

# Организация расширения двигательного режима пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой на основании оценки толерантности к физической нагрузке в категориях Международной классификации функционирования

Новоселова И.Н.,  
Понина И.В.,  
Мачалов В.А.,  
Валиуллина С.А.

---

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы, 119180, г. Москва, Российская Федерация

**Актуальность** организации расширения двигательного режима детей с позвоночно-спинномозговой травмой (ПСМТ) обусловлена отсутствием четких критериев, обосновывающих выбор объема, интенсивности и режима двигательной нагрузки при составлении программы комплексной реабилитации на I этапе.

**Цель** – исследовать ответ функциональных систем на пассивную работу и определить оценочные критерии к расширению физической нагрузки, применимые в общеклинической практике. На основании оценки толерантности к физической нагрузке в категориях Международной классификации функционирования (МКФ) организовать расширение двигательного режима у детей с ПСМТ на раннем этапе реабилитации.

**Материал и методы.** В исследование был включен 61 ребенок в возрасте от 8 до 18 лет с изолированной ПСМТ ниже уровня  $C_7$ , поступивший в НИИ НДХИТ в 2018–2020 гг. для проведения курса ранней реабилитации. Все пациенты участвовали в 25-дневной программе двигательной реабилитации. Перед составлением программы всем детям проводили тестирование толерантности к физической нагрузке методом эргоспирометрии. Общую физическую выносливость (b4550 по МКФ) оценивали с помощью 4-ступенчатого теста с повышением физической нагрузки, аэробный резерв (b4551) определяли при проведении кардиореспираторного тестирования на основании пикового потребления  $O_2$  (пик $VO_2$ )

и достижения анаэробного порога, утомляемость (b4552) оценивали по показателям респираторного эквивалента ( $RQ$ ) в покое и по динамике величины пик $VO_2$  при повторном тестировании.

**Результаты и обсуждение.** По результатам тестирования со ступенчатым возращением физической нагрузки все дети были разделены на 3 группы по уровню прохождения теста. Лишь 24 (39,3%) ребенка прошли 4-ступенчатый тест при первичном тестировании. На основании полученных результатов тестирования составляли индивидуальные программы двигательной реабилитации с учетом персональных возможностей пациента. При повторном проведении тестирования 54 (94%) ребенка прошли тест с 4-ступенчатым повышением нагрузки. Оценка аэробного резерва к концу курса реабилитации показала повышение пик $VO_2$  на 51%, что свидетельствует о повышении толерантности к физической нагрузке вследствие адекватно организованной программы двигательной реабилитации.

**Заключение.** Адекватно составленная программа двигательной реабилитации на основании результатов тестирования общей физической выносливости, аэробного резерва и утомляемости позволяет увеличить толерантность к физической нагрузке и грамотно организовать двигательный режим пациента с ПСМТ.

#### Ключевые слова:

позвоночно-спинномозговая травма, дети, двигательная реабилитация, толерантность к физической нагрузке, эргоспирометрия, кардиореспираторное тестирование, общая физическая выносливость, аэробный резерв, утомляемость

**Финансирование.** Данное исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов.** Концепция и дизайн, анализ полученных данных, написание текста, редактирование – Новоселова И.Н.; проведение исследования, предоставление и анализ полученных данных – Понина И.В.; проведение исследования, занятий ЛФК, анализ полученных данных – Мачалов В.А.; редактирование, утверждение окончательного варианта статьи – Валиуллина С.А.

**Для цитирования:** Новоселова И.Н., Понина И.В., Мачалов В.А., Валиуллина С.А. Организация расширения двигательного режима пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой на основании оценки толерантности к физической нагрузке в категориях Международной классификации функционирования // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ. 2021. Т. 7, № 1. С. 00–00. DOI:

Статья поступила 20.12.2020. Принята в печать 05.02.2021.

## Development of extended motor regime in patients with spinal cord injury (sci) based on the tolerance parameter to physical load in categories of the international classification of functioning ICF (international classification of functioning)

*Novoselova I.N., Ponina I.V.,  
Machalov V.A., Valiullina S.A.*

Clinical and Research Institute  
of Emergency Pediatric Surgery and Trauma,  
119180, Moscow, Russian Federation

**Background.** To organize an extended motor regime for children with spinal cord injury (SCI) is an actual task because of the lack of clear criteria justifying the choice

of volume, intensity and regime of motor loading when developing a comprehensive program for rehabilitation at Stage I.

**Aim** – to study the response of functional systems to passive work and to define assessment criteria for extended physical activity which are applicable in clinical practice. To use the defined tolerance criteria in ICF categories for extending the motor regime in children with SCI at an early rehabilitation stage.

**Material and methods.** 61 children, aged 8–18, with isolated SCI below level C<sub>5</sub> who were admitted to the Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPST) in 2018–2020 had a course of early rehabilitation. All patients were taken into a 25-day motor rehabilitation program. Before enrolling into the study, all children were tested for physical tolerance with the ergospirometry technique. A total physical tolerance (b4550 by ICF) was assessed with a four-step test having an increasing physical load; aerobic reserve (b4551) was defined by cardiorespiratory testing with O<sub>2</sub> peak consumption (peak VO<sub>2</sub>); anaerobic threshold, fatigue (b4552) were assessed at a repeated test with the respiratory equivalent (RQ) at rest and at dynamics based on VO<sub>2</sub> peak value.

