

6. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G., eds. *Fundamentals of Risk Assessment for the Health Effects of Chemicals that Pollute the Environment [Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya vozdeystvii khimicheskikh veshchestv; zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu]*. Moscow; 2002. (in Russian)
7. Onishchenko G.G. The impact of the environment on human health: Unsolved problems. *Gigiena i sanitariya*. 2003; 82(1): 3–10. (in Russian)
8. Gichev Yu.P. *Human Health and the Environment [Zdorov'e cheloveka i okruzhayushchaya sreda]*. Moscow; 2007. (in Russian)
9. Kiku P.F., Veremchuk L.V. Assessment of health risks from environmental factors: experience, problems and solutions. In: *Materials of All-Russian Scientific-Practical Conference [Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Angarsk; 2002: 27–9. (in Russian)
10. Kuvichkina M.V., Zhukova L.V. *Psychoemotional and Psychophysiological Indicators of Pupils in the Conditions Anthro-Technogenic Pollution [Psikhoemotsional'nye i psikhofiziologicheskie pokazateli uchashchikhся v usloviyakh antropotekhnogennoho zagryazneniya okruzhayushchey sredy]*. Bryansk: GK «Desyatochka»; 2011. (in Russian)
11. Agadzhanian N.A., Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Problems of Adaptation and Learning about Health [Problemy adaptatsii i uchenie o zdorov'e]*. Moscow; 2006. (in Russian)
12. Agadzhanian N.A., Suslikov V.L. Ecological and biochemical factors and human. *Ekologiya cheloveka*. 2002; (1): 3–5. (in Russian)
13. Rakhmanin Yu.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Aleksandryan A.V., Shashina T.A., Skvortsova N.S. *Fundamentals of Human Health Risk Analysis of the Impact of Environmental Factors [Osnovy analiza riska zdorov'ya cheloveka ot vozdeystviya faktorov okruzhayushchey sredy]*. Erevan; 2012. (in Russian)

Поступила 16.05.16
Принята к печати 04.10.16

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.956:612.82.014.46-053.2

Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Мыльникова И.В., Журба О.М.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ФОРМАЛЬДЕГИДА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск

Одним из наиболее опасных для здоровья населения токсичных веществ является формальдегид (ФА). Цель исследования – оценить функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС) у детей с различным уровнем экскреции ФА. Обследовано 212 детей (98 мальчиков и 114 девочек) в возрасте 11–17 лет. Использован комплекс психофизиологических методов, позволивших изучить когнитивные свойства, силу и работоспособность ЦНС. Среди когнитивных функций изучены: гнозис (восприятие и обработка информации), сенсомоторная координация, внимание. Установлено, что концентрация ФА в моче находилась в интервале значений условной нормы. Детей распределили на три группы в зависимости от концентрации ФА в моче. Отмечено, что дети с наиболее низким уровнем экскреции ФА обладают средней скоростью зрительно-моторной реакции, высоким уровнем сенсомоторной координации, средним уровнем объема, распределения, переключаемости внимания. У детей с промежуточными значениями ФА выявлены низкий функциональный уровень системы, сниженная работоспособность ЦНС и сенсомоторная координация, переключаемость внимания ниже среднего уровня. Функциональное состояние ЦНС детей с наиболее высокими концентрациями ФА отличалось низким функциональным уровнем системы; сниженной работоспособностью и сенсомоторной координацией; объемом, распределением и переключаемостью внимания «ниже среднего уровня». У детей данной группы установлена отрицательная корреляционная связь между концентрацией ФА в моче и показателями тестинг-теста (число нажатий, скорость начального темпа). В результате проведенных исследований у детей выявлены психофизиологические признаки ухудшения функционального состояния центральной нервной системы с увеличением концентрации ФА в моче.

Ключевые слова: формальдегид; функциональное состояние центральной нервной системы; подростки.

