

14. Байрагов Н.А., Жилияков Е.В. Антропогенная нагрузка как фактор, усугубляющий развитие и течение основных заболеваний беременных женщин и детей. *Фундаментальные исследования*. 2014; (4-3): 624–8.
15. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Особенности клеточного звена иммунитета у детей в условиях внешней среды: экспозиции толуолом, формальдегидом, фенолом. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012; 14(5-2): 341–3.
16. Землянова М.А., Щербина С.Г., Алпатова М.А. Гигиеническая оценка содержания химических мутагенов в крови и цитогенетические нарушения. *Здоровье семьи – 21 век*. 2010; (1): 1–7.
17. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Влияние контаминации формальдегидом на показатели иммунной системы у детей. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014; 16(5-2): 702.
18. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2004.
7. Dedkova L.A., Lisetskaya L.G. Formaldehyde emission into indoors air. *Bulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy Akademii meditsinskikh nauk*. 2011; 79(3-2): 76–9. (in Russian)
8. Maks A.A., Evdoshenko V.S., Zagorodnov S.Yu. Problem of premises safety in conditions of using the building materials with polymeric component. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2011; 13(1-8): 2065–9. (in Russian)
9. Gan'kin A.N., Gritsenko T.D., Sokolov S.M., Pronina T.N. Health risk of pupils formed by classrooms' air pollution. *Analiz riska zdorov'yu*. 2014; (1): 40–8. (in Russian)
10. WHO. Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Available at: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
11. Toxicological profile for formaldehyde. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.pdf>
12. Marutzky R., Dix B. Adhesive related VOC- and Formaldehyde-Emissions from Wood products: Tests, regulations, standards, future developments. In: *Proceedings of the COST E34 Conference «Innovations in Wood Adhesives University of Applied Sciences»* Bern, Switzerland; 2004: 91–106.
13. Liu L., Poon R., Chen L., Frescura A.M., Montuschi P., Ciabattini G. et al. Acute effects of air Pollution on pulmonary function, airway, inflammation and oxidative stress in asthmatic children. *Environ. Health Perspect*. 2009; 117(4): 668–74.
14. Bayrakov N.A., Zhilyakov E.V. Anthropogenic load as a contributor to the development and course of major diseases of pregnant women and children. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; (4-3): 624–8. (in Russian)
15. Zaytseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Features of cellular immunity in children environmentally exposed to toluene, formaldehyde and phenol. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2012; 14(5-2): 341–3. (in Russian)
16. Zemlyanova M.A., Shcherbina S.G., Alpatova M.A. Hygienic estimation of the chemical mutagen substances concentration in blood and cytogenetic infringement. *Zdorov'e sem'i – 21 vek*. 2010; (1): 1–7. (in Russian)
17. Zaytseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Formaldehyde contamination influence on immune system in children. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2014; 16(5-2): 702.
18. R 2.1.10.1920–04. Guide to health risk assessment when exposed to chemicals polluting the environment R 2.1.10.1920–04 P. Moscow; 2004.

References

1. Gubernskiy Yu.D., Kalinina Yu.D. Sanitary characterization of chemical risk factors under dwelling conditions. *Gigiena i sanitariya*. 2001; 80(4): 21–4. (in Russian)
2. Gubernskiy Yu.D., Novikov S.M., Kalinina N.V., Matsyuk A.V. Assessment of the risk of exposures to dwelling-polluting chemicals to human health. *Gigiena i sanitariya*. 2002; 81(6): 27–37. (in Russian)
3. Sarigiannis D.A., Karakitsios S.P., Gotti A., Liakos I.L., Katsoyiannis A. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environment and associated health risk. *Environ. Int*. 2011; 37(4): 743–65.
4. Korenman Ya.I., Kuchmenko T.A., Silina Yu.E. The evaluation of the contamination of the room air after executed repair works. *Stroitel'nye materialy*. 2004; (10): 42–3. (in Russian)
5. Razin'kov E.M. Migration of formaldehyde from wood particleboard. *Lesotekhnicheskii zhurnal*. 2013; (4): 117–25. (in Russian)
6. Khabarov V.B. Sanitary-chemical characteristics of composite wood-based materials and synthetic resins according to gas chromatography. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2015; 15(2): 196–215. (in Russian)

