

Зибарев Е.В.¹, Эллинген Д.Г.², Томассен И.², Чащин В.П.¹, Чащин М.В.¹, Кузьмин А.В.¹

Биологический мониторинг как способ управления профессиональными рисками

1 - ФГУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; 2 - Национальный институт профессионального здоровья, г. Осло, Норвегия

Zibarev E.V., Ellingsen D.G., Thomassen Y., Chashchin V.P., Chashchin M.V., Kuzmin A.V.

Biological monitoring as method occupational risk assessment

Резюме

По данным биологического мониторинга, установлена достоверная корреляционная связь между концентрациями марганца в цельной крови и концентрациями марганца в воздухе рабочей зоны у электросварщиков. Выявлено статистически достоверное снижение концентраций железа, кобальта и марганца в моче у пациентов с диагнозом хронической марганцевой интоксикации по сравнению с контрольной группой.

Ключевые слова: биологический мониторинг, корреляционная связь, электросварщики

Summary

Significant association given between concentrations manganese in whole blood and concentrations manganese in the workroom air based on dates of biological monitoring. Urinary concentrations of iron, cobalt and manganese from welders were all statistically significantly lower then referents.

Keywords: biological monitoring, correlation, welders

Введение

Воздействие различных вредных веществ на человека в течение жизни способно вызвать как обратимые, так и необратимые изменения в организме. Большую часть времени человек проводит на рабочем месте, где существует потенциальная возможность влияния повышенных концентраций вредных веществ на организм.

На сегодняшний день степень химической безопасности работы на производстве определяется на основании критериев соответствия ПДК содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Однако при превышении ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны трудно оценить, насколько это опасно для организма и какие изменения может повлечь за собой. Следует отметить, что даже превышение ПДК показывает лишь фактическое содержание веществ в воздухе, но не характеризует уровни этих веществ в биологических средах организма [1]. Ответить на этот вопрос можно, применив биологический мониторинг.

Биологический мониторинг является одним из наиболее объективных и достоверных методов оценки экспозиции к вредным веществам, воздействующим на организм человека. Под биологическим мониторингом понимают измерение и оценку содержания различных токсикантов или их метаболитов в биологических средах организма (кровь, моча, слюна, ликвор) с целью определения величины воздействия и оценки риска для здоровья человека.

Одним из важных преимуществ биологического мониторинга является то, что этот метод учитывает поступление веществ в организм всеми возможными путями (ингаляционный, перкутанный, пероральный). Показатели биологического мониторинга свидетельствуют о концентрациях токсикантов, которые уже действительно поступили в организм и оказывают на него воздействие [2]. Кроме этого, основываясь на результатах биомониторинга, можно предупредить заболевание или своевременно осуществить реабилитационные мероприятия с учетом индивидуальных особенностей организма. Однако следует отметить, что несмотря на все перечисленные преимущества, этот метод оценки экспозиции используется в профилактической медицине крайне редко. В то же время периодические медицинские осмотры, спорные экспертные вопросы связи заболевания с профессией могли бы быть дополнены результатами биологического мониторинга.

Целью настоящего исследования явилось изучение биомаркеров сварочного аэрозоля в организме электросварщиков при различных уровнях экспозиции.

Материалы и методы

В качестве основных объектов исследования были выбраны электросварщики, токари и фрезеровщики одного машиностроительного и одного судостроительного предприятия Санкт-Петербурга, а также пациенты

с установленным диагнозом профессионального заболевания – хронической марганцевой интоксикацией. Все исследуемые были разделены на три группы. Первую группу составили 96 электросварщиков, осуществляющих электросварку крупногабаритных металлоконструкций в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах. В контрольную группу вошли также 96 рабочих - токари и фрезеровщики этих же предприятий. В третью группу нами были отобраны 27 пациентов, с хронической марганцевой интоксикацией, находившихся под динамическим наблюдением в клинике ФГУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья более 4 лет. К каждому электросварщику был подобран рабочий контрольной группы таким образом, что они составляли пару, практически не отличающуюся по возрасту, стажу и социальному статусу. Средний возраст электросварщиков составил 36,3 года, группы контроля – 36,2 года. Средний стаж работы в профессии – 13,5 года и 13,4 года соответственно. Доля курящих в обеих группах практически не отличалась – 60,4% и 62,5% соответственно. Количество алкоголя, потребляемого в месяц не имело статистических значимых различий ($p=0,07$).

