



М. Г. Воловик

Эффективность реабилитации детей 5–8 лет со спастическими формами ДЦП, по данным клинической оценки и тепловидения

М. Г. Воловик, д.б.н., в.н.с. университетской клиники^{1,2}
Г. Е. Шейко, к.м.н., ассистент кафедры медицинской реабилитации¹
А. Н. Кузнецов, м.н.с. университетской клиники¹

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
 Минздрава России, г. Нижний Новгород

²ООО «Дигносис», г. Москва

The effectiveness of rehabilitation of children 5-8 years old with spastic forms of cerebral palsy, according to clinical assessment and thermal imaging

M. G. Volovik, G. E. Sheiko, A. N. Kuznetsov

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod; Dignosys Co., Moscow; Russia



Г. Е. Шейко



А. Н. Кузнецов

Сокращения:

ДЦП — детский церебральный паралич,
 МКФ-ДП — Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья детей и подростков,
 ТА — термоасимметрия,
 ПДГ — проксимально-дистальный градиент.

Резюме

С целью оценки эффективности реабилитационных мероприятий проведено комплексное обследование с применением стандартизированных шкал и тепловидения в двух группах пациентов 5–8 лет со спастическими формами детского церебрального паралича (ДЦП). Выборка состояла из 10 детей с диагнозом G80.1 и 10 — с диагнозом G80.2, степень нарушения двигательных функций уровней 1 и 2 по GMFCS. Реабилитационные мероприятия осуществлялись на протяжении одного года в стационарных (два раза в год курсами по 14 дней), амбулаторных (2–3 курса массажа по 10 дней, ботулинотерапия) и домашних (ежедневные физические упражнения) условиях. Комплекс включал лечебную физкультуру, кинезотерапию, механотерапию, физио- и рефлексотерапию, массаж, занятия с логопедом и дефектологом, при необходимости фармакотерапию. Получено расхождение в ряде случаев тепловизионных и клинических результатов лечения, предпринята попытка теоретического объяснения этих несоответствий. Продемонстрированы возможности тепловизионной оценки эффективности лечения у детей со спастическими формами ДЦП, позволяющей рассчитывать на успех в разработке рабочих методик удобного, неинвазивного и высокоточного способа объективизации двигательных нарушений на этапах реабилитации. Дальнейшее усовершенствование предлагаемого подхода перспективно в плане создания надежного средства валидации стандартизированных клинических шкал и опросников.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, гемипарез, диплегия, тепловидение, медицинская реабилитация, эффективность, оценка.

Summary

In order to assess the effectiveness of rehabilitation measures, a comprehensive examination was conducted using standardized scales and thermal imaging in two groups of patients aged 5–8 years old with spastic forms of cerebral palsy. The sample consisted of 10 children with a diagnosis of G80.1 and 10 with a diagnosis of G80.2, the degree of impaired motor function levels 1 and 2 according to GMFCS. Rehabilitation interventions were carried out for one year in stationary (two times a year, courses of 14 days), outpatient (2–3 courses of massage for 10 days, botulinum therapy) and home (daily exercise) conditions. The complex included physical therapy, kinesiotherapy, mechanotherapy, physiotherapy and reflexotherapy, massage, classes with a speech therapist and defectologist, if necessary — pharmacotherapy. A discrepancy in a number of cases of thermal imaging and clinical results of treatment is received, the attempt of theoretical explanation of these discrepancies is made. The possibilities of thermal imaging evaluation of treatment effectiveness in children with spastic forms of cerebral palsy, which allows to count on success in the development of working methods of convenient, non-invasive and high-precision method of objectification of motor disorders at the stages of rehabilitation, are demonstrated. Further improvement of the proposed approach is promising in terms of creating a reliable means of validating standardized clinical scales and questionnaires.

Key words: cerebral palsy, hemiparesis, diplegia, thermal imaging, medical rehabilitation, effectiveness, evaluation.

Введение

Детский церебральный паралич (ДЦП) является одной из самых частых причин инвалидизации детей и представляет собой группу перманентных нарушений моторики и поддержания позы, обусловленных непрогрессирующим повреждением и (или) аномалией развивающегося головного мозга у плода или новорожденного [1]. Реабилитация детей с ДЦП требует

системного подхода, непрерывности и динамичной оценки достигаемых результатов [2].

В настоящее время в реабилитационной практике для описания и измерения степени нарушений здоровья у детей используется Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья детей и подростков или МКФ-ДП (International Classification

of Functioning, Disability and Health, Children and Youth Version, ICF-CY), которая является версией основного тома Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ) [3, 4]. МКФ-ДП позволяет унифицировать определение индивидуального профиля функционирования ребенка, она построена по иерархическому принципу и состоит

из двух разделов («Функционирование» и «Контекстуальные факторы»), каждый из которых включает составляющие (компоненты). Компонентами раздела «Функционирование» являются «функции и структуры организма» и «активность и участие»; компонентами раздела «Контекстуальные факторы» являются «факторы окружающей среды» и «личностные факторы». Наличие и выраженность проблем функций организма, его структур, а также активности и участия оценивается с помощью определителей (квалификаторов), которые охватывают пять уровней: от 0 (проблемы отсутствуют) до 4 (полные или абсолютные проблемы).

МКФ-ДП широко используется при организации реабилитационной помощи детям с ДЦП, поскольку дает возможность определить индивидуальные задачи реабилитации и проводить мониторинг ее эффективности [5, 6]. В то же время субъективность оценки улучшения после выполненных реабилитационных мероприятий является серьезной проблемой при использовании МКФ-ДП в клинической практике и научных исследованиях. Многие шкалы и тесты имеют ряд сложностей применения и недостатков, определенный субъективизм получаемых данных ведет к неполному совпадению баллов при тестировании разными специалистами и противоречивости в оценке эффективности выполненных реабилитационных мероприятий [7]. Например, оценка валидности специализированных шкал показала, что при спастической диплегии у детей надежность шкалы Эшворта (AS) и модифицированной шкалы Эшворта (MAS) варьировала от умеренной до хорошей [8]. Очевидно, что выработка четких критериев, позволяющих определить, достигнуто улучшение в ходе лечения или нет, остается актуальной.

В результате осмотра и оценки состояния ребенка команда специалистов, исходя из возможностей и выявленных проблем пациента, должна определить цели и план вмешательства. Традиционная модель медицинской реабилитации фокусируется лишь на нарушениях структур и функций организма, вызывающих

ограничение жизнедеятельности. Предполагается, что функциональные результаты зависят от лечения этих нарушений, и чем больше направленных воздействий, тем лучше будет результат [2]. Современная модель медицинской реабилитации с самого начала ориентирует семью также на увеличение активности и социального участия ребенка [3, 4].

