УДК 616-053.2

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В КРОВИ КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ, ПОСТРОЕННЫХ НА ПРИНЦИПАХ ОБРАТНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

[1,2]Устинова О.Ю., [1,2]Землянова М.А., [1,2]Лужецкий К.П., [1]Пермяков И.А., [2]Румянцева А.Н., [2]Звездин В.Н.

[1]Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, e-mail: pimenova@psu.ru;

[2]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Пермь, e-mail: root@fcrisk.ru, ustinova@fcrisk.ru

В статье рассматриваются вопросы изменения состояния вегетативной регуляции у детей, проживающих в условиях санитарно-гигиенического неблагополучия среды обитания. В рамках исследования проведена сравнительная оценка вегетативной регуляции у детей, проживающих в условиях воздействия техногенных химических факторов и, сравнительно, у детей того же возраста, проживающих в относительно благоприятных условиях. Установлено, что у детей с повышенным содержанием ароматических углеводородов в крови имеет место выраженное напряжение механизмов вегетативной регуляции с активацией гуморально-метаболического звена, значительное напряжение функциональной активности сердечно-сосудистой системы на фоне снижения ее резервных способностей у каждого пятого ребенка. Установлена достоверная связь развития нарушений вегетативной регуляции с повышенным содержанием в крови бензола, толуола и этилбензола. Выявлены объективные кардиоинтервалографические критерии диагностики вегетативных дисфункций, связанных с воздействием химических токсикантов техногенного происхождения (амплитуда моды и индекс напряжения, активность гуморально-метаболического и парасимпатического звена вегетативной реактивности), которые могут быть использованы для разработки технологий коррекции, основанных на принципах обратной биологической связи.

Ключевые слова: обратная биологическая связь, вегетативная нервная система, нарушения вегетативной регуляции

THE FUNCTIONAL STATUS OF VEGETATIVE NERVOUS SYSTEM IN CHILDREN WITH HIGH CONCENTRATION OF AROMATIC HYDROCARBON IN BLOOD AS A BASE FOR DEVELOPMENT OF PROTECT THE LIFE TECHNOLOGY WHICH BUILT ON THE PRINCIPLE OF BIOFEEDBACK

[1,2]Ustinova O.Y., [1,2]Zemlyanova M.A., [1,2]Luzhetskiy K.P., [1]Permyakov I.A., [2]Rumyantseva A.N., [2]Zvezdin V.N.

[1]Perm State National Research University, Perm, e-mail: pimenova@psu.ru;

[2]FSC «Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», Perm, e-mail: root@fcrisk.ru, ustinova@fcrisk.ru

In the article the matter of changes in the autonomic regulation in children residing in environments of sanitary-hygienic ill-being is dealt with. A comparative evaluation of autonomic regulation in children subjected to technogenic chemical factors and, in contrast, in children of the same age residing in comparatively well environments have been carried out under the research. It is established that children with higher blood levels of aromatic hydrocarbon have prominent tension of autonomic regulation with (its) humoral-metabolic component activated; each fifth child (examined) is found to have significant tension of cardiovascular capacity with the spare capacity of cardiovascular system decreased. Autonomic regulation disorders have been found to be significantly associated with increased blood levels of benzol, toluene and ethyl benzene. The objective cardiointervalographic criteria are drawn out that can be used for diagnosis of autonomic dysfunctions caused by technogenic toxic substances (mode amplitude and tension index, activity of humoral-metabolic and parasympathetic components of autonomic reactivity), which may be used to develop biofeedback-based correction technologies.

Keyword: biofeedback, vegetative nervous system, autonomic imbalance

Разработка технологий, основанных на принципах биологической обратной связи, предполагает использование методов мониторирования жизненно важных физиологических функций с целью получения в доступной и наглядной форме дополнительной информации о состоянии органов и систем человеческого организма [3]. Последующий анализ полученных данных с выделением наиболее объективных критериев оценки позволяет разработать целенаправленные методики управления функциями отдельных органов и систем в конкретных условиях существования человека [1, 3, 5].