Для цитирования: Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Мыльникова И.В., Журба О.М. Оценка воздействия допустимых концентраций формальдегида на функциональное состояние центральной нервной системы подростков. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(5): 474-478. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-5-474-478>

Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Mylnikova I.V., Zhurba O.M.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ADMISSIBLE CONCENTRATIONS OF FORMALDEHYDE ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN ADOLESCENTS

East Siberian Institute of Medical and Environmental Research, Angarsk, 665827, Russian Federation

Formaldehyde is the one of the most dangerous toxic substances to human health. The purpose of research is to evaluate the functional state of the central nervous system in children with different levels of excretion of formaldehyde. There were examined 220 children (100 boys and 120 girls) aged of 11-17 years. There was used a complex of psychophysiological methods allowing to study cognitive features, power and performance of the central nervous system. Among the cognitive functions there were studied: gnosia (the perception and processing of information); sensorimotor coordination, attention. The formaldehyde concentration in urine was found to be in the range of values of conditional norms. Children were distributed into three groups in dependence on the formaldehyde concentration in urine. Children with the lowest level of excretion of formaldehyde were noted to possess an average speed of visual-motor reaction, a high level of sensorimotor coordination, middle level of the volume, distribution and shiftability of attention. In children with intermediate values of formaldehyde there were revealed the functional level of the system assessed as low, impaired performance of the CNS and sensorimotor coordination, shiftability of attention below average. The functional state of the central nervous system in children with the most high urinary excretion of formaldehyde, corresponding to the upper range of values, was differed by the low functional level of the system, decreased performance and sensorimotor coordination, volume, distribution and shiftability of attention below average level. In children from this group there was established the negative correlation between the concentration

of formaldehyde in the urine and indices of the tapping test (the number of taps, the initial rate of speed). The tests revealed psychophysiological signs of the deterioration in the functional state of the central nervous system in children with the increasing of formaldehyde concentration in the urine.

Key words: formaldehyde; the functional state of the central nervous system; adolescents.

For citation: Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Mylnikova I.V., Zhurba O.M. Assessment of the impact of admissible concentrations of formaldehyde on the functional state of the central nervous system in adolescents. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(5): 474-478. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-5-474-478>

For correspondence: Natalya V. Efimova, MD, PhD, DSci., Professor, a leading researcher of the Laboratory of ecological and health studies of the East Siberian Institute of Medical and Environmental Research, Angarsk, 665827, Russian Federation. E-mail: medecolab@inbox.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 11 April 2016

Accepted: 04 October 2016

Введение

Одним из поллютантов, наиболее распространенных в окружающей среде и в воздухе закрытых помещений, является формальдегид (ФА). Физико-химические свойства ФА таковы, что в одних случаях он проявляет общетоксическое действие (раздражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей, горла, глаз, вызывает тошноту и головную боль), в других – оказывает канцерогенное действие, обуславливая развитие онкопатологии различных органов и предраковых состояний. Опасность непрофессионального воздействия для населения связана с широким использованием ФА в основном в качестве составной части синтетических смол, которые применяются в строительной, текстильной, деревообрабатывающей, мебельной промышленности и др. В окружающей среде образование ФА происходит за счет фотохимических реакций и процессов трансформации органических соединений, загрязняющих атмосферный воздух, таких как метан, метиловый спирт, муравьиная кислота и т.д. [1].

Загрязнение атмосферного воздуха и воздушной среды отмечено в ряде исследований, что приводит к циркуляции данного токсиканта в организме человека [2].

К настоящему времени достаточно изучено раздражающее, сенсибилизирующее, эмбриотоксическое, мутагенное и канцерогенное действие ФА. Представляют интерес данные экспериментальных исследований влияния ФА на организм животных. Исследованиями A. Songur и соавт. (2010) показано, что в низких дозах ФА оказывает общетоксическое действие на различные системы и органы, в том числе на центральную нервную систему (ЦНС) [3–5]. Наиболее широко отражено в литературе токсическое действие ФА на ЦНС у животных, проявляющееся в виде апоптоза нейронов лобных, фронтальных долей головного мозга, гиппокампа и других отделов головного мозга [6, 7]. В литературе описан случай ухудшения когнитивных функций у человека в результате кратковременного воздействия паров ФА на уровне референтной дозы [8]. В работах [9, 10] приводятся данные о наличии сопутствующей патологии со стороны ЦНС у лиц с аллергическими проявлениями, имеющими профессиональный контакт с ФА. Несмотря на многочисленные исследования, сохраняется неопределенность в отношении нейротоксичности ФА. Учитывая возможность непрофессионального воздействия ФА, важное медико-профилактическое значение имеет изучение влияния ФА на ЦНС детей.

Цель исследования – оценить функциональное состояние центральной нервной системы у детей с различным уровнем экскреции формальдегида.

