

МЕТАБОЛИЗМ СВИНЦА-210 И ПОЛОНИЯ-210 В ОРГАНИЗМЕ

А.И.Нижников,Е.И.Долгирев,М.С.Ибатуллин,

П.В.Рамзаев,М.Н.Троицкая

Институт радиационной гигиены, Ленинград, СССР

ABSTRACT.

Metabolism parameters of Pb-210 and its product (in the body) Po-210, necessary for dosimetry and standardization are obtained in man during short-termed observations. The authors of this report have carried out their investigations on a volunteer group. These investigations deal with the specification of absorption and clearance rate of these isotopes administered per os as indicators and sufficient for many years' observations using in vivo measurements and excretion analyses. Genetically related mixture of Pb-210 and Po-210 was administered orally to the four people (the authors) whose excretions had been previously analyzed for Po-210 for a year after a single incorporation. This experiment, as the authors think, will contribute to the understanding of Po-210 metabolism. The first results of the investigations are presented in this paper and we intend to go on with these experiments in the forthcoming years.

Реферат

Параметры метаболизма свинца-210 и образующегося из него (в организме) полония-210, необходимые для дозиметрии и нормирования, в настоящее время получены у человека в основном в кратковременных наблюдениях.

Авторы данного сообщения выполнили исследование на группе добровольцев по уточнению коэффициентов всасывания и скорости выведения этих изотопов, принимавшихся через рот в индикаторных количествах, достаточных для многолетних наблюдений по прижизненным измерениям в теле и по экскретам. Четыре человека (авторы исследования), у которых предварительно в течение года исследовалась экскреция полония-210 после однократного его поступления, приняли через рот генетически связанную смесь свинца-210, висмута-210 и полония-210. Такая схема опыта по замыслу авторов позволяет выяснить обмен полония-210, который формируется в организме непосредственно из свинца-210. В докладе приводятся первые результаты исследования, которые будет продолжено в последующие годы.

Введение

Если метаболизм полония-210, первично поступающего в организм человека, изучен достаточно полно для целей дозиметрии и нормирования, то этого нельзя утверждать по отношению к свинцу-210 и, особенно, к образующемуся из него в организме полония-210. В пуб-

ликациях ^{10}Po и ^{10}PoA (МКРЗ)¹ данные по метаболизму свинца- ^{210}Pb не приводятся. В литературе отсутствуют также и сведения о судьбе полония- ^{210}Po , образующегося в организме из свинца- ^{210}Pb , без которых расчёт поглощенных доз не может быть выполнен, поскольку основная доза создается не самим свинцом- ^{210}Pb , а его дочерним полонием. Различия в обмене полония, первично поступающего в организм ("внешний" полоний) и полония, образующегося в местах фиксации свинца через висмут- ^{210}Bi ("внутренний полоний"), вряд ли могут быть отвергнуты без данных эксперимента.

Принятая система параметров метаболизма свинца- ^{210}Pb (публикация-2, МКРЗ)² включает: коэффициент всасывания 0,08, биологические периоды полувыведения для всего тела (в сутках) - 1460, скелета - 3650, печени - 1947, почек - 531, отношение полония- ^{210}Po к свинцу- ^{210}Pb во всем теле - 0,09, почках - 0,18, печени - 0,18, скелете - 0,10 и др.

Приведенные значения в последние годы были подвергнуты проверке рядом исследователей (Харш и Суомела³, Хольтцман⁴, Кохен, Рен и Айзенбад⁵, Бланхард⁶, Хилл⁷). По нашим предыдущим исследованиям высказывалось сомнение, в частности, по коэффициенту всасывания свинца- ^{210}Pb , который в отдельных случаях достигал 50%. Появились также доказательства, что отношение полония- ^{210}Po к свинцу- ^{210}Pb в скелете равно 0,7-0,8, а не 0,1 как это принято в публикации 2 МКРЗ.

Все изложенные соображения дают достаточно оснований для постановки заранее запланированных исследований по изучению метаболизма свинца- ^{210}Pb у человека в условиях надежного контроля поступления изотопа и его выведения в многолетних наблюдениях.

