УДК 614.7:575:576.3

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЖИТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

А.Т. Волкова, О.С. Целоусова, И.А. Потапова

ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3

Проведен цитогенетический мониторинг воздействия окружающей среды на здоровье человека посредством изучения цитогенетических показателей буккальных эпителиоцитов у жителей северной и южной частей г. Уфы и сельского населения Республики Башкортостан. Жители южной и северной частей г. Уфы составляют группы умеренного и высокого риска возникновения цитогенетических нарушений (I_{ac} 3,39 и 4,10, соответственно). Сельские жители вошли в группу низкого риска развития цитогенетических нарушений (I_{ac} 1,68). У городских жителей индекс накопления цитогенетических нарушений примерно в 2,0–2,44 раза превышает показатели сельских жителей, что, вероятно, обусловлено воздействием генотоксических факторов городской среды.

Ключевые слова: цитогенетический моноторинг, буккальный эпителий, кариологический тест, микроядра, пролиферация, апоптоз, индекс накопления цитогенетических повреждений.

Характерной особенностью жизни современного человека является наличие огромного числа потенциально опасных факторов, постоянно создающих угрозу для здоровья населения. В связи с этим актуальным является санитарно-гигиенический контроль и мониторинг влияния факторов окружающей среды на организм человека. Информативным и неинвазивным методом оценки действия повреждающих факторов окружающей среды на организм человека является метод цитогенетического мониторинга, основанный на изучении цитологического статуса слизистых оболочек полости рта и носа [4, 5]. Показателем нестабильности генома в клетках буккального эпителия служат микроядра, являющиеся хромосомным материалом, возникшим вследствие повреждения молекулы ДНК (цитогенетические показатели) или нарушения структуры и количества хромосом во время митоза (показатели пролиферации) в ответ на действие генотоксических факторов окружающей среды. Для определения степени стабильности генома и оценки генотоксичности среды кроме микроядер используют кариологические показатели деструкции ядра клеток, перешедших в процесс апоптоза или некроза [5, 6]. Появление микроядер в клетках буккального эпителия – показатель действия на организм эндо- и экзогенных генотоксических факторов [3].

Цитогенетический мониторинг является составной частью социально-гигиенического мониторинга в оценке безопасности среды обитания человека, так как позволяет оценить уровень повреждения генетического аппарата клеток каждого индивидуума с учетом его адаптации или срыва адаптации в определенных условиях среды и сопоставить с результатами риска воздействия факторов окружающей среды [7]. Таким образом, цитогенетический мониторинг позволяет нам оценить как состояние здоровья населения (донозологическая диагностика), так и степень генотоксичности окружающей среды (в регионе, городе, районе).

© Волкова А.Т., Целоусова О.С., Потапова И.А., 2014

Волкова Альфия Талхеевна – старший преподаватель кафедры биологии (e-mail: volkovaufa@mail.ru; тел. 8(347) 272-57-82).

Целоусова Ольга Сергеевна – кандидат биологических наук, доцент (e-mail: priemka_bashgmu@mail.ru; тел. 8 (347) 272-92-31).

Потапова Ирина Анатольевна – медико-профилактический факультет 6 курс (e-mail: priemka_bashgmu@mail.ru; тел. 8 (347) 272-92-31).

Целью исследования являлось изучение риска возникновения цитогенетических нарушений у жителей северной и южной частей г. Уфы и сельского населения Республики Башкортостан.

Материалы и методы. Объектом исследования служили образцы буккального эпителия сельских и городских жителей северной и южной части г. Уфы, которые являлись студентами I курса БГМУ (табл. 1). Средний возраст девушек составил 18,3±0,14 г., юношей – 18,3±0,31 г.

Таблица 1

Характеристика и объемы выборок исследования

Сельские жители	Жители г. Уфы	
	южная часть	северная часть
23	46	27
Всего проанализировано клеток:		
24801	48117	28633

Препараты мазков буккального эпителия готовили и анализировали в соответствии с методическими рекомендациями [4] и классификацией кариологических показателей, предложенной Л. П. Сычевой [6]. У каждого индивида изучено не менее 1000 нормальных клеток.

