

ОЦЕНКА ТОЛЕРАНТНОСТИ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ МЕТОДОМ ЭРГОСПИРОМЕТРИИ НА ЭТАПЕ РАННЕЙ РЕАБИЛИТАЦИИ У ДЕТЕЙ С ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМОЙ

УДК 616.832-001.31

Новосёлова И.Н., Понина И.В., Валиуллина С.А., Мачалов В.А., Лукьянов В.И.

ГБУЗ НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии, Москва, Россия

EVALUATING PHYSICAL EXERCISE TOLERANCE USING ERGOSPIROMETRY AT THE EARLY REHABILITATION STAGE FOR CHILDREN WITH SPINAL CORD INJURY

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

Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPST), Moscow, Russia

Введение

Актуальность реабилитации детей с позвоночно-спинномозговой травмой (ПСМТ) обусловлена неуклонным ростом количества пациентов этой группы.

В России количество взрослых инвалидов с последствиями ПСМТ ежегодно увеличивается на 7 – 8 тысяч человек [1], при этом 61% пациентов с ПСМТ группа инвалидности остается неизменной, у 24% отмечается частичное восстановление, а у 15% – ухудшение состояния [2].

Позвоночно-спинномозговая травма у детей встречается гораздо реже, чем у взрослых, но их реабилитация сложнее вследствие возрастных особенностей. Эпидемиологические исследования позвоночно-спинномозговой травмы у детей в России не проводились. Однако, по данным НИИ неотложной детской хирургии и травматологии повреждения позвоночника у детей составляют от 1,5% до 3% всех повреждений опорно-двигательного аппарата. Травма спинного мозга и его корешков встречается в 4 – 14 % от всех травм позвоночника у детей [3].

ПСМТ – сложный комплекс структурно-функциональных изменений центральной и периферической нервной системы, запускающий каскад морфологических изменений мышечной ткани в виде атрофии волокон I и II типа скелетных мышц, потери контрактных белков и уменьшения окислительной ферментативной активности. Это в свою очередь приводит к развитию гипотрофии, а затем атрофии мышц, и, как следствие, снижению мышечной силы и выносливости [4]. При обследовании через 6 недель после травмы у 18–44% взрослых пострадавших выявлено снижение площади поперечного сечения мышц ниже уровня поражения [5].

Гипостатическое положение ребенка после травмы усугубляет имеющиеся функциональные изменения со стороны всех органов и систем, способствует развитию метаболических нарушений: мышечной гипотрофии, ожирению, остеопорозу с угрозой возникновения впоследствии патологических переломов.

Все это приводит к снижению толерантности к физической нагрузке, степень которой напрямую коррелирует с тяжестью течения основного заболевания.

В последнее десятилетие многие исследователи пришли к мнению, что начинать реабилитационные мероприятия нужно как можно раньше, лучше сразу после стабилизации витальных функций пациента, в целях предотвращения развития феномена «non-use» (неиспользования), который наряду с проявлениями самой травмы является дополнительной причиной развития как функциональных, так и (со временем) органических нарушений [6, 7].

Таким образом, существует ограниченный временной промежуток (узкий адаптивный коридор) для того, чтобы максимально сохранить угасающие естественные двигательные функции, не дать сформироваться патологическим двигательным стереотипам и вторичным соматическим осложнениям. Согласно литературным данным, у взрослых пациентов с угрозой формирования саркопении адекватная физическая нагрузка в пределах аэробного коридора на фоне субстратного обеспечения белковых потерь способствует сохранению мышечной массы [8].

Основным критерием дозирования физических нагрузок в системе подготовки спортсменов служит определение толерантности к физической нагрузке, а основным критерием оценки эффективности физиче-

ского воспитания является характер ответной реакции на нагрузку и результативность. С помощью функциональных проб можно выявить не только функциональные особенности, но и отклонения от нормы, т.е. скрытые пред- и патологические состояния [9].

Еще несколько десятилетий назад для определения эффективности влияния физических упражнений на организм пациента использовались только антропометрические измерения, динамометрия, гониометрия, миотометрия и др. [10]. Сейчас, помимо перечисленных методов, для учета функционального состояния организма под влиянием физических упражнений применяются специфические функциональные пробы и двигательные тесты: субъективные шкалы (Шестибалльная шкала оценки мышечной силы L. McReek 1996, M. Вейсс 1986, Шкала оценки мышечной силы Harrison) и др. Кроме того, в настоящее время существует достаточно большое количество методов оценки толерантности к физической нагрузке, среди которых наиболее популярным является тест с 6-минутной ходьбой, тредмил-тест, велоэргометрия. Однако имеются ограничения в использовании этих методов у пациентов с последствиями ПСМТ в силу двигательного дефицита, который не позволяет провести обследование в полном объеме и объективно оценить толерантность к физической нагрузке.

Еще в 1929 г. Гиллом определено, что способность мышц к выполнению механических усилий может быть оценена с помощью измерения количества кислорода, поглощенного ими в процессе выполнения работы. Для определения толерантности к физической нагрузке в кардиологии, спортивной медицине используется нагрузочное тестирование (НТ) под контролем эргоспирометрии [11]. Методика определения потребления кислорода основана на выполнении пациентом дозированной физической нагрузки, во время которой проводится измерение концентрации кислорода (VO₂) во вдыхаемом воздухе и углекислого газа в выдыхаемом. Изменение поглощения VO₂ линейно связано с интенсивностью выполняемой работы в единицу времени до достижения уровня пикового потребления кислорода (пикVO₂). Снижение потребления VO₂ на фоне дальнейшего увеличения нагрузки является показателем достижения анаэробного порога и косвенным критерием достижения максимальных возможностей пациента [12].

Травма спинного мозга приводит к значительному снижению активной мышечной массы ниже уровня поражения, и, при тестировании активной двигательной нагрузки, потребление кислорода значимо ниже, чем у здорового человека [13].

