

БИОЛОГИЯ

УДК 614.504.5

А. Л. Фираго, А. В. Еремейшвили

Оценка содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах, используемых в питании детей

В пробах пищевых продуктов, отобранных в дошкольных образовательных учреждениях г. Ярославля и Ярославской области, было определено содержание цинка, меди, свинца и кадмия. Выявлены положительные корреляционные связи между содержанием цинка, меди и кадмия в биосубстратах детей и количественным потреблением этих металлов с некоторыми пищевыми продуктами в рационах питания детей.

Ключевые слова: пищевые продукты, тяжелые металлы, ПДК, потребление с рационом питания, биосубстраты детей.

A. L. Firago, A. V. Ereymeyshvili

Estimation of Heavy Metals Percentage in Foodstuff Used in Children's Meal

In tests of foodstuff selected in preschool educational institutions of Yaroslavl and the Yaroslavl region, the percentage of zinc, copper, lead and cadmium have been defined. Positive correlation communications between the percentage of zinc, copper and cadmium in biosubstrates of children and quantitative consumption of these metals with some foodstuff in children's diet are revealed.

Keywords: foodstuff, heavy metals, maximum-permissible concentration, consumption with diet, biosubstrates of children.

Введение

Контроль за состоянием фактического питания детей и качеством пищевых продуктов является в настоящее время одной из приоритетных задач в области охраны детского здоровья. Компоненты пищи (в том числе микроэлементы) необходимы для построения химических структур живых тканей и осуществления биохимических и физиологических процессов, лежащих в основе жизнедеятельности организма [1, 3, 4, 7], однако не стоит забывать, что химические элементы играют важную роль в формировании токсической нагрузки на организм ребенка, особенно в промышленных регионах.

Недостаточность или избыточность микроэлементов в рационе питания ребенка сказывается на деятельности его организма, снижая его сопротивляемость, а следовательно, и способность к адаптации в окружающей среде [1]. В связи с этим необходимым условием становится проведение гигиенического мониторинга за содержанием микроэлементов тяжелых металлов в пищевых продуктах, употребляемых детьми, в том числе в дошкольных образовательных учреждениях (ДОУ). Детский организм, характери-

зующийся напряженностью метаболических процессов, обусловленных его интенсивным ростом и развитием в сочетании с незрелостью систем регуляции [2], является наиболее чувствительным к действию химических факторов окружающей среды. С учетом вышесказанного **целью** нашего исследования стало определение степени загрязнения тяжелыми металлами (на примере Zn, Cu, Pb, Cd) пищевых продуктов, используемых в питании детей в ДОУ.

Материал и методы

Для настоящего исследования пробы пищевых продуктов были отобраны: район №1 – ДОУ в г. Ярославле, район №2 – ДОУ в сельской местности Ярославской области (Дмитриевское с. п., Даниловский район). Отбор и анализ проб пищевых продуктов проводились в соответствии с ГОСТ Р 51301-99 и СанПиН 2.3.2.2354-08. Содержание тяжелых металлов в исследуемых образцах сравнивалось с нормами по содержанию химических веществ в пищевых продуктах, согласно СанПиН 2.3.2.560-96 и СанПиН 2.3.2.2354-08. Количественное потреб-

ление основных групп пищевых продуктов в рационе питания детей за время нахождения в ДОУ оценивалось по примерным десятидневным меню-раскладкам.

Дополнительно нами было определено содержание изучаемых тяжелых металлов в биосубстратах (волосы и ногти) детей ($n=187$) в возрасте от 1 до 3 лет, посещающих исследуемые ДОУ, с целью оценки влияния химического состава пищевых продуктов на микроэлементный статус детей. Известно, что содержание тяжелых металлов в волосах и ногтях зависит от особенностей питания человека и может служить индикатором алиментарного статуса его организма [5, 6, 8].

Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами описательной статистики с помощью пакета прикладных программ "Statistica 5.5". Для оценки содержания

тяжелых металлов в биосубстратах детей рассчитывали среднее арифметическое и стандартную ошибку среднего арифметического ($M \pm m$), для пищевых продуктов – среднее арифметическое и доверительные интервалы с уровнем надежности 0,95 (M , conf. limits 95%). При исследовании связей между изучаемыми признаками применяли коэффициент корреляции Спирмена (r); значимыми считали корреляции при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ данных о химическом составе основных групп продуктов питания, представленных в таблице, позволяет отметить, что не все пищевые продукты из выделенных групп отвечают нормам ПДК.

