории набора, которые не соответствуют возрастной группе обследованных пациентов, получивших оперативное лечение методом аутотрансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы (например, все коды домена *e*, используемые для характеристики трудовой деятельности) или не имеют отношения к наблюдаемой патологии — врожденному недоразвитию (брахидактилии, эктродактилии, гипоплазии) и приобретенным деформациям кисти, характеризующимся уменьшением линейных и объемных параметров либо количества сегментов кисти. Это относится, например, к категориям *s120* («Спинальный мозг и относящиеся к нему структуры») и *s720* («Структура области плеча»).

Для определения значений оценок состояния

пациентов по отобранным категориям использованного базового набора МКФ (для пациентов с заболеваниями кисти) применяли методы клинического осмотра, рентгенографии, компьютерной томографии, анкетирования по опросникам DASH и AbilHand – Kids (табл. 1).

Степень нарушений функций кисти (*b710*, *b715*) оценивали клиническим осмотром и выражали в соответствии с негативной шкалой, принятой в МКФ:

- нет нарушений — никаких, отсутствуют, ничтожные (0–4 %);
- лёгкие — незначительные, слабые (5–24 %);
- умеренные — средние, значимые (25–49 %);
- тяжёлые — высокие, интенсивные (50–95 %);
- абсолютные — полные (96–100 %).

Положительный функциональный эффект лечения детей был подтвержден достигнутым улучшением подвижности и стабильности суставов поражённых лучей кисти при гипоплазии, брахидактилии и эктродактилии (табл. 2).

Оценить изменение функции подвижности и стабильности суставов у пациентов с приобретённой деформацией кисти нам не удалось в связи с малым сроком после оперативного лечения и малой выборкой обследованных (2 человека).

Таблица 1 / Table 1

Категории (в обозначениях МКФ) и способы, использованные для оценки состояния пациентов, перенесших трансплантацию некророснабжаемых фаланг пальцев стопы в дефект пальца кисти / Categories (in ICF notations) and methods used to assess the condition of patients who underwent non-blooded toe phalanges transplantation into a defect in the hand finger

Категории / Categories		Способы оценки / Evaluation methods	
Код / Code	Наименование / Title		
<i>b</i> — функции организма / body functions	<i>b710</i>	Функции подвижности сустава	Клинический осмотр
	<i>b715</i>	Функции стабильности сустава	
<i>s</i> — структуры организма / body structures	<i>s7302</i>	Структура кисти	Клинический осмотр, рентгенография, компьютерная томография
<i>d</i> — активность и участие / activity and participation	<i>d230</i>	Выполнение повседневного распорядка	Клинический осмотр, анкетирование DASH и AbilHand — Kids
	<i>d430</i>	Подъем и перемещение объектов	
	<i>d440</i>	Использование точных движений	
	<i>d445</i>	Использование кисти и руки	
	<i>d510</i>	Мытье	
	<i>d520</i>	Уход за частями тела	
	<i>d540</i>	Одевание	

Таблица 2 / Table 2

Нарушения функций подвижности и стабильности суставов при деформациях кисти пациентов до и после начала лечения* / Dysfunctions of joint mobility and stability in patients with hand deformities before and after the start of treatment

Оценки степени нарушения / Assessments of the violation degree	Гипоплазия / Hypoplasia				Брахидактилия / Brachydactyly				Эктродактилия / Ectrodactyly				Приобретённая деформация / Acquired deformity	
	b710		b715		b710		b715		b710		b715		b710	b715
	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After
	n = 6	n = 5	n = 6	n = 5	n = 6	n = 11	n = 6	n = 11	n = 2	n = 3	n = 2	n = 3	n = 2	n = 2
Нет / No (0)	-	-	-	2	-	-	-	8	-	-	2	3	-	-
Лёгкое / Mild (1)	-	2	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Умеренное / Moderate (2)	-	2	-	1	2	4	-	1	-	-	-	-	-	-
Тяжелое / Severe (3)	-	1	-	1	-	6	4	-	-	1	-	-	2	2
Абсолютное / Absolute (4)	6	-	6	-	4	1	2	-	2	2	-	-	-	-

* Различие количества пациентов (n) в группах «до» и «после» связано с тем, что ввиду минимального количества наблюдений исследуемой патологии не было возможным сформировать эти группы в одном и том же составе пациентов.

Нарушение структуры кисти (s7302) оценивали посредством клинического осмотра, рентгенографии, компьютерной томографии.