По литературным данным, реабилитационные мероприятия наиболее эффективны впервые 6 месяцев после травмы [14]. Соответственно, существует узкий временной промежуток для того, чтобы предотвратить вторичные осложнения, максимально полно восстановить естественные двигательные функции, не дать

сформироваться патологическим двигательным стереотипам.

Обязательными условиями ранней двигательной реабилитации являются: дозированность усилий, недопустимость утомления и перетренированности, постепенное увеличение нагрузок. Чрезмерная двигательная нагрузка может усугублять метаболические нарушения в сторону катаболизма, способствуя истощению функциональных систем энергообеспечения организма [15].

Пациенты с повреждением спинного мозга могут расширить двигательную активность только за счет усиления нагрузки на мускулатуру выше уровня поражения, а это значительно увеличивает риск травмы опорно-двигательного аппарата [16].

Эргоспирометрическое исследование проводится с целью получения объективной информации о толерантности к физической нагрузке для определения адекватности реакций на упражнения. Это позволяет определить время начала реабилитационных мероприятий и безопасный адаптивный коридор, выявить индивидуальные пределы физической нагрузки, оценить эффективность выполненной реабилитационной программы [17]. Эргоспирометрия все чаще используется в широком спектре клинических исследований для объективной оценки функциональных возможностей и для раннего выявления переутомления [18].

Цель исследования

Изучить возможность определения толерантности к физической нагрузке у детей с тяжелой позвоночно-спинномозговой травмой методом эргоспирометрии для составления адекватной программы двигательной реабилитации на раннем этапе восстановления детей с тяжелой ПСМТ.

Материалы и методы

В исследование были включены 17 пациентов с изолированной ПСМТ, поступившие в НИИ НДХиТ в 2015–2016 гг. Средний возраст детей составил 12,1±5,0 лет.

В зависимости от уровня поражения спинного мозга и неврологического дефицита дети были разделены на 2 группы (табл. 1).

Неврологическая оценка осуществлялась по шкале ASIA, предложенной американской ассоциацией травмы спинного мозга и являющейся международным стандартом неврологической и функциональной классификации повреждений спинного мозга. Оценивались мышечная сила, болевая и тактильная чувствительность, рефлекторная активность в аногенитальной зоне.

Двигательная функция оценивалась проверкой силы 10 контрольных групп мышц, соотнесенных с сегментами спинного мозга по 6-балльной системе от 0 – полный паралич до 5 – движения против полного сопротивления. Максимальное значение 100 баллов.

Таблица 1. Характеристика пациентов, участвовавших в обработке материалов.

№	Группы	I	II
1	Уровень поражения	Шейный	Грудной, пояснично-крестцовый
2	Неврологический дефицит	Верхний парапарез, нижняя параплегия.	Нижний парапарез или нижняя параплегия
3	Количество пациентов	8	9

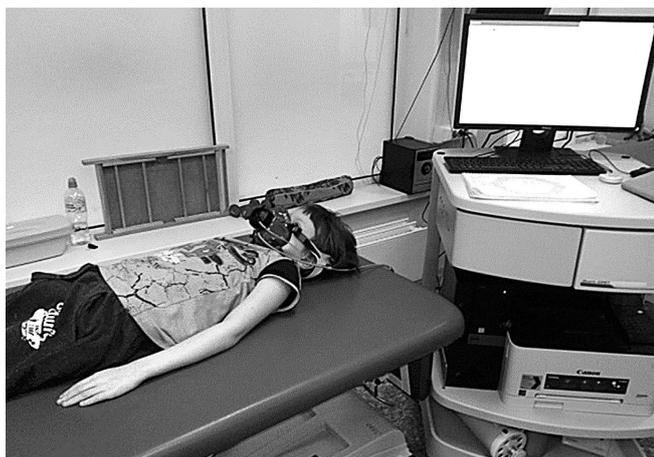


Рис. 1. Тестирование в покое.



Рис. 2. Тестирование пассивной нагрузки.

Оценка чувствительности проводилась в 28 сегментах с 2 сторон по 3-бальной системе: 0 – отсутствие, 1 – нарушенная, 2 – нормальная, расстройства чувствительности в аногенитальной зоне (да/нет). Максимальное значение для болевой и тактильной чувствительности по 112 баллов.

По степени повреждения спинного мозга всех пациентов делят на 5 типов: от А – полное: нет сохранных движений и чувствительности в сегментах S4 – S5 – до Е – норма: двигательные функции и чувствительность в норме (сохранено обозначение оценочных уровней латинскими буквами, как в оригинале).

На момент осмотра у всех детей, взятых в исследование, степень повреждения спинного мозга соответствовала типу А – полное.

I группу составили пациенты с поражением шейного отдела спинного мозга с верхним парапарезом и нижней параплегией в количестве 8 человек, II – 9 пациентов с поражением грудного и поясничного отделов спинного мозга с нижним парапарезом или нижней параплегией.

Все пациенты участвовали в 25-дневной программе двигательной реабилитации.

Всем пациентам до начала и по окончании реабилитационных мероприятий проводилось исследование трофологического статуса: антропометрическое обследование (длины тела при помощи горизонтального ростомера, веса с использованием подкроватных весов), расчет индекса массы тела по формуле Т. Дж. Коула.

Исследования проводились дважды: перед назначением реабилитационных мероприятий и перед выпиской пациента через 23 дня под контролем эргоспирометрии с использованием газоанализатора Quark RMR. В исследовании оценивались величина max VO₂ в мл/кг в мин и дыхательный коэффициент (RQ), время достижения анаэробного порога (VCO₂/VO₂ > 1,0), а также, время восстановления всех параметров до исходного состояния. Учитывая разный возраст пациентов, массу тела и физическую подготовку – для объективного анализа полученных данных мы использовали показатели потребления кислорода в мл/кг веса в минуту. Перед каждым исследованием, согласно инструкции производителя проводилась калибровка модуля.

