

УДК 504.054

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ СВИНЦА ЗДОРОВЬЮ ДЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

Кошкина В. С., Котляр Н.Н.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет», Магнитогорск, Россия (455038, Магнитогорск, пр. Ленина, 114), e-mail: medicine@masu.ru

Изложены основы методологического подхода к оценке опасности свинца здоровью детей города с развитой отраслью черной металлургии, где ежегодно нарастает загрязнение окружающей среды отработанными газами автотранспорта, содержащими свинец и его соединения. Выявлены источники и пути поступления свинца в организм детей. Установлена максимальная концентрация свинца в крови детей в возрастном периоде от 6 до 7 лет, что связано с повышенным обменом веществ в этот период онтогенеза. Основной вклад в процесс аккумуляции свинца в организме детей вносят продукты питания, приоритетный путь поступления – пероральный Intake. Представлены значения риска превышения допустимого уровня концентрации свинца в крови в зависимости от возраста и района проживания ребенка. Научно обоснован новый методологический подход к диагностике и профилактике экологически обусловленной патологии у детей с учетом региональных особенностей территории.

Ключевые слова: методологический подход, опасность свинца здоровью, объекты окружающей среды, свинец в биосредах (кровь), диагностика и профилактика, экологически обусловленная патология у детей.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE LEAD HAZARDS TO CHILDREN'S HEALTH IN THE INDUSTRIAL CITY

Koshkina V. S., Kolyar N. N.

Magnitogorsk State University, Magnitogorsk, Russia (455038, Magnitogorsk, street Lenina, 114), e-mail: medicine@masu.ru

In the article there have been presented the fundamentals of the methodological approach to the assessment of lead hazards to children's health in the city with the developed steel industry where there is an annual pollution increase of the city with exhaust gases of vehicles containing lead and its compounds. There have been identified the sources and pathways of lead to children's organisms. There has been set a maximum concentration of lead in the blood of children at the age period from 6 to 7 years old, which is connected with increased metabolism in this period of ontogenesis. The main contribution to the process of accumulation of lead in children's organisms make food as a result of oral intake. There have been presented the risk values of the exceeding the permissible level of lead concentration in the blood, depending on the age and area of the child's residence. The new methodological approach to the diagnosis and prevention of environmentally induced pathology with children taking into consideration regional peculiarities of territories has been scientifically justified.

Keywords: methodological approach, lead health hazards, leads in biological media (blood), environmental objects, diagnosis and prevention, environmentally induced pathology with children.

Введение

Интенсивное поступление свинца в воздушный бассейн городов с выбросами промышленных предприятий и отработавшими газами автотранспорта, использующего этилированный бензин, привело к значительному повышению уровня этого высокотоксичного металла в окружающей среде. Во всем мире проводятся широкие эпидемиологические исследования по оценке воздействия свинца на состояние здоровья населения. Особую тревогу в ряде индустриальных стран вызывает большое количество детей с высоким содержанием в организме свинца, накопившегося в результате интенсивного загрязнения окружающей среды отработавшими газами автотранспорта [10].

В организм детей свинец может поступать из разнообразных источников (воздух, почва, вода, пыль, пищевые продукты) и различными путями. Данная проблема актуальна и для многих российских городов, где с каждым годом увеличивается количество автотранспорта – основного источника загрязнения природной среды свинцом.

Величина порога хронического действия свинца, как при ингаляционном, так и при пероральном поступлении свидетельствует о наивысшей потенциальной опасности данного токсиканта. Дети являются чувствительным контингентом, что связано, в первую очередь, с гораздо более высоким уровнем абсорбции свинца в желудочно-кишечном тракте, по сравнению со взрослыми.

Известны возможные неблагоприятные эффекты у детей (напряжение, перенапряжение, срыв адаптации; уменьшение синтеза гемоглобина, субэнцефальные симптомы, периферическая нервная дисфункция) в зависимости от уровня свинца в атмосфере [1]. Тем более, складывающееся положение с состоянием среды обитания, свидетельствует о том, что многокомпонентное, многофакторное воздействие окружающей среды на здоровье детского населения определяет методические трудности комплексной оценки ее качества, что требует разработки новых методических подходов к оценке качества окружающей среды в конкретных условиях, учитывая региональные особенности территории [7]. Установлена корреляционная связь между повышенным содержанием свинца в объектах окружающей среды и биологических средах человека [6].

