

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ, СПОСОБЫ РЕЗЕРВОМЕТРИИ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ С ПЕРИНАТАЛЬНЫМ ПОРАЖЕНИЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

УДК 616-009.17:796

Налобина А.Н.

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», Омск, Россия

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF PHYSICAL REHABILITATION OF INFANTS WITH PERINATAL LESION OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

Nalobina AN.

«Siberian State University of Physical Education», Omsk, Russia

Введение

Восстановительное лечение детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы остается одной из актуальных направлений неврологии, педиатрии и медицинской реабилитации. Комплексное решение наиболее актуальных вопросов охраны здоровья детей включает использование новых реабилитационных технологий. Поиски оптимальной методики применения немедикаментозных средств ведутся по самым разным направлениям. Одной из основных проблем эффективного применения восстановительных технологий является недостаточное исследование методов оценки и определение предикторов успешной реабилитации. В современных научных исследованиях одним из основных способов иметь уникальную информацию, которую невозможно получить другим путем, в том числе и экспериментальным, являются методы математического моделирования [1, 2, 3]. Результатом анализа является статистическая модель, которая позволяет существенно прояснить сложившуюся ситуацию и определить стратегию принятия решения. Примером может служить проблема оценки эффективности корригирующих технологий в раннем постнатальном периоде и определение критериев успешности реабилитации у детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы.

Оценка функционального состояния ребенка базируется на тщательном анализе анамнестических сведений,

клинических симптомов и синдромов, результатов дополнительных исследований и представляет совокупность огромного количества показателей, отражающих состояния различных органов и систем организма. Кроме многомерности и большого размера, используемые данные отличаются тем, что переменные в них совершенно разных типов (качественные, бальные, счетные, непрерывные), причем даже некоторые «типичные» для статистики непрерывные числовые переменные не подчиняются заранее известным законам распределения. То есть к ним не могут быть применимы параметрические методы.

Таким образом, целью настоящего исследования является оценка и определение предикторов эффективности реабилитационных мероприятий у детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы на основе применения многомерных статистических методов.

Материалы и методы

Нами проведена серия медико-биологических исследований, направленных на выявление эффективности различных технологий физической реабилитации у детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы. Проводилось рандомизированное контролируемое простое слепое исследование. В зависимости от технологии физической реабилитации детей с перинатальным поражением центральной нервной системы методом слепой рандомизации были сформированы 2 группы: основная

и группа сравнения. Основную группу (ОГ) составили 45 детей первого года жизни (18 мальчиков, 27 девочек) с перинатальным поражением центральной нервной системы, с которыми проводились занятия по дифференцированной технологии физической реабилитации, учитывающей особенности формирования различных звеньев двигательной системы и адаптационные возможности организма [4]. Средний возраст детей в основной группе $4,71 \pm 0,382$ месяца.

Группу сравнения (ГС) составили 45 детей первого года жизни (24 мальчиков, 21 девочка) перенесшие перинатальное поражение центральной нервной системы с которыми занимались по стандартной программе реабилитации (Степаненкова Э.Я., Потапчук А.А., 2006). Средний возраст детей группы сравнения $4,80 \pm 0,395$ месяца.

Критерии включения: добровольное согласие родителей на исследование, возраст ребенка – 1–12 месяцев, перинатальная гипоксически-ишемическая энцефалопатия.

Критерии исключения: отказ от исследования, родовые травмы, недоношенность, врожденные дефекты и генетические синдромы, асфиксия в родах (оценка по шкале Апгар менее 7 баллов), внутриутробные инфекции, гемолитическая болезнь новорожденного, врожденные эндокринопатии, многоплодная беременность.

Достаточность величины выборки определялась с помощью номограммы Альтмана (Петри А., 2003).

В качестве стандартных выбраны следующие условия: оптимальная температура $24-26^{\circ}\text{C}$, 1–2 минутная адаптация ребенка при симметричном освещении. Наряду с традиционными схемами оценки неврологического статуса детей до года [5] нами были проведены дополнительные исследования, позволяющие оценить функциональные возможности.