**Results and discussion.** All children were divided into three groups depending on the results of their testing with stepped physical load increase. At the initial testing, only 24 (39.3%) children passed a four-step test. Given these findings and individual patient's potential, a personalized motor rehabilitation program was developed for each patient. At the repeated testing, 54 (94%) children passed the same test with a four-step load increase. Aerobic reserve at the end of rehabilitation course showed an increase of VO<sub>2</sub> peak by 51%. It clearly indicates an improved tolerance to physical loading due to a properly developed program of motor rehabilitation.

**Conclusion.** A properly developed program for motor rehabilitation which takes into account indexes of physical tolerance, aerobic reserve and fatigue can improve physical tolerance and can promote the developed of a proper program for motor regime in patients with SCI.

### Keywords:

spinal cord injury, children, motor rehabilitation, tolerance to physical loading, ergospirometry, cardiorespiratory testing, total physical tolerance, aerobic reserve, fatigue

**Funding.** The study had no sponsor support.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Contribution.** Concept and design, analysis of the data obtained, text writing, editing – Novoselova I.N.; research, provision and analysis of the data obtained – Ponina I.V.; research, exercise therapy classes, analysis of the data obtained – Machalov V.A.; editing, approval of the final version of the article – Valiullina S.A.

**For citation:** Novoselova I.N., Ponina I.V., Machalov V.A., Valiullina S.A. Development of extended motor regime in patients with spinal cord injury (sci) based on the tolerance parameter to physical load in categories of the international classification of functioning ICF (international classification of functioning). Vestnik VSHOUZ [HEALTHCARE MANAGEMENT: News, Views, Education. Bulletin of VSHOUZ]. 2021; 7 (1): 00–00. DOI: (in Russian)

**Received** 20.12.2020. **Accepted** 05.02.2021.

**Н**есмотря на большое количество публикаций по восстановлению пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой (ПСМТ), не описано четких критериев с позиций доказательной медицины, обосновывающих выбор объема, интенсивности и режима двигательной

нагрузки при составлении программы комплексной реабилитации. Пациентам с травмой спинного мозга, как взрослым, так и детям, требуются специализированная медицинская помощь и длительная реабилитация. Для детей с ПСМТ, имеющих множество специфических и уникальных особенностей, связанных с незрелостью органов и систем организма, постоянным физическим ростом и развитием, это особенно актуально [1]. Реабилитация в остром, раннем и промежуточном периодах направлена на стимуляцию и усиление нейровосстановительных процессов, максимальное спонтанное восстановление утраченных функций, профилактику вторичных осложнений и создание оптимальных условий для дальнейшего роста и развития ребенка [2].

Существующие оценочные шкалы не позволяют провести системный анализ состояния здоровья пациента [3]. Для этого разработана универсальная Международная классификация функционирования, ограничения деятельности и здоровья (МКФ), применяемая для описания не только состояния здоровья, но и реабилитационного профиля пациента с помощью набора категорий здоровья и категорий, связанных со здоровьем, позволяющая судить об эффективности реабилитации по динамике основных категорий, являющихся единицами классификации [4].

Программа двигательной реабилитации пациента с ПСМТ составляется с учетом толерантности к физической нагрузке и переносимости тренировок на каждом этапе реабилитации. По рекомендации МКФ, толерантность к физической нагрузке оценивается по трем основным категориям: b4550 – общая физическая выносливость; b4551 – аэробный резерв; b4552 – утомляемость.

Общая физическая выносливость по праву считается одним из наиболее важных двигательных качеств человека и определяется как способность организма человека преодолевать наступающее утомление. Она в значительной мере определяет общую физическую работоспособность и является основной базой развития двигательных навыков. Постепенное увеличение объема и интенсивности занятий позволяет избежать перетренированности и утомления. Критерием расширения двигательной активности пациента служит повышение его физи-

ческой работоспособности в сравнении с предшествующим уровнем, одним из инструментов оценки физической работоспособности является нагрузочное тестирование [5].

Кардиореспираторное нагрузочное тестирование, или эргоспирометрия, дает возможность одновременно оценивать функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем, одной из основных функций которых является газообмен между организмом и окружающей средой (аэробная работоспособность). Этот метод позволяет количественно оценить предел выполняемой нагрузки; определить адекватность функционирования различных составляющих в единстве легочного и клеточного газообмена. Исходя из того что любая физическая нагрузка требует адекватной реакции дыхательной и сердечно-сосудистой систем для поддержания метаболического ответа, необходимого для выполнения нагрузки, измерение газообмена является основополагающим фактором для понимания механизмов, лимитирующих работоспособность. [6, 7]. Аэробный резерв или пиковое поглощение кислорода ( $\text{пикVO}_2$ ) является маркером доставки и утилизации кислорода в организме. Анализ изменений этих показателей позволяет определить общую физическую работоспособность, аэробную и анаэробную производительность организма, анаэробный порог и другие параметры, позволяющие прогнозировать долгосрочную функциональную активность и разрабатывать рекомендации по коррекции тренировочных нагрузок. Частота сердечных сокращений (ЧСС) и потребление кислорода возрастают линейно по отношению к потребностям физической работы. Кроме того, отношение производства  $\text{CO}_2$  к потреблению  $\text{O}_2$  – коэффициент дыхательного обмена ( $RQ$ ) превышает 1,0 при увеличении интенсивности работы и значительном увеличении энергии, получаемой в результате анаэробного метаболизма. При максимальной работоспособности  $\text{VO}_2$  достигает плато, а  $RQ$  принимает значения выше 1,1 – это и является косвенным показателем достижения максимальных аэробных возможностей испытуемого. У здоровых людей при увеличении физической нагрузки частота сердечных сокращений (ЧСС) увеличивается вследствие активации симпатической нервной системы и выброса адреналина и норадреналина.