Поступила 19.09.16
Принята к печати 07.11.16

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.31:546.175]:612.017.1:575.224]-053.2

Старкова К.Г.¹, Долгих О.В.^{1,2,3}, Кривцов А.В.¹, Бубнова О.А.¹, Отавина Е.А.¹, Безрученко Н.В.^{1,2}, Колегова А.А.², Мазунина А.А.², Гусельников М.А.²

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МАРКЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУННОЙ РЕГУЛЯЦИИ У ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИТРАТОВ

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь;

²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614990, Пермь;

³ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский политехнический университет», 614990, Пермь

Проведено изучение особенностей изменения маркерных показателей иммунной регуляции у детей в условиях избыточного поступления нитратов с питьевой водой (превышение в 4,4 раза содержания нитрат-ионов в питьевой воде на территории наблюдения относительно территории сравнения). Идентифицировано присутствие в анализируемых образцах крови N-нитрозодиметиламина с кратностью превышения относительно группы сравнения 2,6 раза ($0,00029 \pm 0,00009$ и $0,00011 \pm 0,00008$ мг/дм³ соответственно; $p < 0,05$), а также N-нитрозодиэтиламина 3,7 раза ($0,00317 \pm 0,00227$ и $0,00082 \pm 0,00053$ мг/дм³ соответственно; $p < 0,05$). В результате изучения показателей состояния иммунной регуляции установлено достоверное возрастание в 1,5 раза уровня специфических IgG к N-нитрозодиметиламину; активация в 2,1 раза синтеза лейкотриенов C₄/D₄/E₄ и до 2,6 раза простагландинов; достоверное снижение в 1,6–1,7 раза абсолютного и относительного количества CD95⁺-лимфоцитов по отношению к показателям группы сравнения. Показано достоверное снижение концентрации интерлейкина-10 относительно группы сравнения, в среднем в 2,2 раза ($p < 0,05$). Установлено, что при увеличении концентрации N-нитрозодиметиламина в крови повышаются шансы возрастания уровня VEGF ($R^2 = 0,49$, $p < 0,05$), а увеличение концентрации N-нитрозодиэтиламина в крови и нитратов в моче связано с повышением уровня интерлейкина-17 ($R^2 = 0,43$ – $0,74$, $p < 0,05$). Рекомендуется использовать значения цистеиниловых лейкотриенов, IgG специфического к N-нитрозодиметиламину, CD95⁺-лимфоцитов, а также медиаторов цитокинового ряда в качестве маркерных показателей иммунной регуляции для идентификации групп риска развития ранних иммунных нарушений у детского населения, потребляющего воду с повышенным содержанием нитратов.

Ключевые слова: иммунная регуляция; нитраты; нитрозамины.

Для цитирования: Старкова К.Г., Долгих О.В., Кривцов А.В., Бубнова О.А., Отавина Е.А., Безрученко Н.В., Колегова А.А., Мазунина А.А., Гусельников М.А. Особенности изменения маркерных показателей иммунной регуляции у детей в условиях воздействия нитратов. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 44–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-44-47>

Starkova K.G.¹, Dolgikh O. V.^{1,2}, Krivtsov A.V.¹, Bubnova O. A.^{1,2}, Otavina E.A. ¹, Bezruchenko N.V.^{1,2}, Kolegova A. A.², Mazunina A.A.², Gusel'nikov M.A.²

FEATURES OF IMMUNOREGULATORY MARKERS AND GENETIC POLYMORPHISM OF CHILDREN UNDER THE IMPACT OF NITRATES

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614015, Russian Federation;

²Perm State National Research University, Perm, 614990, Russian Federation;

³ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский политехнический университет», 614990, Пермь