Материал и методы

Проведенные исследования одобрены решением биоэтического комитета ФГБНУ ВСИМЭИ и соответствуют требованиям Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации

Для корреспонденции: *Ефимова Наталья Васильевна*, д-р мед. наук, проф., вед. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ Восточно-сибирского института медико-экологических исследований, 665827, Ангарск. E-mail: medecolab@inbox.ru

«Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (2000) и Правилам клинической практики в Российской Федерации, утвержденным приказом Минздрава России от 19.06.03 № 266.

В исследовании участвовало 212 детей (98 мальчиков и 114 девочек) в возрасте 11–17 лет, проживающих на территории Иркутской области, не имеющих на момент обследования острых заболеваний и декомпенсированных хронических заболеваний.

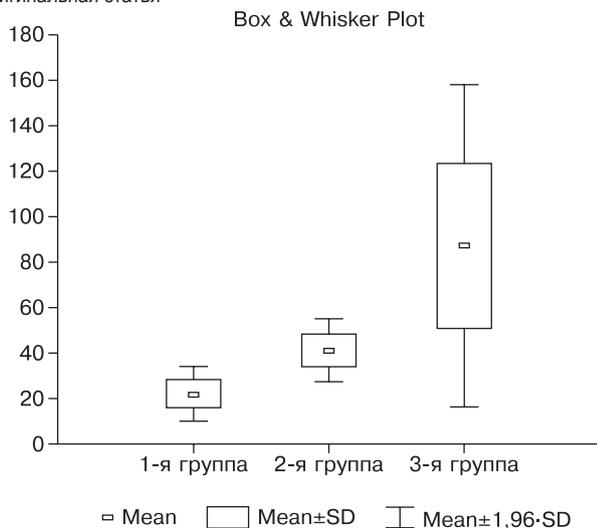
Определение ФА в моче осуществляли методом хромато-масс-спектрометрического анализа равновесного пара (HeadSpace GC-MS analysis) с использованием хромато-масс-спектрометра на базе газового хроматографа Agilent 7890A, масс-селективного детектора Agilent 5975C, капиллярной колонки HP-5MS (30 м, 0,25 мм, 0,25 мкм) и автоматического пробоотборника Agilent 7693 с устройством предварительного подогрева образцов. Согласно данным литературы, концентрации ФА в моче человека находятся в пределах 56,85–144,57 мкг/л [11].

Функциональное состояние ЦНС исследовано с помощью компьютерного комплекса «НС-ПсихоТест» (Изготовитель ООО «Нейрософт», г. Иваново, Россия) с использованием ряда методик. Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР) направлена на оценку гнозиса, теппинг-тест – силы и работоспособности ЦНС, координациометрия по профилю и контактная треморометрия – сенсомоторной координации, красно-черные таблицы Шульце-Платонова – внимания. Тестирование проводили в состоянии условного покоя, в утренние часы, в специально отведенном помещении с подробным предварительным инструктажем о выполнении предстоящих заданий.

ПЗМР основана на регистрации средней скорости ПЗМР (в мс) и оценке функционального состояния ЦНС по критериям Т.Д. Лоскутовой: функциональный уровень системы (ФУС), устойчивость реакции (УР), уровень функциональных возможностей (УФВ). ФУС определяется абсолютными значениями средней скорости ПЗМР. Величина показателя УР – степенью рассеивания латентного периода ПЗМР: чем меньше дисперсия, тем больше показатель. Уровни нормы: высокий $4,9 \pm 5,5$; средний $4,5 \pm 4,9$; низкий $4,2 \pm 4,5$. Величина показателя УР определяется степенью рассеивания средней скорости ПЗМР: чем меньше дисперсия, тем больше показатель. Уровни нормы: высокий $2,0 \pm 2,8$; средний $1,5 \pm 2,0$; низкий $1,0 \pm 1,5$. УФВ максимально полно отражает состояние ЦНС, позволяет судить о способности формировать соответственно задаче и продолжительно удерживать соответствующий уровень функциональной системы. Уровни нормы: высокий $3,8 \pm 4,8$; средний $3,1 \pm 3,8$; низкий $2,7 \pm 3,1$ [12, 13].

По результатам теппинг-теста определяли тип нервной системы, работоспособность и выносливость ЦНС, рассчитывали показатели средней частоты нажатий (в Гц), число нажатий (в у.е.), уровень начального темпа (в Гц).