Это приводит к увеличению ударного объема и сердечного выброса. У пациентов с ПСМТ выше  $Th_{1-4}$  вследствие нарушения симпатической иннервации возникают аритмии [8], поэтому достоверной корреляционной зависимости между увеличением ЧСС и достижением анаэробного порога у пациентов с ПСМТ не обнаружено, единственным методом определения порога анаэробного обмена (ПАНО) у них является кардиореспираторное нагрузочное тестирование [9–11].

Утомление – процесс временного снижения функциональных возможностей организма под влиянием интенсивной или длительной работы, проявляющийся ухудшением количественных и качественных показателей этой работы (снижением работоспособности), дискоординацией физиологических функций. Обычно утомление сопровождается ощущением усталости и характеризуется уменьшением силы и выносливости мышц, нарушением координации движений, увеличением энергозатрат для выполнения одной и той же работы, нарушением памяти, скорости переработки информации, сосредоточения и т.д. [12, 13].

В литературе встречаются единичные сообщения об исследованиях, посвященных проблеме своевременного выявления признаков перетренированности и утомления в детском возрасте, поскольку достаточно сложно оценить первые проявления этого состояния у ребенка [14]. Кардиореспираторное тестирование с определением пик $VO_2$  в динамике и дыхательного коэффициента позволяет своевременно выявить признаки формирования усталости [15].

Адекватная оценка острых реакций на физическую нагрузку и долгосрочных адаптаций к ней является ключом к пониманию того, какой эффект на общее состояние здоровья (положительный или отрицательный) будет иметь физическое вме-

шательство. «Золотым стандартом» для измерения физической подготовленности пациента является измерение пик $VO_2$  во время теста с максимальной нагрузкой в динамике. Уменьшение показателей пик $VO_2$  при повторном тестировании служит маркером снижения толерантности к физической нагрузке и, как следствие, показателем формирования синдрома усталости и перетренированности. Кроме того, для проведения кардиореспираторного тестирования требуются дорогостоящее оборудование и высококвалифицированный персонал, что не всегда доступно в современных условиях.

**Цель** – исследовать ответ функциональных систем на пассивную работу и определить оценочные критерии к расширению физической нагрузки, применяемые в общеклинической практике. На основании оценки толерантности к физической нагрузке в категориях МКФ организовать расширение двигательного режима у детей с ПСМТ на раннем этапе реабилитации.

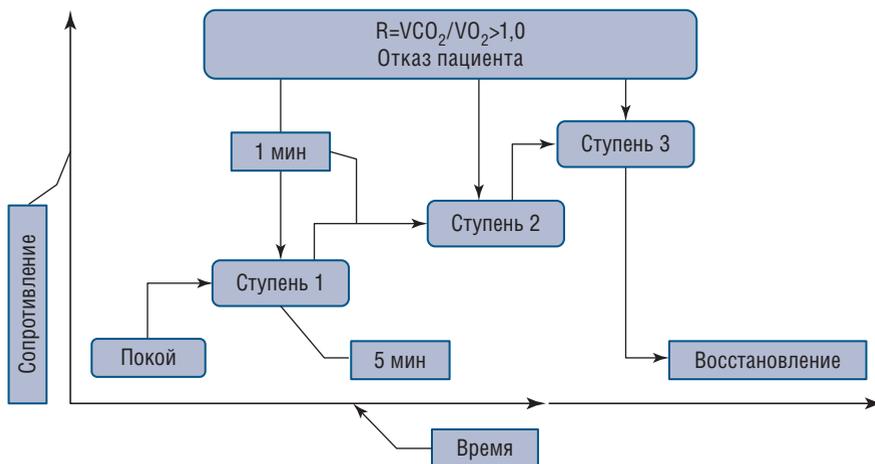
## Материал и методы

В исследование был включен 61 ребенок в возрасте от 8 до 18 лет с изолированной ПСМТ ниже уровня  $C_7$ , поступивший в НИИ НДХ и Т в 2018–2020 гг. для проведения курса ранней реабилитации: 35 (57,4%) мальчиков и 26 (42,6%) девочек. Уровень и тяжесть поражения спинного мозга оценивал врач невролог-реабилитолог по шкале ASIA «Стандарт неврологической классификации травмы спинного мозга Американской ассоциации спинальной травмы» [16] (табл. 1).