1. Исследование двигательного развития ребенка осуществлялось по общим движениям и мелкой моторике. Общие движения являются традиционными в оценке моторики ребенка. Для каждого возраста характерен свой набор двигательных умений и навыков, который по мере развития ребенка, должен изменяться количественно (от 9 до 12 баллов) и качественно. Движения руки младенца имеют особенно большое значение, т.к. оказывают огромное влияние на развитие высшей нервной деятельности. И.А. Скворцовым (2000) был определен должный объем движений руки, на их основе нами были разработаны функциональные тесты, позволяющие оценить состояние мелкой моторики.
2. Оценка сенсорных функций проводилась отдельно по трем направлениям: состояние зрительной, слуховой сенсорной системы; устойчивость вестибулярного аппарата.
3. Оценка вегетативных функций осуществлялась с помощью компьютерной системы «ПОЛИ-СПЕКТР» (фирма «Нейрософт»). Анализ вариабельности сердечного ритма проводился временными и спектральными методами [6]. Оценивались следующие показатели: TP – суммарная активность регуляторных механизмов по среднеквадратичному отклонению, %VLF – относительное значение в процентах очень низкочастотных колебаний ($0,04-0,015$ Гц), %LF – относительное значение в процентах низкочастотных колебаний ($0,15-0,04$ Гц), %HF – относительное значение в процентах высокочастотных колебаний ($0,4-0,15$ Гц). Мода (Mo) – наиболее

часто встречающиеся значения R–R, указывающие на доминирующий уровень функционирования синусового узла; вариационный размах (BP) – разница между максимальными и минимальными значениями интервалов R-R, Амплитуда моды (AMo) – число кардиоинтервалов (в %), соответствующее диапазону моды; индекс напряжения регуляторных систем ($ИН=AMo/2BP*Mo$), указывающий на степень централизации управления сердечным ритмом.

4. Для оценки адаптации сердечно-сосудистой и нервной системы к физической нагрузке нами разработаны и использованы следующие функциональные пробы:

1-я функциональная проба заключалась в активном повороте ребенка на живот;

2-я проводилась по методике пассивной ортостатической пробы.

Для статистических расчетов и построения графиков использовалась программа, разработанная в среде свободно распространяемого продукта R (среда и язык программирования для анализа данных) доступного на сайте www.r-project.org. Применялись следующие методы анализа данных: дискриминантный анализ, иерархическая кластеризация переменных по методу объединения ближайших соседей, классификационное дерево [1, 2, 3].

Результаты исследования

Сравнительный анализ показателей сенсомоторного развития у детей основной группы и группы сравнения не выявил безусловного преимущества определенного метода реабилитации. Так, в процессе реабилитации развитие двигательных навыков наблюдалось у всех детей. Об этом свидетельствовало увеличение внутригрупповых показателей общих движений, моторного коэффициента, крупной моторики на статистически значимом уровне. Результаты тестирования зрительного и слухового сосредоточения показали увеличение времени у детей обеих групп. Данные показатели улучшились на статистически значимом уровне (таблица 1).

Применение методов математического моделирования позволило не только выявить преимущества различных реабилитационных технологий, но и определить предикторы успешности курса восстановительного лечения. Первым шагом этапа моделирования был отбор тех переменных из первоначального набора, которые вносят наибольший вклад в дискриминацию (дискриминантных переменных) (таблица 2). Из таблицы 2 видно, что наибольший вклад в функции 1 и 2 вносят переменные, отражающие реакцию организма на проведение функциональных проб (%HF-, %LF-волн). Кроме того, большое значение играет переменная движения общие (ДО). Остальные переменные (%VLF, AMo, ИН) вносят заметно меньший вклад в дискриминантную функцию.

В результате пошагового дискриминантного анализа полученные классификационные функции рассматривались нами как координаты фазовой плоскости. Фазовая плоскость представляет собой пространство, в котором разворачиваются события, характеризующие течение постнатального периода (рис. 1). Текущее состояние ребенка отображается точкой на координатной плоскости. Координаты этой точки показывают «цену» нашей адаптации к условиям окружающей среды и запас функциональных возможностей. Линия, соединяющая эти точки в пространстве, отражает процесс переход из одного состояния в другое. Эта линия может быть названа вектором, поскольку она показывает, в каком направлении и на какую величину изменились функциональные возможности ребенка.