Мышечная спастичность является одним из ведущих клинических проявлений спастических форм ДЦП, способных приводить к вторичным нарушениям со стороны опорно-двигательного аппарата ребенка [2]. Повышение мышечного тонуса препятствует реализации сохранных функций и восстановлению нарушенных, приводит к формированию миогенных контрактур. С другой стороны, некоторое повышение мышечного тонуса мышц-разгибателей нижних конечностей может иметь при ДЦП компенсаторное значение, в ряде случаев оно облегчает стояние и ходьбу [9], поэтому снижать локальную спастичность в изолированных мышцах или группах мышц необходимо избирательно. Снижение мышечного тонуса целесообразно тогда, когда спастичность выражена в значительной степени (3 балла и более по шкалам Эшворта или Тардье), сопровождается болевым синдромом и служит фактором риска формирования контрактур и вывихов суставов, существенно ухудшая жизнедеятельность ребенка.

Традиционно в медицинской реабилитации использовались такие методы снижения спастичности, как массаж и физиотерапевтические процедуры [10]. Однако в настоящее время доказано, что эффект (снижение спастичности) от механического и теплового воздействия на мышцы непродолжителен и очень быстро, от часа до нескольких часов, сходит на нет: после механического воздействия на мышцы спастичность возвращается до прежнего уровня или даже выше [2, 11]. Таким образом, в долгосрочной перспективе эти методы неэффективны. В то же время даже кратковременное снижение спастичности может облегчить проведение занятий лечебной гимнастикой, направленных на растяжение

спастичных мышц, тренировку силы мышц-антагонистов, обучение новым двигательным навыкам или их выполнению наиболее эргономичным способом. При ДЦП доказанную эффективность в лечении спастичности имеют следующие методы: функциональная терапия, препараты ботулинического токсина типа А, некоторые пероральные антиспастические препараты, нейрохирургическое и ортопедическое лечение [12].

Для оценки спастического синдрома, помимо клинического подхода с использованием стандартизированных шкал и опросников, находят применение ряд инструментальных методов: нейрофизиологические, в том числе стимуляционная миография (регистрация М-ответа, Н-рефлекса и F-волны); биомеханические (стабилометрия, видеоанализ походки и движений, подография и др.).

Опыт, накопленный исследователями в области тепловизионной оценки эффективности реабилитационных программ у пациентов с двигательными нарушениями, позволяет рассчитывать на успех в разработке рабочих методик, позволяющих быстро, высокотехнологично, неинвазивно и с высокой точностью производить мониторинг хода лечения в привязке к универсальному параметру жизнедеятельности — температуре, корректировать процесс реабилитации и в конечном итоге способствовать повышению ее качества [13, 14].

Методология оценки эффективности реабилитационных мероприятий у пациентов с ДЦП с помощью тепловидения разрабатывалась рядом исследователей и показала отличия от результатов клинической оценки. Так, в работе [15] при исследовании терморегуляторных эффектов при воздействии низкоинтенсивной лазерной терапии зарегистрировали три варианта температурных реакций на конечностях: понижение температуры ($n = 6$), без изменений ($n = 23$) и повышение температуры ($n = 36$), при этом снижение обнаружено у пациентов с умеренной и тяжелой степенью ДЦП. Как правило, более тяжелой дисфункции верхних конечностей соответствовали более низкие температуры кожи до облучения и более

Таблица 1
Клинико-демографическая характеристика выборки пациентов с ДЦП

ID пациента	Пол	Возраст	Диагноз	GMFCS	Сторона пареза	ID пациента	Пол	Возраст	Диагноз	GMFCS	Сторона пареза
101	Ж	6	G80.2	2	Правая	110	М	5	G80.1	2	Диплегия (н/к)
102	М	7	G80.2	2	Правая	111	М	7	G80.1	1	Диплегия (н/к)
105	М	8	G80.2	1	Правая (н/к)	115	Ж	6	G80.1	2	Диплегия (н/к)
106	М	8	G80.2	1	Левая	116	М	7	G80.1	2	Диплегия (н/к)
108	М	5	G80.2	1	Правая	119	М	7	G80.1	2	Диплегия (в/к)
109	М	5	G80.2	2	Правая (н/к)	122	Ж	5	G80.1	2	Диплегия (н/к)
113	М	6	G80.2	2	Правая	125	М	7	G80.1	1	Диплегия (н/к)
118	М	6	G80.2	2	Правая	126	М	8	G80.1	2	Диплегия (в/к)
120	М	6	G80.2	2	Левая	127	М	8	G80.1	1	Диплегия (н/к)
124	Ж	7	G80.2	1	Левая	128	М	6	G80.1	2	Диплегия (н/к)

Примечание: н/к — нижние конечности, в/к — верхние конечности. ID — индивидуальный номер пациента.

заметное повышение после облечения, что не сразу отражалось на клинических характеристиках.

Изучены эффекты реабилитации детей с ДЦП с помощью иппотерапии [16] и ее симуляции с использованием механического седла [11]. Если после сеансов иппотерапии наблюдали устойчивое потепление задней поверхности бедер в области непосредственного контакта с телом лошади, то механическое седло при односторонней спастике вызывало острый вазоконстрикторный эффект не только на парализованной конечности, но и на здоровой ноге.

Как отмечали многие авторы, при двигательных нарушениях центрального генеза целью реабилитационных мероприятий в плане тепловизионной оценки их результата может являться улучшение симметричности распределения температур на конечностях, что положительно коррелирует с улучшением функциональных характеристик тела и является полезным индикатором эффективности реабилитации [17, 18]. Для разработки реабилитационных технологий лечения с применением биологической обратной связи важно понимание двустороннего взаимовлияния двигательных нарушений и вегетативных функций [19]. Успешность реабилитации с применением дополненной реальности с обратной связью под контролем тепловидения у двух 11-летних детей с диплегией (уровень 2 по GMFCS) в виде незначительного, но достоверного улучшения функции походки, отмечена в работе [20]. Показано также важное значение общего

уровня мобильности у больных с ДЦП для регуляции температуры их конечностей [21], причем тепловизионные измерения для установления уровня компенсации нарушенных терморегуляторных функций требуют динамического функционального подхода.