Все пациенты участвовали в 25-дневной программе двигательной реабилитации. Исследование толерантности к физической нагрузке проводили дважды: перед назначением реабилитационных

**Таблица 1.** Характеристика пациентов по тяжести поражения спинного мозга (ASIA) и двигательному дефициту

Двигательный дефицит	Тяжесть поражения спинного мозга								Всего детей	
	А		В		С		D			
Тетраплегия (-парез)	12	19,7%	9	14,7%					21	34,4%
Параплегия (-парез)	23	37,7%	12	19,7%	3	4,9%	2	3,3%	40	65,6%
<b>Всего</b>	35	57,4%	21	34,4%	3	4,9%	2	3,3%	61	100%



**Рис. 1.** Тестирование общей физической выносливости

мероприятий и перед выпиской пациента через 23 дня под контролем кардиореспираторного тестирования с использованием газоанализатора «Quark RMR CPET». В исследовании оценивали величину пик $VO_2$  в миллилитрах на килограмм в минуту и дыхательный коэффициент ( $RQ$ ), ЧСС в покое, при достижении пик $VO_2$  и на фоне ступенчатого повышения нагрузки. Учитывая разный возраст пациентов, массу тела и физическую подготовку, для объективного анализа полученных данных мы использовали показатели потребления кислорода в миллилитрах на килограмм в минуту. Перед каждым исследованием, согласно инструкции производителя, проводили калибровку модуля.

Перед тестированием пациентов просили воздержаться от еды и питья чая или кофе в течение не менее 2 ч до исследования. Обязательным условием начала теста было опорожнение мочевого пузыря во избежание boosting-синдрома (от англ. *boosting* – повышение давления, стимулирование).

Тестирование общей физической выносливости проводилось с помощью теста с 4-ступенчатым увеличением нагрузки с использованием отягощения [5, 11]. Для проведения тестирования предлагались упражнения на верхние конечности: «на счет раз – согнуть руки в локтевых суставах ладонями к плечам, на счет два – разогнуть руки в локтевых и плечевых суставах перед грудью, на счет три – согнуть руки в плечевых и локтевых суставах ладонями к плечам, на счет четыре – разогнуть руки

в локтевых суставах и вернуться в исходное положение». Пациенту давалась словесная инструкция выбрать для себя комфортный темп выполнения упражнения. Во время выполнения первой ступени использовали утяжелители массой 0,5 кг, закрепленные на запястьях ребенка, затем каждую ступень отягощение увеличивали на 0,5 кг, вплоть до 2 кг на четвертой ступени. Выполнение каждой ступени нагрузочного тестирования длилось 4 мин, отдых между ступенями составлял 1 мин (рис. 1). Условием прекращения тестирования являлось достижение анаэробного порога (дыхательный коэффициент  $RQ = VCO_2/VO_2 > 1,1$ ) и/или депрессия ЧСС при увеличении нагрузки либо отказ пациента от дальнейшей работы.

Определение аэробного резерва проводилось на основании определения пик $VO_2$ . Пациенту предлагалось упражнение «сгибание и разгибание верхних конечностей в плечевых суставах» с максимально возможной для него скоростью (рис. 2) до достижения ПАНО или отказа пациента, во время проведения теста параллельно фиксировали изменения ЧСС.

Условием прекращения тестирования являлось достижение анаэробного порога (дыхательный коэффициент  $RQ = VCO_2/VO_2 > 1,1$ ) или отказ пациента от дальнейшей работы. На основании полученных данных во время тестирования (пик $VO_2$  и времени достижения анаэробного порога) рассчитывались режимы работы и отдыха.

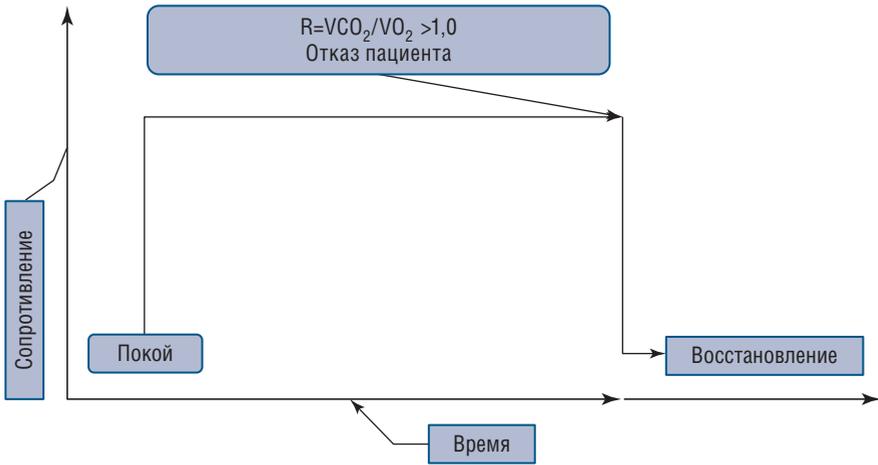


Рис. 2. Определение аэробного резерва

Маркерами утомления или перетренированности являлись снижение величины пик $VO_2$  в повторных тестах и/или  $RQ > 1,1$  при тестировании в покое.