В МКФ нарушения структур организма выражают с использованием 3 определителей:

– выраженность нарушения (0 – нет нарушений, 1 – легкие, 2 – умеренные, 3 – тяжелые, 4 – абсолютные);

– характер нарушения (0 – нет изменений структуры, 1 – полное отсутствие, 2 – частичное отсутствие, 3 – добавочная часть, 4 – aberrантные отклонения, 5 – нарушение целостности, 6 – изменение позиции, 7 – качественные изменения структуры);

– локализация нарушения (0 – более чем один регион, 1 – справа, 2 – слева, 3 – с обеих сторон, 4 – спереди, 5 – сзади, 6 – проксимальный, 7 – дистальный).

В таблице 3 представлены оценки состояния структуры кисти по 1-му из этих определителей – «выраженность нарушения» в кодах негативной шкалы у пациентов до и после лечения. Согласно полученным результатам, трансплантация некровоснабжаемых фаланг пальцев стопы способствует снижению выраженности нарушений структуры кисти за счёт восстановления или улучшения анатомии и внешнего вида оперированной кисти.

Особенно хорошо это видно при анализе результатов лечения у пациентов с брахидактилией и гипоплазией 1-го пальца кисти.

По 2-му определителю МКФ у всех наблюдаемых детей до операции характер нарушения (2-й определитель) соответствовал коду «2» (частичное отсутствие), что свойственно для пациентов с редуцированными аномалиями кисти. У 2 детей с врождённой гипоплазией 1-го пальца правой кисти после абилитации кодировка характера нарушений изменилась с «2» на «1» (полное отсутствие нарушений) благодаря восстановлению всех анатомических сегментов кисти.

Активность и участие пациента в категориях МКФ (d230, d430, d440, d445, d510, d520, d540 – см. табл. 1) принято кодировать определителем реализации (позиция первой цифры после разделительной точки) и определителем потенциальной способности (позиция второй цифры после разделительной точки). Но, поскольку определитель «реализация» характеризует позицию взрослого человека в условиях реально окружающей его среды, включая все аспекты физической, социальной среды и мира отношений, а группа наблюдаемых пациентов представляет собой детей, нами было принято решение при кодировке активности и участия использовать только 2-й определитель –

«потенциальная способность», отражающий способность выполнять или справляться с поставленной задачей или действием без вспомогательных средств или посторонней помощи.

Для выражения оценки нарушения потенциальной способности использовали шкалу МКФ: 0 — нет затруднений, 1 — лёгкие затруднения,

2 — умеренные, 3 — тяжёлые, 4 — абсолютные затруднения, 8 — не определено, 9 — не применимо. При этом учитывали возрастные нормы на момент обследования ребенка. Результаты оценки потенциальной способности активности и участия детей до и после лечения представлены в таблице 4.

Таблица 3 / Table 3

Выраженность нарушений структуры кисти пациентов, обследованных до и после лечения / Severity of violations of the hand structure in patients examined before and after treatment

	Варианты патологии / Pathology options	Выраженность (1-й определитель) / Severity (the 1 st determinant)		
		1 (лёгкие) / (mild)	2 (умеренные) / (moderate)	3 (тяжёлые) / (severe)
До лечения / Before treatment	Гипоплазия (n = 6)	–	2	4
	Брахидактилия (n = 6)	–	1	5
	Эктродактилия (n = 2)	–	2	–
	Приобретённая деформация (n = 2)	–	1	1
После лечения / After treatment	Гипоплазия (n = 5)	2	3	–
	Брахидактилия (n = 11)	1	4	6
	Эктродактилия (n = 3)	–	3	–
	Приобретённая деформация (n = 2)	1	1	–

Таблица 4 / Table 4

Оценка показателя потенциальной способности активности и участия пациентов в кодах МКФ: до оперативного лечения — в числителе дроби, после лечения — в знаменателе / Evaluation of the indicator of the potential ability of activity and participation of patients in the ICF codes: before surgical treatment — in the numerator of the fraction, after treatment — in the denominator