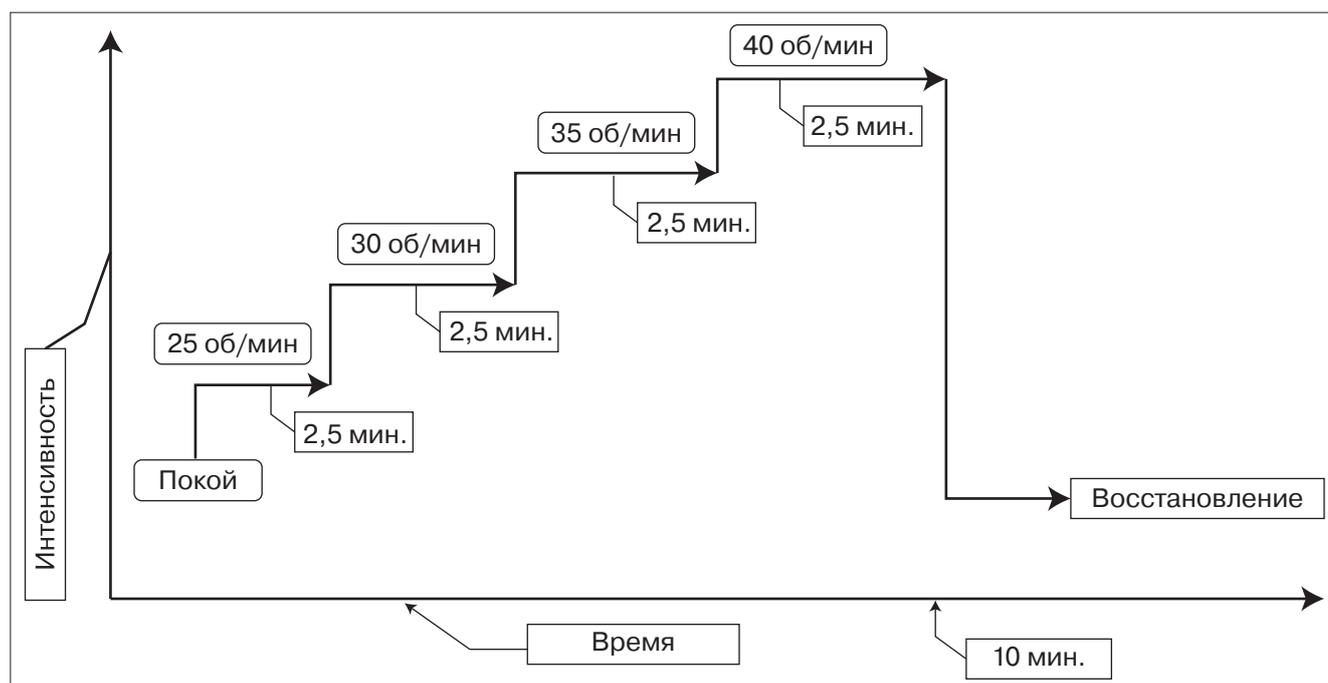


Рис. 3. Диаграмма тестирования пассивной нагрузки.

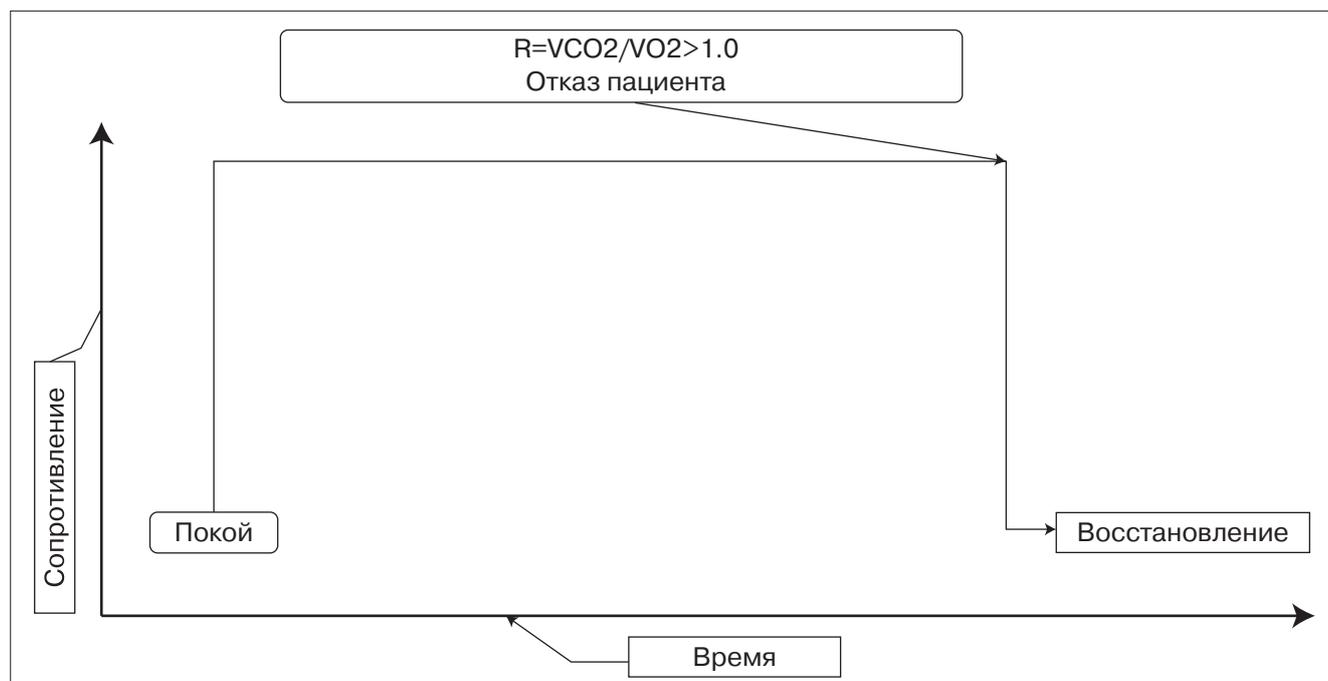


Рис. 4. Тестирование активной работы на первом этапе.