В предыдущей статье [22] мы провели поиск объективных тепловизионных маркеров функционального состояния пораженных групп мышц в зависимости от степени вовлечения в патологический процесс механизмов регуляции периферического кровообращения с целью последующего использования этих данных для корректировки реабилитационных воздействий. Было показано, что при длительно существующих, свойственных ДЦП нарушениях спастического характера в двигательной сфере ИК-излучение от страдающих групп мышц снижено, а реакция их на нагрузку изменена по сравнению с реакцией здоровых мышц. Для пациентов группы ДЦП с гемипарезом (G80.2) характерно наличие термоасимметрий (ТА), связанных со стороной поражения, а для группы с диплегией (G80.1) — нарушений в виде инверсии нормального проксимально-дистального градиента (ПДГ), наиболее выраженных в дистальных сегментах конечностей. Выраженность ТА имеет индивидуальный характер, общим является снижение температуры на стороне и на уровне поражения в проекции наиболее страдающих мышечных групп. Умеренная физическая нагрузка в группах детей с ДЦП ведет к контрастированию термоаномалий

за счет нарастания ТА и ПДГ и дополнительного снижения температуры в проекции страдающих мышц.

Цель работы

Настоящая работа, продолжившая это исследование, имела целью оценку эффективности реабилитации, проводившейся в течение года в данных двух группах пациентов.

Материалы и методы

В исследование были включены 20 пациентов в возрасте от 5 до 8 лет со спастическими формами ДЦП (средний возраст $6,5 \pm 1,1$ года), преимущественно мужского пола (М = 16; Ж = 4). Диагноз был установлен в соответствии с МКБ-10. Среди пациентов у 10 детей отмечалась спастическая диплегия (G80.1), в том числе с нижним парапарезом у восьми и с верхним — у двух человек; у 10 пациентов — гемиплегическая форма (G80.2): левосторонняя — у троих, правосторонняя — у семи (табл. 1). Средний уровень двигательных нарушений у пациентов с ДЦП по Международной шкале классификации глобальных моторных функций (Global Motor Function Classification System, GMFCS) составил $1,8 \pm 0,4$ балла. Исследование проводилось на базе университетской клиники ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (ПИМУ) с 2017 по 2019 год и было одобрено локальным этическим комитетом ПИМУ (протокол № 4 от 29.03.2017).

Реабилитационные мероприятия осуществлялись на протяжении года

Таблица 2
Характеристика статуса детей в выборке до и после лечения (по стандартизированным шкалам и опросникам)

ID пациента	пол	Форма ДЦП	сторона/уровень	GMFM88 до, %	GMFM88 после, %	Эшворта, до	Эшворта, после	MACS, до	MACS, после	GMFCS, до	GMFCS, после	ВАШ, до	ВАШ, после
101	Ж	G80.2	правая	63,8	68,1	4	4	3	3	2	2	7	2
102	М	G80.2	правая	69,8	70	4	4	3	3	2	2	2	2
105	М	G80.2	правая	92,2	97,1	2	1	2	1	1	1	2	0
106	М	G80.2	левая	95	98,7	1	1	1	1	1	1	0	0
108	М	G80.2	правая	90,5	97	3	2	2	1	2	2	1	0
109	М	G80.2	правая	79	79,3	4	4	3	3	2	2	3	3
113	М	G80.2	правая	86,6	94,4	3	2	2	1	2	2	1	0
118	М	G80.2	правая	73,7	74	4	4	3	3	2	2	2	2
120	М	G80.2	левая	89,2	95,9	3	2	2	1	2	2	2	0
124	Ж	G80.2	левая	92,8	97,5	1	1	2	1	1	1	2	0
110	М	G80.1	нижние	79,7	79,7	3	3	1	1	2	2	0	0
111	М	G80.1	нижние	92,9	96,3	1	1	0	0	2	1	0	0
115	Ж	G80.1	нижние	84,4	94,2	3	2	1	1	2	2	2	0
116	М	G80.1	нижние	85,7	91,4	3	2	2	1	2	2	4	1
119	М	G80.1	верхние	89,8	91,9	3	3	1	1	2	2	0	0
122	Ж	G80.1	нижние	86,9	95,4	3	2	1	1	2	2	4	0
125	Ж	G80.1	нижние	88,2	96,4	3	2	1	1	2	1	2	0
126	М	G80.1	верхние	86,3	96,6	1	1	2	1	1	1	0	0
127	М	G80.1	нижние	82,1	81,5	4	4	0	0	2	2	2	2
128	М	G80.1	нижние	89,8	95,8	1	1	0	0	0	1	1	0

в стационарных, амбулаторных и домашних условиях. Реабилитация в условиях стационара проводилась два раза в год курсами по 14 дней. Комплекс реабилитационных мероприятий включал лечебную физкультуру, кинезотерапию, механотерапию, физио- и рефлексотерапию, массаж, занятия с логопедом и дефектологом, по мере необходимости фармакотерапию [2, 23]. Амбулаторная реабилитация предполагала проведение 2–3 курсов массажа продолжительностью 10 дней, а также ботулинотерапию. Реабилитация в домашних условиях осуществлялась путем ежедневного выполнения физических упражнений, рекомендованных врачом.

До начала реабилитационных мероприятий и спустя 12 месяцев всем пациентам, помимо общесоматического и клинично-неврологического обследования, проводили оценку с применением краткого базового набора МКФ-ДП для детей и подростков с ДЦП. Для объективизации оценочных баллов определителей использовали специализированные опросники и шкалы: шкалу классификации глобальных моторных функций (GMFCS), модифицированную шкалу спастичности Эшворта (AS), визуально-аналоговую шкалу (ВАШ), шкалу оценки глобальных моторных функций (Gross Motor Function Measure 88, GMFM-88), систему классификации мануальных способностей для детей с церебральным параличом (Manual Ability Classification System, MACS) [23].

Тепловизионное обследование пациентов проводилось с помощью тепловизора Thermo Tracer TH-9100 (NEC, Япония), спектральный диапазон 8–14 мкм (LWIR), чувствительность 0,025–0,030 °С, погрешность ±1 %, формат ИК-матрицы 320 × 240 пикселей. Программное обеспечение: Goratec Thermography Studio (GTS 5.1.1.011).

Подробное описание методики подготовки пациентов к обследованию, выбора областей интереса (Regions Of Interest, ROI), проведения функциональной пробы (30 минут контролируемой двигательной нагрузки на спастичные группы мышц в ходе биомеханических измерений), регистрации и анализа данных приведены в нашей предыдущей статье [22]. Применена разработанная нами методология динамического ИК-картирования кожных покровов [24], в части использования функциональной нагрузки ориентировались на подход, предложенный в работах [25, 26].

Обработка и статистический анализ полученных данных проведены при помощи программного обеспечения MS Excel 2010 и интегрированной среды разработки RStudio.