Вегетативная нервная система (ВНС) является важнейшей регуляторной структурой человеческого организма, поддерживающей гомеостаз его внутренних сред в различных условиях существования и обеспечивающей процессы адаптации [2, 6, 7]. Дисфунк-

циональные расстройства ВНС сопровождаются развитием астено-невротических нарушений, снижением физической и умственной работоспособности человека, нарушением биоритмов, иммуносупрессией, функциональными расстройствами со стороны внутренних органов и систем [4, 7]. Проживание населения в условиях загрязнения среды обитания химическими токсикантами техногенного происхождения является дополнительным стрессовым фактором, приводящим к напряжению/истощению адаптационно-компенсаторных механизмов, разбалансированности функций ВНС [6, 7]. Исследование вариабельности сердечного ритма на основе анализа данных кардиоинтервалографии позволяет с достаточной точностью оценить степень напряжения механизмов адаптации, особенности функционирования разных звеньев вегетативной регуляции (ВР) (регуляторного, адаптационного и гуморально-метаболического) и использовать полученные данные для разработки технологий коррекции, основанных на принципах обратной биологической связи.

Цель исследования: для разработки технологий, основанных на принципах биологической обратной связи, установить объективные критерии выявления контингента детей с функциональными нарушениями вегетативной нервной системы, ассоциированными с повышенным содержанием ароматических углеводородов в крови.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования проведена оценка ВР у 218 детей в возрасте 6–7 лет (группа наблюдения), проживающих в условиях воздействия техногенных химических факторов и, сравнительно, у 100 детей того же возраста, проживающих в относительно благоприятных условиях (группа сравнения). Группы не имели отличий по гендерному признаку. Оценка состояния ВР проведена на основании анализа результатов кардиоинтервалографии (КИГ) и электрокардиографии (ЭКГ), расчета индексов Кердо и Квааса. Стандартная кардиоинтервалография по Баевскому выполнялась с помощью программно-аппаратного кардиоинтервалографа «Нейро-МВН-Нейро-Софт» г. Иваново, Россия (регистрационное удостоверение № 98/219-91, приказ МЗ и СР № 735 от 30.10.2006 г). Электрокардиографическое исследование проводилось на 6-канальном электрокардиографе Cardiovit AT-2 (SCHILLER) по стандартной методике.

Определение ароматических углеводородов в биосубстратах (кровь) осуществлялось методом капиллярной газовой хроматографии и парафазного анализа в соответствии с методическими указаниями (МУК 4.1.763-4.1.779-99; МУК 4.1.2102-4.1.2116-06). Все исследования выполнялись с использованием газового хроматографа (модели 6890, 6890N, 6850, 7890A, Регистрационный номер 15118-07, страна производитель США), аппаратно-программного комплекса «Хроматэк-Кристалл-5000» (№ ФСР 2009/04091, ТУ 9443-004-12908609-99).

Математическую обработку осуществляли с помощью непараметрических методов статистики с построением и анализом двумерных таблиц сопряженности; метода однофакторного дисперсионного анализа; методов линейного и нелинейного регрессионного анализа. Для оценки достоверности полученных результатов использовали критерий Фишера, критерий Стьюдента, χ^2-квадрат. Различия полученных результатов считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенного исследования было установлено, что содержание бензола в крови детей группы наблюдения достигало 0,004 ± 0,0002 мг/дм³, что превышало референтный уровень (0,0 мг/дм³; $p < 0,001$) и показатель группы сравнения (0,0002 ± 0,0001 мг/дм³, $p < 0,001$). Содержание этилбензола в группе наблюдения составляло 0,003 ± 0,0001 мг/дм³ и было выше как референтного (0,0 мг/дм³; $p = 0,009$), так и группы сравнения (0,0004 ± 0,0001 мг/дм³; ($p < 0,001$). Содержание в крови толуола в группе наблюдения достигало 0,001 ± 0,0005 мг/дм³, что достоверно превышало референтный уровень (0,0 мг/дм³; $p < 0,001$) и показатель группы сравнения (0,0002 ± 0,0001 мг/дм³, $p < 0,001$). Таким образом, у детей группы наблюдения содержание ароматических углеводородов (бензола, этилбензола и толуола) в крови от 5 до 20 раз превышало показатели группы сравнения ($p = 0,001–0,009$) и референтный уровень (табл. 1).