Для оценки цитогенетического статуса индивида использовали индекс накопления цитогенетических нарушений – Index of accumulation of cytogenetic damage (I_{ac}). Индекс накопления цитогенетических нарушений (I_{ac}) определяли как произведение интегрального показателя цитогенетических нарушений (суммы клеток с микроядрами, ядерными протрузиями и межъядерными мостами в промилле I_c – cytogenetic index) и интегрального показателя пролиферации (суммы клеток с двумя и более ядрами в промилле I_p – index of proliferation), деленное на апоптический индекс (сумму клеток в апоптозе, включая конденсацию хроматина и начало кариолизиса, учтенного нами как вакуализация ядра, в промилле I_{apop} – apoptotic index): $I_{ac} = (I_c \cdot I_p / I_{apop}) \cdot 100$. Определение индекса накопления цитогенетических повреждений позволяет выделить три группы риска: низкий ($I_{ac} \leq 2$), умеренный ($2 < I_{ac} < 4$) и высокий ($I_{ac} \geq 4$) [8].

В качестве объекта исследования был выбран город Уфа, который отнесен к числу городов с высоким уровнем загрязнения атмосферы формальдегидом, бенз(а)пиреном и диоксидом азота ввиду бурного развития промышленности и роста количества автотранспорта. Качество воды снижено вследствие влияния сточных вод предприятий города, а также аварийных сбросов и смывов загрязняющих веществ.

В 2010 г. индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) равен 10,3 и определен по концентрациям формальдегида, бенз(а)пирена и диоксидов азота [1]. В 2011 г. ИЗА по формальдегиду, бенз(а)пирену, диоксидам азота и взвешенным веществам г. Уфы составлял 7,5 [2].

За период наблюдения с 2006 по 2010 г. наблюдалось повышение средних концентраций оксидов азота, хлорида водорода, ксилолов, толуола и этилбензола. Все эти соединения обладают мутагенным и канцерогенным действием, неблагоприятно влияя на здоровье населения [1].

Результаты и их обсуждение. Анализ риска возникновения цитогенетических нарушений у жителей г. Уфы в сравнении с условно контрольной группой сельского населения Республики Башкортостан представлен в табл. 2.

Выявлено, что жители южной и северной частей г. Уфы составляют группы умеренного и высокого риска возникновения цитогенетических нарушений (I_{ac} 3,39 и 4,10 соответственно). Сельские жители вошли в группу низкого риска развития цитогенетических нарушений (I_{ac} 1,68). У городских жителей, в отличие от сельских, наблюдаются отклонения по индексу накопления цитогенетических нарушений примерно в 2,0–2,44 раза. Такие данные позволяют судить о высоком уровне повреждения генетического аппарата клеток жителей г. Уфы, обусловленных наличием длительно действующих генотоксических факторов окружающей среды. У жителей северной части города риск

развития цитогенетических нарушений выше, чем в южной части, что, вероятно, обусловлено повышенным загрязнением окружающей среды выбросами промышленных предприятий, основная часть которых сконцентрирована в северной части.

Таблица 2

Цитологические показатели буккальных эпителиоцитов (на 1000 клеток)

Показатель	Сельские жители	Жители г. Уфы	
		южная часть	северная часть
Цитогенетические показатели, ‰			
Частота клеток с микроядрами	0,48 ± 0,124	1,48 ± 0,193	1,22 ± 0,263
Частота клеток с протрузиями	0,70 ± 0,203	1,24 ± 0,233	0,63 ± 0,240
Интегральный показатель цитогенетического действия (сумма клеток с микроядрами и протрузиями)	1,12 ± 0,215	2,72 ± 0,301	1,85 ± 0,336
Показатели пролиферации, ‰			
Частота клеток с двумя ядрами	0,91 ± 0,301	1,65 ± 0,257	1,63 ± 0,330
Частота клеток со сдвоенными ядрами	0,04 ± 0,043	0,15 ± 0,054	0,30 ± 0,104
Интегральный показатель пролиферации (сумма клеток с двумя ядрами и со сдвоенными ядрами)	0,96 ± 0,298	1,80 ± 0,267	1,93 ± 0,370
Показатели ранней деструкции ядра, ‰			
Частота клеток с конденсацией хроматина	86,83±18,687	144,00±13,739	114,67±21,203
Частота клеток с вакуолизацией ядра	33,00 ± 6,676	22,50 ± 5,193	25,15 ± 4,952
Показатели завершения деструкции ядра, ‰			
Частота клеток с кариопикнозом	11,13 ± 1,504	9,11 ± 1,558	12,37 ± 2,740
Частота клеток с кариорексисом	2,74 ± 0,849	2,76 ± 0,792	3,22 ± 1,212
Частота клеток с полным кариолизисом	17,13 ± 3,724	14,07 ± 2,207	24,07 ± 10,264
Апоптотический индекс (сумма клеток с ранней и поздней деструкцией ядра)	150,83 ± 23,631	192,43 ± 18,347	179,44 ± 26,568