Патология / Pathology	Код нарушения способности / Ability violation code	Категории МКФ и оценки показателя до/после оперативного лечения / ICF-categories and scores before/after surgical treatment						
		d230	d430	d440	d445	d510	d520	d540
Гипоплазия / Hypoplasia (n = 6/5)	0	-/-	1/1	-/-	-/-	-/1	-/1	-/1
	1	-/-	1/3	-/1	-/2	-/3	-/3	-/2
	2	-/5	4/1	1/4	1/3	2/-	1/-	1/2
	3	6/-	-/-	3/-	5/-	2/1	2/1	-/-
	4	-/-	-/-	2/-	-/-	2/-	3/-	5/-
Брахидактилия / Brachydactyly (n = 6/11)	0	-/-	-/2	-/-	-/-	-/1	-/1	-/1
	1	-/3	5/8	-/1	-/3	1/2	1/2	-/5
	2	4/8	1/1	2/8	3/6	1/7	1/7	2/4
	3	2/-	-/-	3/2	3/2	3/1	3/1	3/1
	4	-/-	-/-	1/-	-/-	1/-	1/-	1/-
Эктродактилия / Ectrodactyly (n = 2/3)	0	-/-	2/2	-/-	-/1	1/2	1/2	-/2
	1	-/2	-/1	-/2	2/1	-/1	-/1	-/1
	2	2/1	-/-	2/1	-/1	-/-	-/-	1/-
	3	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-
	4	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	1/-	-/-
Приобретённая деформация кисти / Acquired deformity of the hand (n = 2/0)	0	-	-	-	-	1/-	1/-	-
	1	1/-	2/-	1/-	1/-	-	-	1/-
	2	-	-	-	-	-	-	-
	3	1/-	-	1/-	1/-	-	-	-
	4	-	-	-	-	1/-	1/-	1/-

С преобразованием шкалы кодов нарушений в проценты (код «0» — 0 %; «1» — 25 %; «2» — 50 %; «3» — 75 %; «4» — 100 %) были рассчитаны средние оценки нарушения каждой учитываемой функции (d_{230} , d_{430} , d_{440} , d_{445} , d_{510} , d_{520} , d_{540}) до оперативного лечения T_1 отдельно по группам пациентов с гипоплазией кисти и брахидактилией по формуле:

$$T_1 = (0\% \cdot n_0 + 25\% \cdot n_1 + 50\% \cdot n_2 + 75\% \cdot n_3 + 100\% \cdot n_4) / N_1,$$

где n_0 — количество пациентов с кодом оценки нарушения «0»; n_1 — с кодом «1»; n_2 — с кодом «2»; n_3 — с кодом «3»; n_4 — с кодом «4»; N_1 — количество пациентов в соответствующей группе до лечения.

По группам с эктродактилией и приобретённой деформацией кисти средних значений не рассчитывали из-за малого количества наблюдений.

Аналогичным образом рассчитывали средние оценки нарушений после оперативного лечения T_2 :

$$T_2 = (0\% \cdot n_0 + 25\% \cdot n_1 + 50\% \cdot n_2 + 75\% \cdot n_3 + 100\% \cdot n_4) / N_2,$$

где N_2 — количество пациентов в соответствующей группе после лечения.

Затем рассчитывали для каждой из этих двух групп показатель результативности лечения по формуле:

$$R = T_1 - T_2.$$

Результаты расчета показали повышение потенциальной активности и участия после оперативного лечения у детей с гипоплазией кисти по всем учитываемым категориям МКФ: выполнение повседневного распорядка, подъем и перемещение объектов, использование точных движений,

использование кисти и руки, мытье, уход за частями тела, одевание. У детей с брахидактилией кисти практически по всем этим категориям (кроме d_{430} — подъем и перемещение объектов) после оперативного лечения были достигнуты показатели повышения потенциальной активности и участия, что отражено на рисунке 1.

Для оценки функционального эффекта дополнительно было проведено анкетирование пациентов (их представителей) по шкале DASH для определения неспособности верхних конечностей. Результаты статистического анализа данных, полученных анкетированием, представлены в таблице 5.

Так как описательные статистики указали на нормальное распределение параметров (равенство медианы и среднего арифметического значений и пр.), было проведено сравнение средних значений с помощью одновыборочного критерия Стьюдента (Т-критерий) при уровне значимости $p=0,05$ и доверительном интервале 95 %. Согласно этим статистическим оценкам, уровень неспособности пациента по шкале DASH после восстановления недоразвитых пальцев кисти фалангами пальцев стопы снизился в среднем на 10 баллов, что отражает положительную динамику на фоне проведённого оперативного лечения.

Кроме того, было проведено анкетирование пациентов с помощью опросника AbilHand-Kids, подтвердившее расширение возможностей выполнения бытовых действий в результате аутотрансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы (табл. 6).