Таблица 1. Изменение показателей сенсомоторного развития детей основной группы и группы сравнения в процессе физической реабилитации ($M \pm m$)

Показатели	Основная группа (n=45)			Группа сравнения (n=45)		
	До исследования	После исследования	Z, p	До исследования	После исследования	Z, p
Основные движения, балл	5,02±0,386	9,20±0,485	25,1 0,00	6,63±0,514	8,06±0,532	4,52; 0,000
Моторный коэффициент, %	49,1±3,78	90,0±4,74	5,08; 0,000	60,7±4,28	78,2±4,58	4,52; 0,000
Крупная моторика, балл	1,94±0,255	4,02±0,216	5,01; 0,000	2,21±0,244	3,24±0,270	4,13; 0,000
Зрительное сосредоточение, с	20,1±1,55	30,4±2,97	2,40; 0,001	27,3±4,61	50,1±3,20	4,19; 0,000
Зрительно-моторная координация, с	17,9±3,47	3,75±0,645	3,40; 0,000	4,47±0,974	2,88±0,238	1,14; 0,025
Слуховое сосредоточение, с	15,8±0,90	21,6±2,21	2,02; 0,04	14,6±1,32	19,4±2,44	1,52; 0,120
Слуховая ориентировочная реакция, с	17,2±3,77	5,35±1,415	3,24; 0,001	1,99±0,301	1,80±0,251	0,64; 0,510
Вестибулярная устойчивость, с	8,52±1,850	19,88±1,847	4,62; 0,000	9,30±2,186	13,3±2,41	3,31; 0,000

Таблица 2. Стандартизованные коэффициенты дискриминантных функций

Переменная	Обозначение переменной	Функция 1	Функция 2
	a0	0.00000	0.00000
ДО	x1	0.988	-0.233
%VLF	x2	-0.266	0.5719
%LF	x3	-0.433	0.320
ЧСС1	x4	-0.109	-0.397
%LF1	x5	0.105	-0.555
%HF1	x6	-0.128	0.231
L2	x7	0.471	0.7531
Амо 2	x8	0.287	0.740
ИН	x9	-0.164	0.020

Анализ динамики функциональных состояний позволяет прогнозировать вероятное смещение в сторону срыва адаптации и, тем самым, применять соответствующие корректирующие воздействия и возможность судить об эффективности восстановительного лечения. Из рисунка 1 видно, что траектория функционального состояния детей из основной группы характеризовала значительные изменения течения восстановительного периода перинатальных поражений центральной нервной системы от средней и легкой степени тяжести к возрастной физиологической норме, от состояния выраженного напряжения и перенапряжения регуляторных систем – к состоянию умеренного напряжения. При этом траектория изменения функционального ста-

туса детей группы сравнения была менее значительна и соответствовала изменению степени тяжести со среднетяжелой до легкой, сохраняя опасность срыва механизмов адаптации.

Для определения степени важности показателей наиболее оптимальным является применение алгоритма «дерево решений», так как для построения дискриминантной функции необходимо исключить некоторые, сильно коррелирующие между собой показатели, значимость которых возможно не менее сильна. «Дерево решений» позволяет выяснить, какие именно показатели (а также их цифровой диапазон) могут быть использованы для разделения объектов на заранее заданные группы (успешно прошедшие реабилитацию/