Методики «координациометрия по профилю» и «контактная треморометрия» использовали для оценки сенсомоторной координации. В качестве показателя сенсомоторной координации – процентное соотношение времени касаний в секунду (в кас/с) и времени тестирования (в мс): до 10% – очень высокое качество; 11–30% – хорошее качество; 31–50% – низкий уровень; свыше 50% – неудовлетворительное качество [14]. По показателям кон-



Сравнение концентраций формальдегида в моче у детей 1, 2 и 3-й групп.

По оси ординат – величины концентраций формальдегида в моче (в мкг/л). По оси абсцисс – группы обследованных детей.

Тактичной треморометрии оценивали точность движений при статических нагрузках.

Внимание исследовали с помощью методики «красно-черные таблицы Шульте-Платонова». Проведена оценка объема, распределения, переключаемости внимания (в у.е.) [13].

Тестирование осуществляли с учетом реализации общих принципов организации деятельности: от простого к сложному. Таким образом, каждая последующая проба исключала или минимизировала кумулятивный эффект действия предыдущей на

доминирующий нервный центр – соблюдали принцип смены деятельности как способа профилактики утомления.

Полученные результаты обработаны статистически с помощью пакета прикладных программ Statistica, версия 10.0 для MS Windows. Проверка на нормальность распределения измеренных переменных, осуществлявшаяся на основе Normal probability plots (график на нормальной вероятностной бумаге), показала, что все полученные данные подчиняются закону нормального распределения. Результаты представлены в виде медианы, 1-го и 3-го квартилей (Me/[Q1–Q3]). Достоверность различий оценивали по T-test for Independent Sample. Для сравнительной оценки концентраций ФА в моче использовали метод Box & Whisker Plot. Выявление причинно-следственных связей между психофизиологическими показателями и концентрацией ФА в моче осуществили с помощью корреляционного анализа по Пирсону. Критический уровень значимости (p) принимался при $p < 0,05$ [15].

Результаты

Оценка индивидуальных значений концентраций формальдегида в моче показала, что все варианты занимают диапазон от 13,3 до 167,9 мкг/л. Центильным методом вариационный ряд распределен на три диапазона значений: до 30 мкг/л включительно; от 31 до 58 мкг/л; от 59 мкг/л и выше. В зависимости от уровня экскреции ФА сформировано три группы: 1-я – 101 человек (43 мальчика и 58 девочек); 2-я – 84 человека (45 мальчиков и 39 девочек); 3-я – 27 человек (10 мальчиков и 17 девочек). Концентрация ФА в моче составила у детей 1-й группы Me-22,7/[Q₁, 17,9–Q₃, 27,3] мкг/л; 2-й группы 39,4/[35,7–45,9] мкг/л; 3-й группы 73,0/[64,5–92,4] мкг/л. Сравнительная оценка показателей выявила статистически достоверные различия между группами ($p_{1-2} = 0,001$, $p_{1-3} = 0,001$, $p_{2-3} = 0,000$) (см. рисунок).

К проявлениям высшей нервной деятельности относится реализация когнитивных функций: гнозиса (восприятие и обработка информации); сенсомоторной координации и внимания. Одной из характеристик гнозиса является скорость зрительно-моторной реакции, характеризующая процессы анализа и синтеза информации. Величина данного показателя во всех трех группах оценивается как средняя, соответствующая значениям возрастной нормы и обеспечивающая оптимальный уровень обработки информации [13]. Отмечено, что по сравнению с детьми 2-й и 3-й групп у детей 1-й группы средняя скорость ПЗМР ниже, что свидетельствует о более высоком уровне сенсомоторного реагирования. Сопоставление средней скорости ПЗМР выявило достоверные различия между группами (табл. 1).

Таблица 1

Психофизиологические показатели центральной нервной системы в группах детей с различным уровнем экскреции формальдегида (Me/[Q1-Q3])