В спортивной медицине используется тест для определения аэробного порога по частоте сердечных сокращений, причем существует линейная зависимость между ЧСС и достижением анаэробного порога. Но в нашем исследовании не было отмечено корреляции между пиковым потреблением кислорода и изменением ЧСС.

Тестирование проводилось в трех режимах: I – в покое (рис. 1), II – при пассивной нагрузке (рис 2, 4), III – при активной работе (рис 3, 5).

Перед проведением тестирования пациентов просили воздержаться от еды и питья чая или кофе в течение не менее двух часов до исследования. Обязательным условием начала теста было опорожнение мочевого пузыря во избежание boosting – синдрома (англ. «повышение давления»). Исследование проводилось в положении лежа с использованием маски.

Пассивная нагрузка выполнялась механотренажером Moto-med со ступенчатым увеличением электродвигателем скорости движения педалей на 5 оборотов в минуту каждые 2,5 минуты в течение 10 минут в исходном положении «лежа на спине». (рис. 2)

Диаграмма работы в этом режиме показана на рис. 3.

Активная работа выполнялась в два этапа. Первым этапом предлагалось упражнение «сгибание и разгибание верхних конечностей в плечевых суставах» с максимально возможной для пациента скоростью (рис. 4).

Вторым этапом предлагалась ступенчато нарастающая нагрузка с использованием отягощения. Во время тестирования использовались 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 использовались утяжелители массой 0,5 кг, закрепленные на запястьях

ребенка, затем каждую ступень отягощения увеличивалось на 0,5 кг вплоть до 2 кг на четвертой ступени. Выполнение каждой ступени нагрузочного тестирования длилось 5 минут, отдых между ступенями составлял 1 минуту (рисунок 5).

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 во время тестирования данных ($\max VO_2$ и времени достижения анаэробного порога) рассчитывались режимы работы и отдыха.

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 проверялись на соответствие нормальному закону распределения с помощью тестов Lilliefors и Shapiro-Wilk's Wtest. Применяли дисперсионный анализ, t-критерий Стьюдента, непараметрические тесты: критерий знаков и парный тест Wilcoxon. При всех видах статистического анализа различия считались достоверными на уровне значимости $p < 0,05$. Данные представлены в виде средних значений \pm стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение

Анализ данных стандартной неврологической оценки повреждений спинного мозга по шкале ASIA показал, что на момент выписки из стационара у пациентов I группы произошло значимое увеличение показателей как двигательной функции (в среднем на 55,4%), так и чувствительности – болевой на 40,2%, тактильной – на 49,5% по сравнению с показателями на момент поступления.

Анализ данных пациентов II группы на момент выписки из стационара показал увеличение показателей двигательной функции в среднем на 21,7%, болевой чувствительности на 28,3%, тактильной – на 29,6% по сравнению с показателями на момент поступления.

К окончанию I курса реабилитации (25 дней) степень повреждения спинного мозга соответствовала

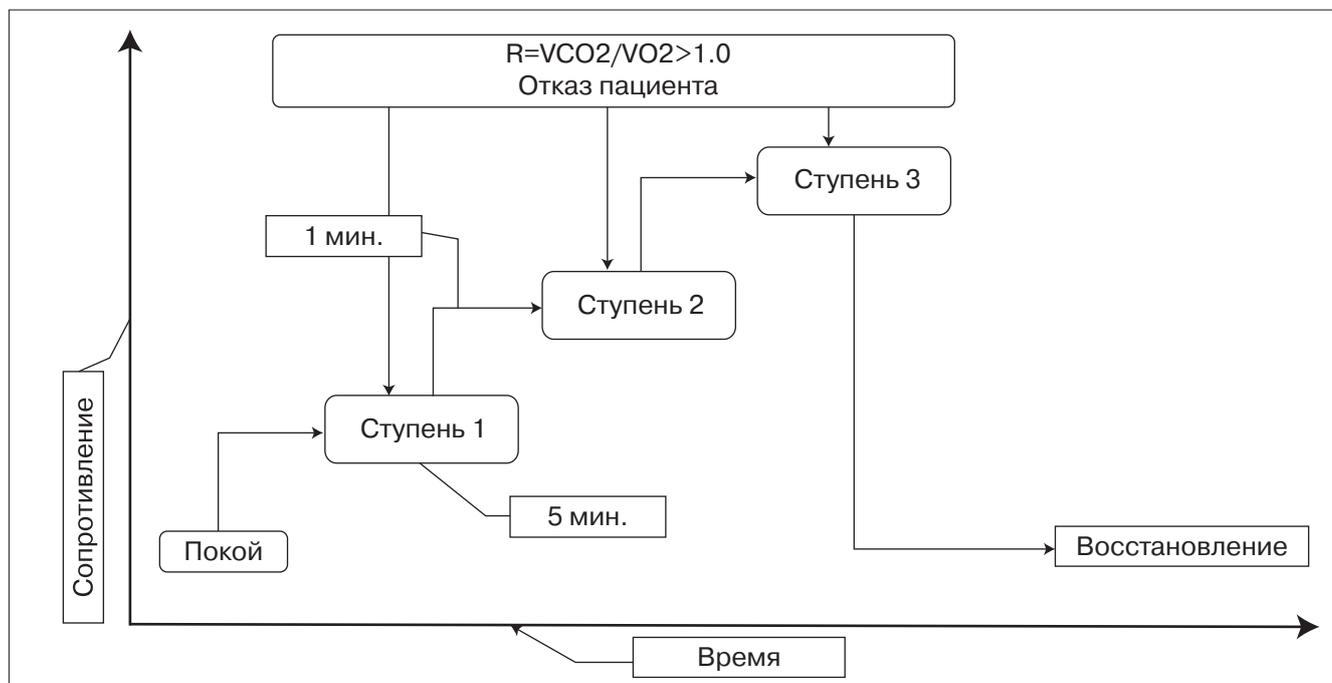


Рис. 5. Тестирование активной работы на втором этапе.