Исследование реакции функциональных систем на пассивную работу проводили с помощью механотренажера Moto-med со ступенчатым увеличением электромотором скорости движения педалей на 5 оборотов в минуту каждые 2,5 мин в течение 10 мин в исходном положении лежа на спине (рис. 3).

Статистическую обработку данных проводили с помощью компьютерной программы Statistica v.6.0 Stat.Soft.Inc. Использовали вычислительные и графические возможности редактора электронных таблиц Excel. Данные проверяли на соответствие нормальному закону распределения с помощью тестов Лиллиефорса и Шапиро–Уилкса. Применяли дисперсионный анализ,  $t$ -критерий Стьюдента, непараметрические тесты: критерий знаков и парный тест Вилкоксона. При всех видах статистического анализа различия считались до-

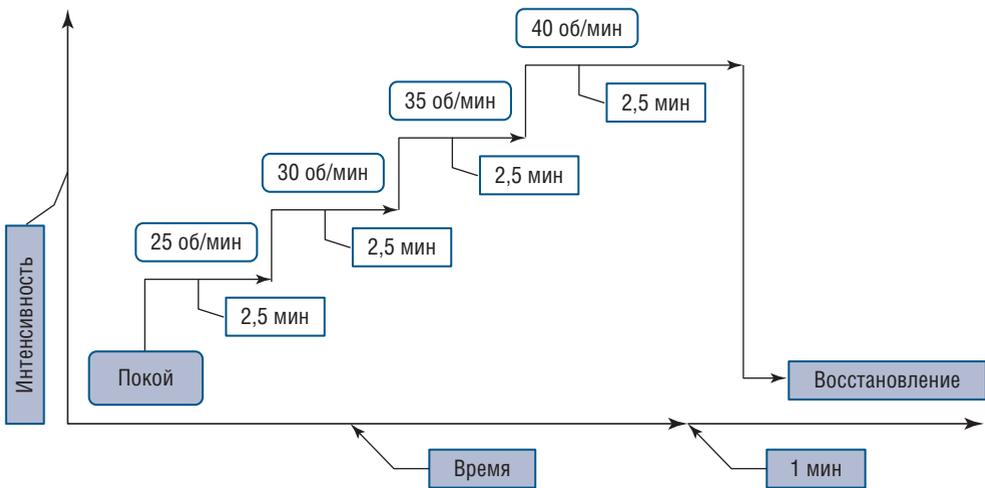


Рис. 3. Диаграмма тестирования пассивной нагрузки

**Таблица 2.** Разделение детей на группы по уровню прохождения ступенчатого теста

Группа	Количество пациентов	Увеличение частоты сердечных сокращений, %	Пик $VO_2$
I	24	24,9±13,27	9,43±2,82
II	14	17±7,75	8±1,35
III	19	27,25±13,33	9,5±3,01

стоверными на уровне значимости  $p < 0,05$ . Данные представлены в виде средних значений  $\pm$  стандартное отклонение.

## Результаты и обсуждение

Из 61 пациента, принятого в исследование, 2 ребенка отказались от проведения теста с увеличением физической нагрузки. У 2 других пациентов при тестировании в покое определен  $RQ > 1,1$ , что, на наш взгляд, считается маркером утомления, программа двигательной реабилитации у этих детей на 80% состоял из пассивной нагрузки.

При оценке результатов тестирования общей выносливости оставшиеся 57 детей были разделены на 3 группы в зависимости от уровня прохождения 4-ступенчатого теста (табл. 2).

В I группе 24 (39,3%) ребенка прошли 4-ступенчатое увеличение нагрузки без достижения анаэробного порога. У всех детей отмечалось увеличение ЧСС на  $24,9 \pm 13,27\%$  от величины в покое на 1-й минуте со снижением впоследствии до значений покоя при прохождении каждой из 4 ступеней. Дыхательный коэффициент ( $RQ$ ) не превышал значений  $0,8 \pm 0,033$ . Во II группе 14 (22,9%) детей прошли 3 ступени тестирования с ростом ЧСС на  $17 \pm 7,75\%$  на каждой ступени. При увеличении отягощения на 4-й ступени отмечалось  $RQ > 1,1$ . У 19 пациентов III группы (31,1%) уже при прохождении 2-й ступени тестирования отмечалось  $RQ > 1,1$ . При тестировании на 1-й ступени также регистрировалось компенсаторное увеличение ЧСС на  $27,25 \pm 13,33\%$ . У 1-го ребенка при прохождении второй ступени отмечалось снижение ЧСС на 10%, что расценено нами как истощение компенсаторных возможностей.