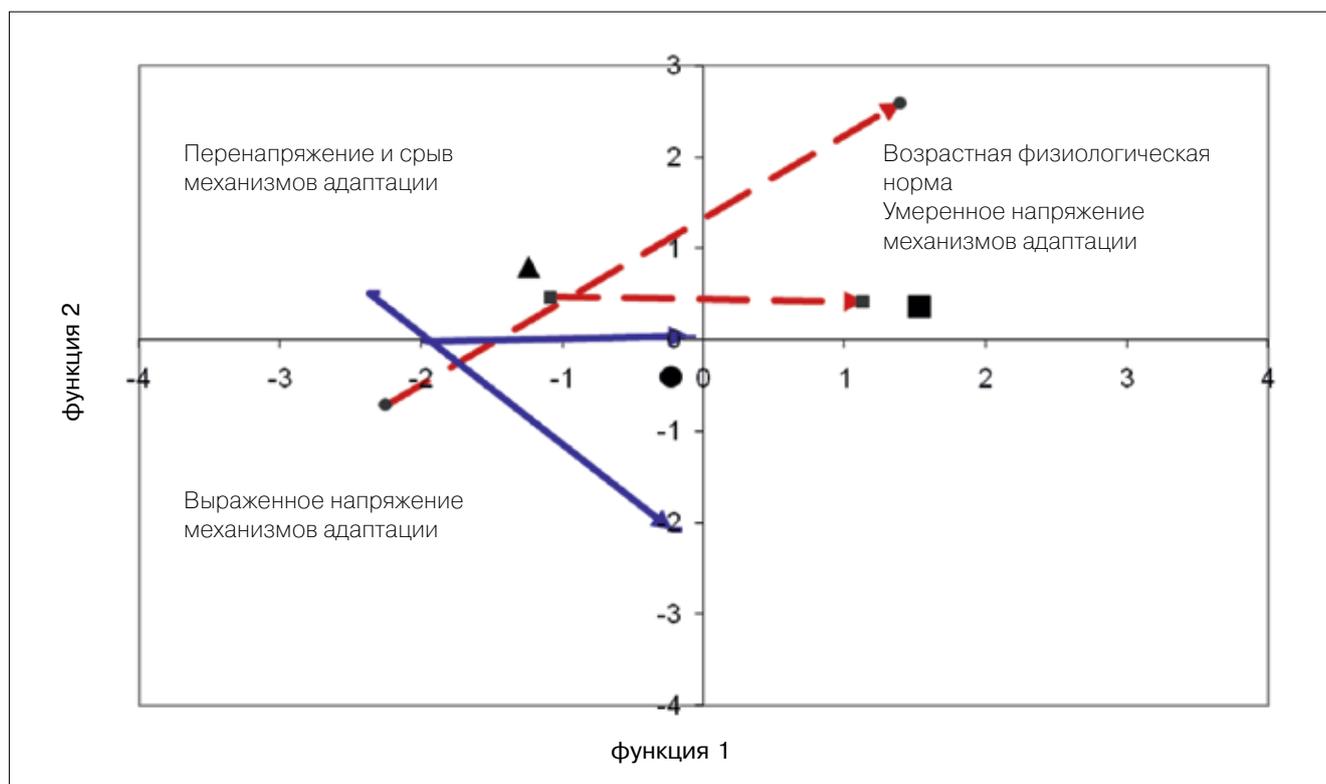


Рис. 1. Положение центроидов (средних значений дискриминантных функций для трех классов: ■ – здоровые, ● – легкая, ▲ – среднетяжелая форма) и динамика изменения функционального состояния детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы в процессе реабилитации.

—▶ — дети основной группы
—▶ — дети группы сравнения

не успешная реабилитация). Наиболее значимым является тот показатель, который лежит в корне «дерева». Последовательно, исключая главные переменные, находим следующий по важности показатель. В результате строится ключ, в котором на каждой ступени объекты делятся на две группы. Кроме того, преимуществами «дерева решений» является работа с диапазонами, имеющими границы, а не использование всего ряда значений (как дискриминантная функция).

Поскольку для определения предикторов требуются экспериментальные данные обо всем континууме функциональных состояний организма детей первого года жизни, то мы использовали материалы исследований, проводимых как на здоровых детях (норма), так и при перинатальных поражениях ЦНС (патология). Метод применялся следующим образом: а) была использована в качестве тренировочной вся выборка; б) строилось классификационное правило разделения исследуемых на больных и здоровых; в) это правило проверялось на больных, проходивших реабилитацию на данных, измеренных до реабилитации. Согласно полученным данным, чувствительность метода составила 87%, специфичность – 76%, что соответствует принятым критериям доказательной медицины (стандарты ICH GCP) (рис. 2).

Анализ 63-х показателей, отражающих изменение функционального состояния ребенка первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы под воздействием восстановительных мероприятий показал, что определяющими параметрами, позволяющие оценить эффективность курса ре-

билитации являются возраст, моторный коэффициент, крупная моторика, вестибулярная устойчивость, ЧСС в ортостатическом положении и в состоянии относительного покоя, амплитуда моды, общая мощность спектра нейругуморальной регуляции сердечного ритма, индекс напряжения. Определены цифровые диапазоны этих показателей, что позволяет их количественно оценить.