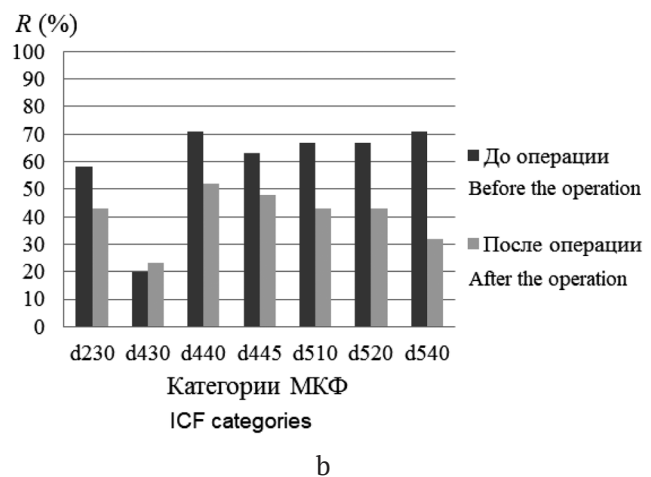
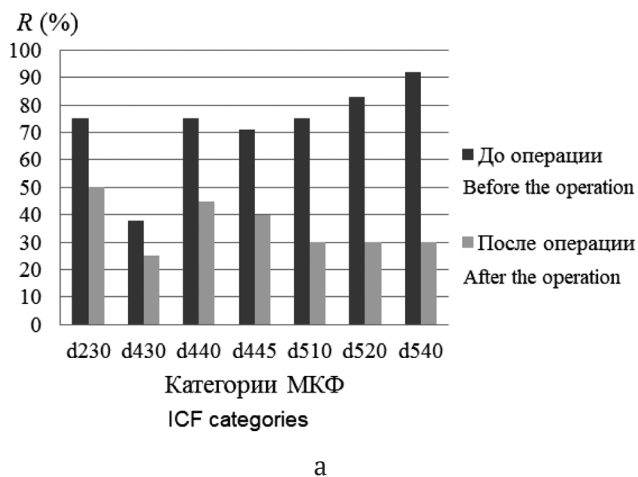


Рисунок 1. Функциональный эффект оперативного лечения (R) по показателям потенциальной способности активности и участия пациентов (di) с использованием кисти со стороны поражения:

а — с гипоплазией кисти; б — с брахидактилией

Figure 1. The functional effect of surgical treatment (R) in indicators of the potential ability of activity and participation of patients (di) using the hand on the side of the lesion:

а — with hand hypoplasia; б — with brachydactyly

Таблица 5 / Table 5

Результаты статистического анализа балльных оценок ответов пациентов по опроснику DASH для определения функционального эффекта оперативного лечения / Results of statistical analysis of scores of patients' responses to the DASH questionnaire to determine the functional effect of surgical treatment

Статистические показатели / Statistical indicators	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	
Количество опрошенных пациентов / The number of interviewed patients	16	18	
Среднее арифметическое значение итоговых баллов / The arithmetic mean of the final scores	41,1	30,4	
Стандартная ошибка / Standard error	5,2	4,3	
Медиана / Median	39,3	31,9	
Стандартное среднеквадратичное отклонение / Mean square deviation	20,6	17,2	
Диапазон значений / Range of values	76,4	57,2	
Минимум / Minimum	12,5	1,7	
Максимум / Maximum	88,9	58,9	
Доверительный интервал / Confidence interval – 95 %	Нижняя разность / Lower difference	30,1	21,2
	Верхняя разность / Upper difference	52,0	39,5
T-критерий / T-criterion	8,0	7,8	
Степень свободы / Degree of freedom	15	17	

Таблица 6 / Table 6

Результаты статистического анализа ответов пациентов с использованием AbilHand – Kids после оперативного лечения / Results of statistical analysis of patient responses using AbilHand – Kids after surgical treatment

Варианты ответов / Answers options	Статистические показатели / Statistical indicators			
	минимум, x_{\min} / minimum, x_{\min}	максимум, x_{\max} / maximum, x_{\max}	среднее арифметическое значение, X / arithmetic mean, X	среднеквадратичное отклонение, s / square deviation, s
«Невозможно» / “Impossible”	0	10	2,56	±3,68
«Трудно» / “Difficult”	1	11	5,67	±3,39
«Легко» / “Easy”	7	19	12,78	±3,93
Итоговый балл / Final score	18	40	31,56	±6,88
Итоговый балл / Final score (%)	43	95	75,14	16,36

Обсуждение / Discussion

В результате проведённого лечения у детей была достигнута более высокая способность выполнять или справляться с поставленной задачей или действием без вспомогательных средств или посторонней помощи, в частности в быту и повседневной жизни (*d230*), при выполнении действий с вовлечением мелкой моторики кисти (*d440*), с необходимостью приложения усилий (*d445*), при самообслуживании (*d5*) (см. табл. 4).