Выводы. Таким образом, посредством цитогенетического мониторинга возможно выявление зон повышенного риска окружающей среды для здоровья человека. Как правило, это регионы с наиболее высокими уровнями цитогенетических нарушений, население которых подвергается агрессивному воздействию комплекса техногенных и химических факторов. Оценка цитогенетического статуса может быть полезна как для характеристики хронического воздействия факторов окружающей среды в данном регионе, так и для определения влияния на здоровье комплекса действующих факторов при аварийных ситуациях. Оценка цитогенетического статуса в динамике может дать информацию о включении механизмов адаптации или срыва адаптации, что служит основанием для разработки гигиенических мероприятий. Цитогенетический мониторинг как метод оценки индивидуального и среднегруппового уровня цитогенетических нарушений может быть хорошим индикатором эффективности рекомендуемых мероприятий.

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2010 году. – Уфа, 2011. – С. 29.

2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2011 году. – Уфа, 2012. – С. 132.

3. Использование неинвазивной оценки цитологического статуса слизистой оболочки носа и рта в социально-гигиеническом мониторинге / Н.Н. Беляева, О.Ю. Пономарева, В.П. Александрова, А.А. Олесинов, О.В. Бударина, З.М. Гасимова // Гигиена и санитария. – 2009. – № 6. – С. 74–76.

4. Оценка цитологического и цитогенетического статуса слизистых оболочек полости носа и рта у человека. – М., 2005. – 37 с.

5. Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях / под ред. академика РАН, проф. Ю.А. Рахманина, Л.П. Сычевой. – М.: Гениус, 2007. – С. 220–267.

6. Сычева Л.П. Биологическое значение, критерии определения и пределы варьирования полного спектра кариологических показателей при оценке цитогенетического статуса человека // Медицинская генетика. – 2007. – Т. 6, № 11 (65). – С. 3–11.

7. Сычева Л.П. Цитогенетический мониторинг как составная часть социально-гигиенического мониторинга в оценке безопасности среды обитания человека // Актуализированные проблемы здоровья человека и среды его обитания и пути их решения: материалы пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды Российской Федерации, посвященные 80-летию образования Федерального бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации. 14–15 декабря 2011 г. – М., 2011. – С. 370–374.

8. Сычева Л.П. Цитогенетический мониторинг для оценки безопасности среды обитания человека // Гигиена и санитария. – 2012. – № 6. – С. 68–72.

References

1. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii prirodnyh resursov i okruzhajushhej sredy Respubliki Bashkortostan v 2010 godu [State report on the natural resources and environment of the Republic of Bashkortostan in 2010]. Ufa, 2011. p. 29.

2. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii prirodnyh resursov i okruzhajushhej sredy Respubliki Bashkortostan v 2011 godu [State report on the natural resources and environment of the Republic of Bashkortostan in 2011]. Ufa, 2012. p. 132.

3. Beljaeva N.N., Ponomareva O.Ju., Aleksandrova V.P., Olesinov A.A, Budarina O.V., Gasimova Z.M. Ispol'zovanie neinvazivnoj ocenki citologicheskogo statusa slizistoj obolochki nosa i rta v social'no-gigienicheskom monitoringe [Use of non-invasive assessment of mucous membrane cytological status in the nose and mouth in public health monitoring]. *Gigiena i sanitarija,* 2009, no. 6, pp. 74–76.