Тип распределения исследуемых показателей определялся тестом Шапиро-Уилка. Уровень достоверности внутригрупповых различий для показателей с непараметрическим распределением оценивался критерием Вилкоксона (w), для показателей с нормальным распределением — t-критерием Стьюдента для зависимых выборок (t). На диаграммах размаха представлены средние значения (Mean) ± стандартная ошибка (SE).

Для выявления подгрупп с улучшением и без улучшения для каждого пациента рассчитывали разность показателей ТА и ПДГ до и после лечения. Полученные данные обрабатывали алгоритмом иерархической кластеризации методом Уорда и представляли в виде дендрограмм. Та же схема применена и для абсолютных показателей ТА и ПДГ.

Результаты и обсуждение

Комплексная клиническая оценка по специализированным опросникам

и шкалам результатов года лечения явилась основанием для принятия неврологом решения об улучшении или отсутствии улучшения (табл. 2).

Для объективной инструментальной оценки результатов лечения был предпринят сравнительный анализ динамики следующих тепловизионных данных (по группам и визитам на этапах до и после лечения при значимости внутригрупповых различий $p < 0,05$): исходных показателей ТА; показателей ТА после функциональной пробы (двигательной нагрузки); исходных показателей ПДГ; показателей ПДГ после функциональной пробы.

Исходя из результатов, полученных нами на этапе до лечения, основной упор был сделан на анализ показателей ТА у группы с гемипарезом и показателей ПДГ у группы с диплегией. В то же время при диплегии, помимо нарушений ПДГ, в ряде случаев были зарегистрированы аномальные значения ТА, а при гемипарезе, кроме ТА, также и инверсия ПДГ, причем

в обеих группах признаки, характерные для другого варианта спастической формы ДЦП, начинают проявляться при более грубом поражении. В динамике при ухудшении состояния мы, действительно, зарегистрировали феномен «умножения» патологических признаков: появление в группе с диплегией признаков ТА, а в группе с гемипарезом — нарушение ПДГ.

Установленные на первом этапе маркеры каждой из двух спастических форм ДЦП служили исходной точкой отчета для анализа достигнутого за год реабилитации улучшения. Мы руководствовались собственным опытом и литературными данными [19], принимая решение об улучшении у пациентов в группе с гемипарезом в случае уменьшения ТА на дистальных сегментах конечностей менее 0,5 °С, а в группе с диплегией — при уменьшении извращенного ПДГ либо его изменении в сторону нормальных значений. Сравнение результатов лечения по данным неврологических шкал и тепловидения приведено в табл. 3.

Таблица 3
Сравнение результатов лечения, по данным неврологических шкал и тепловидения

ID пациента	Диагноз	Сторона / уровень пареза*	Улучшение (●) / без улучшения (■) / без динамики (●/■)			
			шкала Эшворта	шкала GMFCS	Решение (невролог)	Тепловидение
101	G80.2	Правая	■	■	■	■
102	G80.2	Правая	■	■	■	■
105	G80.2	Правая	●	■	●	●
106	G80.2	Левая	■	■	●	●/■
108	G80.2	Правая	●	●	●	■
109	G80.2	Правая	■	■	■	■
113	G80.2	Правая	●	■	●	●/■
118	G80.2	Правая	■	■	■	■
120	G80.2	Левая	●	■	●	●
124	G80.2	Левая	■	■	●	●/■
110	G80.1	Нижние	■	■	●	■
111	G80.1	Нижние	■	●	●	●/■
115	G80.1	Нижние	●	■	●	●
116	G80.1	Нижние	●	■	●	●/■
119	G80.1	Верхние	■	■	■	●
122	G80.1	Нижние	●	■	●	●/■
125	G80.1	Нижние	●	●	●	●/■
126	G80.1	Верхние	■	■	●	●/■
127	G80.1	Нижние	■	■	■	■
128	G80.1	Нижние	■	■	●	●/■

Примечание: * — у ребенка диагнозом «G80.1 (диплегия)» может быть спастичность и нижних конечностей, и верхних. Диагноз устанавливался по конечностям, в которых преобладала спастичность на этапе до лечения. Для тепловизионной оценки «без улучшения» означает скорее ухудшение характеристик.

Как следует из приведенных данных, по стандартизированным шкалам («решение: невролог») улучшение отмечено у 14 пациентов из 20 (6 из 10 с диагнозом G80.2, 8 из 10 — G80.1), по тепловизионным измерениям — у четырех пациентов, по двое из каждой группы. При этом у девяти пациентов тепловидение зарегистрировало показатели, сходные с первым этапом («без динамики»), в этих случаях отсутствие объективных оснований считать стабильность температурных характеристик положительной или отрицательной также может снижать клинический оптимизм. Формулировка «без динамики» является промежуточной между «лучше» и «хуже». В то же время в одном случае отмечено явное улучшение температурных характеристик при негативной клинической оценке. Полное совпадение оценки по данным шкал и тепловизионным измерениям: улучшение — в трех случаях, без улучшения — в пяти. Полное несовпадение (противоположные оценки): улучшение — в двух случаях, без улучшения — в одном. Под определением «без улучшения» в тепловизионном выражении имелись в виду не только случаи с отсутствием положительной динамики, но также и достоверное увеличение отклонений от нормы как исходных характеристик, так и способности адекватно отреагировать на нагрузку.

Расхождение между результатами клинического и тепловизионного анализа может быть объяснено применением большого количества оценочных шкал, о возможной противоречивости которых мы уже говорили [7], а также учетом не только структурно-функциональных проявлений заболевания (раздел МКФ-ДП «Функционирование»), но и субъективной оценки параметров жизнедеятельности

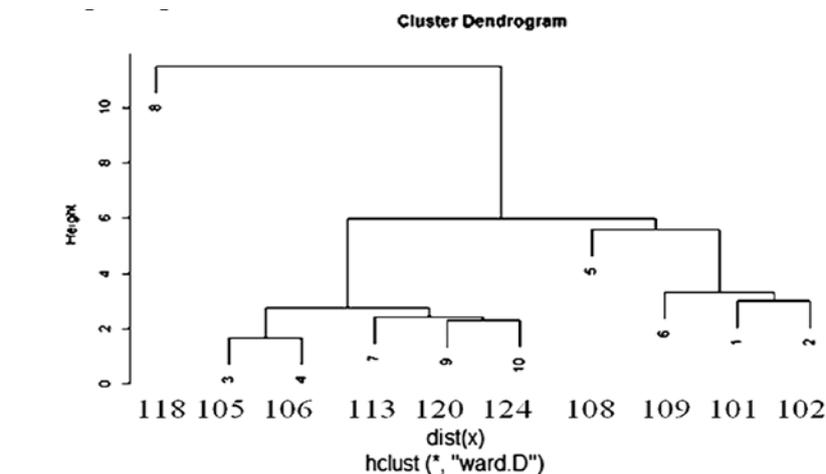


Рисунок 1. Кластерная дендрограмма внутригрупповой оценки результатов лечения по данным тепловидения для группы с гемипарезом (этап: исходно). Цифры от 1 до 10 соответствуют ID пациентов в нижней строке.