Обращает на себя внимание значительное улучшение всех рассмотренных нами показателей

потенциальной способности активности и участия до и после проведённого лечения при гипоплазии и брахидактилии кисти, несмотря на то, что существенных отличий между показателями подъёма и перемещения объектов (*d430*) в случаях брахидактилии кисти до и после абилитации не было выявлено (см. рис. 1).

Повышение уровня потенциальной способности и участия ребенка объясняется достигнутым увеличением подвижности и стабильности суставов поражённых лучей кисти (см. табл. 2), а улучшение этих функций кисти — нормализацией её

структуры (см. табл. 3) в результате оперативного лечения.

Оценка уровня неспособности пациентов по шкале DASH и анкетирование их с помощью опросника AbilHand-Kids также подтвердили положительный результат проведенного оперативного лечения с использованием аутотрансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы (см. табл. 5 и 6).

Заключение / Conclusion

Оценку результатов хирургического лечения редукционных аномалий кисти методом аутотрансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы целесообразно выполнять с применением МКФ и комплекса методов, включающих клинический осмотр, рентгенографию, компьютерную томографию, анкетирование по опросникам DASH и AbilHand-Kids до и после лечения.

Комплексная оценка результатов хирургического лечения редукционных аномалий кисти подтвердила выраженный положительный функциональный эффект метода аутотрансплантации некророснабжаемых фаланг пальцев стопы, выражающийся в улучшении состояния структуры и функций кисти, повышении потенциальной способности активности и участия пациентов, качества их жизни.

Этика публикации. Представленная статья ранее опубликована не была, все заимствования корректны.

Конфликт интересов. Информация о конфликте интересов отсутствует.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

- Swanson AB, Swanson GD, Tada K. A classification for congenital limb malformation. *J. Hand Surg. Am.* 1983;8(5 Pt 2):693–702. DOI: 10.1016/s0363-5023(83)80249-4.
- Tonkin MA. Classification of congenital anomalies of the hand and upper limb. *J. Hand Surg. Eur.* 2017;42(5): 448–56. DOI: 10.1177/1753193417690965.
- Голяна С.И., Шведовченко И.В., Кочиш А.Ю. Классификация посттравматических дефектов и деформаций кисти и предплечья у детей: патология с утратой дистальных сегментов кисти // *Современные проблемы науки и образования.* — 2020. — № 6. — С. 142. DOI: 10.17513/spno.30327.
- Голяна С.И., Шведовченко И.В., Кочиш А.Ю. Классификация посттравматических дефектов и деформаций кисти и предплечья у детей: патология без утраты дистальных сегментов кисти // *Современные проблемы науки и образования.* — 2021. — № 1. — С. 66. DOI: 10.17513/spno.30398.
- Тяжелков А.П. Врожденные пороки кисти с недостаточным развитием составляющих элементов // *Здравоохранение Дальнего Востока.* — 2014. — Вып. 62. — № 4. — С. 65–72.
- Шведовченко И.В. Лечение детей с врожденными пороками развития верхних конечностей // *Травматология и ортопедия: руководство для врачей: в 4 т. — Т.2: Травмы и заболевания плечевого пояса и верхней конечности / под ред. Н.В. Корнилова и Э.Н. Грязнухина.* — СПб.: Гиппократ, 2005. — 538 с.
- Buck-Gramcko D. Congenital malformations of the hand and forearm. *Chir. Main.* 2002;21(2):70–101. DOI: 10.1016/s1297-3203(02)00103-8.
- Kotkansalo T, Vilkkki S, Elo P, Luukkaala T. Long-term functional results of microvascular toe-to-thumb reconstruction. *J. Hand Surg Eur Vol.* 2011;36(3):194–204. DOI: 10.1177/1753193410387331.
- Kotkansalo T, Vilkkki S, Elo P. Long-term results of finger reconstruction with microvascular toe transfers after trauma. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2011;64(10): 1291–9. DOI: 10.1016/j.bjps.2011.04.036.
- Broadbent TR, Woolf RM. Thumb reconstruction with contiguous skin-bone pedicle graft. A case report. *J. Plast. Reconstr. Surg.* 1960:494–9. DOI: 10.1097/00006534-196011000-00002.
- McGregor IA, Simonetta C. Reconstruction of the thumb by composite bone-skin flap. *Br. J. Plast. Surg.* 1964:37–48. DOI: 10.1016/s0007-1226(64)80007-2.
- Mowlem R. Bone grafting. *Br. J. Plast. Surg.* 1963:293–304. DOI: 10.1016/s0007-1226(63)80133-2.
- Wolff H. Diskussion zu Lexer; Gelenktransplantation. «Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie. Berlin: Kongress 39». 1910:105–6.
- Carroll RE, Green DP. Proceedings of the American Society for Surgery of the Hand. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1975;57-A (5):727. DOI: 10.2106/00004623-197557050-00038.
- Goldberg NH, Kirk-Watson H. Composite toe (phalanx and epiphysis) transfers in the reconstruction of the aphyalangic hand. *The Journal of Hand Surgery.* 1982;7(5):454–9. DOI: 10.1016/s0363-5023(82)80039-7.
- Buck-Gramcko D. The role of nonvascularized toe phalanx transplantation. *J. Hand Clin.* 1990;6(4):643–59. DOI: 10.1016/s0749-0712(21)01061-1.
- Gohla T, Metz Ch, Lanz U. Non-vascularized free toe phalanx transplantation in the treatment of symbrachydactyly and constriction ring syndrome. *J. Hand Surg. Br.* 2005;30(5):446–51. DOI: 10.1016/j.jhsb.2005.06.003.
- Kawabata H, Tamura D. 5- and 10-Year Follow-Up of Nonvascularized Toe Phalanx Transfers. *J. Hand Surg. Am.* 2018;43(5): 485.e1-485.e5. DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.10.034.
- Шведовченко И.В., Кольцов А.А., Матвеев П.А., Комарова А.В. Пересадка некророснабжаемых фаланг пальцев стопы на кисть при врожденной и приобретенной патологии (часть 1) // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* — 2022. — Т. 10. — №2 — С. 161–170. DOI: 10.17816/PTORS104615.
- Матвеев П.А., Шведовченко И.В., Кольцов А.А. Трансплантация некророснабжаемых фаланг пальцев стопы при врожденных недоразвитиях кисти // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* — 2022. — Т. 29. — №2. — С. 193–204. DOI: 10.17816/vto108463.
- Матвеев П.А., Шведовченко И.В., Смирнова Л.М., Кольцов А.А. Оценка состояния стопы после заимствования некророснабжаемых фаланг пальцев для аутотрансплантации на кисть // *Травматология и ортопедия России.* — 2022. — Т. 28. — №3. — С. 49–62. DOI: 10.17816/2311-2905-1784.

22. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. *The Upper Extremity Collaborative Group (UECG)*. *Am. J. Ind. Med.* 1996 Jun;29(6):602–8. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L.
 23. Arnould C, Penta M, Renders A, Thonnard J-L. ABILHAND-Kids: a measure of manual ability in children with cerebral palsy. *Neurology*. 2004;63(6):1045–52. DOI: 10.1212/01.wnl.0000138423.77640.37.
 24. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья: пер. Г.Д. Шостка [и др.] // ВОЗ, Женева. — М., 2001. — 342 с.
 25. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (полная версия) / под ред. Г.Д. Шостка, М.В. Коробова, А.В. Шаброва. — СПб: СПбИУВЭК, 2003. — 342 с.
 26. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ) (с изменениями и дополнениями по состоянию на 2016 г.). Проект. — СПб.: Человек, 2017. — 262 с.
 27. ICF Core Set for Hand Conditions // ICF Research Branch. 2017. Available at: <https://icf-research-branch.org/icf-core-sets-projects2/other-health-conditions/development-of-icf-core-sets-for-hand-conditions>. (accessed 25.01.2023).
- References**
1. Swanson AB, Swanson GD, Tada K. A classification for congenital limb malformation. *J. Hand Surg. Am.* 1983;8 (5 Pt 2):693–702. DOI: 10.1016/s0363-5023(83)80249-4.
 2. Tonkin MA. Classification of congenital anomalies of the hand and upper limb. *J. Hand Surg. Eur.* 2017;42(5):448–56. DOI: 10.1177/1753193417690965.
 3. Golyana SI, Shvedovchenko IV, Kochish AY. Klassifikatsiya posttravmaticheskikh defektov i deformatsii kisti i predplechya u detei: patologiya s utratoi distalnikh segmentov kisti [Classification of post-traumatic defects and deformations of the hand and forearm in children: pathology with loss of distal segments of the hand]. *Sovremennye problemi nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2020;(6):142. DOI: 10.17513/spno.30327. (In Russian).
 4. Golyana SI, Shvedovchenko IV, Kochish AY. Klassifikatsiya posttravmaticheskikh defektov i deformatsii kisti i predplechya u detei: patologiya bez utrati distalnikh segmentov kisti [Classification of post-traumatic defects and deformations of the hand and forearm in children: pathology without loss of distal segments of the hand]. *Sovremennye problemi nauki i obrazovaniya*. [Modern problems of science and education]. 2021;(1):66. DOI: 10.17513/spno.30398. (In Russian).
 5. Tyazhelkov AP. Vrozhdenne poroki kisti s nedostatochnim razvitiem sostavlyayushchikh elementov [Congenital malformations of the hand with insufficient development of the constituent elements]. *Zdravookhranenie Dalnego Vostoka* [Healthcare of the Far East]. 2014;62(4):65–72. (In Russian).
 6. Shvedovchenko IV. Lechenie detei s vrozhdennimi porokami razvitiya verkhnikh konechnostei [Treatment of children with congenital malformations of the upper limbs]. *Travmatologiya i ortopediya: rukovodstvo dlya vrachei: v 4 t.* — T.2: *Travmi i zabolevaniya plechevogo poyasa i verkhnei konechnosti* [Traumatology and orthopedics: a guide for physicians: in 4 volumes — V.2: Injuries and diseases of the shoulder girdle and upper limb]. Pod red. N.V. Kornilova i E.N. Gryaznukhina [ed. NV Kornilov and EN Gryaznukhin]. St. Petersburg: Hippocrates, 2005. 538 p. (In Russian).
 7. Buck-Gramcko D. Congenital malformations of the hand and forearm. *Chir Main.* 2002;21(2):70–101. DOI: 10.1016/s1297-3203(02)00103-8.
 8. Kotkansalo T, Vilkki S, Elo P, Luukkaala T. Long-term functional results of microvascular toe-to-thumb reconstruction. *J. Hand Surg Eur Vol.* 2011;36(3):194–204. DOI: 10.1177/1753193410387331.
 9. Kotkansalo T, Vilkki S, Elo P. Long-term results of finger reconstruction with microvascular toe transfers after trauma. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2011;64(10):1291–9. DOI: 10.1016/j.bjps.2011.04.036.
 10. Broadbent TR, Woolf RM. Thumb reconstruction with contiguous skin-bone pedicle graft. A case report. *J. Plast. Reconstr. Surg.* 1960;494–9. DOI: 10.1097/00006534-196011000-00002.
 11. McGregor IA, Simonetta C. Reconstruction of the thumb by composite bone-skin flap. *Br. J. Plast. Surg.* 1964;37–48. DOI: 10.1016/s0007-1226(64)80007-2.
 12. Mowlem R. Bone grafting. *Br. J. Plast. Surg.* 1963;293–304. DOI: 10.1016/s0007-1226(63)80133-2.
 13. Wolff H. Diskussion zu Lexer; Gelenktransplantation. «Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie. Berlin: Kongress 39». 1910:105–6.
 14. Carroll RE, Green DP. Proceedings of the American Society for Surgery of the Hand. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1975;57-A (5):727. DOI: 10.2106/00004623-197557050-00038.
 15. Goldberg NH, Kirk-Watson H. Composite toe (phalanx and epiphysis) transfers in the reconstruction of the aphyalangic hand. *The Journal of Hand Surgery.* 1982;7(5):454–9. DOI: 10.1016/s0363-5023(82)80039-7.
 16. Buck-Gramcko D. The role of nonvascularized toe phalanx transplantation. *J. Hand Clin.* 1990;6(4):643–59. DOI: 10.1016/s0749-0712(21)01061-1.
 17. Gohla T, Metz Ch, Lanz U. Non-vascularized free toe phalanx transplantation in the treatment of symbrachydactyly and constriction ring syndrome. *J. Hand Surg. Br.* 2005;30(5):446–51. DOI: 10.1016/j.jhsb.2005.06.003.
 18. Kawabata H, Tamura D. 5- and 10-Year Follow-Up of Nonvascularized Toe Phalanx Transfers. *J. Hand Surg. Am.* 2018;43(5): 485.e1-485.e5. DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.10.034.
 19. Shvedovchenko IV, Koltsov AA, Matveev PA, Komarova AV. Peresadka nekrovnabzhaemyh falang pal'cev stopy na kist' pri vrozhdennoj i priobretennoj patologii (chast' 1) [Nonvascularized toe-phalanges transplantation to the hand in congenital and acquired pathology (Part 1)]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2022;10(2):161–70. DOI: 10.17816/PTORS104615. (In Russian).
 20. Matveev PA, Shvedovchenko IV, Koltsov AA. Transplantatsiya nekrovnabzhaemikh falang paltsev stopi pri vrozhdennikh nedorazvitiyakh kisti [Non-vascularized toe phalanges transplantation in congenital hand malformations]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im NN Priorova* [Journal of Traumatology and Orthopedics NN Priorov]. 2022;29(2):193–204. DOI: 10.17816/vto108463. (In Russian).
 21. Matveev PA, Shvedovchenko IV, Smirnova LM, Koltsov AA. Otsenka sostoyaniya stopi posle zaimstvovaniya nekrovnabzhaemikh falang paltsev dlya autotransplantatsii na kist' [Assessment of the Foot Donor Site Morbidity After Non-Vascularized Toe Phalanx Transfer to the Hand]. *Travmatologiya i ortopediya*