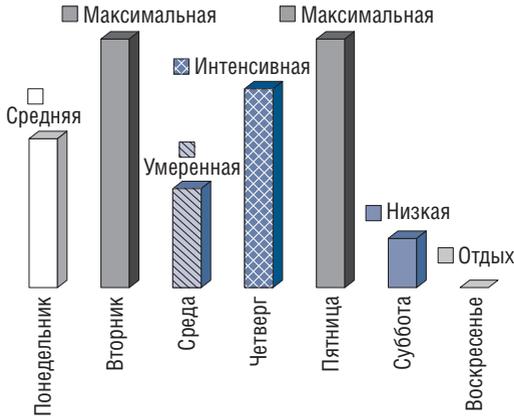
При тестировании пассивной нагрузки с применением механотренажеров с электродвигателем достоверного увеличения потребления кис-

лорода не отмечалось,  $VO_2$  в покое составляло  $4,52 \pm 0,66$  мл/кг в минуту, а на фоне пассивной нагрузки –  $5,27 \pm 1,32$  мл/кг в минуту. Это свидетельствует о неравнозначности пассивной и активной нагрузок, что позволило нам использовать пассивную нагрузку у пациентов с утомлением как составляющую активного отдыха.

Структура отдельных занятий зависит от чередования применяемых средств и методов лечебной физической культуры, а также предусматривает использование определенных объемов и интенсивности физических нагрузок. Тестирование, проводимое в начале курса, определяет адаптационный потенциал пациента и дает возможность регулировать периоды работы и отдыха как внутри одного упражнения, так и в течение всего занятия с учетом энергообеспечения движения. Учитывая полученные данные тестирования, мы смогли определить необходимую и достаточную долю активной и пассивной нагрузки как в течение занятия, так и в течение дня и недели. Исходя из полученных данных составлялся план тренировочных занятий на неделю, имеющих одно- или двухвершинный цикл нагрузки в соответствии с реабилитационными возможностями ребенка.

Пациентам I группы, прошедшим 4-ступенчатый тест увеличения нагрузки без достижения анаэробного порога, выстраивался двухвершинный тип недельной физической нагрузки – с 2 днями максимальной нагрузки, умеренно-интенсивной в середине недели, средней в начале недели и низкой в конце (рис. 4).

Пациентам II группы, освоившим 3 ступени нагрузочного тестирования, выстраивался одновершинный тип недельной нагрузки – с постепенным повышением и снижением нагрузки на протяжении каждого отдельно взятого недельного цикла с 1 максимумом в середине недели и отдыхом (рис. 5).



**Рис. 4.** Двухвершинное распределение недельной нагрузки



**Рис. 5.** Одновершинное распределение недельной нагрузки

Пациентам III группы выстраивалась программа двигательной реабилитации с максимально возможным преобладанием пассивной нагрузки над активной (примерно 80 к 20%).

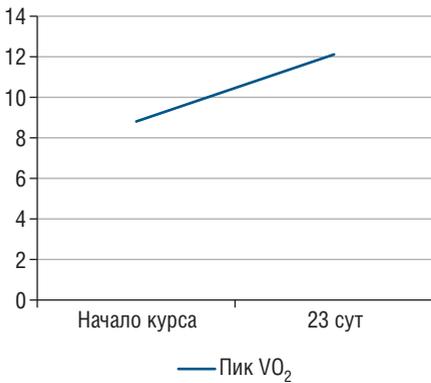
По мере роста функциональных возможностей пациента изменялась моторная плотность занятий за счет увеличения активной работы. Количество и качество исходных положений изменилось в сторону увеличения активного сопротивления гравитации, уменьшения площади опоры, пострурального контроля (сидя, коленно-ладонная стойка, стойка на коленях у опоры, стоя в коленном упоре с самостоятельным удержанием корпуса). Пассивная

часть представляла собой сенсомоторную стимуляцию на роботизированных комплексах с биологической обратной связью (Locomat, Pablo, Amadeo) и CPN тренировку с помощью прикроватного тренажера с электродвигателем 30 мин 2 раза в день, утром и вечером.

При повторном проведении ступенчатого теста на 23-е сутки 54 пациента прошли 4 ступени без достижения ПАНО, что подтверждает адекватность составления программы реабилитации. 3 ребенка отказались от повторного тестирования.

При исследовании аэробного резерва на 23-е сутки среднее значение пик $VO_2$  возросло до  $12,11 \pm 1,34$  мл/кг в минуту (51%;  $p < 0,0013$ ), что было расценено нами как увеличение толерантности к физической нагрузке вследствие проведенных реабилитационных мероприятий (рис. 6).

При обработке результатов исследования мы не получили достоверной зависимости между изменением ЧСС и достижением ПАНО у наших пациентов, из чего было сделано заключение о том, что показатели ЧСС не могут служить маркерами достижения ПАНО (аэробного резерва) у пациентов с ПСМТ.



**Рис. 6.** Динамика показателей пик $VO_2$  после проведения курса реабилитации

## Выводы

1. На сегодняшний день кардиореспираторное нагрузочное тестирование остается единственным достоверным методом для определения аэробного резерва у детей с ПСМТ.

2. При тестировании общей физической выносливости с помощью тестов с постепенно возрастающей нагрузкой компенсаторное увеличение ЧСС более чем на 10% может служить маркером адекватной переносимости нагрузки и быть использовано как оценочный критерий к расширению физической нагрузки в общеклинической практике.

3. Пассивная работа не является эквивалентом активной, может быть рекомендована в качестве

активного отдыха и широко применяться у пациентов с признаками утомления.