Основным параметром, позволяющим судить об успехе курса реабилитации, является значение моторного коэффициента больше 89,9%, поскольку характер индивидуальной адаптации предопределяет высокий уровень эффективной реализации физического потенциала, выражающийся в совершенстве регуляторных механизмов управления двигательными актами.

Оптимальным возрастным диапазоном для целенаправленных корригирующих воздействий является возраст ребенка до 2,5 месяцев. Однако декретированным возрастом для выявления отклонений в психомоторном развитии ребенка и проведении лечебных и профилактических мероприятий является третий месяц жизни. При этом хорошо известно, чем раньше начато лечение, тем лучше восстанавливается нервная ткань ребенка. Это положение подтверждает показатель «общие движения», который в зависимости от возраста ребенка имеет разные значения, свидетельствующие об успешности курса реабилитации. Так, у детей в возрасте до 2,5 месяцев данный показатель составляет 4,5 при норме в 9 баллов. Таким образом, у детей первого триместра даже значительное отставание в развитии сенсомоторных функций может успешно компенсироваться к году. Значимым показателем эффективности реабилитационных мероприятий

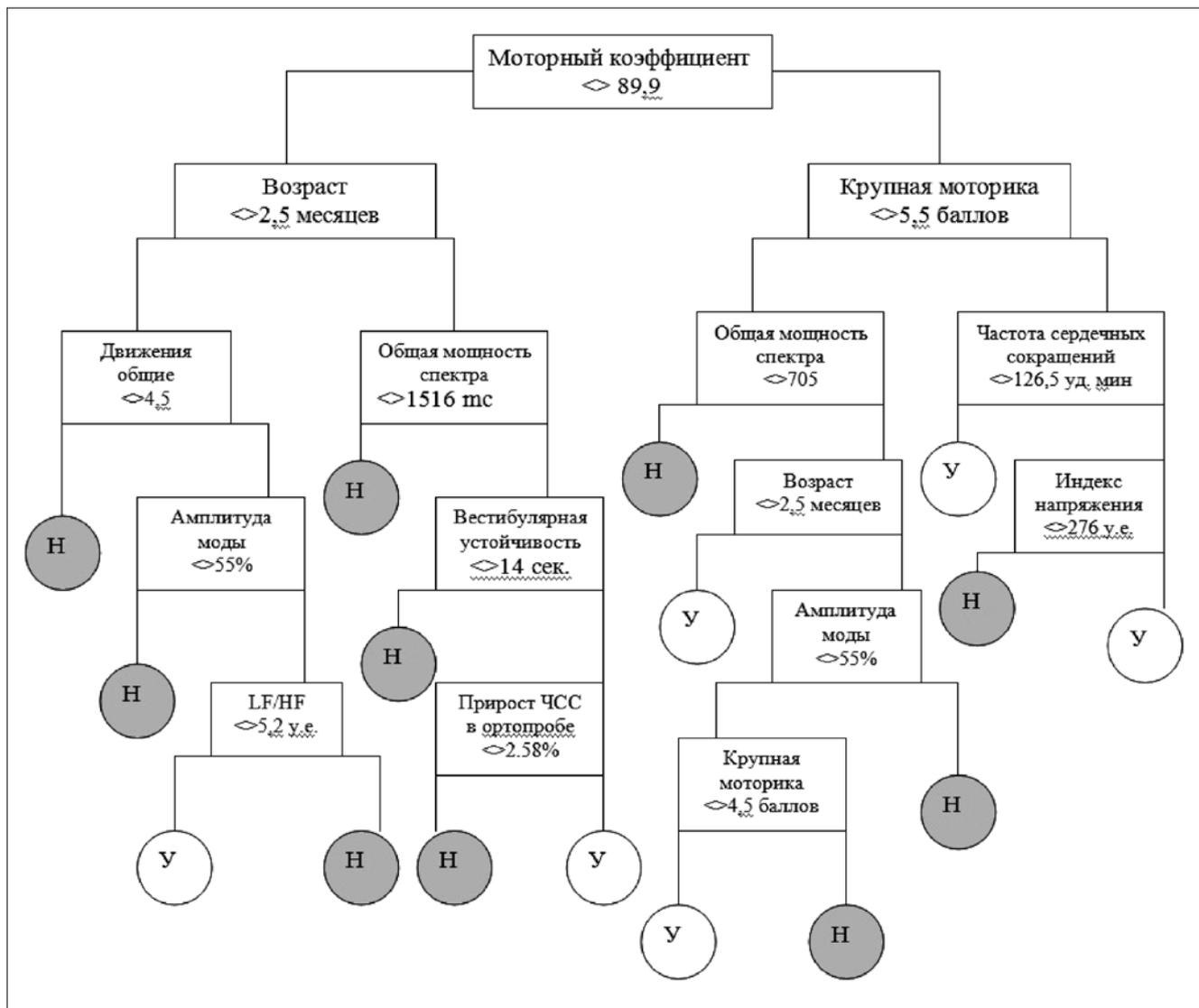


Рис. 2. Предикторы успешности реабилитации у детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы

Условные обозначения:  – успешная реабилитация;  не успешная реабилитация

наравне с возрастом ребенка является крупная моторика и его числовой диапазон выше 5,5 баллов. Следующим по важности среди показателей, отражающих состояние сенсомоторных функций, является вестибулярная устойчивость и время сохранения ребенком определенного положения более 14 секунд. Обращает на себя внимание тот факт, что показатели развития мелкой моторики ребенка не являются определяющими эффективность реабилитационных мероприятий.