- Rossii [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(3):49–62. DOI: 10.17816/2311-2905-1784. (In Russian).
22. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am. J. Ind. Med.* 1996 Jun; 29(6):602–8. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L.
 23. Arnould C, Penta M, Renders A, Thonnard J-L. ABILHAND-Kids: a measure of manual ability in children with cerebral palsy. *Neurology.* 2004;63(6):1045–52. DOI: 10.1212/01.wnl.0000138423.77640.37.
 24. Mezhdunarodnaya klassifikatsiya funktsionirovaniya, ogranichenii zhiznedeyatel'nosti i zdorovya [International classification of functioning, disability and health]. per. GD Shostka i dr. [GD Shostka et al.]. WHO, Geneva. M., 2001. 342 p. (In Russian).
 25. Mezhdunarodnaya klassifikatsiya funktsionirovaniya, ogranichenii zhiznedeyatel'nosti i zdorovya (polnaya versiya) [International classification of functioning, disability and health (full version)]. pod red. [ed.] GD Shostka, MV Korobova, AV Shabrova. SPb: Sankt-Peterburgskii institut usovershenstvovaniya vrachei ekspertov [St. Petersburg: St. Petersburg Institute of Advanced Medical Experts], 2003. 342 p. (In Russian).
 26. Mezhdunarodnaya klassifikatsiya funktsionirovaniya, ogranichenii zhiznedeyatel'nosti i zdorovya (MKF) (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 2016 g.) [International Classification of Functioning, Disabilities and Health (ICF) (with amendments and additions as of 2016)]. Proekt — SPb: Chelovek [Project — St. Petersburg: Human], 2017. — 262 p. (In Russian).
 27. ICF Core Set for Hand Conditions // ICF Research Branch. 2017. Available at: <https://icf-research-branch.org/icf-core-sets-projects2/other-health-conditions/development-of-icf-core-sets-for-hand-conditions>. (accessed 25.01.2023).

