

## Особенности биокинетики плутония и других гепато-остеотропных радионуклидов при внутривенной инфузии натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты

В.С. Репин<sup>1</sup>, И.А. Лихтарев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Санкт-Петербург\*

<sup>2</sup> Национальный научный центр радиационной медицины Национальной академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

*В экспериментальной работе на подопытных животных показано, что создание искусственного дефицита кальция в крови крыс при 2-часовой инфузии натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) стимулирует активизацию процессов резорбции в скелете и способствует повышению скорости экскреции плутония-239, америция-241 и иттрия-91 с мочой, тогда как темп выведения кальция-45 с мочой снижается и становится ниже уровня, предшествующего введению ЭДТА. Процесс активизации резорбционных процессов начинается через 12 ч с момента введения ЭДТА и продолжается в течение 3 суток и более. Эффект может найти практическое применение в оценке содержания радионуклидов в скелете методом косвенной дозиметрии по скорости выведения с мочой.*

Ключевые слова: плутоний-239, америций-241, иттрий-91, крысы, костная ткань, ЭДТА, уровень кальция в крови, выведение радионуклидов.

### Введение

Контроль прижизненного содержания плутония в организме работников сопряжен с большими трудностями даже при уровнях содержания, соответствующих пределу годового поступления. Сложность использования прямых методов контроля (счетчиков излучений человека) связана с низкой эффективностью метода: малым выходом (около 4%) рентгеновских квантов, сопровождающих альфа-распад, чрезвычайно низкой их энергией (13, 17 и 19 кЭв) [1]. Косвенные методы (по содержанию в моче) также сопряжены с трудностями, связанными с очень низкой скоростью выведения данного радионуклида из организма – ( $n \times (10^{-5} - 10^{-6})$  от содержания в теле в сутки) [2].

Одним из широко используемых методов ускорения выведения плутония из организма является введение комплексонов.

Комплексоны (хелаты) как вещества, способные образовывать прочные химические связи с тяжелыми токсическими металлами, занимают особое место в радиационной безопасности, поскольку при своевременном применении позволяют вывести значительную часть поступившей активности [3, 4]. Наибольшее распространение для декорпорации плутония получили кальциевые и цинковые соли диэтилентриаминпентауксусной кислоты (ДТПА). Высокая константа устойчивости этого хелата с плутонием по сравнению с микро- и макроэлементами организма [4] и их низкая токсичность (благодаря насыщению растворов цинком или кальцием), а также быстрое выведение из ор-

ганизма человека с периодом полувыведения около 1–2 ч обусловили их высокую эффективность.

Свойства комплексонов изучены достаточно подробно в различных сферах применения [5], в том числе в терапии отравлений тяжелыми металлами, в частности, плутонием [6]. Эффект ускоренного выведения плутония и других токсикантов из организма основан на образовании прочной химической связи с ними. Наибольшая эффективность декорпорации плутония проявляется на ранней фазе метаболизма, пока радионуклид находится в крови и в межклеточных жидкостях. Однако после отложения радионуклида в органах депонирования (печени и скелете) эффективность комплексона существенно снижается [7, 8]. В то же время темп выведения плутония с мочой на поздней фазе метаболизма после введения хелата увеличивается в 45–120 раз [4, 7], что позволяет существенно повысить чувствительность метода косвенной дозиметрии плутония, установить факт «плутоний-носительства» и дать хотя бы приблизительную оценку содержания его в организме.

Проблема ускорения выведения плутония из органов депонирования на позднем этапе, в частности, из скелета, остается нерешенной до настоящего времени [4].

Известно, что процессы обмена кальция в костной ткани находятся под контролем механизмов нейрогуморальной регуляции [9–15]. В ряде работ были попытки ускорить резорбцию радионуклида путем введения паратормона. В 1976 г. Fisher et al. [9] в опытах на мышах показали достоверное возрастание на 10% декорпора-

\* Основные результаты данной работы были получены в Ленинградском НИИ радиационной гигиены к концу 1985 г. В связи с аварией на Чернобыльской АЭС работа по подготовке публикации оказалась отложенной на долгие годы. Между тем авторы полагают, что полученные тогда результаты могут оказаться интересными для исследователей и в настоящее время. При подготовке данной публикации дополнительного изучения литературных данных, начиная с 1986 г., не проводилось.

тивного действия ДТПА по отношению к америцию-241 в группе животных, которым вводили паратгормон. В исследованиях Н.М. Любашевского и соавт. [10, 11] экспериментально было показано участие эндокринного аппарата регуляции обмена кальция в удалении иттрия-91 и цинка-65 из организма крыс.

Кальций, входящий в структуру костной ткани, играет важнейшую роль в механизме мышечного сокращения, в регуляции проницаемости клеточных мембран и т.д. Поддержание кальциевого гомеостаза является необходимым условием обеспечения нормальной жизнедеятельности организма [12]. Подробное описание механизма регуляции кальция с участием паратгормона (гормона, вырабатываемого паращитовидными железами) и кальцитонина (гормона, вырабатываемого С-клетками щитовидной железы) дано в монографиях В.Д Романенко [12], У. Ньюмана и М. Ньюмана [13] и ряде других работ [14, 15].

При недостатке кальция в крови рецепторы паращитовидных желез активизируют выработку паратгормона, который, в свою очередь, воздействует на остеокласты – клетки кости, ответственные за резорбцию кальция. При избытке кальция, наоборот, благодаря кальцитонину активизируются остеобласты, способствующие ускоренному депонированию кальция в скелете.