Все пациенты с хронической марганцевой интоксикацией в прошлом работали электросварщиками на этих же предприятиях. Их возраст был более 41 года, стаж работы более 21 года. Время после установления профессионального заболевания и обследования пациентов в рамках данной работы составило в среднем 5,8 года (от 4 до 7 лет).

Отбор проб воздуха в рабочей зоне проводился с помощью индивидуального пробоотборника фирмы SKC (SKC Ltd., Dorset, UK) согласно МУ МЗ РФ «Современные методы оценки профессиональной экспозиции к воздействию вредных веществ в форме аэрозолей» №4 18.12.2002. В зоне дыхания электросварщиков было отобрано 188 проб воздуха на ультратонкие целлюлозные фильтры с размером пор 0,8 мкм, помещенных в специальные пластиковые кассеты. Пробоотборник закрепляли на поясе электросварщика, а отбор сварочного аэрозоля осуществляли из зоны дыхания. В течение смены проводился трехкратный контроль за скоростью прохождения газовой смеси через фильтр. Пробы отбирали у каждого электросварщика в течение 2 дней [3].

В дальнейшем элементный состав сварочного аэрозоля определяли с помощью индуктивной плазменной атомной эмиссионной спектрометрии (ICP-OES). Этот метод позволил определить даже очень низкие концентрации металлов в исследованных образцах. Нами было определено 14 различных элементов в сварочном аэрозоле. Биологические образцы (кровь и мочу) анализирова-

ли на химический состав (13 элементов) с помощью индуктивной плазменной масс-спектрометрии (ICP-SF-MS) с использованием спектрометра Element 2 со стандартными настройками сканирования образцов [4]. Для оценки правильности измерения микроэлементов в образцах крови и мочи использовалась система контроля качества измерения Seronorm.

Результаты и обсуждения

На основании данных биологического мониторинга крови установлено превышение концентраций марганца, кадмия, ртути и свинца в цельной крови электросварщиков по сравнению с контрольной группой (табл. 1).

Из перечисленных элементов статистически достоверное превышение ($p < 0,001$) выявлено только лишь для марганца и свинца. В среднем у электросварщиков концентрации марганца в цельной крови были на 25% выше, чем концентрации марганца в крови у контрольной группы.

Превышение концентраций марганца в крови у электросварщиков связано с высоким поступлением этого металла в организм из воздуха рабочей зоны. Концентрации в воздухе в зависимости от режимов сварки составили от 3 до 4620 мкг/м³. У электросварщиков с самыми высокими концентрациями марганца в воздухе рабочей зоны (более 400 мкг/м³) отмечено почти трехкратное превышение содержания марганца в крови по сравнению с контрольной группой, т.е. существует зависимость между содержанием марганцем в воздухе и содержанием его в биологических средах организма.

Однако до настоящего времени существовало мнение об отсутствии корреляционной связи между концентрациями марганца в крови и в воздухе рабочей зоны. В работе нам удалось установить непрямую логарифмическую корреляционную связь (коэффициент корреляции $r = 0,9$) между среднесменными концентрациями марганца в воздухе рабочей зоны, отобранных с помощью индивидуальных пробоотборников с постоянной скоростью прохождения газовой смеси через фильтр, и концентрациями марганца в цельной крови, взятых у электросварщиков на следующий день после отбора проб воздуха. При анализе данных гигиенического мониторинга второго дня данную корреляционную связь найти не удалось. Поэтому для правильной оценки экспозиции сварочным аэрозолем отбор крови следует проводить не позднее следующего дня после отбора проб воздуха. Этим же объясняются более высокие концентрации марганца в крови у работающих электросварщиков по сравнению с пациентами, не имеющими контакта с марганцем.

Таблица 1. Концентрации основных элементов в цельной крови у электросварщиков и рабочих контрольной группы (мкг/л)

Элементы	Электросварщики		Контрольная группа		p
	Среднее	Диапазон значений	Среднее	Диапазон значений	
Cd	1,1	0,1-5,4	0,9	0,1-4,4	0,30
Hg	1,7	0,1-25,3	1,5	0,2-8,1	0,30
Pb	47	18-162	37	11-208	0,001
Mn	8,6	3,7-23,5	6,9	2,5-14,3	<0,001

Таблица 2. Концентрации основных элементов в моче у электросварщиков и рабочих контрольной группы (мкг/г креатинина)