из раздела МКФ-ДП «Контекстуальные факторы». Кроме того, у двоих пациентов с диплегической формой ДЦП и у одного с гемипаретической спустя 12 месяцев от начала реабилитационных мероприятий было отмечено снижение уровня по шкале GMFCS. Как известно, у каждого ребенка с ДЦП уровень моторики по GMFCS не меняется, он один и тот же с 2 лет в течение всей жизни [2, 6, 7, 14 и др.]. Достигнутое улучшение у данных пациентов мы можем объяснить более высоким уровнем реабилитационного потенциала и комплаентности родителей, не исключена также некоторая субъективность клинической оценки исходного состояния этих детей.

Подтверждение объективности тепловизионной оценки результатов реабилитации получено в том числе применением кластерного анализа данных. На дендрограмме, построенной по данным в группе с гемипарезом (рис. 1), расположение подгрупп пациентов соответствует трем вариантам оценок в таблице результатов (с улучшением, без улучшения и без динамики). Исключение составляет лишь пациент ID-118, у которого ха-

рактеристики ТА после года лечения показали наибольшее отклонение от нормы.

Следствием недостаточного размера выборки мы считаем неудачу применения кластерного анализа в группе с диплегией. Динамика характеристик грудно-поясничного градиента (перепад температур на спине между грудным и поясничным отделами) от этапа до лечения к этапу после него в этой группе отражена в табл. 4.

Грудно-поясничный температурный градиент мы считаем менее устойчивым по сравнению с зарегистрированными нами ранее характерными для спастической диплегии нарушениями ПДГ на конечностях. Однако, как видно из табл. 4, данный признак также может коррелировать с эффектами лечения, что позволяет отследить изменения как исходных характеристик (в покое после акклиматизации), так и компенсаторных резервов. Последние, проявляясь в ответ на двигательную нагрузку, в отличие от тепловидения, вряд ли могут быть оценены с помощью традиционных оценочных шкал. Так, у пациента с ID-115 при улучшении терморегуляции в этих

Таблица 4
Грудно-поясничный градиент в группе с диплегией на этапах до и после года лечения (до и после нагрузки)

	до	после	до	после	до	после	до	после												
Диплегия P1	-0,3	-0,3	-0,5	-0,5	-0,7	-0,3	-1,3	-0,5	-0,6	-0,5	-0,7	-0,5	-0	-0,3	-0	-0,3	-0,7	-0,6	-0,5	-0,8
Диплегия P2	0,2	-0,2	-0,6	-0,5	-0,4	-1,1	-1,2	-1,1	-0,3	-0,4	-0,7	0	-0	0,1	-0	-0,2	-0,6	-0,6	-0,9	-1,2
	110	н/к	111	н/к	115	н/к	116	н/к	119	в/к	122	н/к	125	н/к	126	в/к	127	н/к	128	н/к

Примечание. Верхний ряд — исходные данные до лечения (визит P1), средний — после лечения (визит P2). Номера в прямоугольниках внизу — ID пациентов группы с диплегией с указанием уровня пареза (нижние или верхние конечности). Красным цветом выделены аномальные значения (более 0,5 °C).

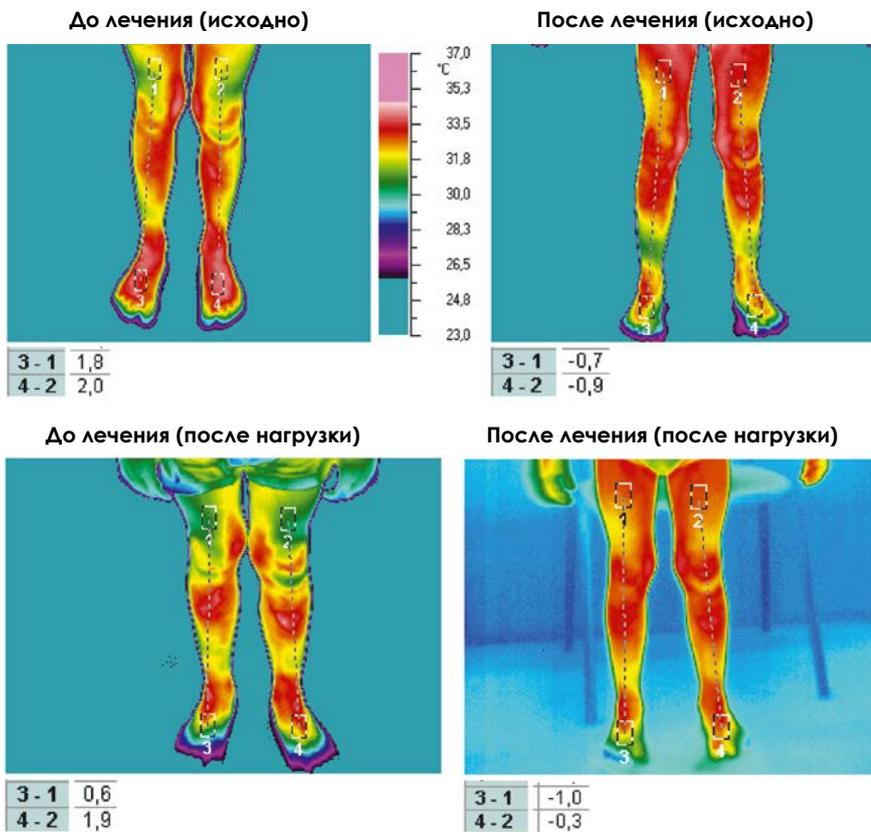


Рисунок 2. Пример снижения ПДГ после лечения (пациент 119, G80.1) — улучшение.