Показатель	Группы детей в зависимости от концентрации формальдегида в моче			Т-тест для независимых выборок
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	
Средняя скорость ПЗМР, мс	221/(214–233)	226/(211–241)	232/(223–262)	$p_{1-3} = 0,017$ $p_{2-3} = 0,038$
ФУС, у.е.	4,3/(4,1–4,6)	4,2/(4,0–4,5)	4,1/(3,8–4,5)	$p_{1-2} = 0,001$ $p_{1-3} = 0,013$
УР, у.е.	1,8/(1,6–2,5)	1,7/(1,4–2,1)	1,6/(1,1–2,0)	$^{1-2}p = 0,001$ $p_{1-3} = 0,000$
УФВ, у.е.	3,6/(3,4–4,2)	3,4/(2,9–3,7)	3,1/(2,8–3,6)	$p_{1-2} = 0,000$ $p_{1-3} = 0,000$
Сенсомоторная координация, %	9,2/(7,5–11,6)	14,8/(9,1–19,8)	17,5/(14,5–22,3)	$p_{1-2} = 0,000$ $p_{1-3} = 0,000$ $p_{2-3} = 0,011$
Количество кас/с	0,7/(0,3–1,5)	1,1/(0,7–2,3)	1,3/(0,9–2,2)	$p_{1-2} = 0,000$ $p_{1-3} = 0,000$
Время кас/с	0,04/(0,02–0,9)	0,04/(0,02–0,9)	0,07/(0,05–0,08)	$p_{1-3} = 0,035$
Объем внимания, у.е.	47/(38–54)	49/(44–59)	51/(39–62)	
Распределение внимания, у.е.	85/(71–99)	86/(66–101)	90/(68–111)	
Переключаемость внимания, у.е.	31/(25–38)	34/(22–52)	40/(28–61)	$p_{1-3} = 0,000$
Средняя частота, Гц	6,5/(6,1–6,8)	6,3/(5,8–6,8)	6,2/(5,7–6,4)	$p_{1-3} = 0,000$
Число нажатий, у.е.	264/(198–295)	222/(192–281)	208/(185–252)	$p_{1-2} = 0,007$ $p_{1-3} = 0,005$
Уровень начального темпа, Гц	6,9/(6,4–7,6)	6,8/(6,4–7,7)	6,6/(5,6–7,2)	$p_{1-3} = 0,000$ $p_{2-3} = 0,005$

Использование критериев Т.Д. Лоскутовой позволило получить более полную характеристику функционального состояния ЦНС детей. Установлено, что в 1-й группе функциональный уровень системы, устойчивость реакции и уровень функциональных возможностей находятся в пределах условной нормы. Во 2-й группы показатель ФУС занимал нижний диапазон значений условной нормы в сочетании со средним уровнем показателей УР и УФВ. В 3-й группе функциональное состояние ЦНС оказалось сниженным и характеризовалось низкими значениями ФУС и УФВ в сочетании со средним уровнем УР. Физиологической нормой считается способность ЦНС формировать адекватную заданию функциональную систему и достаточно длительно ее удерживать. Эту функцию отражает показатель УФВ. Поэтому увеличение у детей 3-й группы скорости времени ПЗМР и уровня функциональных возможностей, возможно, относится к ранним признакам нарушений ассоциативных взаимоотношений между центрами зрительного и моторного анализаторов. Отмечено, что средняя

скорость ПЗМР у детей 1-й группы меньше, чем у детей 2-й и 3-й групп, что свидетельствует о более высокой скорости сенсомоторного реагирования. Укорочение времени реакции и уменьшение разброса является объективным показателем улучшения функционального состояния ЦНС [13].

Функциональное состояние ЦНС обследованных детей наглядно отражает сенсомоторная координация. У детей 1-й группы при выполнении теста «координациометрия по профилю» установлена очень высокая точность движений, тогда как у детей 2-й и 3-й групп точность движений оказалась меньшей и оценивалась как «хорошая» [14]. Установлена отрицательная корреляционная связь между концентрацией ФА в моче детей 3-й группы и уровнем сенсомоторной координации ($r = -0,376$, $p = 0,124$). Результаты выполнения теста «контактная треморометрия» свидетельствуют о том, что точность движений при статической нагрузке у детей 1-й группы достоверно выше, чем у детей 2-й и 3-й групп. Так, количество касаний в секунду у детей 1-й группы меньше, чем во 2-й и 3-й группах, в 1,6 и 1,9 раза соответственно. Величина времени касаний в секунду у испытуемых 1-й группы в 1,7 раза меньше, чем в 3-й группе. Следовательно, дети с низким уровнем экскреции ФА обладают наиболее высокой точностью движений.