типу В (неполное: чувствительность (но не движения) сохранена ниже неврологического уровня поражения (в том числе в сегментах S4 – S5)) у 3 детей из I группы и у 5 детей из II группы.

При первичном обследовании трофологический статус у пациентов I группы оценивался как «нормотрофия» (ИМТ $19,62 \pm 5,56$), у пациентов II группы – как «недостаточность питания I ст» (ИМТ – $16,18 \pm 5,78$). При повторном обследовании в I группе отмечалось снижение показателей ИМТ до $18,41 \pm 3,78$, так как при поступлении у двух пациентов трофологический статус оценивался как «повышенное питание» (ИМТ > 23), а по окончании курса реабилитации росто-весовые показатели приблизились к нормотрофии. Во II группе пациентов не отмечалось значимых колебаний в росто-весовых показателях, ИМТ перед выпиской у пациентов II группы составил $16,96 \pm 3,78$.

При первичном обследовании показатели VO_2 в покое составили у I и II групп пациентов $4,03$ мл/кг/мин и $4,91$ мл/кг/мин соответственно. При проведении пассивной нагрузки показатели VO_2 увеличились до $6,02$ мл/кг/мин и $6,0$ мл/кг/мин соответственно (таб. 2). Показатели VO_2 при пассивной нагрузке у пациентов

обоих групп сопоставимы, поскольку тестировались нижние, плегированные, конечности.

При оценке активной двигательной нагрузки в I группе увеличения VO_2 по сравнению с пассивной не отмечалось. Это объяснялось тем, что у пациентов с верхним парапарезом (а в раннем периоде реабилитации грубым парапарезом, до плегии в дистальных отделах), количество активных мышечных единиц, задействованных в движении, ограничено. Поэтому, у II группы пациентов, где функция верхних конечностей оставалась сохранной, разница между максимальным потреблением кислорода при пассивной и активной работе существенна.

При обследовании по окончании курса реабилитации выявлено, что потребление кислорода у пациентов I группы и в покое, и при пассивной нагрузке сопоставимо, поскольку тестировались по-прежнему плегированные нижние конечности. Потребление кислорода при активной нагрузке возросло до $9,52 \pm 1,7$ (на 22,6%) (Рисунок 7), что свидетельствует об увеличении количества активных мышечных единиц, участвующих в движении. У всех пациентов произошло значимое увеличение показателей, как чувствительности, так и двигательной функции.

При оценке результатов обследования перед выпиской во II группе также отмечался прирост максимального потребления кислорода до $14,51 \pm 3,94$ (на 40,8%)

Для тестирования общей выносливости необходимо определение времени достижения аэробного порога. При первичном обследовании в обеих группах пациентов время достижения аэробного порога составило 1 мин 10 сек ± 12 сек., при повторном исследовании (перед выпиской) – увеличилось до 2 мин 40 сек ± 23 сек., что свидетельствовало об увеличении выносливости пациентов.

При оценке выполнения первичного тестирования со ступенчатым повышением нагрузки ни один из пациентов обеих групп не смог преодолеть 2-ю ступень. При повторном тестировании (перед выпиской) в I группе отказались от выполнения программы на 2-ой ступени 2 пациента, во II группе – 1 пациент, все

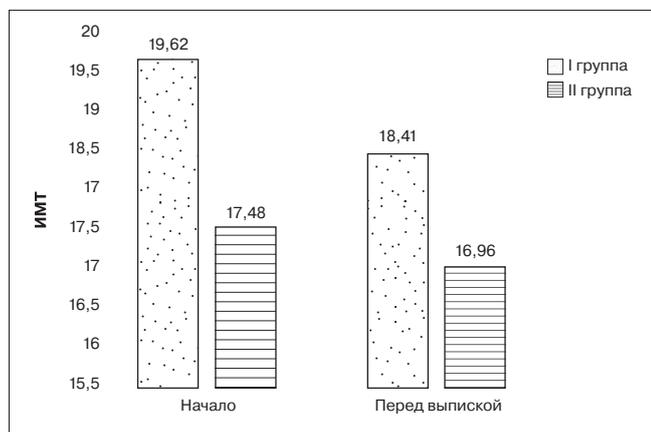


Рис. 6. Динамика изменения ИМТ.

Таблица 2. Показатели потребления кислорода.

Пациенты	Первичное обследование			Обследование перед выпиской		
	покой	пассив	актив	покой	пассив	актив
I группа	4,03±0,6	6,09±1,27	7,76±3,59	4,03±0,59	6,75±0,3	9,52±1,7
II группа	4,98±0,45	6,41±0,91	10,3±2,59	5,2±0,52	6,3±0,61	14,51±3,94

остальные пациенты прошли 3 ступени программы без достижения анаэробного порога.

Полученные результаты прироста max VO_2 при активной нагрузке и расширения аэробного коридора в обеих группах пациентов свидетельствуют о повышении толерантности к физической нагрузке за счет увеличения силы мышц и общей выносливости организма.

Таким образом, постепенное увеличение нагрузки является предпочтительным при составлении программы двигательной реабилитации у данного контингента пациентов.

В результате проведенных реабилитационных мероприятий в I группе пациентов (поражение шейного отдела спинного мозга) к окончанию срока реабилитации все 100% (8 детей) выдерживали ортостатическую нагрузку на столе-вертикализаторе в течение 30–40 минут и были высажены в кресло-коляску. Переворачиваться на бок и самостоятельно передвигаться в кресле-коляске научились 6 детей (75%), 5 детей (62,5%) освоили элементарные гигиенические навыки (умывание, чистка зубов), питье из чашки и прием пищи с применением специальных приспособлений.