Таблица
Содержание тяжелых металлов в основных группах пищевых продуктов, отобранных в ДОУ, М (conf. limits 95%)

пищевой продукт / район исследования	тяжелый металл, мг/кг (мг/дм ³)			
	Zn	Cu	Pb	Cd
овощи (ПДК)	10,00	5,00	0,500	0,030
г. Ярославль	4,98 (1,29–8,68)	0,84 (0,00–1,72)	0,045 (0,026–0,065)	0,019 (0,010–0,028)
Дмитриевское с. п.	4,34 (0,00–8,68)	0,90 (0,28–1,51)	0,088 (0,000–0,237)	0,019 (0,000–0,038)
фрукты (ПДК)	10,00	5,00	0,400	0,030
г. Ярославль	7,69 (2,42–12,96)	1,11 (0,63–1,60)	0,159 (0,021–0,269)	0,009 (0,007–,012)
Дмитриевское с.п.	2,28 (0,61–3,94)	0,42 (0,34–0,49)	0,025 (0,000–0,055)	0,010 (0,006–0,014)
хлеб (ПДК)	35,00	7,00	0,350	0,070
г. Ярославль	9,16 (7,76–12,01)	2,12 (0,08–3,02)	0,052 (0,047–0,071)	0,023 (0,020–0,026)
Дмитриевское с. п.	11,21 (6,06–16,36)	1,40 (1,03–1,78)	0,063 (0,051–0,074)	0,026 (0,022–0,031)
крупы, макаронные изделия (ПДК)	50,00	10,00	0,500	0,100
г. Ярославль	16,05 (10,62–21,47)	3,70 (1,81–5,58)	0,072 (0,280–0,115)	0,026 (0,010–0,043)
Дмитриевское с. п.	16,92 (8,74–25,09)	4,05 (2,73–5,38)	0,037 (0,020–0,054)	0,014 (0,006–0,022)
мясо, птица (ПДК)	70,00	5,00	0,500	0,050
г. Ярославль	11,68 (8,29–15,07)	0,71 (0,65–0,76)	0,064 (0,031–0,098)	0,026 (0,011–0,042)
Дмитриевское с. п.	24,27 (20,52–28,03)	2,70 (1,63–3,77)	0,019 (0,013–0,025)	0,023 (0,002–0,043)
рыба (ПДК)	40,00	10,00	1,000	0,200

г. Ярославль	11,53 (8,63–14,42)	0,46 (0,34–0,57)	0,073 (0,028–0,117)	0,007 (0,001–0,013)
Дмитриевское с. п.	–	–	–	–
сыры (ПДК)	50,00	10,00	0,200	0,100
г. Ярославль	52,06 (47,20–56,93)	0,27 (0,17–0,37)	0,075 (0,052–0,098)	0,011 (0,000–0,024)
Дмитриевское с. п.	36,69 (33,64–39,75)	0,78 (0,61–0,95)	0,024 (0,018–0,030)	0,033 (0,000–0,084)
творог (ПДК)	40,00	5,00	0,060	0,060
г. Ярославль	15,58 (9,07–22,09)	0,68 (0,33–1,02)	0,168 (0,018–0,530)	0,034 (0,015–0,053)
Дмитриевское с. п.	12,93 (10,79–15,07)	0,77 (0,27–1,13)	0,099 (0,027–0,133)	0,024 (0,012–0,037)
молоко и молочные продукты (ПДК)	5,00	1,00	0,020	0,020
г. Ярославль	3,18 (0,86–5,49)	0,27 (0,00–0,57)	0,013 (0,000–0,034)	0,003 (0,000–0,006)
Дмитриевское с. п.	2,50 (1,95–3,06)	0,20 (0,14–0,27)	0,004 (0,000–0,008)	0,002 (0,000–0,004)
яйцо куриное (ПДК)	50,00	3,00	0,300	0,010
г. Ярославль	7,59 (6,70–8,48)	0,93 (0,78–1,08)	0,039 (0,024–0,054)	0,018 (0,008–0,029)
Дмитриевское с. п.	10,25 (9,04–11,46)	0,92 (0,73–1,12)	0,090 (0,063–0,117)	0,021 (0,007–0,037)
масло коровье (ПДК)	5,00	0,50	0,100	0,030
г. Ярославль	9,47 (7,88–11,06)	0,94 (0,60–1,28)	0,030 (0,024–0,037)	0,034 (0,020–0,047)
Дмитриевское с. п.	9,37 (7,52–11,23)	1,01 (0,63–1,39)	0,160 (0,119–0,202)	0,009 (0,003–0,015)
сахар (ПДК)	–	2,00	0,500	0,050
г. Ярославль	0,55 (0,33–0,77)	0,64 (0,49–0,80)	0,021 (0,016–0,026)	0,002 (0,000–0,003)
Дмитриевское с. п.	1,20 (0,79–1,60)	0,28 (0,18–0,37)	0,029 (0,021–0,036)	0,010 (0,000–0,024)
чай (ПДК)	–	100,00	10,000	1,000
г. Ярославль	17,07 (15,62–18,52)	8,41 (8,10–8,73)	0,000*	0,000*
Дмитриевское с. п.	17,19 (9,66–24,72)	21,26 (12,69–29,83)	0,030 (0,001–0,058)	0,007 (0,000–0,015)