4. Адекватно составленная программа двигательной реабилитации на основании результатов тестирования общей физической выносливости, аэробного резерва и утомляемости позволяет увеличить толерантность к физической нагрузке и расширить двигательный режим пациента с ПСМТ.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Новоселова Ирина Наумовна (Irina N. Novoselova)** – кандидат медицинских наук, врач-невролог, врач ЛФК, заведующая отделением физической реабилитации ГБУЗ НИИ НДХиТ ДЗМ, Москва, Российская Федерация

E-mail: i.n.novoselova@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-2258-2913>

**Понина Ирина Витальевна (Irina V. Ponina)** – врач-педиатр отдела реабилитации ГБУЗ НИИ НДХиТ ДЗМ, Москва, Российская Федерация

E-mail: ponina.irina@mail.ru

<http://orcid.org/.0000-0002-0060-7895>

**Мачалов Владислав Алексеевич (Vlagislav A. Machalov)** – инструктор-методист ЛФК, научный сотрудник отделения двигательной реабилитации ГБУЗ НИИ НДХиТ ДЗМ, Москва, Российская Федерация

E-mail: vmachalov@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-4680-2044>

**Валиуллина Светлана Альбертовна (Svetlana A. Valiullina)** – доктор медицинских наук, профессор, первый заместитель директора, руководитель отдела реабилитации ГБУЗ НИИ НДХиТ ДЗМ, главный внештатный детский специалист ДЗМ по реабилитации и санаторно-курортному лечению, Москва, Российская Федерация

E-mail: vsa64@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1622-0169>

## ЛИТЕРАТУРА

1. The management of children with spinal cord injuries. Advice for major trauma network and SCI center on the development of joint protocols. Approved by CR Gin Spinal Cord Injuries 26 June 2014.

2. Mazwi N.L., Adeletti K., Hirschberg R.E. Traumatic spinal cord injury: recovery, rehabilitation, and prognosis // *Curr. Trauma Rep.* 2015. Vol. 1. P. 182–192. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40719-015-0023-x>

3. Иванова Г.Е., Мельникова Е.В., Шамалов Н.А., Бодрова Р.А., Шмонин А.А., Суворов А.Ю. и др. Использование МКФ и оценочных шкал в медицинской реабилитации // *Вестник восстановительной медицины.* 2018. № 3. С. 14–20.

4. Бодрова Р.А., Аухадеев Э.И., Тихонов И.В. Опыт применения международной классификации функционирования в оценке эффективности реабилитации пациентов с последствиями поражения ЦНС // *Практическая медицина.* 2013. № 1 (66). С. 98–100.

5. Понина И.В., Новоселова И.Н., Валиуллина С.А., Мачалов В.А., Лукьянов В.И. Персонализированный подход к составлению программы ранней двигательной реабилитации детей с позвоночно-спинномозговой травмой с учетом толерантности к физической нагрузке // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2019. Т. 96, № 4. С. 25–35. DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort20199604125>

6. Никитина Л.Ю., Петровский Ф.И., Соодаева С.К. Параметры эргоспирометрии при бронхоспазме физической нагрузки, взаимосвязь показателей кардиореспираторного тестирования с фракцией NO в выдыхаемом воздухе у лыжников и биатлонистов // *Фундаментальные исследования.* 2004. № 10 (ч. 8). С. 1540–1545.

7. Preisser A.M., Velasco Garrido M., Bittner C., Hangel E., Harth V. Gradual versus continuous increase of load in ergometric tests: are the results comparable? // *Adv. Exp. Med. Biol.* 2015. Vol. 840. P. 51–58. DOI: [https://doi.org/10.1007/5584\\_2014\\_15](https://doi.org/10.1007/5584_2014_15)

8. Bizzarini E., Saccavini M., Lipanje F., Magrin P., Malisan C., Zampa A. Exercise prescription in subjects with spinal cord injuries // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2005. Vol. 86. P. 1170–1175.

9. Chin L.M.K., Chan L., Woolstenhulme J.G., Christensen E.J., Shenouda C.N., Keyser R.E. Improved cardiorespiratory fitness with aerobic exercise training in individuals with traumatic brain injury // *J. Head Trauma Rehabil.* Author manuscript; available in PMC 2016 Nov 1.

10. Published in final edited form as: *J. Head Trauma Rehabil.* 2015. Vol. 30, N 6. P. 382–390. DOI: <https://doi.org/10.1097/HTR.000000000000062> PMID: PMC4685937 NIHMSID: NIHMS742768

11. Новоселова И.Н., Понина И.В., Валиуллина С.А., Мачалов В.А., Лукьянов В.И. Оценка толерантности к физической

нагрузке методом эргоспирометрии на этапе ранней реабилитации у детей с позвоночно-спинномозговой травмой // Вестник восстановительной медицины. 2018. № 2. С. 73–80.

12. Young P., Finn B.C., Bruetman J. et al. The chronic asthenia syndrome: a clinical approach // *Medicina (B. Aires)*. 2010. Vol. 70, N 3. P. 284–292.