Определение объема, распределения и переключаемости внимания выявило у детей 1-й группы средний уровень развития перечисленных характеристик. Во 2-й группе уровень внимания детей оценивался как средний по параметрам объема и распределения, переключаемость внимания соответствовала уровню «ниже среднего». Состояние внимания у детей 3-й группы соответствовало уровню «ниже среднего» по всем исследованным характеристикам внимания. Таким образом, наивысшее качество внимания отмечено у детей с низкой экскрецией ФА. Вызывает интерес выявленное повышение концентрации ФА в моче у детей 3-й группы в сочетании с пониженными функциями внимания.

По результатам теппинг-теста средняя частота движений достигала наиболее высоких значений у детей 1-й группы, низких – у детей 3-й группы. Снижение темпа движений по отношению к начальному уровню было максимальным среди детей 2-й группы – 0,5 Гц, минимальным среди детей 1-й и 3-й групп – 0,4 Гц. Показатель числа нажатий также достигал наиболее высоких значений в 1-й группе, низких – в 3-й группе. Установлена отрицательная корреляционная связь между концентрацией ФА в моче детей 3-й группы и показателями теппинг-теста: числом нажатий ($r = -0,291$, $p = 0,203$) и уровнем начального темпа ($r = -0,440$, $p = 0,067$). Таким образом, ЦНС детей 1-й группы обладает большей выносливостью к воздействию динамических нагрузок. Вероятно, у детей 3-й группы снижение выносливости к динамическим нагрузкам обусловлено циркуляцией ФА в организме.

Установлено, что среди обследованных детей преобладал сильный тип нервной системы (сильный тип ЦНС, ровный тип кривой). Промежуточный тип кривой соответствует среднеслабому типу ЦНС, так как занимает промежуточное положение между сильным и слабым типом ЦНС (табл. 2). Статистически значимые различия между группами не выявлены [15]. Это соответствует концепции И.П. Павлова, о том, что сила нервной системы является одним из природных, врожденных свойств нервной системы, остающимся неизменным на протяжении всего периода жизнедеятельности [16]. Как показали наши исследования, при воздействии ФА на уровне допустимых концентраций изменений типа высшей нервной деятельности не происходит.

Обсуждение

Проведенное исследование показало, что у детей 1-й группы с низким уровнем экскреции ФА функциональное состояние ЦНС характеризуется наличием оптимальных ассоциативных взаимоотношений между центрами зрительного и моторного анализаторов (по результатам ПЗМР); преобладанием сильного типа ЦНС и выносливостью к динамическим нагрузкам; высоким уровнем точности движений и внимания.

Распределение детей по силе нервной системы и в зависимости от экскреции формальдегида ($M \pm m$) (на 100 обследованных)

Тип силы нервной системы	Тип кривой среднего темпа движения рук	1-я группа	2-я группа	3-я группа	T-тест для независимых выборок
Сильный	Ровный	54,5 ± 4,9	53,6 ± 5,4	62,9 ± 9,3	$p_{1,2} = 0,091$
Слабый	Промежуточный	22,8 ± 4,2	19,1 ± 4,3	14,8 ± 6,8	$p_{1,3} = 0,776$
Слабый	Нисходящий	20,8 ± 4,0	21,4 ± 4,5	18,6 ± 7,5	$p_{2,3} = 0,689$
Слабый	Вогнутый	1,9 ± 1,3	5,9 ± 2,6	3,7 ± 3,6	

У детей 2-й группы функциональное состояние ЦНС отличается от детей 1-й группы низким функциональным уровнем ЦНС (по данным ПЗМР); меньшей выносливостью к динамическим нагрузкам; сниженной точностью движений; переключаемостью внимания «ниже среднего уровня». В целом функциональное состояние ЦНС детей данной группы занимает интервалы значений условной нормы.

Психофизиологические характеристики, отражающие функциональное состояние ЦНС у обследованных детей с наибольшей концентрацией ФА в моче свидетельствуют о сниженных когнитивных возможностях и работоспособности ЦНС.

Сравнительная оценка функционального состояния ЦНС у обследованных детей позволила выявить тенденцию к ухудшению психофизиологических параметров ЦНС с увеличением концентрации ФА в моче. Полученные результаты представляют интерес для оценки продолжительного влияния низких концентраций ФА на ЦНС детей. Результаты многочисленных экспериментальных исследований свидетельствуют о способности ФА связываться с белками, нуклеиновыми и жирными ненасыщенными кислотами, нарушая структуру клеток и приводя к развитию апоптоза [3, 17]. Экстраполируя эти данные на детей, можно предположить, что негативные тенденции ухудшения функционального состояния ЦНС являются начальными проявлениями повреждения структур головного мозга. Этот вывод представляется возможным, учитывая, что когнитивные свойства относятся к проявлениям высшей нервной деятельности, реализуемой структурами головного мозга. Полученные нами данные согласуются с результатами, полученными у взрослых [8]. Выявленные изменения когнитивных функций с увеличением циркуляции ФА в организме объясняются явлениями апоптоза клеток лобных долей головного мозга, наблюдаемого при токсическом воздействии ФА [7, 9].