Примечание: * – не обнаружен

Среди выбранных для исследования пищевых продуктов содержание цинка и меди в количествах, превышающих ПДК, было отмечено в 12 % и 5 % (г. Ярославль) и в 7 % и 4 % случаев (Дмитриевское с. п.) соответственно. Высокие концентрации свинца и кадмия были выявлены в пищевых продуктах из ДОО г. Ярославля: по свинцу в 2 % (0,5–1 ПДК) и 7 % (>1 ПДК), по кадмию в 20 % (0,5–1 ПДК) и 12 % (>1 ПДК); в ДОО Дмитриевского с. п.: по свинцу в 3 % (0,5–1

ПДК) и 7 % (>1 ПДК); по кадмию в 10 % (0,5–1 ПДК) и 3 % (>1 ПДК) пищевых продуктов.

При анализе рационов питания детей в ДОО было выявлено, что соотношение основных групп пищевых продуктов в обоих районах исследования сходно и соответствует установленным государственным стандартам. В пищевом рационе детей дошкольного возраста преобладают молочные продукты (для обследуемых детей – 38–39%), в силу их легкой усвояемости и питательности; в настоящем исследовании было

показано, что содержание токсичных элементов (свинца и кадмия) в молокопродуктах находится в целом на допустимом уровне.

Среднее содержание цинка в молочных продуктах из обоих районов было близко к предельно допустимым уровням и составило в г. Ярославль – 3,18 мг/дм³ (0,6 ПДК) и в Дмитриевском с. п. – 2,50 мг/дм³ (0,5 ПДК). В ДОУ г. Ярославля было зарегистрировано превышение ПДК по свинцу в сметане – 0,038 мг/кг (1,9 ПДК). В твороге из обоих районов были обнаружены концентрации свинца, превышающие ПДК от 1,7 до 2,8 раза. В результате проведенного корреляционного анализа положительные зависимости были обнаружены между количеством потребленного цинка с творогом в рационе питания детей и содержанием цинка в ногтях детей ($r=0,73$; $p<0,01$); количеством потребленного кадмия с молоком ($r=0,51$; $p<0,05$) и содержанием кадмия в ногтях детей.

Значительную часть в пищевом рационе детей составляют овощи и фрукты (для обследуемых детей – 20–24%). Эти группы пищевых продуктов в большей степени были загрязнены цинком (до 0,8 ПДК) и кадмием (для обоих районов 0,3 ПДК – фрукты и 0,6 ПДК – овощи). Следует отметить, что в свекле из обоих исследуемых районов было отмечено превышение норм по цинку и кадмию соответственно: г. Ярославль – 14,54 мг/кг (1,5 ПДК); 0,057 мг/кг (1,9 ПДК); Дмитриевское с. п. – 12,49 мг/кг (1,2 ПДК); 0,041 мг/кг (1,4 ПДК). Морковь из обоих районов была загрязнена кадмием: г. Ярославль – 0,035 мг/кг (1,2 ПДК); Дмитриевское с. п. – 0,040 мг/кг (1,3 ПДК). Установлено, что содержание кадмия в волосах ($r=0,50$; $p<0,01$) и меди в ногтях детей ($r=0,57$; $p<0,01$) положительно коррелировало с количественным потреблением этих элементов в рационе питания детей с овощами.

В пробах мясных продуктов, круп и макаронных изделий были выявлены концентрации цинка и меди на уровне 0,6–0,8 ПДК, превышений ПДК в отдельных пищевых продуктах обнаружено не было. Положительные корреляционные зависимости также были выявлены между потреблением цинка ($r=0,43$; $p<0,05$) и меди ($r=0,43$; $p<0,05$) с крупами в рационе питания детей и содержанием этих элементов в волосах обследуемых детей. Содержание кадмия в ногтях детей положительно коррелировало с количеством потребленного кадмия с мясными продуктами ($r=0,57$; $p<0,01$); содержание цинка в волосах детей положительно коррелировало с потребле-

нием этого элемента с мясными продуктами ($r=0,57$; $p<0,01$).

