

«ВЛИЯНИЕ «ФОНОВЫХ» КОЛИЧЕСТВ СВИНЦА НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ»

Забанова Е.В, Баулин С.И., Рогачева С.М.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Производственная деятельность человека повлекла за собой тяжелые последствия - загрязнение экологической системы планеты токсическими веществами. Известно, что одно из них - свинец и его соединения - очень опасно для человека. Отравление свинцом занимает первое место по частоте среди всех металлов.[1,2,4]

Человек, попадая в неблагоприятные условия, способен некоторое время качественно и безошибочно выполнять какую-либо деятельность, хотя при этом не исключаются изменения его функционального состояния. Эти компенсаторно-приспособительные реакции человеческого организма позволяют человеку продолжать биологическое существование в неблагоприятных условиях. Поэтому и цена такой компенсации чрезвычайно велика, что служит еще одним свидетельством актуальности проблемы, требующей изучения влияния свинца и его солей на здоровье человека и отдаленных последствий воздействия малых доз этого ксенобиотика.

Общее содержание свинца в организме зависит от возраста, места проживания и расы. В желудочно-кишечном тракте всасывается 5-10% (а иногда и до 50%) от поступившего свинца. Из крови свинец поступает в мягкие ткани и кости. 90% поступившего свинца ассимилируется в костной ткани. При этом биологический период полувыведения свинца из мягких тканей и органов составляет около 20 дней, из костей – до 20 лет [1, 2]. Выведение свинца из организма составляет 2,5 % в сутки. Принятые в РФ фоновые значения уровня свинца в крови 20 мкг/100мл. Допустимый уровень свинца в цельной крови у детей равен 8-10 мкг/100 мл, взрослых – 40 мкг/100 мл. При этом рекомендуется проводить углубленные обследования работающих в контакте со свинцом при его содержании в крови выше 50 мкг/дл.[4-6]

Драматизм ситуации, связанной со свинцом, заключается в присущей живым организмам способностям аккумулировать свинец, поступающий в организм хронически даже в малых дозах. В такой ситуации понятие «предельно допустимой концентрации» для свинца утрачивает всякий разумный смысл.

В связи с вышеуказанным целью настоящего исследования являлась оценка реально возможного поступления и накопления свинца в организме с учетом существующих его допустимых количеств в пищевых продуктах, выявление временных интервалов фонового накопления ксенобиотика в крови, а также оценка последствий его фоновых количеств на показатели общей физической работоспособности.

В таблице 1 представлены продукты из перечня основных, соответствующих норме № 1 Приказа МО СССР № 445 1990 г. Сухопутных войск, для которых санитарно – гигиеническим нормированием определено допустимое содержание свинца. Перечень полностью обеспечивает энергозатраты организма и его пластические потребности при выполнении работ, средней и низкой интенсивности физического напряжения. При этом не учитывается количество свинца, которое может поступать ингаляционным путем, составляющее от 0,00374 до 0,3869 мг в зависимости от реальной концентрации в рабочей зоне и вида производственной деятельности.[4-6]

Таблица 1. Количество свинца поступающее ежедневно в организм с пищевыми продуктами в соответствии с ПДК

Наименование продукта	Кол-во в сутки	ПДК	Свинец сутки, мг
Хлеб ржано-пшеничный	350 гр.	0,3 мг/кг *	0,105
Хлеб пшеничный	400гр.	0,3 мг/кг *	0,12
Мука пшеничная (высшего или 1 сорта)	10гр.	0,3 мг/кг *	0,003
Крупа разная (рис, пшено, гречка, перловка)	120гр.	0,3 мг/кг *	0,036
Макаронные изделия	40гр.	0,3 мг/кг *	0,012
Мясо	200гр.	0,16 мг/кг **	0,032
Рыба	120гр.	0,16 мг/кг **	0,0192
Молоко коровье	100гр	0,027 мг/л **	0,0027
Картофель	600гр.	0,5 мг/кг *	0,3
Капуста	130гр.	0,5 мг/кг *	0,065
Свекла	30гр.	0,5 мг/кг *	0,015
Морковь	50гр.	0,5 мг/кг *	0,025
Лук	50гр.	0,5 мг/кг *	0,025
Огурцы, помидоры, зелень	40гр.	0,5 мг/кг *	0,02
Вода	1 л.	0,05 мг/л **	0,05
Всего			0,86

*) - СанПиН 42-123-4089—86;

**) - ГОСТ 12.1.005;

Как следует из результатов анализа возможного поступления в организм свинца при содержании его пищевых продуктах в концентрациях соответствующих ПДК, представленных в таблице 1, суммарная доза за сутки может составить 0,86 мг. При этом наибольший вклад в процесс поступления вносится употребление хлебо-булочных изделий и картофеля.