Заключение

В условиях широкого применения ФА актуальными являются исследования по изучению общетоксического действия ФА на ЦНС детей. Проведенные исследования позволили выявить неблагоприятную тенденцию снижения сенсомоторной координации, некоторых характеристик внимания, работоспособности ЦНС с увеличением концентрации ФА в моче детей.

Принимая во внимание, что хронические заболевания детей определяют здоровье человека в последующие годы, важное гигиеническое и медицинское значение имеет продолжение исследований по представленной проблеме с последующей разработкой системы мероприятий по профилактике и снижению риска формирования патологии ЦНС у детей.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 1, 3–11, 17 см. References)

- Тараненко Н.А., Ефимова Н.В., Рычагова О.А. К вопросу изучения загрязнения воздушной среды закрытых помещений детских учреждений городов Иркутской области. *Экология человека*. 2009; (4): 3–7.
- Лоскутова Т.Д. Оценка функционального состояния центральной нервной системы человека по параметрам простой двигательной реакции. *Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова*. 1975; 1(61): 3–12.
- Мантрова И.Н. *Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике*. Иваново: НейроСофт; 2007.

14. Руководство по эксплуатации НСФТ 010999.001 РЭ. Иваново: НейроСофт; 1992.
15. Куприенко Н.В. *Статистика. Методы анализа распределений. Выборочное наблюдение. 3-е изд.* СПб.: Политехнический университет; 2009.
16. Павлов И.П. *Физиологическое учение о типах нервной системы, темпераментах.* Киев: Медицинское издательство УССР; 1953.

References

1. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans WHO. IARC. Volume 88 Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. Lyon; 2006.
2. Taranenko N.A., Efimova N.V., Rychagova O.A. On the study of air pollution of enclosed premises of children's institutions in Irkutsk region. *Ekologiya cheloveka.* 2009; (4): 3–7 (in Russian).
3. Songur A., Ozen O.A., Sarsilmaz M. The toxic effects of formaldehyde on the nervous system. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 2010; 203: 105–18.
4. Cao F.H., Cai J., Liu Z.M., Li H., You H.H., Mei Y.F. et al. Toxic effect of formaldehyde on mouse different brain regions. *Sheng Li Xue Bao.* 2015; 67(5): 497–504. (in Chinese)
5. Ozdem T.A., Sarsilmaz M., Kus I., Songur A., Ozyurt H., Akpolat N., et al. Caffeic acid phenethyl ester (CAPE) prevents formaldehyde-induced neuronal damage in hippocampus of rats. *Neuroanatomy.* 2007; (6): 66–71.
6. Kanter M. Protective effects of Nigella sativa on formaldehyde induced neuronal injury in frontal cortex. *Tip Arařtırmaları Dergisi.* 2010. 8(1): 1–8.
7. Songur A., Akpolat N., Kus I., Ozen O.A., Zararsiz I., Sarsilmaz M. et al. The effects of the inhaled formaldehyde during the early postnatal period in the hippocampus of rats: A morphological and immune histochemical study. *Neurosci. Res. Commun.* 2003; (33): 168–78.