В г. Магнитогорске ежегодно нарастает объем валовых выбросов от автотранспорта, составляющей компонентой которых являются аэрозоли свинца и его соединений [4].

Вместе с тем не стало предметом широких клинико-эпидемиологических исследований и оценки опасности отдельных токсикантов, в том числе свинца здоровью детей.

Целью нашего исследования было научно обосновать методологические подходы оценки содержания свинца в крови детей по концентрациям его в объектах окружающей среды.

Задачами исследования явились:

- определить содержание свинца в окружающей среде и продуктах питания;
- установить суточные поступления и пути поступления свинца в организм детей из различных объектов окружающей среды;
- определить риск превышения достаточного уровня свинца в крови детей г. Магнитогорска.

Материалы и методы исследования. Для решения поставленных задач дана комплексная оценка результатов собственных исследований и данных различных

организаций и учреждений, имеющих медицинскую и гигиеническую информацию за период 1995–2003 гг. на содержание свинца исследовано 28060 проб атмосферного воздуха, 924 пробы почв, 309 проб воды, 435 проб пищевых продуктов (по 15 группам). Исследование проб проводилось спектроскопическим методом. Оценка опасности свинца здоровью детей проводилась по программе Health*Risk of Lead, 1998.

Данная программа предназначена для оценки риска здоровью детей от содержащегося в их крови свинца. Программа Health*Risk является моделью IEUBK, разработанной Агентством по охране окружающей среды США (US EPA) (<http://www.epa.gov>).

Эта программа представляет интегрированную биокинетическую модель (IEUBK) – результат продолжающихся исследований Агентства по защите окружающей среды США (USEPA). Модель использовалась с учетом «Руководства по использованию интегрированной биокинетической модели для свинца в детском организме».

Расчет содержания в крови детей свинца проводился в четыре стадии.

На первой стадии по концентрациям в объектах окружающей среды вычислялись суточные поступления свинца в организм ребенка через органы дыхания (с вдыхаемым воздухом) и через желудочно-кишечный тракт Intake (с пищей, водой и заглатываемой пылью). Для расчета использовались формулы, связывающие концентрацию в природных средах и Intake.

Поступления свинца из атмосферы в организм ребенка определялось по формуле:

$$Intake_0 = [h_0 + (1 - h_0) \cdot k_0] \cdot h_1 \cdot C_0,$$

где h_0 – доля времени, проводимая ребенком вне помещения;

k_0 – коэффициент перехода из воздуха снаружи в воздух помещения,

h_1 – скорость дыхания, куб. м/сут.;

C_0 – концентрация свинца в наружном воздухе, мкг/куб. м.

Поступление свинца из почвы в организм ребенка определялось по формуле:

$$Intake_1 = f_0 \cdot h_4 \cdot C_1,$$

где f_0 – доля почвы в полном суточном потреблении пыли и почвы;

h_4 – абсолютное суточное потребление пыли и почвы, г/сут.;

C_1 – содержание свинца в почве, мкг/г.

Поступление свинца из пыли, если концентрация в домашней пыли задана, в организм ребенка определялось по формуле:

$$Intake_2 = f_1 \cdot h_4 \cdot C_3,$$

f_1 – доля домашней пыли в полном суточном потреблении пыли и почвы;

C_3 – содержание свинца в почве, мкг/г.

Если концентрация в домашней пыли не задана, поступление свинца из почвы в организм ребенка может определяться по формуле:

$$Intake_2 = f_1 \cdot h_4 \cdot (k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot C_0),$$

где k_1 – коэффициент перехода из почвы в домашнюю пыль;

k_2 – коэффициент перехода из воздуха в домашнюю пыль.

Для учета возможности дополнительного поступления свинца с пылью других мест, а также с содержащими свинец красками в организм ребенка использовалась формула:

$$Intake_i = f_i \cdot h_4 \cdot C_i,$$

где $i = 5, \dots, 9$; а C_i – содержание свинца в пыли второго дома, в свинцовых красках и в пыли трех детских учреждений соответственно (мкг/г).

Поступление свинца в организм ребенка с питьевой водой определялось по формуле:

$$Intake_3 = k_3 \cdot h_2 \cdot C_2 + k_4 \cdot h_2 \cdot C_{10} + (1 - k_4 - k_3) \cdot h_2 \cdot C_{11},$$

где h_2 – суточное потребление воды, л/сут.;

k_3 – доля воды «первого слива» в общем потреблении воды;

k_4 – доля природной воды в общем потреблении воды,

C_2, C_{10}, C_{11} – концентрация свинца в воде «первого слива», природной воде и воде после продолжительного слива, соответственно (мкг/л).