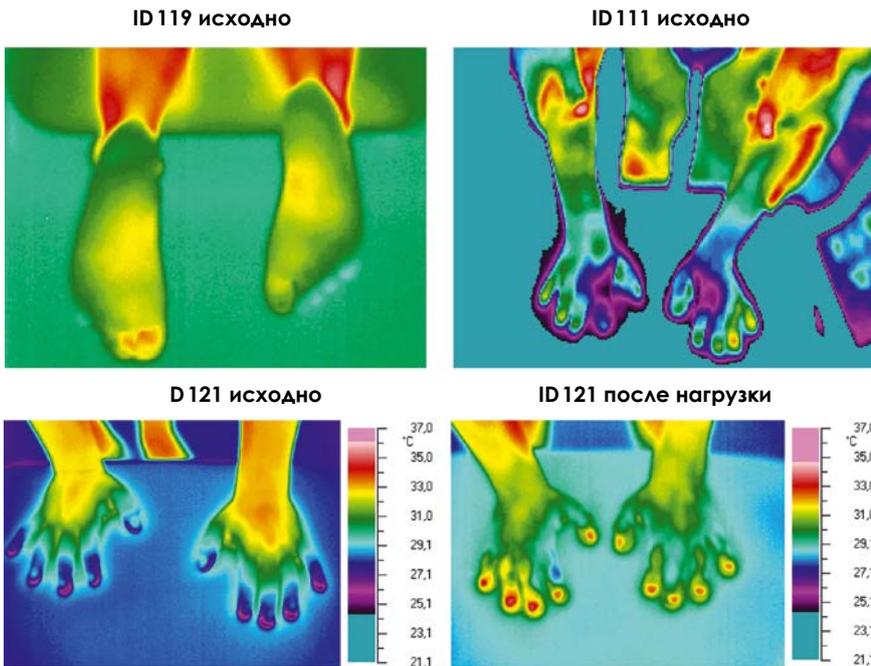


Рисунок 3. Варианты аномальных распределений температуры на пальцах конечностей: вверху — исходные, внизу — неадекватная реакция периферического кровотока на нагрузку.

регионах в покое (исходно на этапе после лечения) в ответ на нагрузку произошел срыв компенсации, проявившийся резким падением температуры в поясничном отделе, при этом ПДГ на конечностях отреаги-

ровал в целом более адекватно, чем до лечения. Заслуживает внимания факт, что два пациента с парезом верхних конечностей показали большую устойчивость температурных распределений по сравнению с восемью

пациентами с преимущественным поражением нижнего пояса конечностей.

ПДГ у пациентов с диплегией явился основным признаком, по которому в этой группе оказалось целесообразно оценивать результаты проведенного лечения (при том что в большинстве случаев можно, кроме пояса конечностей, выявить также преобладающую сторону поражения). Как известно, из-за спастичности более всего страдают проксимальные отделы конечностей (бедро, плечо) [27], что, как мы считаем, закономерно формирует картину инверсии ПДГ за счет большей ишемизации мышц в этих сегментах по сравнению с дистальными (кость, предплечье). Это в большинстве случаев подтверждали тепловизионные данные. Соответственно решение об улучшении в результате лечения в этой группе принималось нами прежде всего на основании сравнения температурных характеристик ПДГ до и после лечения (рис. 2).

В группе больных с гемипарезом полученные цифровые данные температурных распределений и динамики после нагрузки выявили закономерности, характерные для одностороннего поражения отдельных мышц и мышечных групп: чаще всего аномальные тепловизионные признаки соответствовали локализации спастических контрактур приводящих мышц бедра, икроножной и камбаловидной мышц, а на верхних конечностях — чаще двуглавой и трехглавой мышц, в меньшей степени — мышц предплечья. Кроме того, в обеих группах встречались резкое падение температуры и локальные аномальные распределения на пальцах рук и ног, свидетельствующие о неравномерном периферическом ангиоспазме. Многообразие термопаттернов дистальных отделов конечностей включало также варианты неадекватной реакции на нагрузку в виде резкого как отрицательного, так и положительного трендов температуры всех либо отдельных пальцев, перепады температуры при этом могли достигать 3–5 °С. В обеих группах пациентов встречались температурные распределения и терморезакции, характерные для феномена Рейно [28] (рис. 3).

Пример ухудшения периферической терморегуляции у больного с гемипарезом приведен на рис. 4.

Проведение внутригруппового сравнения до и после лечения выявило тенденции к изменению по ряду характеристик, однако достоверные различия на этапе до нагрузки выявлены только по двум характеристикам (табл. 5; рис. 5 А, Б) и на этапе после нагрузки — по одной характеристике (табл. 5; рис. 5 В).

Очевидная недостаточность размеров выборки, по-видимому, явилась причиной того, что достоверные различия получены для малого числа изученных характеристик, тем не менее обнаруженные тенденции дают уверенность в возможности их доказательства в последующих исследованиях. Исходя из установленных ранее закономерностей (преимущественный фокус проблем в форме ТА для группы с гемипарезом и ПДГ — для группы с диплегией) межгрупповой анализ данных на этапе после лечения мы не проводили.

Заключение

Тепловидение обладает достоинствами, позволяющими ему занять свою нишу среди методов объективизации двигательных нарушений у детей со спастическими формами ДЦП. Мы полагаем, что этот метод при существенном увеличении выборки для более тщательного анализа в перспективе может использоваться как средство валидации неврологических шкал и опросников. Конечно, тепловидение — далеко не единственный возможный подход, и, возможно, биомеханика или электромиография более пригодны