В дальнейшем была рассчитана исходная матрица для выявления закономерностей кумуляции свинца в организме с учетом процессов накопления в костной ткани и процессов выведения в «чистом» виде. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Накопление свинца в крови с учетом процессов ассимиляции и выведения

Сутки	Поступле-ние, мг/сут.	Всасыва-ние в жкт, 50%	Асси-мiliaция в костях, 90 %	Остаток в крови,мг	Сумма остатка, мг	Выведе-ние, 2,5%, сут	Содержание в крови, мг
1	0,86	0,43	0,387	0,043	0,0430	0,00107	0,0419
2	0,86	0,43	0,387	0,043	0,0849	0,00212	0,0828
3	0,86	0,43	0,387	0,043	0,1260	0,00313	0,1230
4	0,86	0,43	0,387	0,043	0,1660	0,00450	0,1619
5	0,86	0,43	0,387	0,043	0,2049	0,00512	0,1998
6	0,86	0,43	0,387	0,043	0,2428	0,0061	0,2367
7	0,86	0,43	0,387	0,043	0,2797	0,0070	0,2727
8	0,86	0,43	0,387	0,043	0,3157	0,0079	0,3078
9	0,86	0,43	0,387	0,043	0,3508	0,0088	0,3420
10	0,86	0,43	0,387	0,043	0,3850	0,0096	0,3754

Проведенные расчеты позволили посредством регрессионного анализа выявить зависимость между ежедневным поступлением свинца в организм и содержанием ксенобиотика в крови вида:

$$\lg(y) = -1,27246 + 0,943606 * \lg(x)$$

где: x – сутки поступления свинца;

y – содержание свинца в крови.

Учитывая, что концентрация свинца в крови, составляющая 50 мкг/дл является предельной для нормального функционирования организма, а общий объем крови человека составляет бл,

был рассчитан временной интервал накопления ксенобиотика с использованием вышеуказанной зависимости.

Результаты расчетов позволяют сделать заключение, что в случае ежедневного употребления в пищу продуктов с содержанием свинца соответствующих ПДК, концентрация ксенобиотика в крови, которая будет вызывать нарушения гомеостатических реакций, произойдет через 7-8 суток.

В дальнейшем были проведены экспериментальные исследования по оценке влияния фоновых количеств свинца на показатели общей физической работоспособности.

В качестве модельного вида животных использовались половозрелые беспородные белые крысы. В перерасчете ежедневно поступающей дозы для человека, составляющей 0,86 мг/сут., количество ежедневно вводимого внутрижелудочно свинца для крыс должно составлять 5 мг.[6] Учитывая, что продолжительность жизни крысы составляет 3 года, а продолжительность жизни человека – 70 лет, время хронического введения свинца должно соответствовать 3 суткам.

В качестве исследуемого экотоксиканта использовался $Pb(NO_3)_2$. При этом, учитывая, что вышеуказанная доза рассчитана для свинца в «чистом виде», то для исследуемого соединения эквимоларная доза будет составлять 8 мг в сутки.

Оценка влияния нитрата свинца и средств коррекции функционального состояния на физическую работоспособность лабораторных животных проводилась в соответствии с «Методикой оценки влияния ФАВ на физическую работоспособность (выносливость) белых крыс по выполнению ими плавания до полного отказа (методика «Принудительного плавания»).[3]

В первый день эксперимента, путем рандомизации по результатам плавания в норме, формировались две группы животных. Количество особей в каждой группе составляло шесть животных. Белым крысам опытной группы после плавания внутрижелудочно вводился раствор исследуемого ксенобиотика, а животным контрольной группы соответствующий объем растворителя – дистиллированной воды. Удельный объем вводимого раствора составлял 3 мл/кг. В дальнейшем растворы нитрата свинца и растворителя вводились ежедневно в течение 2 суток. После трехкратного введения проводилась оценка общей физической работоспособности.