There was performed the study of peculiarities of alteration of immunoregulatory markers in children exposed to the impact of excessive intake of nitrates with drinking water (excess by 4.4 times of the content of nitrate-ions in the drinking water at the area of observation regarding to the comparative area. There was determined a verified increase in the level of specific IgG to N-nitrosodimethylamine by 1.5 times; activation both of leukotriene synthesis C4/D4/E4 by 2.6 times and prostaglandins by 2.1 times; the verified decrease in the absolute and relative quantity of CD95⁺- lymphocytes by 1.6-1.7 times as regarding the values in the comparative group. There is revealed a genetic variability in the form of polymorphous one-nucleotide replacements associated to genes of detoxication system, endothelial dysfunction, immune regulation and cancer-proliferation. Alterations in the frequency of both variant alleles and associated genotypes of the gene CPOX (rs1131857), SULT1A1 (rs9282861), VEGFA (rs2010963), CYP1A2 (rs2069522) regarding to the comparison group were not reliable. There was established a significant difference in the frequency of the variant allele T of the MTHFR gene (rs1801133) (OR = 2.00, 95% CI: 1.04-3.82) and its heterozygous CT genotype (OR = 4.29, 95% CI: 1.74-10.58) in the observation group in relation to the comparison group. The frequency of the T allele of the MTHFR gene in a group of children consuming water with high content of nitrates, can characterize them as a group of risk for the development of pathological processes associated with folic acid and homocysteine exchange (vascular diseases and oncoproliferation).

Key words: immune regulation; genetic polymorphisms, nitrates, nitrosamines.

For citation: Starkova K.G., Dolgikh O. V., Krivtsov A. V., Bubnova O. A. Otavina E.A. , Bezruchenko N.V., Kolegova A. A., Mazunina A.A. , Gusel'nikov M.A. Features of immunoregulatory markers and genetic polymorphism of children under the impact of nitrates. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(1): 44-47. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-44-47>

For correspondence: Oleg V. Dolgikh, MD, PhD, DSci., Professor, Head of Department of immunobiological diagnostic methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation; Perm State National Research University, Perm, 614990, Russian Federation; Perm State National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russian Federation. E-mail: oleg@fcrisk.ru

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 19.09.2016

Accepted: 07.11.2016

Введение

Исследование функционального состояния систем регуляции и особенностей протекания адаптационных процессов, в частности особенностей изменения показателей иммунной реактивности, относится к важнейшим направлениям изучения специфического воздействия химических факторов, особенно в аспекте решения проблемы обеспечения безопасной среды обитания, повышения качества жизни и сохранения здоровья населения [1–6].

Важнейшей задачей при этом остается обеспечение населения водой хозяйственно-питьевого водоснабжения, соответствующей установленным гигиеническим нормативам [7, 8]. Загрязнение нитратами является одним из важнейших факторов, определяющих качество питьевой воды, особенно на территориях активного сельскохозяйственного освоения. Опасность накопления этих соединений связана с возможностью образовывать при поступлении в организм токсичные производные нитрозамины, обладающие канцерогенным эффектом и мутагенными свойствами, а также негативным воздействием на репродуктивную функцию, тканевое дыхание, нейроэндокринную регуляцию [9–15].

Цель работы – анализ маркерных показателей иммунной регуляции у детей в условиях экспозиции нитратами, поступающими с питьевой водой (на примере Пермского края).

Материал и методы

Обследовано детское население школьного возраста, группу наблюдения составили 43 ребенка в возрасте от 7 до 11 лет (22

мальчика и 21 девочка, средний возраст $9,2 \pm 0,2$ года), постоянно проживающие на территории сельскохозяйственного освоения Пермского края, характеризующейся повышенным содержанием нитратов в воде централизованной системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Группа сравнения представлена детьми из условно чистого района Пермского края (43 ребенка, 21 мальчик и 22 девочки, средний возраст $8,7 \pm 0,2$ года). Группы были сопоставимы по полу, возрасту, соматической заболеваемости и характеру питания.

Измерение массовых концентраций нитрат-ионов в пробах воды и биосредах детей проводили методом капиллярного электрофореза, исследование биосред на содержание N-нитрозаминов выполняли хромато-масс-спектрометрическим методом в соответствии с утвержденными стандартами (СТО М 17–2015). Исследовали особенности иммунной регуляции на основе определения показателей фагоцитарной активности с использованием в качестве объектов фагоцитоза формализированных эритроцитов барана, уровни сывороточных иммуноглобулинов (Ig) классов А, М, G с помощью радиальной иммунодиффузии по Манчини, содержание IgE общего, медиаторов простагландинов (Pg) E₂ и F_{2α}, сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGF), интерлейкина-10 и интерлейкина-17 – методом иммуноферментного анализа с помощью тест-систем на анализаторе EI 808IU (BioTek, США). Количественное исследование цистеиниловых лейкотриенов (LTC₄/D₄/E₄) проводили с помощью CAST ELISA (Cellular antigen stimulation test ELISA). Специфическую чувствительность к нитрозаминам по критерию IgG специфический к N-нитрозодиметиламину оценивали методом аллергосорбентного тестирования с ферментной меткой.