Методы и материалы исследования

Четыре практически здоровых человека (три мужчины и одна женщина) в возрасте от 45 до 50 лет приняли индикаторное количество хлористого полония- ^{210}Po однократно через рот в виде раствора при $\text{pH}=3$ в количестве 0,5 микрокюри на человека. Удельная активность раствора определялась на четырех-пийном счетчике по альфа-излучению. В течение недели ежедневно, а затем 1 раз в неделю в течение месяца и далее каждый месяц в течение 8 месяцев собирались полные суточные выделения мочи и кала. В пробах выделений определялся полоний- ^{210}Po после его осаждения на фольгу из никеля. Суточное выведение изотопа выражалось в % от введенной дозы. Этот предварительный опыт был поставлен для того, чтобы получить данные по обмену первично поступающего "внешнего" полония- ^{210}Po у каждого испытуемого и в последующем опыте учесть их при определении "внутреннего" полония- ^{210}Po . Далее те же лица, когда у них остатки изотопа стали пренебрежимо малы, приняли однократно в растворе соляной кислоты ($\text{pH}=3$) генетически связанную смесь $\text{Pb-}^{210}\text{Pb}$, $\text{Bi-}^{210}\text{Bi}$ и $\text{Po-}^{210}\text{Po}$, полученную при многолетнем хранении стеклянных ампул с радоном- ^{222}Rn . В смеси оказалось 1,0 микрокюри $\text{Po-}^{210}\text{Po}$, 1,9 микрокюри $\text{Bi-}^{210}\text{Bi}$ и 3,3 микрокюри $\text{Pb-}^{210}\text{Pb}$. Определение принятой активности в растворе осуществлялось:

полония- ^{210}Po - по альфа-излучению на четырехпийном счетчике,
висмута- ^{210}Bi - по бета-излучению на том же счетчике,
свинца- ^{210}Pb - по равновесному висмуту- ^{210}Bi (бета-излучение), по гамма-излучению свинца- ^{210}Pb и по альфа-излучению равновесного полония- ^{210}Po .

Стандарты 100% введенной дозы готовились также путем введения раствора изотопов в чистые суточные пробы мочи и кала. Ошибка измерения дозы не превышала 1%.

После приема изотопов осуществлялся сбор суточных выделений по ранее описанной схеме. Одновременно испытуемые измерялись на

счетчике всего тела (гамма-спектрометре с датчиком из кристалла йодистого натрия толщиной 1 мм и диаметром 15 см). Детектор размещался против лобной кости. Регистрировалось излучение свинца-210 с энергией 46 кэв.

В выделениях проводились определения:

- полония-210 как по альфа-излучению высушенных проб, так и после осаждения его на фольгу из никеля,
- свинца-210 в высушенных пробах на гамма-спектрометре, по бета-излучению равновесного висмута-210 и по повторному осаждению полония-210 на никелевую фольгу после предварительного накопления.

Результаты исследования

Полный анализ всех отобранных проб еще не закончен. Он требует значительного времени. По мере отдаления от времени приема дозы и уменьшения уровней в экскретов методы суммарной альфа и бета-активности, как и гамма-спектрометрия проб оказываются неприемлемыми из-за возрастающих ошибок измерений (более 10%). Уже через 2 недели мы были вынуждены определять свинец-210 по полонию-210, повторно осаждаемому на диски никеля после накопления в течение 1-2 месяцев.

Приведенные в таблицах 1-4 материалы и вытекающие из них выводы ко времени открытия конгресса могут быть значительно пополнены. Здесь из-за ограниченности места мы хотим обратить внимание читателя лишь на явно доказуемые положения, не требующие обширных обосновывающих выкладок:

1. Среднее всасывание полония-210 при приеме его в чистом виде или в смеси со свинцом-210 превышает 18% (таблица 1) и 22% (таблица 2); среднее всасывание свинца-210 превышает 18% (таблица 3).

Таблица 1

Выведение "внешнего" полония-210 в % введенной дозы
(в предварительном опыте, без приема свинца-210)

Экскреты	Среднее выведение по 4 испытуемым в дни после приема									
	1	2	3	4	5	6	35	41	145	160
Кал	28,92	38,40	13,58	3,87	1,44	0,82	0,03	0,03	0,025	0,010
Моча	0,29		0,07	0,04	0,03			0,03	0,007	0,0014

2. Выведение "внешнего" полония-210 в интервале времени от 6 до 160 суток после приема через рот происходит по Тэф=36 суток, что хорошо согласуется с Тэф=40 суток, принятым в публикации Ю МКРЗ. С калом выводится полония-210 в 10-20 раз больше, чем с мочой; хотя в отдельные сутки эти различия не всегда проявлялись.

3. В начальном периоде после поступления смеси свинца-210 и полония-210 вычленив в экскретов "внутреннего" полония-210 не представляется возможным. Судя по расчетам экскреции дочернего "внутреннего" изотопа и полагая его обмен одинаковым с "внешним" полонием, в первые 5 дней "внешний" полоний в сотню раз превышал уровень выделения "внутреннего" изотопа. И лишь через 50-150 дней можно ожидать превалирования "внутреннего" полония над "внешним" в 2-6 и более раз. Фактическую динамику выведения и ее параметров предстоит получить в дальнейших наблюдениях.