Испытания проводились в лабораторных условиях, при температуре окружающей среды от плюс 25°C, при относительной влажности воздуха 40-60 %, атмосферном давлении в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.), скорости воздушного потока в вытяжной системе вентиляции от 1,0 до 1,5 м/с. Температура воды в испытательных цилиндрах поддерживалась на уровне от 29°C до 30°C. Вес груза составлял 10 % от массы тела.

Регистрируемыми показателями при этом являлись:

- время первичного заплыва до отказа от плавания (норма);
- время первичного заплыва после трехкратного введения растворов (время 1);
- время первичного заплыва (после 5 минут отдыха) заплыва до отказа от плавания (время 2);
- время третьего заплыва до отказа от плавания через 40 минут после введения препарата (время 3).

Результаты экспериментальных исследований по оценке общей физической работоспособности представлены в таблице 3.

Таблица 3. Общая физическая работоспособность белых крыс при хроническом внутрижелудочном введении нитрата свинца.

Группа животных	Время плавания в норме, с	Время 1 плавания, с	Время 2 плавания, с	Время 3 плавания, с
Контроль	144,17 ± 13,35	124,33 ± 13,40	84,00 ± 10,04	118,17 ± 22,15
Опыт	136,50 ± 11,02	93,00 ± 12,45	68,83 ± 12,16	99,50 ± 10,91

Как следует из приведенных в таблице 3 результатов экспериментальных исследований, продолжительность первого плавания лабораторных животных при хроническом введении нитрата свинца достоверно снизились. По отношению к норме и контролю ухудшение физической работоспособности составило 32 и 17 % соответственно. Различия во времени третьего плавания между опытной и контрольной группой составили 7 %. Снижение общей физической работоспособности третьего плавания, которое характеризует процессы ее восстановления, у опытной группы по отношению к контролю составило 8%.

Полученные данные свидетельствуют о неблагоприятном влиянии нитрата свинца на физическую работоспособность, а также на процессы ее восстановления. При этом следует отметить, что никаких видимых клинических признаков интоксикации при хроническом введении нитрата свинца у животных опытной группы не выявлено.

Выводы

1. Проведен анализ литературы по изучению санитарно-гигиенических требований к содержанию свинца в пищевых продуктах. Установлено, что при условии содержания его пищевых продуктах в концентрациях соответствующих ПДК суммарная доза, поступающая в организм, за сутки может составить 0,86 мг.

2. Разработана токсикокинетическая математическая модель накопления свинца в организме с учетом режима поступления, кумуляции в крови и элиминации ксенобиотика.

3. С использованием разработанной математической модели проведены расчеты по выявлению временных интервалов накопления свинца при его поступлении в количествах соответствующих ПДК в пищевых продуктах.

Установлено, что в случае ежедневного употребления в пищу продуктов с содержанием свинца соответствующих ПДК, концентрация ксенобиотика в крови, которая будет вызывать нарушения гомеостатических реакций, произойдет через 78 суток.

4. Проведены экспериментальные исследования по оценке общей физической работоспособности белых крыс при хроническом внутрижелудочном введении нитрата свинца в дозах и временных интервалах, моделирующих реальные условия токсикокинетических процессов.

Установлено, что поступление ксенобиотика в дозах не вызывающих клинических признаков интоксикации и моделирующих реальные условия вызывает снижение общей физической работоспособности, достигающей 32 и 17 % по отношению к норме и контролю соответственно и нарушению процессов восстановления после физической нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чукина, Г.В. Оценка пищевой ценности овощных культур, выращенных в промышленном районе // Пути формирования и коррекции физического развития организма : сб. науч. тр. / под ред. М.Ф. Сауткина. — Рязань, 1995. — Т. 3. — С. 115—118.

2. Ершов, Ю.А. Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю.А. Ершов, Т.В. Плетенева. — М. : Медицина, 1989. — 272 с.

3. Dawson C.A. Swimming in small laboratory animals / C.A. Dawson, S.M. Horvath // Med. Sci. Sports. - 1970. - Vol. 2, №2. - P. 51-78.

4. Малых О. Л. Оценка риска свинцовой экспозиции для здоровья детей, проживающих в зоне влияния выбросов промышленных предприятий: Автореф. дис. канд. мед. наук. - Екатеринбург, 2002.

5. Экологическая эпидемиология: принципы, методы, применение / Привалова Л. И., Кацнельсон Б. А., Кузьмин С. В. и др. - Екатеринбург, 2003.

6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических средств, под ред. Харбиев Р.У, М., ОАО «Издательство «Медицина», 2005, 832 с.