Среди показателей вариабельности сердечного ритма наиболее значимыми являются общая мощность спектра и частота сердечных сокращений, значения которых после курса реабилитационных мероприятий должны составлять более 1516 тс² и менее 126 ударов в минуту соответственно. Далее определяют успех проведенных восстановительных мероприятий значения показателей, отражающих активность центральных механизмов регуляции и симпатического отдела вегетативной нервной системы. Так, индекс напряжения должен составлять более 276 усл.ед., амплитуда моды – более 55%, а показатель вагосимпатического

баланса – менее 5,2 усл.ед. Прирост ЧСС в ответ на ортостатическую нагрузку более 2,58% свидетельствует о положительной динамике от проведенных реабилитационных мероприятий.

Например, если после целенаправленного корректирующего воздействия на ребенка значение моторного коэффициента составляет более 89,9%, амплитуды моды более 55%, LF/HF менее 5,2 у.е., при этом возраст менее 2,5 месяцев, то применение программы физической реабилитации было успешным. В том случае, если показатели крупной моторики ребенка составляют менее 5,5 баллов, а общая мощность спектра нейрогуморальной регуляции сердечного ритма – менее 705 тс², при этом возраст ребенка старше 2,5 месяцев, то применение восстановительных мероприятий было неэффективным.

Данные отечественных и зарубежных источников свидетельствуют, что уровни показателей реабилитации тесно взаимосвязаны с показателями заболеваемости, инвалидности, смертности, организации и качества медицинского обслуживания населения и имеют прямое отношение к качественным и количественным

критериям, характеризующим здоровье населения. В настоящей работе разработаны и внедрены в практику объективные и информативные критерии эффективности медицинской реабилитации в педиатрии, которые позволяют определить, насколько конечные результаты совпадают с поставленной целью.