Лимфоциты фенотипировали на проточном цитометре FACSCalibur (Becton Dickinson, США). Популяции и субпопуляции лимфоцитов (CD16⁺56⁺, CD19⁺, CD3⁺CD4⁺, CD3⁺CD8⁺, CD3⁺CD25⁺, CD3⁺CD95⁺) определяли методом мембранной иммунофлюоресценции с применением панели меченых монокло-

Для корреспонденции: Долгих Олег Владимирович, д-р. мед. наук, проф., зав. отд. иммунобиологических методов диагностики, ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: oleg@fcrisk.ru

Особенности изменения показателей иммунной регуляции у детей в условиях воздействия нитратов и их производных

Показатель	Группа сравнения	Группа наблюдения
CD19 ⁺ -лимфоциты, 10 ⁹ /дм ³	0,287 ± 0,056	0,298 ± 0,045
CD19 ⁺ -лимфоциты, %	12,556 ± 1,499	13,1 ± 1,305
CD16 ⁺ 56 ⁺ -лимфоциты, 10 ⁹ /дм ³	0,29 ± 0,057	0,308 ± 0,06
CD16 ⁺ 56 ⁺ -лимфоциты, %	13,278 ± 2,739	13,6 ± 2,588
CD3 ⁺ CD4 ⁺ -лимфоциты, 10 ⁹ /дм ³	0,815 ± 0,125	0,852 ± 0,116
CD3 ⁺ CD4 ⁺ -лимфоциты, %	36,056 ± 3,124	36,85 ± 2,528
CD3 ⁺ CD8 ⁺ -лимфоциты, 10 ⁹ /дм ³	0,593 ± 0,095	0,583 ± 0,095
CD3 ⁺ CD8 ⁺ -лимфоциты, %	26,222 ± 2,892	25,15 ± 2,542
CD3 ⁺ CD25 ⁺ -лимфоциты, 10 ⁹ /дм ³	0,159 ± 0,025	0,15 ± 0,022
CD3 ⁺ CD25 ⁺ -лимфоциты, %	7,222 ± 1,086	6,6 ± 0,903
CD3 ⁺ CD95 ⁺ -лимфоциты, 10 ⁹ /дм ³	0,279 ± 0,046	0,173 ± 0,024*/**
CD3 ⁺ CD95 ⁺ -лимфоциты, %	12,833 ± 2,284	7,65 ± 1,066*/**
Абсолютный фагоцитоз, 10 ⁹ /дм ³	1,762 ± 0,188	2,019 ± 0,381
Процент фагоцитоза, %	47,465 ± 2,836	48,674 ± 3,974
Фагоцитарное число, усл.ед.	0,767 ± 0,075	0,923 ± 0,107*
Фагоцитарный индекс, усл.ед.	1,591 ± 0,079	1,868 ± 0,083*
IgG, г/дм ³	10,927 ± 0,531	10,154 ± 0,451*
IgM, г/дм ³	1,347 ± 0,08	1,525 ± 0,102*
IgA, г/дм ³	1,352 ± 0,116	1,339 ± 0,097
IgE общий, МЕ/дм ³	471,556 ± 181,387	276,949 ± 109,826**
IgG специфический к N-нитрозодиметиламину, усл.ед.	0,115 ± 0,052	0,176 ± 0,073**
LTC ₄ /D ₄ /E ₄ , пг/см ³	38,49 ± 12,227	92,92 ± 15,874*
P gE ₂ , пг/см ³	502,55 ± 15,631	1283,34 ± 302,411*
P gF _{2α} , пг/см ³	713,45 ± 94,957	1073,71 ± 103,027*
VEGF, пг/см ³	347,33 ± 72,279	284,198 ± 68,127
Интерлейкин-10, пг/см ³	3,378 ± 0,946	1,513 ± 0,362*
Интерлейкин-17, пг/см ³	2,696 ± 1,369	1,406 ± 0,881
N-нитрозодиметиламин, мг/дм ³	0,00011 ± 0,00008	0,00029 ± 0,00009
N-нитрозодиэтиламин, мг/дм ³	0,00082 ± 0,00053	0,00317 ± 0,00227

Примечание. * – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$); ** – разница достоверна относительно референтного уровня ($p < 0,05$).