Таблица 1

Содержание химических токсикантов в крови детей, проживающих в различных санитарно-гигиенических условиях среды обитания, мг/дм³ (M ± m)

Показатель	Основная группа	Группа сравнения	Референтный предел	p
Бензол	0,004 ± 0,0002	0,0002 ± 0,0001	0,0	< 0,001
Этилбензол	0,003 ± 0,0001	0,0004 ± 0,0001	0,0	< 0,001
Толуол	0,001 ± 0,0005	0,0002 ± 0,0001	0,0	< 0,001

Примечание. p – достоверность различий основной группы и группы сравнения.

Сравнительный анализ показателей вариабельности сердечного ритма показал, что у детей группы наблюдения имело место выраженное напряжение механизмов ВР (табл. 2). Амплитуда моды (АМо), характеризующая состояние активности симпа-

тического звена ВНС, в группе наблюдения составляла 40,67 ± 1,02 %, что на 30 % превышало как показатель группы сравнения (28,89 ± 2,87 %, $p = 0,036$), так и физиологическую норму ($p \leq 0,001$). Индекс напряжения, отражающий активность компенсаторных механизмов ВР, в группе наблюдения более, чем на 10 % превышал показатель группы сравнения (108,68 ± 14,24 у.е. против 96,92 ± 12,86 у.е., $p \leq 0,001$) и уровень физиологической нормы (94,0 ± 15,0 у.е., $p \leq 0,001$).

Таблица 2

Состояние вегетативной регуляции у детей с различным уровнем содержания ароматических углеводородов в крови, (M ± m)

Показатели КИГ	Физиологическая норма	Группа наблюдения	Группа сравнения	*p*
АМо (%)	27,00 ± 1,00	40,67 ± 1,02	28,89 ± 2,87	0,036
ИН (у.е.)	94,00 ± 15,00	108,68 ± 14,24	96,92 ± 12,86	≤0,001
Мо (с)	0,62 ± 0,03	0,88 ± 0,06	0,60 ± 0,07	0,93
Дх (с)	0,23 ± 0,05	0,74 ± 0,04	0,38 ± 0,02	0,87

Примечание. *p* – достоверность различий показателей сравниваемых групп.

Показатель моды (Мо), отражающий состояние гуморально-метаболического звена ВР, в группе наблюдения более чем на 30% превышал аналогичный в группе сравнения (0,88 ± 0,06 и 0,60 ± 0,07 с соответственно, $p = 0,93$), а вариационный размах (Дх), характеризующий активность парасимпатического звена ВНС, был на 90% выше группы сравнения (0,74 ± 0,04 с против 0,38 ± 0,02 с, $p = 0,87$). В целом, в группе наблюдения количество детей с симпатикотонией (54,7%) в 2,9 раза превышало показатель группы сравнения (18,6%, $p \leq 0,001$), а число детей с эйтонией (28,1%) было в 1,8 раза ниже (50%, $p \leq 0,001$). При дозированной физической нагрузке в группе наблюдения нарастание активности гуморально-метаболического и симпатического звеньев адаптационно-компенсаторных механизмов ВНС имело минимальный характер и не превышало 15%, в то время как в группе сравнения было в 2,8 раза выше и достигало 40% ($p \leq 0,001$).

Анализ данных электрокардиографического обследования показал, что частота сердечных сокращений у детей группы наблюдения составляла 92,13 ± 9,52 уд. в мин, что достоверно выше показателя группы сравнения – 80,13 ± 7,15 уд. в мин ($p = 0,001$) и согласуется с данными КИГ, свидетельствующими о более выраженном симпатическом влиянии ВНС у детей с повышенным содержанием ароматических углеводородов в крови. Несмотря на то, что средняя продолжительность основных комплексов и интервалов ЭКГ у детей сравниваемых групп не имела статистически значимых отличий ($p = 0,063...0,99$), однако в ходе изучения индивидуальных показателей было установлено, что вариант «физиологической нормы» процессов возбуждения и проведения в миокарде встречался у детей группы наблюдения в 1,9 раза реже, чем в группе сравнения (29,9% против 55,9%, $p \leq 0,001$), (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика процессов возбудимости и проводимости миокарда у детей с различным уровнем содержания ароматических углеводородов в крови, (доля детей, %)