Во II группе (поражение грудного и пояснично-крестцового отделов спинного мозга) все 9 пациентов научились переворачиваться на живот, пересаживаться в коляску, передвигаться на ней без посторонней помощи и, к моменту выписки, выдерживали ортостатическую нагрузку на балансировочном тренажере в течение 15 минут.

Кроме того, 4 пациента (50%) из I группы и 9 детей (100%) из II были подготовлены к вертикализации в замковых аппаратах на нижние конечности с полукорсетом, что и было осуществлено во время следующей госпитализации через 5 – 6 месяцев после травмы, по-

сле приобретения ребенком специальных приспособлений.

Выводы:

1. Метод эргоспирометрии является объективным методом оценки толерантности к физической нагрузке у детей с тяжелой позвоночно-спинномозговой травмой.
2. Полученные в результате тестирования показатели максимального потребления кислорода и время достижения анаэробного порога позволяют подобрать режим двигательной активности, учитывая индивидуальные возможности пациента.
3. Распределение объема интенсивности работы во времени при составлении программы двигательной реабилитации на раннем этапе позволяет избежать перетренированности и, в конечном итоге, получить увеличение толерантности к физической нагрузке.
4. Пассивная нагрузка не является инструментом тренировки физических качеств (кроме гибкости), а служит одним из методов профилактики осложнений гипостатического положения.

Заключение

Проведенное исследование показало, что оценка индивидуальных возможностей пациента позволяет персонализировать программу двигательной реабилитации. Метод эргоспирометрии является средством контроля адекватности предложенной программы. Оценка толерантности к физической нагрузке на этапе ранней реабилитации может быть использована не только у детей с позвоночно-спинномозговой травмой, но и при другой патологии, что требует дальнейшего углубленного изучения.

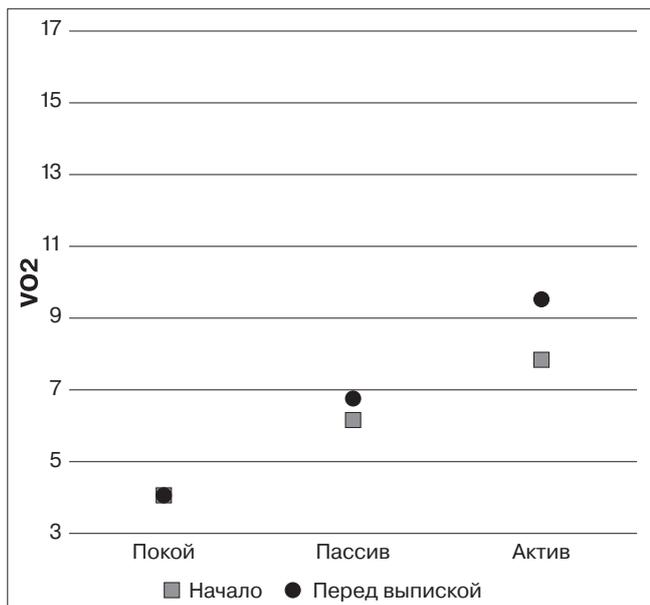


Рис. 7. Пик VO_2 . Пациенты I группы.