4. Ocenka citologicheskogo i citogeneticheskogo statusa slizistyh obolochek polosti nosa i rta u cheloveka [Evaluation of cytological and cytogenetic mucous membranes' status in the nose and mouth in humans]. Moscow, 2005. 37 p.

5. Poliorgannyj mikrojadernyj test v jekologo-gigienicheskih issledovanijah [Multiorgan micronucleus test in ecological and hygienic studies]. Ed. By academician RAMS, D.M.B., prof. Yu.A. Rakhmanin, D.B.S. L.P.Sycheva. Moscow: Genius, 2007. pp. 220–267.

6. Sycheva L.P. Biologicheskoe znachenie, kriterii opredelenija i predely var'irovanija polnogo spektra kariologicheskih pokazatelej pri ocenke citogeneticheskogo statusa cheloveka [Biological significance, determining criteria and variation limits of full range of karyological indicators in assessing human cytogenetic status]. *Medicinskaja genetika,* 2007, vol. 6, no. 11 (65), pp. 3–11.

7. Sycheva L.P. Citogeneticheskij monitoring kak sostavnaja chast' social'no-gigienicheskogo monitoringa v ocenke bezopasnosti sredy obitanija cheloveka [Cytogenetic monitoring as an integral part of public health monitoring in the human environment safety evaluation]. *Aktualizirovannye problemy zdorov'ja cheloveka i sredy ego obitanija i puti ih reshenija. Plenum Nauchnogo soveta po jekologii cheloveka i gigiene okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii posvjashhaetsja 80-letiju obrazovanija Federal'nogo bjudzhetnogo uchrezhdenija «Nauchno-issledovatel'skij institut jekologii cheloveka i gigieny okruzhajushhej sredy im. A.N. Sysina Ministerstva zdravoohranenija i social'nogo razvitija Rossijskoj Federacii. Materialy plenuma*. 14–15 dekabrja 2011 g. Moscow, 2011, pp. 370–374.

8. Sycheva L.P. Citogeneticheskij monitoring dlja ocenki bezopasnosti sredy obitanija cheloveka [Cytogenetic monitoring for assessing human environment safety]. *Gigiena i sanitarija,* 2012, no. 6, pp. 68–72.

CYTOGENETIC MONITORING OF ENVIRONMENTAL HEALTH RISK IN BASHKORTOSTAN

A.T. Volkova, O.S. Tselousova, I.A. Potapova

SBEI HPE "Bashkir State Medical University", Russian Ministry of Health,
Russian Federation, Ufa, 3, Lenina St., 450000

Cytogenetic monitoring of the environmental impact on human health was performed through the study of cytogenetic buccal epithelial cells among residents of the northern and southern parts of the city of Ufa and the rural population of the Republic of Bashkortostan. Residents of the southern and northern parts of the city of Ufa are a group of moderate and high cytogenetic damage risk (Iac 3.39 and 4.10 respectively). Villagers were included in a group of low cytogenetic damage risk (Iac 1.68). In the residents of Ufa cytogenetic damage accumulation index is about 2-2.44 times higher than in the rural population, which is probably due to the effects of urban environment genotoxic factors.

Key words: cytogenetic monitoring, buccal epithelium, karyological test, micronuclei, proliferation, apoptosis, cytogenetic damage accumulation index.

© Volkova A.T., Tselousova O.S., Potapova I.A., 2014

Volkova Alfiya Talkheevna – Senior Lecturer, Department of Biology (e-mail: volkovaufa@mail.ru; tel. 8 (347) 272-57-82).

Tselousova Olga Sergeevna – Candidate of Biological Sciences; Associate Professor, Department of Biology (e-mail: priemka_bashgmu@mail.ru; tel. 8 (347) 272-92-31).

Potapova Irina Anatolievna – place of study, Medical-Prophylactic Faculty, 6 course (e-mail: priemka_bashgmu@mail.ru; tel. 8 (347) 272-92-31).