нальных антител к мембранным CD-рецепторам, при этом регистрировали суммарно не менее 10 000 событий.

Статистический анализ результатов исследований проводили методом вариационной статистики с расчетом среднего арифметического (M) и его стандартной ошибки (m). Достоверность различий оценивали с помощью t -критерия Стьюдента, оценку зависимостей между признаками проводили методом корреляционно-регрессионного анализа с расчетом критерия Фишера и коэффициента детерминации (R^2). Различия между группами считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Химико-аналитическое исследование качества воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения детских образовательных учреждений на территории наблюдения выявило максимальное превышение предельно допустимой концентрации в 1,3 раза по уровню нитрат-ионов. Установлено повышенное в 4,4 раза содержание нитрат-ионов в питьевой воде на территории наблюдения относительно территории сравнения ($49,2 \pm 4,9$ и $11,2 \pm 1,1$ мг/дм³ соответственно при нормативе 45,0 мг/дм³). По другим потенциальным факторам воздействия, среди которых хлороформ, стронций, марганец, отмечено соответствие установленным нормативам качества.

В крови детей группы наблюдения установлено присутствие N-нитрозодиметилamina с кратностью превышения относительно группы сравнения в 2,6 раз ($0,00029 \pm 0,00009$ и

$0,00011 \pm 0,00008$ мг/дм³ соответственно; $p < 0,05$), а также N-нитрозодиэтиламина в 3,7 раза ($0,00317 \pm 0,00227$ и $0,00082 \pm 0,00053$ мг/дм³ соответственно; $p < 0,05$).

Результаты клинико-лабораторного обследования состояния здоровья детей выявили изменение показателей системы иммунной регуляции (табл. 1) в виде достоверных изменений фагоцитарной активности в группе обследованных детей, повышения относительно показателей группы сравнения фагоцитарного числа и фагоцитарного индекса, в среднем в 1,2 раза ($p < 0,05$) при отсутствии отклонений от установленного референтного диапазона.

Использование методического приема оценки отношения шансов изменения иммунологических тестов при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах выявило достоверную положительную причинно-следственную связь активации относительного фагоцитоза, фагоцитарного индекса и фагоцитарного числа с концентрацией N-нитрозодиметилamina и N-нитрозодиэтиламина в крови ($R^2 = 0,45-0,98$; $p < 0,05$).

Показатели CD-иммунограммы соответствовали референтному диапазону, за исключением сниженного абсолютного ($0,173 \pm 0,024 \cdot 10^9/\text{дм}^3$) и относительного ($7,65 \pm 1,066\%$) количества CD95⁺-лимфоцитов у всех обследованных детей группы наблюдения ($p < 0,05$), достоверно отличающихся от показателей группы сравнения в 1,6 ($0,279 \pm 0,046 \cdot 10^9/\text{дм}^3$) и 1,7 ($12,833 \pm 2,284\%$) раза соответственно ($p < 0,05$).

Кроме того, содержание сывороточных Ig A, M и G соответствовало возрастной норме, однако у 51,2% детей наблюдалось достоверное снижение содержания IgG, а у 58,1% повышение содержания IgM по отношению к уровню в группе сравнения ($p < 0,05$). На фоне повышения шансов изменения показателей гуморального иммунитета при возрастании уровня контаминантов в биологических средах, снижение содержания IgG и IgM связано с возрастанием концентрации N-нитрозодиметилamina в крови и нитратов в моче ($R^2 = 0,33-0,94$; $p < 0,05$).