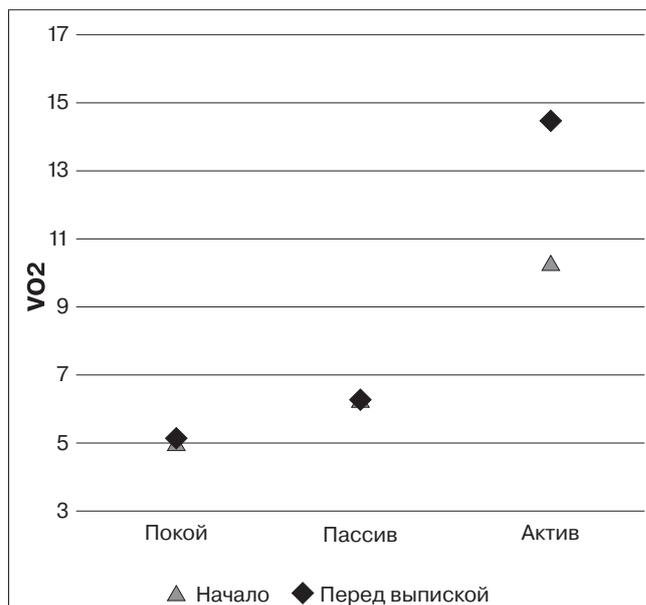


Рис. 8. Пик VO_2 . Пациенты II группы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косичкин М.М., Гришина Л.П., Шапиро Д.М. Инвалидность вследствие травматического поражения спинного мозга, медико-социальная экспертиза и реабилитация// Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 1999 – №1. – с 9 – 15.
2. Амелина О.А. Травма спинного мозга / В кн. «Клиническая неврология с основами медико-социальной экспертизы» под редакцией А.Ю. Макарова – СПб.:ООО «Золотой век», 1998. С 232 – 348.
3. Рошаль Л.М. Новосёлова И.Н., Валиуллина С.А. Понина И.В., Мачалов В.А., Васильева М.Ф., Лукьянов В.И. Опыт ранней реабилитации детей с позвоночно-спинномозговой травмой / Журнал "Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры"-том 93 –6–2016-С.41–50 ISSN 0042–8787 (Print) ISSN 2309–1355.
4. Biering-Sorenson B., Brunn Kristensen I., Kjaer M., Biering-Sorenson F. Muscle after spinal cord injury. Muscle Nerve. 2009; 40:499–519. Cross Ref Google Scholar , Activity and Fitness in Spinal Cord Injury: Review and Update Curr Phys Med Rehabil Rep (2014) 2:147–157DOI 10.1007/s40141–014–0057-y.
5. Bone Loss and Muscle Atrophy in Spinal Cord Injury: Epidemiology, Fracture Prediction, and Rehabilitation Strategies Lora Giangregorio, PhD1–3 and Neil McCartney, PhDJ Spinal Cord Med. 2006; 29(5): 489–500. PMID: PMC1949032.
6. Иванова Г.Е., Цыкунов М.Б., Дутикова Е.М. Организация реабилитационного процесса /в кн. Реабилитация больных с травматической болезнью спинного мозга/ под общей редакцией Г.Е. Ивановой, В.В. Крылова, М.Б. Цыкунова, Б.А. Поляева – М.: ОАО «Московские учебники и Картолиграфия», 2010, с179 ISBN 978–57853–1333–0.
7. Валиуллина С.А., Новосёлова И.Н., Понина И.В., Мачалов В.А., Лукьянов В.И. Комплексный междисциплинарный подход в ранней реабилитации детей с позвоночно-спинномозговой травмой /Научно-практический журнал Детская и подростковая реабилитация – №4 (32) 2017 – с. 30 – 39 – ISSN 2079–973X – УДК 616–001.514 В 15.
8. Мисникова И.В., Ковалева Ю.А., Климина Н.А. Саркопеническое ожирение /Русский медицинский журнал – №1 27.02.2017 С24 –29.
9. Курдыбайло С. Ф., Евсеев С. П., Герасимова Г.В. Врачебный контроль в адаптивной физической культуре / Учебное пособие – Москва. – «Советский спорт». – 2004. – с. 89–109
10. Попов С.Н., Валеев Н.М., Гарасева Т.С. и др.; Под ред. Попова С.Н. Лечебная физическая культура: / Учебник для студентов высших учебных заведений/. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – с 24.
11. Колоскова Н.Н., Шаталов К.В., Бокерия Л.А. Определение пикового потребления кислорода: физиологические основы и области применения / Креативная кардиология, № 1, 2014 УДК 612.273.1:616.12–089.
12. Мустафина М.Х., Черняк А.В. Кардиореспираторный нагрузочный тест. Практическая пульмонология – Выпуск № 3 / 2013 УДК: 61.
13. Hettinga DM, Andrews BJ. Oxygen consumption during functional electrical stimulation-assisted exercise in persons with spinal cord injury: implications for fitness and health. PMR. 2011 Sep; 3(9): 817–24. doi: 10.1016/j.pmrj. 2011.03.020.
14. Белова А.Н., Прокопенко С.В. Нейрореабилитация – 3 е издание, переработанное и дополненное, М., 2010 г – С 26.
15. Восстановительная неврология: ООО «Издательство «Медицинское информационное агенство», 2016 – ISBN 978–5–9986–0269–6 УДК 616.8 – 003 ББК 56.1.
16. Hettinga D.M., Andrews B.J. Oxygen consumption during functional electrical stimulation-assisted exercise in persons with spinal cord injury: implications for fitness and health. PMR. 2011 Sep; 3(9): 817–24. doi: 10.1016/j.pmrj. 2011.03.020
17. Nicolaas E.P. Deutz, Jürgen M. Bauer, Rocco Barazzoni, Gianni Biolo, Yves Boirie, Anja Bosy-Westphal, Tommy Cederholm, Alfonso Cruz-Jentoft, Zeljko Krznaric, K. Sreekumaran Nair, Pierre Singer, Daniel Teta, Kevin Tipton, Philip C. Calder Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN Expert Group /Clinical Nutrition 33 (2014) e 929–936.
18. Postgrad Med J. 2007 Nov; 83(985): 675–682. doi: 10.1136/hrt.2007.121558 PMID: PMC2734442 Cardiopulmonary exercise testing and its application K Albouaini, M Egred, and A Alahmar, D J Wright.