В используемом сценарии программы «Health Risk» были использованы характеристики детей семи возрастных групп, заданных в программе Health*Risk.

На второй стадии по поступлению свинца из объектов окружающей среды в организм ребенка вычислялся суточный переход из поступившего за это время в организм ребенка свинца в органы и ткани непосредственно (Intake). Эта величина вычислялась путем умножения определенной по каждому из рассмотренных путей величины поступления на соответствующий этому пути «долю поступления в организм ребенка», заданную в соответствующем сценарии программы «Биокинетические параметры». Полученные таким образом величины суммировались, так определялся суточный переход свинца в организм ребенка.

На третьей стадии с помощью интегрированной биокинетической модели (IEUBK) определялась концентрация PbBlood в крови ребенка. Связь между количеством свинца, перешедшим в органы и ткани тела, и концентрацией в крови ребенка не является строго линейной.

Для каждого временного интервала концентрация в крови ребенка определялась по формуле:

$$PbBlood(t_1) = \frac{PbBlood(t_0) \cdot V + s \cdot \left(b_1 + \frac{1 - b_1}{1 + Uptake/b_0} \right) \cdot Uptake \cdot (t_1 - t_0)}{\left(1 + (t_1 - t_0) \cdot \ln 2/T \right) \cdot V},$$

где V – объем крови ребенка, дл;

s – коэффициент пропорциональности,

b_1 – доля, переходящая в кровь пассивно,

b_0 – константа, характеризующая уровень насыщения, мкг/сут.;

t_1, t_2 – границы временного интервала.

На четвертой стадии по определенной концентрации в крови ребенка и заданному или вычисленному стандартному геометрическому отклонению GSD вычисляется риск превышения заданного уровня опасности для концентрации свинца в крови ребенка.

Для нескольких возрастных диапазонов или в сценарии «Региональный» для нескольких местностей могут быть вычислены среднее геометрическое и стандартное геометрическое отклонение для совместного распределения. Стандартное геометрическое отклонение для совместного распределения выбиралось как медиана для упорядоченных по возрастанию внутри группы объектов значений GSD для отдельных диапазонов. Если таких значений два, выбиралось среднее между ними. Если в каждом из диапазонов число объектов различно, каждое GSD учитывалась с соответствующим весовым фактором в соответствии со степенями свободы для данного диапазона.

Если в каждом диапазоне присутствует лишь один объект, для совместного распределения выбиралось значение «по умолчанию»: $GSD = 1.6$.

При этом для определения риска превышения уровня опасности, необходимо было рассчитать значения среднего геометрического GM и стандартного геометрического отклонения GSD, используемые в программе.

В каждом возрастном диапазоне в любом из сценариев для каждого ребенка определялась концентрация свинца в крови $PbBlood$ и вычислялся натуральный логарифм этой величины. Затем в целом для рассматриваемого возрастного диапазона и данной местности определялись среднее и стандартное отклонение SD значений логарифма $PbBlood$. Среднее геометрическое GM для этого возрастного диапазона вычислялось, как:

$$GM = \exp \left\{ \frac{1}{n} \cdot \sum_i^n \ln(PbBlood_i) \right\}$$

Стандартное геометрическое отклонение вычисляется по формуле:

$$GSD = \exp\{SD[\ln(PbBlood)]\}$$

Если в рассматриваемый возрастной диапазон попадал лишь один ребенок, в качестве среднего геометрического выбиралась вычисленная концентрация в его крови $PbBlood$, а для стандартного геометрического отклонения – значение «по умолчанию»: $GSD = 1.6$.

Для нескольких возрастных диапазонов вычислялись среднее геометрическое и стандартное геометрическое отклонение для совместного распределения. Стандартное геометрическое отклонение для совместного распределения выбиралось как медиана для упорядоченных по возрастанию внутри группы объектов значений GSD для отдельных диапазонов. Если таких значений два, выбиралась среднее между ними. Если в каждом из диапазонов число объектов различно, каждое GSD учитывалось с соответствующим весовым фактором в соответствии со степенями свободы для данного диапазона.

Если в каждом диапазоне присутствовал лишь один объект, для совместного распределения выбиралось значение «по умолчанию»: $GSD = 1.6$.