Одновременно у 55,8% детей выявлен повышенный по сравнению с возрастной нормой уровень общей сенсибилизации по содержанию IgE общего с кратностью различий 2,8 раза ($p < 0,05$). Также показано возрастание уровня специфической сенсибилизации к N-нитрозодиметиламину по критерию IgG относительно референтного диапазона у 47,6% обследованных ($p < 0,05$), кроме того, содержание специфических антител превосходило показатели в группе сравнения в 1,5 раза, хотя достоверных различий выявить не удалось.

Исследование участия неспецифических медиаторов эйкозаноидов в развитии иммунных нарушений у детей, экспонированных нитратами, показало возрастание продукции лейкотриенов LTC₄/D₄/E₄ в 2,1 раза ($p < 0,05$) относительно показателей в группе сравнения (см. табл. 1), которые, однако, находились в пределах референтного диапазона в обеих группах. Содержание провоспалительных факторов Pg E₂ и F_{2α} в крови детей группы наблюдения также было достоверно выше – в 2,6 и 1,5 раза соответственно ($p < 0,05$).

Маркеры межклеточной иммунной регуляции у обследованных детей соответствовали референтному диапазону, однако отмечено достоверное снижение концентрации интерлейкина-10 относительно группы сравнения в среднем в 2,2 раза ($p < 0,05$). В то же время при увеличении концентрации N-нитрозодиметилamina в крови повышаются шансы возрастания уровня VEGF ($R^2 = 0,49$, $p < 0,05$), а увеличение концентрации N-нитрозодиэтиламина в крови и нитратов в моче связано с повышением уровня интерлейкина-17 ($R^2 = 0,43-0,74$, $p < 0,05$).

Заключение

Результаты проведенного исследования позволили установить особенности функциональных показателей иммунной регуляции у детского населения, потребляющего воду с повышенным содержанием нитратов, связанных с активацией фагоцитарной активности (повышение фагоцитарного числа и фагоцитарного индекса в среднем в 1,2 раза ($p < 0,05$); изменением

продукции сывороточных иммуноглобулинов (51,2% детей характеризовались дефицитом IgG); достоверным снижением в 1,6–1,7 раза абсолютного ($0,173 \pm 0,024 \cdot 10^9/\text{дм}^3$) и относительного (7,65 ± 1,066%) количества CD95⁺-лимфоцитов по отношению к показателям группы сравнения; повышением уровня специфических антител к N-нитрозодиметиламину по критерию IgG относительно референтного диапазона у 47,6% обследованных ($p < 0,05$), что достоверно превышало показатели группы сравнения в 1,5 раза; активацией лейкотриенового механизма аллергии по критерию LTC₄/D₄/E₄ в 2,1 раза ($p < 0,05$) относительно показателей группы сравнения, а также простагландинового механизма по критериям E₂ и F_{2a} с достоверным превышением аналогичных значений группы сравнения в 2,6 и 1,5 раза соответственно ($p < 0,05$).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 6–7, 10–15 см. References)

1. Долгих О.В., Зайцева Н.В., Лужецкий К.П., Андреева Е.Е. Особенности иммунной и генетической дезадаптации у детей в условиях избыточной гаптенной нагрузки. *Российский иммунологический журнал*. 2014; 8(3): 299–302.
2. Долгих О.В., Кривцов А.В., Лыхина Т.С., Бубнова О.А., Ланин Д.В., Вдовина Н.А. и др. Особенности иммуногенетических показателей у работников предприятия цветной металлургии. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 54–7.
3. Ланин Д.В., Лебедева Т.М. Воздействие химических факторов среды обитания на функции регуляторных систем у детей. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(1): 94–6.
4. Ревазова Ю.А., Хрипач Л.В., Сидорова И.Е., Юрченко В.В., Зыкова И.Е. Комплексный подход в оценке нестабильности генома человека. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2006; (4): 36–41.
5. Сычева Л.П., Журков В.С., Ревазова Ю.А. Генетическая токсикология в гигиене на современном этапе. В кн.: Онищенко Г.Г., Курляндский Б.А., ред. *IV Съезд токсикологов России Сборник трудов*. Москва; 2013.
6. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(3): 5–9.
7. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году». М.; 2015.