13. Арансон М.В., Озолин Э.С., Шустин Б.Н. Методические рекомендации по исключению риска перенапряжения, перетренировки и получения травм в ходе подготовки московских спортсменов из спортивного резерва. Москва : ФГУ ФНЦ ВНИИФК, 2015. 32 с.

14. Pedersen E.S.L., Ardura-Garcia C., de Jong C.C.M. et al. Diagnosis in children with exercise-induced respiratory symptoms: a multi-centre study // medRxiv. 2020. Jan 16. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.01.10.20016956>

15. Бадтиева В.А., Павлов В.И., Шарыкин А.С., Хохлова М.Н., Пачина А.В., Выборнов В.Д. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками // Российский кардиологический журнал. 2018. Т. 23, № 6. С 180–190. DOI: <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-180-190>

16. Белова А.Н., Прокопенко С.В. Нейрореабилитация. Москва, 2010. С. 823–924.

## REFERENCES

1. The management of children with spinal cord injuries. Advice for major trauma network sand SCI center son the development of joint protocols. Approved by CR Gin Spinal Cord Injuries 26 June 2014.

2. Mazwi N.L., Adeletti K., Hirschberg R.E. Traumatic spinal cord injury: recovery, rehabilitation, and prognosis. *Curr Trauma Rep.* 2015; 1: 182–92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40719-015-0023-x>

3. Ivanova G.E., Mel'nikova E.V., Shamalov N.A., Bodrova R.A., Shmonin A.A., Suvorov A.Yu., et al. Use of ICF and rating scales in medical rehabilitation. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* [Bulletin of Restorative Medicine]. 2018; (3): 14–20. (in Russian)

4. Bodrova R.A., Aukhadeev E'.I., Tixonov I.V. The experience of using the international classification of functioning in assessing the effectiveness of rehabilitation of patients with the consequences of CNS damage. *Prakticheskaya meditsina* [Practical Medicine]. 2013; 1 (66): 98–100. (in Russian)

5. Ponina I.V., Novosyolova I.N., Valiullina S.A., Machalov V.A., Luk'yanov V.I. Personalized approach to the development of an early motor rehabilitation program for children with spinal cord injury, taking into account exercise tolerance. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury* [Problems of Balneology, Physiotherapy and Therapeutic Physical Culture]. 2019; 96 (4): 25–35. DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort20199604125> (in Russian)

6. Nikitina L.Yu., Petrovsky F.I., Soodaeva S.K. Parameters of ergospirometry in case of bronchospasm of physical activity, the relationship of cardiorespiratory testing indicators with the fraction of NO in the exhaled air in skiers and biathletes. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Researches]. 2004; 10 (pt 8): 1540–5. (in Russian)

7. Preisser A.M., Velasco Garrido M., Bittner C., Hampel E., Harth V. Gradual versus continuous increase of load in ergometric tests: are the results comparable? *Adv Exp Med Biol.* 2015; 840: 51–8. DOI: [https://doi.org/10.1007/5584\\_2014\\_15](https://doi.org/10.1007/5584_2014_15)

8. Bizzarini E., Saccavini M., Lipanje F., Magrin P., Malisan C., Zampa A. Exercise prescription in subjects with spinal cord injuries. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005; 86: 1170–5.

9. Chin L.M.K., Chan L., Woolstenhulme J.G., Christensen E.J., Shenouda C.N., Keyser R.E. Improved cardiorespiratory fitness with aerobic exercise training in individuals with traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil.* Author manuscript; available in PMC 2016 Nov 1.

10. Published in final edited form as: *J Head Trauma Rehabil.* 2015; 30 (6): 382–90. DOI: <https://doi.org/10.1097/HTR.000000000000062> PMID: PMC4685937 NIHMSID: NIHMS742768 PMID: 24901330.

11. Novosyolova I.N., Ponina I.V., Valiullina S.A., Machalov V.A., Luk'yanov V.I. Assessment of exercise tolerance by ergospirometry at the stage of early rehabilitation in children with spinal cord injury. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* [Bulletin of Restorative Medicine]. 2018; (2): 73–80. (in Russian)

12. Young P., Finn B.C., Bruetman J., et al. The chronic asthenia syndrome: a clinical approach. *Medicina (B Aires)*. 2010; 70 (3): 284–92.

13. Aranson M.V., Ozolin E.S., Shustin B.N. Methodological recommendations for eliminating the risk of overstrain, overtraining and injury in the course of training Moscow athletes from the sports reserve. Moscow: FGBU FNTs VNIIFK, 2015: 32 p. (in Russian)

14. Pedersen E.S.L., Ardura-Garcia C., de Jong C.C.M., et al. Diagnosis in children with exercise-induced respiratory symptoms: a multi-centre study. medRxiv. 2020; Jan 16. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.01.10.20016956>

15. Badiyeva V.A., Pavlov V.I., Sharykin A.S., Khokhlova M.N., Pachina A.V., Vybornov V.D. Overtraining syndrome as a functional disorder of the cardiovascular system due to exercise. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Cardiology]. 2018; 23 (6): 180–90. DOI: <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-180-190> (in Russian)

16. Belova A.N., Prokopenko S.V. Neurorehabilitation. Moscow, 2010: 823–924. (in Russian)