Результаты исследования. Программа Health Risk позволила по данным содержания свинца в почве, воде, воздухе, продуктах питания, пыли городской среды получить расчетным методом возможные концентрации свинца в крови детей, проживающих в этих условиях. Уровень опасного содержания свинца в крови детей задавался программой по умолчанию в соответствии с нормами ВОЗ – 10 мкг/дл. При определении данных концентраций учитывались возрастные особенности и районы проживания детей.

Используя известные формулы, связывающие концентрацию свинца в природных средах и Intake, коэффициенты его трансформации в окружающей среде и в организме человека на разных этапах онтогенеза получены величины суточного поступления свинца в организм детей с учетом пути его поступления: ингаляционный (с вдыхаемым воздухом) и пероральный Intake (с пищей, водой и заглатываемой пылью), и источников свинца в объектах окружающей среды. Концентрация свинца в разных объектах природной среды имеет свои характерные особенности биоаккумуляции в крови детей в разные возрастные периоды (до 1 года, от 1 до 2 лет, от 2 до 3 лет, от 3 до 4 лет, от 4 до 5 лет, от 5 до 6 лет, от 6 до 7 лет, соответственно). Изучая источники поступления свинца в биоткани (кровь) детей нами установлено, что доля вклада продуктов питания в этот процесс самая высокая во всех районах города (рис. 1). При этом максимальная зависимость наметилась в возрастные периоды от 2 до 3 и от 6 до 7 лет, что связано с высоким общим обменом веществ в эти периоды онтогенеза и повышенной абсорбции свинца в желудочно-кишечном тракте.

Рис.1. Зависимость концентрации свинца в крови детей от содержания его в продуктах питания



Максимальное поступление свинца в организм детей из почвы и пыли (после продуктов питания) наблюдается во всех возрастных группах, но больше всего у детей с трехлетнего возраста Правобережного района, что можно объяснить большим количеством автотранспорта на данной территории и, следовательно, большим количеством выбросом аэрозолей свинца.

Содержание в питьевой воде свинца практически одинаково влияет на его концентрацию в крови детей всех районов проживания и возрастных групп, исключение составляет группа до 1 года, что объясняется особенностью вскармливания и гигиеной питания детей до 1 года.

При расчетной концентрации в крови ребенка свинца при данном состоянии природной среды разных районов города и заданному программой геометрическому отклонению GSD определялся риск превышения допустимого уровня концентрации свинца в крови ребенка (уровень опасного содержания свинца в крови детей в соответствии с нормами ВОЗ – 10 мкг/дл) (табл. 1).

Таблица 1

Риск превышения допустимого уровня концентрации свинца в крови детей
г. Магнитогорска, 2003 г.

Дети (возрастные группы)	Риск превышения допустимого уровня содержания свинца в крови детей в зависимости от района проживания			Уровень опасности, мкг/дл.	In (GSD)
	Правобережный район	Ленинский район	Орджоникидзевский район		
до 1 года	0,00184	0,0051	0,00052	10 мкг/дл.	0,47
от 1 до 2 лет	0,00141	0,00022	0,000215	10 мкг/дл.	0,47
от 2 до 3 лет	0,00396	0,000955	0,000921	10 мкг/дл.	0,47
от 3 до 4 лет	0,00209	0,00043	0,00039	10 мкг/дл.	0,47
от 4 до 5 лет	0,00049	0,000135	0,000101	10 мкг/дл.	0,47
от 5 до 6 лет	0,000295	0,00011	0,000115	10 мкг/дл.	0,47
от 6 до 7 лет	0,000315	0,00014	0,00009	10 мкг/дл.	0,47

Из таблицы видно, что максимальный риск превышения допустимого уровня концентрации свинца в крови установлен у детей всех возрастных групп (кроме детей до 1 года). Правобережного района города.

Анализ состояния здоровья детей, в том числе подростков, проводимый нами ежегодно показывает: при сплошной диспансеризации у 30,9 % детей выявлено нарушение адаптации; у 44,16 % – высокий уровень личностной тревожности; 11,6 % – низкий уровень продуктивности и устойчивости внимания. В структуре патологии, выявленной у подростков, расстройства социализации, неврологическая патология составили 1,5 % [3]. Заболеваемость подростков болезнями крови в течение 10 лет увеличилось с 3,2 ‰ (2001 г.) до 7,9 ‰ (2010 г.) ($p < 0,05$); болезнями нервной системы с 54,4 ‰ до 71,3 ‰ соответственно ($p < 0,05$). Ежегодно остается высоким уровень психических расстройств у подростков – 84,1 ‰. Это те нарушения здоровья, фактором риска которых является свинец и его соединения [5].