8. Bach B., Pedersen O.F., Mølhave L. Human performance during experimental formaldehyde exposure. *Environ. Int.* 1990; 16(2): 105–14.
9. Kilburn K.H., Seidman B.C., Warshaw R. Neurobehavioral and respiratory symptoms of formaldehyde and xylene exposure in histology technicians. *Arch. Environm. Health.* 2005; 40(4): 229–33.
10. Tang X., Bai Y., Duong A., Smith M.T., Li L., Zhang L. Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects. *Environ. Int.* 2009; 35(8): 1210–24.
11. Takeuchi A., Takigawa T., Abe M., Kawai T., Endo Y., Yasugi T. et al. Determination of formaldehyde in urine by Headspace Gas Chromatography. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2007; 79(1): 1–4.
12. Loskutova T.D. Evaluation of the functional state of the central nervous system in terms of the parameters of a simple motor reaction. *Fiziologicheskii zhurnal SSSR im. I.M. Sechenova.* 1975; 1(61): 3–12 (in Russian)
13. Mantrova I.N. *Methodical Guidance on Psychophysiological and Psychological Diagnosis [Metodicheskoe rukovodstvo po psikhofiziologicheskoy i psikhologicheskoy diagnostike].* Ivanovo: NeyroSoft; 2007. (in Russian)
14. Manual for the use of NSFT 010999.001 RE. Ivanovo: NeyroSoft; 1992. (in Russian)
15. Kuprienko N.V. *Methods of Analysis of Distributions. Selective observation [Statistika. Metody analiza raspredeleniy. Vyborochnoe nablyudeniye].* 3rd ed. St. Petersburg: Politekhnikheskiy universitet; 2009. (in Russian)
16. Pavlov I.P. *Physiological Doctrine of the Types of the Nervous System, Temperamental Identities [Fiziologicheskoe uchenie o tipakh nervnoy sistemy, temperamentakh].* Kiev: Meditsinskoe izdatel'stvo USSR; 1953. (in Russian)
17. Arici S., Karaman S., Dogru S., Cayli S., Arici A., Suren M. et al. Central nervous system toxicity after acute oral formaldehyde exposure in rabbits: An experimental study. *Hum. Exp. Toxicol.* 2014; 33(11): 1141–9.

Поступила 11.04.16

Принята к печати 04.10.16

© КОЛОКОЛЬЦЕВ М.М., 2017

УДК 613.96:572.51

Колокольцев М.М.

СОМАТОТИПОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТУДЕНТОВ-ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

ФГБОУ ВПО Иркутский национальный исследовательский технический университет Минобрнауки России, 664074, Иркутск

Профилактика различных заболеваний среди студентов должна основываться на необходимости индивидуализации всех здоровьесберегающих технологий с учётом типов конституции, динамики её развития, взаимосвязи с двигательной активностью и функциональным состоянием. Цель работы – выявить динамику соматотипов конституции у студентов-юношей Иркутской области с учётом особенностей их функционального состояния. Обследовано 1014 студентов-юношей 17–20 лет, отнесённых по состоянию здоровья для занятий физической культурой к I (основной) функциональной группе и 275 студентов – к IV группе (группа ЛФК). Для соматотипирования и конституциональной диагностики использовали методику Р.Н. Дорохова, В.Г. Петрухина (1989). Установлены значительные отличия в типах конституции у юношей I и IV функциональных групп. Это проявляется в том, что в IV функциональной группе в 2 раза реже, чем в I, регистрируются юноши микросомного (МиС) типа, но в 1,4 раза чаще макросомного (МаС). Выявлено большое число юношей, отнесённых к переходным соматотипам и имеющих ретардированный вариант развития, что свидетельствует о не завершенности процесса их развития. Компонентный состав тела юношей в обеих функциональных группах по костной массе несколько ниже нормы, жирового выше нормы в обеих группах, мышечная масса в пределах нормы в I функциональной группе и снижена в IV. В соматотипологическом ряду в обеих функциональных группах от МиС- к МеС-типу отмечается снижение абсолютно-го и относительного содержания мышечной массы и возрастание жировой. Недостаточное содержание мышечной массы у студентов IV функциональной группы связано с их низкой двигательной активностью, что подтверждено достоверно слабым развитием мышечной силы правой и левой кисти руки. Выявленные особенности конституции используются в учебном процессе по физической культуре со студентами технического университета.

Ключевые слова: студенты-юноши; соматотипы; функциональная группа; двигательная активность.

Для цитирования: Колокольцев М.М. Соматотипологическая оценка студентов-юношей с разным уровнем функционального состояния организма. *Гигиена и санитария.* 2017; 96(5): 478–483. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-5-478-483>

Kolokoltsev M.M.

SOMATOTYPOLOGIC ESTIMATION OF STUDENTS-YOUTHS WITH THE DIFFERENT LEVEL OF THE FUNCTIONAL STATE

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, 664074, Russian Federation

The prevention of different diseases among students must be based on the need for the individualization of all health saving technologies with taking into account the type of constitution, dynamics of its development, interrelation with the physical activity and the functional state. Purpose of the work is to give the characteristic of somatotypes of the