4. Выведение из организма свинца-210 происходит все с более

Таблица 2

Выведение "внешнего" и "внутреннего" полония-210 у людей в % от введенной "внешней" дозы. Изотоп принимался в смеси со свинцом-210

шифр испытуемого		Сутки после введения							
		1	2	3	4	5	6	7	14
РПВ	кал	47,26	20,10	8,49	1,59	0,21	0,46		0,021
	моча		0,05			0,02	0,03		
ТМН	кал	44,50	26,11	14,57	4,78	1,07	1,26	0,38	0,127
	моча		0,12	0,31	0,02	0,04	0,05	0,02	0,054
НАИ	кал	36,27	46,88	7,70	0,53	0,26	0,26	0,11	0,166
	моча	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,04	0,08	0,010
ИМС	кал	28,84	11,86	17,00	0,00	4,27	0,75	2,34	0,616
	моча		0,02	0,21	0,01	0,01	0,05	0,03	0,011
Среднее	кал	39,22	26,29	11,94	2,30	0,51	0,68	0,94	0,232
	моча	0,02	0,06	0,19	0,02	0,02	0,04	0,04	0,025

Таблица 3

Выведение свинца-210 у людей в % от введенной дозы

Шифр испыту- емого		Сутки после введения									
		1	2	3	4	5	6	7	14	21	28
РПВ	кал	55,69	15,57	7,83	1,03	0,23	0,22		0,07	0,02	0,01
	моча	0,47	0,21	0,13	0,09	0,07	0,08		0,07		
ТМН	кал	40,35	27,62	11,64	4,58	0,51	0,51	0,09	0,07	0,05	0,08
	моча	0,32	0,03	0,025	0,05	0,06	0,02	0,02	0,08		
НАИ	кал	34,94	44,51	8,68	0,32	0,12	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06
	моча	0,18	0,08	0,07	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03		
ИМС	кал	38,56	19,72	23,74	0,00	7,55	0,29	0,33	0,09	0,04	0,015
	моча	0,46	0,10	0,09	0,03	0,15	0,07	0,06	0,01		
Среднее	кал	42,39	26,35	12,97	1,98	0,29	0,27	0,16	0,07	0,04	0,04
	моча	0,36	0,11	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05		

Таблица 4

Скорость счета от свинца-210 (30-56 кэв) в лобной кости (в % от первого измерения)

Шифр испытуемого	Сутки после введения							
	2	8	15	22	29	36	99	128
РПВ	100		125	90	87	80	68	
НАИ	100		94	90	80			
ИМС	100	100	155	120	110	135	65	45
ТМН	100	209	200		209	213		148
Среднее по пе- рвым трем испы- туемым	100	100	127	101	96	98	67	45

замедленной скоростью и достаточно заметный спад начинается примерно через 15 дней после приема активности. С 15 по 29 сутки, если судить по измерениям лобной кости, скорость выведения свинца-210 из организма соответствует 34,6 дням, а за последующие 99 суток - 90,5 дням. Скорость выведения свинца-210 по экскретам оказалась примерно такой же как и уменьшение счетности в лобной кости.

Заключение

Полученные данные позволяют предположить, что некоторые коэффициенты метаболизма свинца-210 и полония-210, принятые в существующих рекомендациях по нормированию, не обеспечивают соответствующих гарантий. Всасывание этих изотопов (18-20%) у человека выше в 2-3 раза, чем принято. При поступлении их в составе пищевых продуктов, как было ранее нами показано⁸, достигает 50%.

В длительных многолетних опытах предстоит получить и другие константы метаболизма свинца-210 и полония-210, которые до настоящего времени не могут считаться представительными.

Литература

1. Radiation Protection. ICRP Publication 10, Oxford, 1968.
2. Радиационная защита. Вторая публикация МКРЗ. Госатомиздат, 1961.
3. Hursh J.B. and J.Suomela. Absorption of Pb-210 from the gastrointestinal tract of man. Acta Radiol., v.7, 1968, pp108-20.
4. Holtzman R.B. Pb-210 and Po-210 metabolism in radium-dial painters. Proceedings of the Meeting on Biology and Ecology of Polonium and Radiolead. 1970, Belmont, UK.
5. Cohen N., Cohen L.K., Wrenn Mc.E. and M. Eisenbud. The retention and distribution of Pb-210 in the baboon and the rat. Ref.4.
6. Blanchard R.L. Use of 210-Pb and 210-Po blood levels. Ref.4.
7. Hill C.R. Routes of uptake of Po-210 into human tissues. In: Radioecological Concentration Processes, Oxford, 1968, pp. 297-302.
8. Ramzaev P.V., Nizhnikov A.I., Litver B.Y., Troitskaya M.N., Ibatulin M.S., et al. Absorption of 210-Pb from gastrointestinal tract of rat and man. 1970, ref.4.