Характеристика	Группа наблюдения	Группа сравнения	*p*
Физиологическая норма	29,9	55,9	≤ 0,001
Нарушения синусового ритма:	70,1	44,1	≤ 0,001
Синусовая тахикардия	48,2	10,8	≤ 0,001
Синусовая брадикардия	7,2	14,8	0,023
Синусовая брадиаритмия	10,5	16,6	0,11
Неполная блокада правой ножки пучка Гиса	4,2	1,9	0,29

Примечание. *p* – достоверность различий показателей сравниваемых групп.

Доминирующим типом патологии процессов возбуждения и проведения в миокарде, в обеих исследуемых группах, являлись нарушения синусового ритма, которые в группе наблюдения встречались в 1,6 раза чаще, чем в группе сравнения (70,1 и 44,1 % соответственно, $p \leq 0,001$) и носили преимущественно характер синусовой тахикардии (48,2 % против 10,8 % в группе сравнения, $p \leq 0,001$). В группе сравнения синусовая тахикардия, синусовая брадикардия и синусовая брадиаритмия встречались с одинаковой частотой (10,8; 14,8 и 16,6 %, $p = 0,39...0,72$).

Для определения резервных возможностей сердечно-сосудистой системы был проведен расчет индекса выносливости Квааса (физиологическая норма для детей 6–7 лет – 21–23 у.е.), увеличение которого свидетельствует о снижении ее резервных возможно-

стей. В ходе исследования установлено, что в группе наблюдения этот показатель составил 23,41 ± 1,28 у.е., а группе сравнения – 21,78 ± 1,16 у.е. ($p = 0,45$), что не имело достоверных отличий с возрастной нормой ($p = 0,27–0,72$), однако в группе наблюдения детей с индексом выносливости Кваса ≥ 25 у.е. было 20,9%, в то время как в группе сравнения – только 5,9% ($p = 0,001$).

В ходе дальнейшего исследования установлена достоверная связь вероятности развития напряженной симпатикотонии с повышенным содержанием в крови ароматических углеводородов (вклад бензола – 48%, этилбензола – 23%, толуола – 13%; $9,32 \le F \le 127,32$; $p \le 0,001–0,0001$). Вероятность формирования гипореактивности парасимпатического звена ВНС достоверно связана с повышенным содержанием в крови бензола и этилбензола (вклад бензола – 32%, этилбензола – 14%; $9,32 \le F \le 10,43$; $p \le 0,001–0,0001$), а вероятность развития гипореактивности гуморально-метаболического звена – с повышенным содержанием толуола (вклад толуола 27%, $F = 28,14$, $p = 0,02$). Установлено, что вероятность снижения активности адаптационно-компенсаторных механизмов ВНС достоверно связана с повышенным содержанием бензола и этилбензола (вклад бензола – 31%, этилбензола – 22%; $24,04 \le F \le 36,17$; $p \le 0,01–0,03$). Кроме того, установлена достоверная связь развития синусовой тахиаритмии с повышенным содержанием бензола и этилбензола, вклад бензола составил 29%, этилбензола – 37% ($30,6 \le F \le 33,18$; $p \le 0,004–0,008$). Кроме того установлено, что снижение резервных возможностей сердечно-сосудистой системы при нагрузке достоверно связано с повышенным содержанием толуола, вклад которого составляет 27% ($F = 29,24$; $p \le 0,0001$).

Заключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о наличии у детей с повышенным содержанием в крови ароматических углеводородов нарушений вегетативной реактивности по гиперсимпатикотоническому типу. На основании полученных данных сформулированы критерии выявления контингента детей с функциональными нарушениями вегетативной нервной системы, детерминированными повышенным содержанием ароматических углеводородов в крови:

– гиперсимпатикотонический тип вегетативной реактивности;

– повышение активности гуморально-метаболического звена более чем на 30%;

– повышение активности парасимпатического звена более чем на 90%;

– минимальное (< 15%) нарастание активности гуморально-метаболического и симпатического звеньев адаптационно-компенсаторных механизмов вегетативной реактивности при стандартной дозированной нагрузке.