REFERENCES

1. Kosichkin M.M., Grishina L.P., Shapiro D.M. Invalidnost' vsledstvie travmaticheskogo porazhenija spinnogo mozga, mediko-social'naja jekspertiza i reabilitacija// Mediko-social'naja jekspertiza i reabilitacija. – 1999 – №1. – с 9 – 15. [Disability due to traumatic spinal cord injury, medico-social examination and rehabilitation]
2. Amelina O.A. Travma spinnogo mozga/V kn. «Klinicheskaja nevrologija s osnovami mediko-social'noj jekspertizy» pod redakciej A.Ju.Makarova – SPb.: OOO «Zolotoj vek», 1998. s 232 – 348. [Trauma of the spinal cord / In the book. "Clinical neurology with the basics of medical and social expertise" edited by A.Y. Makarov]
3. Roshal' L.M. Novoselova I.N., Valiullina S.A. Ponina I.V., Machalov V.A., Vasil'eva M.F, Luk'janov V.I. Opyt rannej reabilitacii detej s pozvonochno-spino-mozgovoj travmoj /Zhurnal "Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizkul'tury"-tom 93 –6–2016-S.41–50 ISSN 0042–8787 (Print) ISSN 2309–1355. [Experience in the early rehabilitation of children with spinal cord injury]
4. Biering-Sorenson B., BrunnKristensen I., KjaerM, Biering-SorensonF. Musclesafterspinalcordinjury. MuscleNerve. 2009; 40:499–519. Cross Ref Google Scholar , Activity and Fitness in Spinal Cord Injury: Review and Update Curr Phys Med Rehabil Rep (2014) 2:147–157DOI 10.1007/s40141–014–0057-y.
5. Bone Loss and Muscle Atrophy in Spinal Cord Injury: Epidemiology, Fracture Prediction, and Rehabilitation Strategies Lora Giangregorio, PhD1–3 and Neil McCartney, PhD3J Spinal Cord Med. 2006; 29(5): 489–500. PMID: PMC1949032.
6. Ivanova G.E, Cykunov M.B., Dutikova E.M. Organizacija reabilitacionnogo processa /v kn. Reabilitacija bol'nyh s travmaticheskoj bolezn'ju spinnogo mozga/ pod obshhej redakciej G.E. Ivanovoj, V.V. Krylova, M.B.Cykunova, B.A. Poljaeva – M.: ОАО «Moskovskie учебники i Kartolitografija», 2010, s179 ISBN 978–57853–1333–0. [Organization of the rehabilitation process / in the book. Rehabilitation of patients with traumatic spinal cord disease]
7. Valiullina S.A., Novosjolova I.N., Ponina I.V., Machalov V.A., Luk'janov V.I. Kompleksnyj mezhdisciplinarnyj podhod v rannej reabilitacii detej s pozvonochno-spino-mozgovoj travmoj /Nauchno-prakticheskij zhurnal Detskaja i podrostkovaja reabilitacija – №4 (32) 2017 – s30 – 39 – ISSN 2079–973X – UDK 616–001.514 В 15. [Complex interdisciplinary approach in the early rehabilitation of children with spine and spinal trauma]
8. Misnikova I.V., Kovaleva Ju.A., Klimina N.A. Sarkopenicheskoe ozhirenje /Russkij medicinskij zhurnal – №1 27.02.2017 S24 –29.[Sarcopenic obesity]
9. Kurdybajlo S. F., Evseev S. P., Gerasimova G.V. Vrachebnyj kontrol' v adaptivnoj fizicheskoj kul'ture / Uchebnoe posobie – Moskva. – «Sovetskij sport». – 2004. – с. 89–109 [Medical control in adaptive physical culture]
10. Popov S.N., Valeev N.M., Garaseva T.S.i dr.; Pod red. Popova S.N.Lечебная физическая культура: / Учебник dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij/. – М.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2004. –s 24. [Curative physical culture: / Textbook for students of higher educational institutions]
11. Колоскова Н.Н. Колоскова Н.Н., Шаталов К.В., Бокерия Л.А. Opredelenie pikovogo potreblenija kisloroda: fiziologicheskie osnovy i oblasti primenenija /Kreativnaja kardiologija, № 1, 2014 UDK 612.273.1: 616.12–089. [Determination of peak oxygen consumption: physiological bases and applications]
12. Mustafina M.H., Chernjak A.V.Kardiorespiratornyj nagruzochnyj test. Prakticheskaja pul'monologija – Vypusk № 3 / 2013 UDK: 61. [Cardiorespiratory load test.]
13. Hettinga D M, Andrews B J. Oxygen consumption during functional electrical stimulation-assisted exercise in persons with spinal cord injury: implications for fitness and health. PMR. 2011 Sep; 3(9): 817–24. doi: 10.1016/j.pmrj. 2011.03.020.
14. Belova A.N., Prokopenko S.V. Nejrореабилитация – 3 е издание, переработанное и дополненное, М., 2010 г – С 26. [Neurorehabilitation]
15. Vosstanovitel'naja nevrologii: ООО «Izdatel'stvo «Medicinskoje informacionnoe agenstvo», 2016 – ISBN 978–5–9986–0269–6 UDK 616.8 – 003 ББК 56.1. [Reconstructive Neurology]
16. Hettinga DM, Andrews BJ. Oxygen consumption during functional electrical stimulation-assisted exercise in persons with spinal cord injury: implications for fitness and health. PMR. 2011 Sep; 3(9): 817–24. doi: 10.1016/j.pmrj. 2011.03.020
17. Nicolaas E.P. Deutz, Jürgen M. Bauer, Rocco Barazzoni, Gianni Biolo, Yves Boirie, Anja Bosy-Westphal, Tommy Cederholm, Alfonso Cruz-Jentoft, Zeljko Krznaric, K. Sreekumaran Nair, Pierre Singer, Daniel Teta, Kevin Tipton, Philip C. Calder Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN Expert Group /Clinical Nutrition 33 (2014) e 929–936.
18. Postgrad Med J. 2007 Nov; 83(985): 675–682. doi: 10.1136/hrt.2007.121558 PMID: PMC2734442 Cardiopulmonary exercise testing and its application K Albouaini, M Egred, and A Alahmar, D J Wright.

РЕЗЮМЕ

Среди приоритетных задач ранней реабилитации пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой – адекватное субстратное обеспечение и ранняя мобилизация пациентов с превалированием аэробных нагрузок. Недостаточное внимание к выполнению этих задач приводит к потере мышечной массы и снижению реабилитационных возможностей.

В статье представлены результаты работы группы специалистов (педиатра, невролога-реабилитолога, инструктора-методиста ЛФК) по оценке толерантности к физической нагрузке методом эргоспирометрии на этапе ранней реабилитации у детей с позвоночно-спинномозговой травмой.

Ключевые слова: позвоночно-спинномозговая травма, толерантность к физической нагрузке, эргоспирометрия, двигательная нагрузка, максимальное потребление кислорода, анаэробный порог, аэробный коридор.

ABSTRACT

An adequate substrate providing and early mobilization for patients with the dominance of aerobic load are among top targets of early rehabilitation of patients with spinal cord injury. Insufficient attention to these priorities leads to muscle loss and lowering of rehabilitation potential. This article contains the professional group (pediatrician, neurologist, physical therapist) results for evaluating physical exercise tolerance at the early rehabilitation stage for children with spinal cord injury using ergospirometry.

Keywords: spinal cord injury, physical exercise tolerance, ergospirometry, motion load, supreme oxygen consuming, anaerobic threshold, aerobic range.

Контакты:

Новосёлова И.Н. E-mail: i.n.novoselova@gmail.com

Понина И.В. E-mail: ponina.irina@mail.ru

Валиуллина С.А. E-mail: vsa64@mail.ru