Наиболее загрязненным тяжелыми металлами, среди всех отобранных продуктов, было сливочное масло: цинк и медь (для обоих районов) были обнаружены в нем в количествах 1,9–2,0 ПДК, кадмий – 1,1 ПДК (в ДОУ г. Ярославля), свинец – 1,6 ПДК (в ДОУ Дмитриевского с. п.). Положительная корреляционная связь была выявлена между содержанием кадмия в ногтях детей и потреблением его со сливочным маслом в рационе питания ($r=0,60$; $p<0,01$). Превышение норм ПДК было также отмечено для кадмия в курином яйце (г. Ярославль – 1,8 ПДК; Дмитриевское с. п. – 2,1 ПДК).

Заслуживает внимания тот факт, что содержание меди в волосах детей имело тенденцию к повышению с увеличением числа раз потребления шоколада и шоколадных конфет (с домашним питанием) за неделю (0–1 раз в неделю: 16,26±1,38 мг/кг; 2–3 раза: 18,81±2,85 мг/кг; 3–5 раз: 19,87±2,71 мг/кг; каждый день: 24,80±1,95 мг/кг). Кроме того, положительная корреляционная связь была показана между содержанием меди в волосах детей и периодичностью потребления шоколадных изделий ($r=0,36$; $p<0,01$). Из литературных данных известно, что какао-бобы содержат большое количество меди [3, 4, 7], таким образом, неумеренное потребление шоколадных изделий ребенком в данном возрасте, видимо, может способствовать увеличению содержания меди в его организме.

Заключение

От 3 % до 20 % пищевых продуктов, отобранных в исследуемых ДОУ, содержат изучаемые тяжелые металлы в концентрациях от 0,5 ПДК и более. Превышение ПДК по изучаемым тяжелым металлам было отмечено для ряда продуктов, являющихся необходимыми в питании детей, – сливочного масла, творога, сметаны, яиц, некоторых овощей и фруктов. Таким образом, данные, полученные в настоящем исследовании, свидетельствуют о необходимости постоянного контроля за содержанием тяжелых металлов в пищевых продуктах, используемых в питании детей.

Обнаружены положительные корреляционные связи между количественным поступлением кадмия, цинка и меди с некоторыми пищевыми продуктами в рационах питания детей и содержанием этих металлов в их биосубстратах, таким образом, алиментарный фактор можно рассматривать как один из основных, формирующих

микроэлементную нагрузку на организм ребенка. Выявленное повышенное содержание изучаемых тяжелых металлов в некоторых пищевых продуктах, используемых в питании детей, может

оказать негативное воздействие на микроэлементный статус и здоровье детей в условиях имеющейся техногенной нагрузки на территории Ярославской области.

Библиографический список

1. Захарова, Л. С. Изучение микронутриентного статуса среди детей и подростков республики Саха (Якутия) [Текст] / Л. С. Захарова, У. М. Лебедева, А. М. Дохунаева, Н. В. Местникова, О. В. Шадрина // Материалы X всероссийского конгресса диетологов и нутрициологов «Питание и здоровье». – Москва, 2008. – С. 35–36.
2. Конь, И. Я. Изучение обеспеченности цинком, медью и селеном московских детей дошкольного возраста [Текст] / И. Я. Конь, М. В. Копытько, Ю. П. Алешко-Ожевский, Л. В. Шевлякова, Н. Н. Махова, М. В. Шогова, А. К. Батурин // Гигиена и санитария. – 2001. – № 1. – С. 51–54.
3. Кормление и питание грудных детей и детей раннего возраста [Текст] : методические рекомендации для Европейского региона ВОЗ с особым акцентом на республики бывшего Советского Союза / Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия. – 2003. – № 87. – 369 с.
4. Ребров, В. Г. Витамины, макро- и микроэлементы [Текст] / В. Г. Ребров, О. А. Громова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 960 с.
5. Ayodele, J. T. Lead and zinc concentrations in hair and nail of some Kano inhabitants [Text] / J. T. Ayodele, A. S. Bayero // African journal of environmental science and technology. – 2009. – Vol. 3. – № 3. – P. 164–170.
6. Bormann de Souza, V. L. Elements in hair of an exposed group [Text] / V. L. Bormann de Souza, A. C. de Paiva, C. M. Braga Poggi // Journal of radioanalytical and nuclear chemistry. – 2009. – Vol. 279. – № 2. – P. 679–680.
7. Kozielc, T. Hair copper concentration in healthy children, teenagers, and adults living in Szczecin, Poland [Text] / T. Kozielc, J. Póznia, A. Salacka, I. Hornowska, L. Kotkowiak // Biological trace element research. – 2003. – Vol. 93. – № 1–3. – P. 47–53.
8. Shah, M. H. Comparative metal distribution in hair of Pakistan and Libyan population and source identification by multivariate analysis [Text] / M. H. Shah, N. Shaheen, A. Khaliq, A. A. Alrabti, M. Jaffar // Environmental monitoring and assessment. – 2006. – Vol. 114. – №1–3. – P. 505–519.