Установленные критерии могут быть использованы для разработки технологий, основанных на принципах обратной биологической связи, для коррекции у детей вегетативных нарушений, детерминированных повышенным содержанием ароматических углеводородов в крови.

Статья опубликована при финансовой поддержке гранта в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (соглашение 14.B37.21.05.70).

Список литературы

1. Бубнова М.Г. Физические нагрузки и атеросклероз: динамические физические нагрузки высокой интенсивности как фактор, индуцирующий экзогенную дислипидемию / Бубнова М.Г., Аронов Д.М., Перова Н.В // Кардиология. – 2003. – № 3. – С. 43–49.

2. Компьютерные и лечебно-оздоровительные игры (новая ветвь биоуправления) / О.Г. Донская, Р.И. Великохатный, В.А. Дебелов, О.А. Джафарова // Биоуправление-3. Теория и практика. – Новосибирск, 1998. – С. 232–242.

3. Марченко В.Н. Метод биологической обратной связи в комплексном лечении бронхиальной астмы: учебно-методическое пособие. – СПб., 2003. – 16 с.

4. Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я., Шальнова С.А., Деев А.Д. // Международный мед. журнал. – 2003. – № 1. – С. 16–21.

5. Преображенский Д.В., Сидоренко Б.А., Маренич А.В., Батыралиев Т.А. и др. // Кардиология. – 2003. – № 12. – С. 91–103.

6. Сидоренко Г.И., Фролов А.В., Котова О.В., Станкевич В.И. // Кардиология. – 2004. – № 1. – С. 14–20.

7. Устинова О.Ю., Аминова А.И., Пермяков И.А. Гигиеническая оценка состояния здоровья и физического развития детей дошкольного возраста в условиях комбинированного воздействия химических факторов среды обитания // Здоровье населения и среда обитания: информационный бюллетень. – 2011. – № 7. – С. 8–11.

References

1. Bubnova M.G. Fizicheskie nagruzki I ateroskleroz: dinamicheskie fizicheskie nagruzki vysokoy intensivnosti kak factor, indutsiruyuschiy ekzogennuyu dislipidemiyu / Bubnova M.G., Aronov D.M., Perova N.V. // Cardiologiya. 2003. pp. 43–49.

2. Donskaya O.G., Velikihatnyy R. I., Debelov V.A., Dzhafarova O.A. Kompyuternye I lechebno-ozdorovitelnye igry (novaya vetv bioupravleniya) // Bioupravlenie-3. Teoriya i praktika. Novosibirsk. 1998. pp. 232–242.

3. Marchenko V.N. Metod biologicheskoy obratnoy svyazi v kompleksnom lechenii bronhialnoy astmy. Uchebno-metodicheskoe posobie. – Sankt-Peterburg, 2003. -16 s.

4. Oganov R.G., Maslennikova G.Ya, Shalnova S.A., Deev A.D. // Mezhdunarodnyy medzhurnal. 2003. no. 1. pp. 16–21.

5. Preobrazhenskiy D.V., Sidorenko B.A., Marenich A.V., Batyraliev T.A. etc// Cardiologiya. – 2003. no. 12. pp. 91–103.

6. Sidorenko G.I., Frolov A.V., Kotova O.V., Stankevich B.I. // Cardiologiya. 2004. no. 1 pp. 14–20.

7. Ustinova O.Yu., Aminova A.I., Permyakov I.A., Gigienicheskaya otsenka sostoyaniya zdorovya i fizicheskogo razvitya u detey doshkolnogo vozrasta v usloviyah kombinirovannogo vozdeystviya himicheskih faktorov sredy obitaniya // Zdorove naseleniya i sreda obitaniya: informatsionnyy bulleten. 2011. no. 7. pp. 43–49.

Рецензенты:

Лебедева Т.М., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ГБОУ ВПО «Пермская государственная медицинская академия имени Е.А. Вагнера» Минздрава соцразвития России, г. Пермь;

Нурисламова Т.В., д.б.н., заведующая лабораторией методов газовой хроматографии ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 26.11.2012.