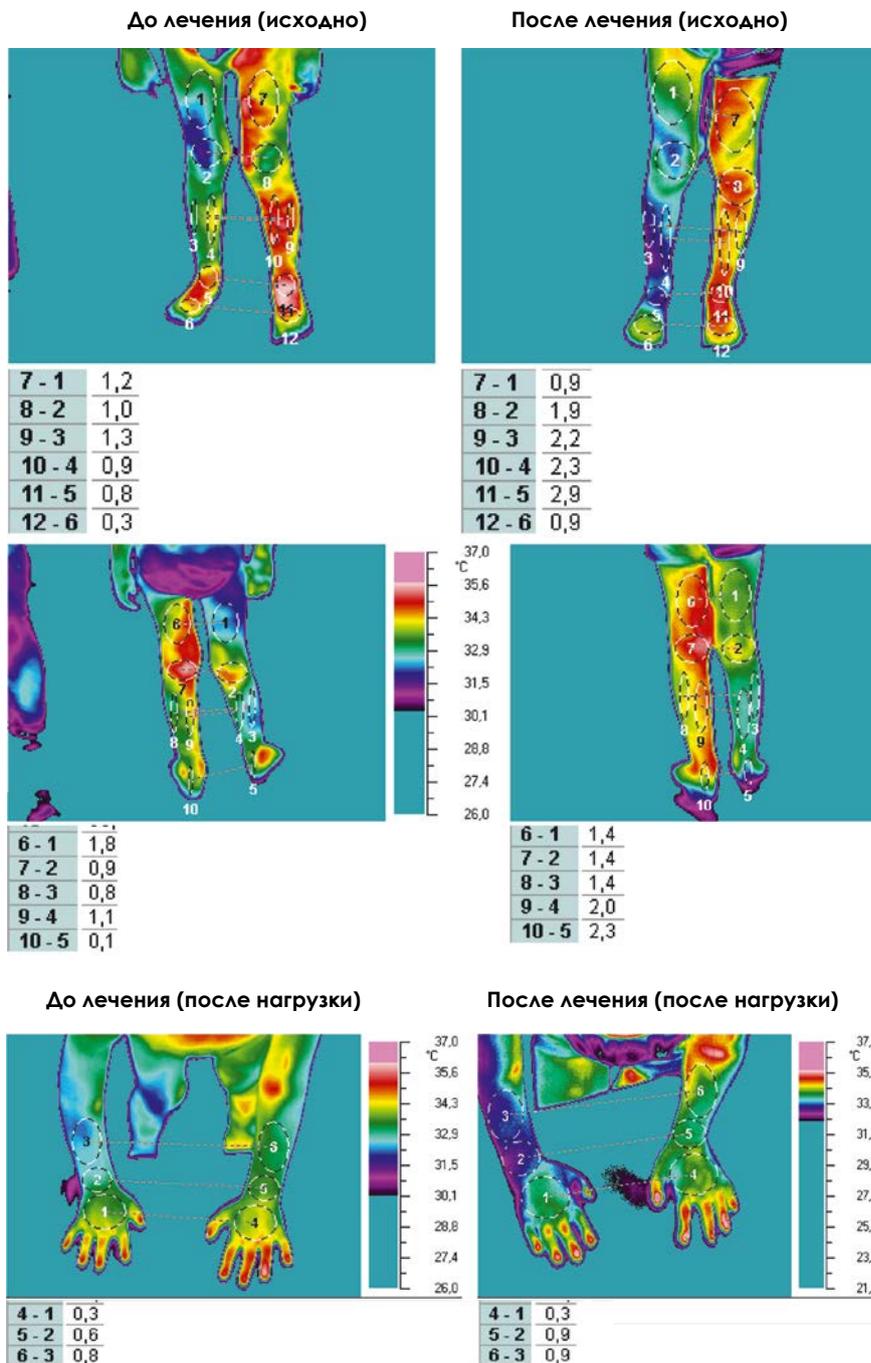


Рисунок 4. Пример увеличения ТА после лечения как исходно, так и после нагрузки (пациент 108, G80.2) — ухудшение.

Таблица 5
Достоверность внутригрупповых различий (дельты) по визитам (до и после лечения) при $p < 0,05$

Группа	Параметр	ПДГ бедро-стопа (справа/норма), до нагрузки	ПДГ бедро-стопа (слева/патология), до нагрузки	ТА лучезапястный сустав, нар. пов-сть, после нагрузки
Гемипарез	p (с начальным уровнем)	0,006 (w) *	0,064 (w)	0,044 (t) *
Диплегия	p (с начальным уровнем)	0,025 (w) *	0,032 (w) *	0,137 (t)

Примечание. Справа / слева — сторона для группы с диплегией, норма / патология — для группы с гемипарезом.

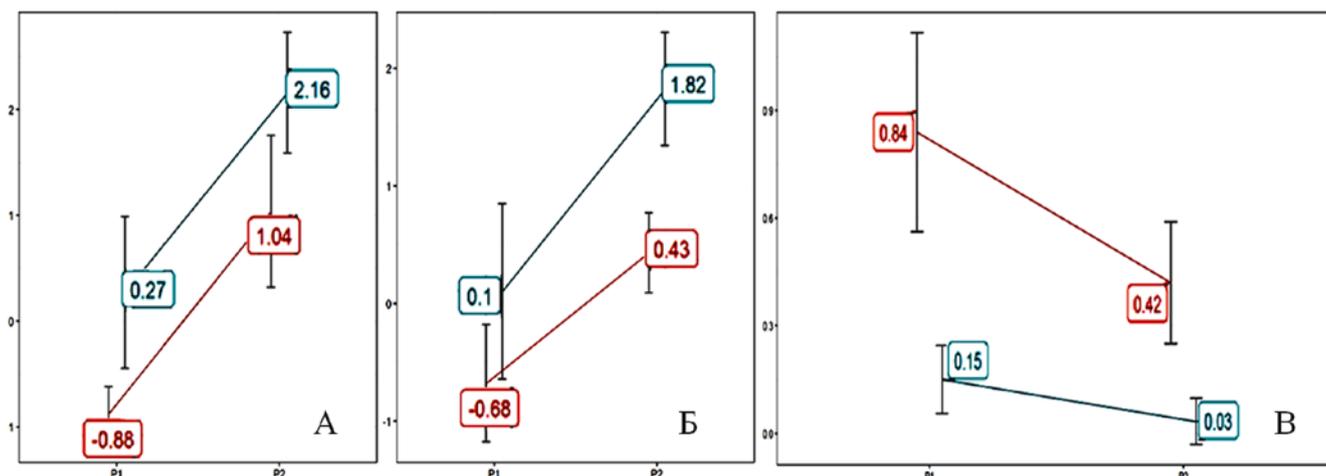


Рисунок 5. Динамика показателей (дельта — разница между этапами до и после лечения) по группам и визитам при значимости внутригрупповых различий ($p < 0,05$): А — ПАГ бедро / стопа (слева / патология) до нагрузки; Б — ПАГ бедро/стопа (справа / норма) до нагрузки; В — ТА (лучезапястный сустав, наружная поверхность) после нагрузки. Синим цветом выделены диаграммы для группы с диплегией, красным — с гемипарезом. P1 — визит до лечения, P2 — визит после года лечения.

для решения задачи поиска объективных критериев, позволяющих определить, достигнуто улучшение в ходе реабилитации или нет. Однако полученные нами данные оптимистичны в плане их использования для повышения доказательности неврологической практики, точности прогноза развития заболевания и коррекции программ комплексной реабилитации данной патологии.