Таким образом, полученные данные говорят о том, что расчетная концентрация свинца в крови детей, родившихся в г. Магнитогорске, зависит от содержания свинца в объектах окружающей среды (воздух, почва, вода, пыль, продукты питания), путей поступления в организм ребенка (ингаляционный, через желудочно-кишечный тракт Intake) и возраста; приоритетным источником свинца, поступающего в кровь детей, являются продукты питания во всех административных районах города. Накопление свинца в крови происходит у детей всех возрастных групп, но особенностью является то, что максимальную концентрацию свинца в крови (7 мкг/сут.) обеспечивают различные продукты питания в возрастной группе 6–7 лет, что связано с высоким обменом веществ у детей данного возраста, а, следовательно, повышенной абсорбции свинца в желудочно-кишечном тракте.

Данные явились научным обоснованием представленного методологического подхода к диагностике и профилактики патологии у детей, связанной с воздействием факторов окружающей среды; а также научным обоснованием региональных программ по охране окружающей природной среды в городах Южного Урала.

Список литературы

1. Авалиани С. Л. Возможные неблагоприятные эффекты у детей в зависимости от уровней свинца в атмосферном воздухе и соответствующем его содержании в крови // Международный Институт Оценки риска Здоровью. Интегральная оценка состояния здоровья населения на территориях. Методические указания. – М., 1995. – С. 113–122.
2. Аристархов А. Н. Характеристика состояния и подходы к прогнозированию загрязнения агроэкосистем тяжелыми металлами / А. Н. Аристархов, А. Ф. Харитонов // Докл. II Междунар. научно-практ. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». – Т. 1. – Семипалатинск, 2002. – С. 192–200.

3. Долгушина Н. А. Влияние химического загрязнения атмосферного воздуха на морфофункциональные и психофизиологические показатели детей / Н. А. Долгушина, В. С. Кошкина // Наука. ВУЗ. Школа: Сборник научных трудов молодых исследователей. – Магнитогорск: Изд-во МаГУ, 2010. – Вып. 15. – С. 231–233.
4. Кошкина В. С., Дробный О. Ф. Проблемы экологии и здоровья населения промышленного города (на примере г. Магнитогорска): Сборник материалов «Дни Германии в Магнитогорске: программа и доклады» (Магнитогорск, 18–27 октября 2010 г.). – Магнитогорск: МаГУ, 2011. – С. 42–49.
5. Кошкина В. С., Котельникова Л. В., Долгушина Н. А. Региональные проблемы охраны здоровья подростков промышленного города. Сборник научных трудов «Актуальные вопросы современной науки». – Новосибирск: «СИБпринт», 2012. – Вып. 22. – С. 41–44.
6. Ларионова Т. К. // Медицина труда и промышленная экология. – 2000. – № 4. – С. 30–33.
7. Новичкова Н. И. Проблемы гигиенической безопасности и здоровья населения в регионах России / Н. И. Новичкова, В. А. Медик и др. // Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. – М., 2003. – Вып. 9. – С. 320–322.
8. Саэт Ю. Е. Свинец в окружающей среде. – М., 1987. – С. 130–149.
9. Komarnicki G. J. Tissue, sex and age specific accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) by populations of the mole (*Talpa europaea* L.) in a central urban area // Chemoatmosphere, 2000. – V. 41. – P. 1593–15602.
10. Landrigan P. O. Occupational and community exposures to toxic metals: lead, cadmium, mercury and arsenic // West.J.Med. – 1982. – Vol. 137. – № 6. – P. 531–539.
11. Rubin C. H. Childhood lead poisoning in Russia: a site-specific pediatric blood lead evaluation. C. H. Rubin, E. Esteban, R. Jones et al. // Int. J. Occup. Environ. Health. – 1997. – V. 3. – P. 241–248.
12. US EPA 1994. Guidance manual for the integrated exposure biokinetic model for lead in children. US Environ. Protect. Agency. Publ. No. 9285.7-15-1 EPA/540/R-93/081 PB 93-963510. Feb. 1994.

Рецензенты:

Банникова Людмила Павловна, д-р мед. наук, доцент, зав. кафедрой Общей гигиены, ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная медицинская академия», г. Челябинск.

Котышева Екатерина Николаевна, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры физвоспитания, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет», г. Челябинск.