References

1. Dolgikh O.V., Zaytseva N.V., Luzhetskii K.P., Andreeva E.E. Characteristics of immune and genetic disadaptation in children under hapten excessive load. *Rossiyskiy immunologicheskii zhurnal*. 2014; 8(3): 299–302. (in Russian)
2. Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Lykhina T.S., Bubnova O.A., Lanin D.V., Vdovina N.A. et al. Features of the immune genetic parameters in workers in non-ferrous metal industry. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(2): 54–7. (in Russian)
3. Lanin D.V., Lebedeva T.M. The influence of chemical environmental factors on functions and interrelationships of regulatory systems in children. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(1): 94–6. (in Russian)
4. Revazova Yu.A., Khripach L.V., Sidorova I.E., Yurchenko V.V., Zykova I.E. A complex approach to evaluation of human genome instability. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2006; (4): 36–41.
5. Sycheva L.P., Zhurkov V.S., Revazova Yu.A. Contemporary genetic toxicology in hygiene. In: Onishchenko G.G., Kurlyandskiy B.A., eds. *IV Congress of Toxicologists of Russia: Proceedings [IV S'ezd toksikologov Rossii: Sbornik trudov]*. Moscow; 2013: 33–5. (in Russian)
6. Duramad P., Holland N.T. Biomarkers of immunotoxicity for environmental and public health research. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2011; 8(5): 1388–401.
7. Miller R.L., Peden D.B. Environmental effects on immune responses in patients with atopy and asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2014; 134(5): 1001–8.
8. Onishchenko G.G. Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of Public health. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(3): 5–9. (in Russian)
9. State report «On the State of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population of the Russian Federation in 2014». Moscow; 2015.
10. Calderon R. The epidemiology of chemical contaminants of drinking water. *Food Chem. Toxicol.* 2000; 38(Suppl. 1): 13–20.
11. Gilchrist M., Winyard PG, Aizawa K, Anning C, Shore A, Benjamin N. Effect of dietary nitrate on blood pressure, endothelial function, and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Free Radic. Biol. Med.* 2013; 60: 89–97.
12. Gladwin M.T., Schechter A.N., Kim-Shapiro D.B., Patel R.P., Hogg N., Shiva S. et al. The emerging biology of the nitrite anion. *Nat. Chem. Biol.* 2005; 1(6): 308–14.
13. Nitrate and Nitrite in Drinking-water. Draft background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitrate-nitrite-background-24nov-v2.pdf
14. Prüss-Ustün A., Bos R., Gore F., Bartram J. Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. Geneva: World Health Organization; 2008.
15. Ward M.H., deKok T.M., Levallois P., Brender J., Gulis G., Nolan B.T. et al. Workgroup report: drinking-water nitrate and health – recent findings and research needs. *Environ. Health Perspect.* 2005; 113(11): 1607–14.

Поступила 19.09.16

Принята к печати 07.11.16

© МЫЛЬНИКОВА И.В., 2017

УДК 613.956: 616.1-02:614.72

Мыльникова И.В.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

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

В статье представлены результаты исследования функционального состояния сердечно-сосудистой системы 614 подростков, проживающих в различных условиях загрязнения атмосферного воздуха на территории Иркутской области. Установлено, что риск развития неканцерогенных эффектов для подростков 1-го района является высоким, 2-го и 3-го районов – приемлемым, 4-го – минимальным. По результатам оценки динамики индекса опасности в 1-м и 2-м районах в 2003–2014 гг. отмечено отсутствие значимых тенденций к увеличению загрязнения атмосферного воздуха. Отмечено, что у подростков промышленных центров (1-й и 2-й район) при проведении функционального теста установлены признаки выраженного функционального напряжения сердечно-сосудистой системы: резкая тахикардия; значительный прирост систолического артериального давления и диастолического артериального давления; отставание от возрастной нормы насосной функции сердца. У подростков «условно чистого» села (4-й район) реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку свидетельствуют о достаточных адаптивно-приспособительных возможностях.

Ключевые слова: подростки; сердечно-сосудистая система; загрязнение окружающей среды; индекс опасности.

Для цитирования: Мыльникова И.В. Сравнительная оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы подростков, проживающих в условиях различного загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 47–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-47-52>