Элементы	Электросварщики		Контрольная группа		Р
	Среднее	Диапазон значений	Среднее	Диапазон значений	
Fe	48,4	18,8-436	50,5	16,7-1760	0,62
Cr	2,57	0,14-50,5	0,35	0,04-13,1	<0,001
Mn	0,17	0,03-5,5	0,12	0,02-10,2	0,07
Ni	4,0	0,68-28,0	2,3	0,46-111	<0,001
Hg	0,17	0,02-1,8	0,13	0,02-1,9	0,07
Cd	0,22	0,02-2,6	0,24	0,02-2,7	0,60
Zn	224	3,4-2390	193	4,7-1250	0,46
Co	0,25	0,03-10,9	0,39	0,09-11,8	<0,001
Ca	81,3	2,1-423	90,3	11,8-346	0,32
Mg	69,9	6,9-389	66,6	11,9-234	0,58
Se	16	3,4-53	16	3,4-53	0,77
I	83	17-687	87	17-687	0,63
As	17	1,1-294	18	2,7-448	0,76

В качестве еще одного биологического материала для оценки влияния сварочного аэрозоля на организм исследовалась моча. В моче нами были определены концентрации 13 элементов (табл. 2). Концентрации марганца и ртути в моче у электросварщиков были выше, чем у исследуемых контрольной группы. Эти показатели близки к статистически значимому уровню различий ($p < 0,07$). Концентрации хрома и никеля в моче у электросварщиков достоверно выше, чем в контрольной группе ($p < 0,001$), однако концентрации кобальта в моче были достоверно ниже ($p < 0,001$), чем в контроле. Высокие концентрации хрома и никеля в моче объясняются их выведением из депо, в которых они накапливаются в течение трудовой деятельности.

Накопление хрома и никеля в депо подтверждается также их повышенным содержанием в сварочном аэрозоле. Что же касается других элементов в моче, например, селена, магния и кальция, то их концентрации в сопоставляемых группах практически не отличались.

Обращает на себя внимание тот факт, что у пациентов с установленным диагнозом хронической марганцевой интоксикации, проработавших более 21 года, наблюдается снижение концентрации некоторых двухвалентных катионов в моче – марганца, кобальта и железа по сравнению с контрольной группой практически в два раза. Однако концентрации перечисленных элементов в крови у этих же пациентов, выше, чем в контрольной группе. Это вероятнее всего связано с нарушением обмена диметилтриптамина (DMT 1) – белка, отвечающего за транспорт этих двухвалентных катионов в организме.

Наибольшее значение диметилтриптамин имеет в экскреции двухвалентных катионов в почечных канальцах. Концентрации селена, магния и кальция в моче у пациентов не отличались от контрольной группы, т.к. эти микро-

элементы не переносятся диметилтриптамином. Таким образом, длительное воздействие сварочного аэрозоля приводит к изменению экскреции некоторых катионов, которые переносятся с помощью системы диметилтриптамина (DMT 1).

Выводы

1. Получены доказательства наличия непрямо (логарифмической) связи между среднесменными концентрациями марганца в воздухе рабочей зоны, измеренными современными методами индивидуального пробоотбора, и его концентрациями в цельной крови у электросварщиков в период 12-20 часов после прекращения экспозиции.

2. Установлено, что результатом воздействия высокотоксичного сварочного аэрозоля является снижение концентрации двухвалентных катионов марганца, кобальта и железа в моче. ■

Зибарев Е.В., к.м.н., научный сотрудник, ФГУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; Эллинген Д.Г., профессор, Национальный институт профессионального здоровья, г. Осло, Норвегия; Томассен И., профессор, Национальный институт профессионального здоровья, г. Осло, Норвегия; Чашин В.П., д.м.н., профессор, ФГУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; Чашин М.В., д.м.н., профессор, ФГУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; Кузьмин А.В., к.м.н., ФГУН СЗНЦ гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; Автор, ответственный за переписку – Зибарев Е.В., г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Советская, д.4, тел 8-(812)-717-97-54; e-mail: zibarev198080@mail.ru

Литература:

1. Чашин В.П. // Медицина труда и промышленная экология. 2004. № 12. С.1-4.
2. McMillan D.E. // Neurotoxicology. 1999. 20. P. 381-399.
3. Рукин Е.М. // Народная медицина России: теория и практика. 2000. № 4. С.14-15.
4. Ellingsen D.G., Tomassen Y. // Journal of Environmental Monitoring. 2006. 8. P. 1078-1086.