Выводы

1. Для оценки эффективности реабилитационных мероприятий у детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы кроме сравнительного анализа показателей необходимо использование многомерных статистических методов. Наиболее информативными являются: дискриминантный анализ, кластерный анализ, классификационное дерево «дерево решений».
2. Применение метода «дерево решений» позволило выделить предикторы, определяющие успешность курса реабилитации у детей первого года жизни с перинатальным поражением центральной нервной системы.
3. Успешность курса реабилитации у детей первого года жизни, перенесших перинатальное поражение центральной нервной системы определяется следующими показателями: моторный коэффициент (3,48), крупная моторика (1,93), ЧСС в ортостатическом положении (1,36) и в состоянии относительного покоя (0,89), амплитуда моды (0,89), общая мощность спектра нейрогуморальной регуляции сердечного ритма (0,85), возраст (0,67), индекс напряжения (0,54), вестибулярная устойчивость (0,44).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У. «Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы»/ сборник работ «Факторный, дискриминантный и кластерный анализ»: пер. с англ.; Под. ред. И. С. Енюкова. – М.: «Финансы и статистика», 1989. – 215 с.
2. Халафян, А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник / А. А. Халафян. – М.: ООО «Бином-Пресс», – 2008. – 512 с.: ил.
3. Шипунов, А.Б. Анализ данных с R (II) / А.Б. Шипунов, А.И. Коробейников, Е.М. Балдин. – СПб.: Речь, 2010. – 13 с.
4. Налобина А.Н. Методика лечебной гимнастики для детей первого года жизни, перенесших церебральную ишемию I–II степени в перинатальном периоде / А.Н. Налобина, Е.С. Стоцкая // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – № 1 (85). – С. 33–41.
5. Бадалян, Л. О. Детская неврология / Л. О. Бадалян. – М.: Медпресс-информ, 2001. – 485 с.
6. Баевский, Р. М. Вариабельность сердечного ритма и донозологическая диагностика / Р. М. Баевский // Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение: материалы V Всероссийского симпозиума / отв.ред. Р.М. Баевский, Н.И. Шлык, Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2011, – С. 411–413.

REFERENCES:

1. Kim J.-O., Muller Ch. Y. «Factor analysis: statistic methods and practical issues» / collection of articles «Factor, discriminant and cluster analysis»: translated from eng and edited by I. S. Enyukov. – M.: «Finance and Statistics», 1989. – 215 p.
2. Khalafyan, A. A. [STATISTICA 6. Statistic analysis of data.] 3-rd publ. Manual / – M.: «Binom-press» Ltd., – 2008. – 512 p.
3. Shipunov A.B., A.I. Korobeynikov, E.M. Baldin [Data analysis using R (II)] / St. Petersburg: Rech, 2010. – 13 p.
4. Nalobina A.N. [Technique of therapeutic exercises for infants who had I–II grade cerebral ischemia in the perinatal period] / A.N. Nalobina, E.S. Stotskaya // [Therapeutic physical training and sports medicine.] – 2011. – № 1 (85). – p. 33–41.
5. Badalyan, L. O. [Pediatric neurology]. – M.: Medpress-inform, 2001. – 485 p.
6. Baevskiy R. M. [Heart rate variability and preclinical diagnosis] / Baevskiy R. M. // [Heart rate variability: Theoretical aspects and practical use: the V All-Russian Symposium] / ed. Baevskiy R. M., N.I. Shlyk, Izhevsk: publishing house «Udmurskiy Universitet», 2011, – p. 411–413.

РЕЗЮМЕ

Основополагающими параметрами, определяющими эффективность физической реабилитации, являются:

– по результатам применения метода «дерево решений»: моторный коэффициент, общие движения, крупная моторика, вестибулярная устойчивость, индекс напряжения, общая мощность спектра нейрогуморальной регуляции сердечного ритма, амплитуда моды, показатель вагосимпатического баланса, значения ЧСС в состоянии относительного покоя и его прирост в ответ на ортостатическую пробу.

– по данным дискриминантного анализа: переменные, отражающие реакцию организма на проведение функциональных проб (%HF-, %LF- волн), которые позволяют оценить адаптационные возможности ребенка.

С помощью кластер-анализа определен интегральный показатель – индекс эффективности реабилитации, степень увеличения которого характеризует положительный эффект от применения восстановительных технологий.

Ключевые слова: реабилитация, методы математического моделирования, предикторы эффективности.

ABSTRACT

The fundamental parameters that determine the effectiveness of physical rehabilitation are:

– the results of applying the method of «decision tree»: a motor factor, the general movement, gross motor, vestibular stability, tension index, the total power spectrum of neuro-humoral regulation of heart rate, amplitude of the mode, the indicator vagosympathetic balance, the heart rate in a state of relative calm, and its growth in response on the orthostatic test.

– According to the discriminant analysis: variables reflecting the response of the organism to carry out functional tests (% HF-, % LF-waves) which allow to evaluate the adaptive capabilities of the child.

Using cluster analysis identified the integral index – the index of the effectiveness of rehabilitation, the magnification that characterizes the positive effect of reducing technologies.

Keywords: rehabilitation, methods of mathematical modeling, the predictors of efficacy.

Контакты:

Налобина Анна Николаевна. E-mail: a.nalobina@mail.ru