Список литературы

- Rosenbaum P., Paneth N., Leviton A. et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy // *Dev Med Child Neurol Suppl.* 2007; 109 (109): 8–14. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2007.tb12610.x.
- Семенова Е. В., Ключкова Е. В., Коршикова-Морозова А. Е. и др. Реабилитация детей с ДЦП: обзор современных подходов в помощь реабилитационным центрам. М.: Лепта Книга; 2018. 584 с.
- International Classification of Functioning, Disability and Health. Geneva: World Health Organization. 2001. Режим доступа: psychiatr.ru/download/1313?view=name=CF_18.pdf.
- International Classification of Functioning, Disability and Health, Children and Youth Version. Geneva: World Health Organization, 2007. Режим доступа: apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43737/9789241547321_eng.pdf?sequence=1.
- Jeevanantham D. Application of the International Classification of Functioning, Disability and Health — Children and Youth in Children With Cerebral Palsy // *Indian Pediatr.* 2016; 53 (9): 805–810. DOI: 10.1007/s13312-016-0935-8.
- Schiariti V., Longo E., Shoshmin A. et al. Implementation of the International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF) Core Sets for Children and Youth with Cerebral Palsy: Global Initiatives Promoting Optimal Functioning // *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 1899. DOI: 10.3390/ijerph15091899.
- Батышева Т. Т., Быкова О. В., Квасова О. В. и др. Лечение и реабилитация детей со спастическими формами церебрального паралича. Методические рекомендации. М., 2016. № 26.
- Steenbeek D., Ketelaar M., Galama K., Gorter J. W. Goal attainment scaling in paediatric rehabilitation: a critical review of the literature // *Developmental Medicine & Child Neurology* 2007, 49: 550–556. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2007.00550.x.
- Архипов В. В., Батышева Т. Т., Горячев Д. В. и др. Современные методологические подходы к оценке эффективности лечения синдрома спастичности у детей с ДЦП при проведении клинико-экономического анализа // *Детская и подростковая реабилитация*, 2017, 1 (29): 24–34.
- Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при детском церебральном параличе (фаза медицинской реабилитации). Приказ Минздрава России № 349н от 16 июня 2015 года.
- Zurek G., Dudek K., Pirogowicz I. et al. Influence of mechanical hippotherapy on skin temperature responses in lower limbs in children with cerebral palsy // *Journal of Physiology and Pharmacology*. 2008; 59 (6): 819–824.
- Баранов А. А., Намзозова-Баранова Л. С., Кузнецова Л. М. и др. Клинические рекомендации. Детский церебральный паралич у детей. 2016. 26 с.
- Ammer K. *Thermological Studies in Rehabilitation and Rheumatology Using Computerized Infrared Imaging*. Thesis, University of Glamorgan 2000.
- Воловик М. Г., Долгов И. М. Современные возможности и перспективы развития медицинского тепловидения // *Медицинский алфавит*. 2018. Т. 3, № 25 (362). С. 45–51.
- Asagai Y., Imakire A., Ohshiro T. Thermographic effects of laser therapy in patients with cerebral palsy // *Laser Therapy*. 2000; 12: 12–15. DOI: 10.5978/lslm.12.12.
- Dziuba A., Dudek K., Kobel-Buys K. et al. Thermovision techniques for evaluation of the effect of hippotherapy on changes in lower limb temperature in children with cerebral palsy (CP) — a pilot study // *Fizjoterapia*. 2013; 21 (1): 21–25. doi.org/10.2478/fphysio-2013-0019.
- Karaszewski B., Carpenter T. K., Thomas R. G. R. et al. Relationships between brain and body temperature, clinical and imaging outcomes after ischemic stroke // *J Cerebral Blood Flow Metabol.* 2013; 33: 1083–1089. DOI: 10.1038/jcbfm.2013.52.
- Zanona A. de Freitas, de Souza R. F., Aidar F. J. Use of virtual rehabilitation to improve the symmetry of body temperature, balance, and functionality of patients with stroke sequelae // *Annals of Neurosciences*. April 2018; 8 pp. DOI: 10.1159/000488581.
- Blain S., Chau T., Mihailidis A. Peripheral autonomic signals as access pathways for individuals with severe disabilities: a literature appraisal // *Open Rehabil J.* 2008, 1: 27–37. DOI: 10.2174/1874943700801010027.
- Lee B.-H. Clinical usefulness of augmented reality using infrared camera based real-time feedback on gait function in cerebral palsy: a case study // *J. Phys. Ther. Sci.* 2016. 28: 1387–1391. DOI: 10.1589/jpts.28.1387.
- Lampe R., Kawelke S., Mitternacht J., Gradinger R. Thermographie: Temperaturregulation bei Patienten mit infantiler Zerebralparese // *J. für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*. 2011; 12 (2): 191–198. doi.org/10.1515/oere-2015-0005 [in German].
- Воловик М. Г., Шейко Г. Е., Кузнецов А. Н. Тепловизионные признаки спастических форм ДЦП у детей 4–7 лет: протокол и анализ данных // *Медицинский алфавит*. Сер. Неврология и психиатрия. 2019. Т. 3, № 24 (399). С. 28–38. DOI: 10.33667/2078-5631-2019-3-24 (399)-28-38.
- Белова А. Н., Шейко Г. Е., Шахмунова Н. В., Израельян Ю. А. Медицинская реабилитация при детском церебральном параличе: применение Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья детей и подростков // *Вестник восстановительной медицины*. 2019; 1: 2–9.
- Воловик М. Г. Динамическое инфракрасное картирование терморегуляторных процессов в биологических тканях. Автореф. дис. ... доктора биологических наук. Пушкино, 2016. 45 с.
- Merino E., Mannrich G., Guimarães B. et al. Implementation of integrated instrumentation in assistive technology // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, July 2018; 12 pp. DOI: 10.1007/978-3-319-60582-1_55.
- Brioschi M. L., Cherem A. J., Ruiz R. C. et al. O uso da termografia infravermelha na avaliação do retorno ao trabalho em programa de reabilitação ampliada (PRA) // *Acta Fisiatr.* 2009; 16 (2): 87–92 [in Portuguese].
- Федеральное руководство по детской неврологии (Гузев В. И., Артемьева С. Б., Авакян Г. Н. и др.). Под ред. В. И. Гузевой. М.: Специальное издательство медицинских книг, 2016. 656 с.
- Колесов С. Н. Термосемиотика различных этиопатогенетических форм синдрома Рейно // *Медицинский алфавит*. Современная функциональная диагностика. 2018; 36 (4): 49–57.

Для цитирования. Воловик М. Г., Шейко Г. Е., Кузнецов А. Н. Эффективность реабилитации детей 5–8 лет со спастическими формами ДЦП, по данным клинической оценки и тепловидения // *Медицинский алфавит*. Серия «Неврология и психиатрия». — 2019. — Т. 4. — 39 (414). — С. 14–22.