Поступила: 31.01.2023

Принята в печать: 15.03.2023

Авторы

Матвеев Павел Андреевич — врач травматолог-ортопед, ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Бестужевская ул., д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; e-mail: p-matveyev@narod.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0455-740X>.

Смирнова Людмила Михайловна — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела биомеханических исследований опорно-двигательной системы Института протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Бестужевская ул., д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; профессор кафедры биотехнических систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), ул. Профессора Попова, д. 5, 197376, Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: info@diaserv.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4373-9342>.

Шведовченко Игорь Владимирович — доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Бестужевская ул., д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; e-mail: schwed.i@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4618-328X>.

Кольцов Андрей Анатольевич — кандидат медицинских наук, заведующий первым детским травматолого-ортопедическим отделением, врач травматолог-ортопед, детский хирург ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Бестужевская ул., д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; e-mail: katandr2007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0862-8826>.

Authors

Pavel A. Matveyev, traumatologist-orthopedist; Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: p-matveyev@narod.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0455-740X>.

Ludmila M. Smirnova, Grand PhD in Engineering sciences, leading researcher of the Department of Biomechanical Studies of the Musculoskeletal System of Institute of Prosthetics and Orthotics, Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; Professor of Department of Biomedical Engineering, St. Petersburg Electrotechnical University “LETI”, 5 Professora Popova Street, 197376 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: info@diaserv.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4373-9342>.

Igor V. Shvedovchenko, MD, Grand PhD in Medical sciences, Professor, Scientific Supervisor of the Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: schwed.i@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4618-328X>.

Andrey A. Koltsov, PhD in Medical sciences, Head of the First Child’s Traumatology-Orthopedic Department, traumatologist-orthopedist, pediatric surgeon of the Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: katandr2007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0862-8826>.