Таким образом, если создать искусственный дефицит кальция в крови, то можно ожидать усиление резорбционного потока радионуклида из скелета и из организма за счет стимуляции выработки собственного паратгормона.

Основная идея работы заключалась в попытке выяснить, сохраняется ли повышенная скорость экскреции плутония после полного выведения хелата из организма при создании искусственного дефицита кальция в крови после введения в организм натриевой соли ЭДТА.

В качестве рабочей гипотезы предполагалось, что последствие хелата связано с нарушением баланса кальция в организме и провокацией усиленной резорбции кальция из скелета вместе с радионуклидами, депонированными в скелете. Наличие такого механизма позволило бы объяснить последствие и связать скорость выведения плутония после выведения хелата с содержанием радионуклида в скелете.

**Цель исследования** – экспериментальное сравнительное изучение особенностей выведения кальция-45, иттрия-91, америция-241 и плутония-239 при инфузии  $\text{Na}_2$ -ЭДТА на различных сроках после введения радионуклидов в организм.

### Материалы и методы

Все исследования были выполнены на белых беспородных крысах с начальной массой не менее 180 г.

Эксперименты условно можно разделить на 2 группы:

- изучение динамики содержания кальция в крови крыс при и после введения натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты ( $\text{Na}_2$ -ЭДТА);

- изучение динамики содержания гепатоостеотропных радионуклидов в крови и динамики выведения с мочой при введении  $\text{Na}_2$ -ЭДТА.

Основной целью исследований первой группы было изучение уровня и длительности гипокальциемического эффекта во время и после введения  $\text{Na}_2$ -ЭДТА и выбор оптимальной дозы хелата, при которой животные разной

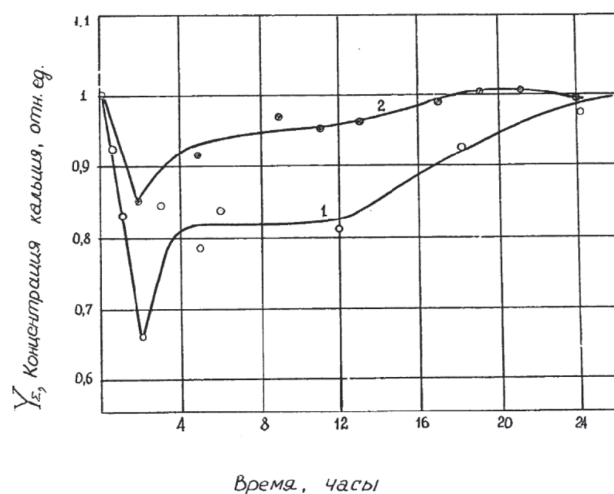
массы легко переносят процедуру введения хелата и при которой создается устойчивый гипокальциемический эффект. На основе расчета и пробного эксперимента была определена доза 180 мкмоль, которую животные массой 180 г переносили без осложнений.

Первая группа исследований была проведена на 10 двухмесячных крысах-самцах со средней массой  $233 \pm 15$  г и 8 четырехмесячных крысах самцах со средней массой  $344 \pm 28$  г.

Крысам под нембуталовым наркозом (0,2 мл 2% раствора на каждые 100 г веса) в препарированные хвостовые сосуды (боковую вену и центральную артерию) вводились полиэтиленовые катетеры. В венозный катетер осуществлялась двухчасовая инфузия 5 мл раствора  $\text{Na}_2$ -ЭДТА в количестве 180 мкмоль. Забор проб крови объемом 0,5 мл осуществлялся из артериального катетера до введения хелата, а затем через интервалы 0,5; 1; 2; 3; 5; 6; 12; 18 и 24 ч от начала инфузии. Сгусток крови центрифугировался при скорости 3000 об./мин, после чего 0,1 мл сыворотки отбиралась для определения концентрации кальция фотоколориметрическим методом.

Результаты исследований представлены на рисунке 1. Исходная концентрация кальция в крови принята на рисунке равной 1 и составляла в среднем 10,4 мг%. Все значения концентрации кальция в крови после введения хелата нормировались на исходный уровень для каждой крысы в отдельности. Точки на рисунке представляют собой средние значения относительных величин. Стандартная ошибка в каждой временной точке не превышает 8%.

Из рисунка 1 видно, что двухчасовая инфузия 180 мкмоль  $\text{Na}_2$ -ЭДТА создает устойчивый гипокальциемический эффект, продолжающийся на протяжении 16–24 ч. Эффект снижения кальция в крови крыс массой 233 г достигает 35%, тогда как у крыс массой 344 г не превышает 15%. Активный период восстановления начальной концентрации наблюдается примерно через 12 ч после начала введения хелата. Восстановление начального уровня концентрации кальция в крови крыс массой 344 г наступает несколько раньше, чем у крыс массой 233 г.



**Рис. 1.** Изменение концентрации кальция в крови крыс разной массы после инфузии  $\text{Na}_2$ -ЭДТА: 1 – крысы со средней массой 233 г; 2 – крысы со средней массой 344 г

Из результатов экспериментов 1-й группы следует, что активизация процессов нейрогуморальной регуляции содержания кальция в крови крыс начинается примерно через 12 ч от начала инфузии хелата. Минимальное содержание свободного кальция в крови наблюдается к моменту завершения инфузии.

Схема экспериментов 2-й группы показана в таблице.

Таблица

**Структура исследований по кинетике обмена и экскреции радионуклидов при хелатном воздействии**

№ опыта	Число животных	Время от момента введения радионуклидов, сутки	Вводимые радионуклиды	Химическая форма, (активность), кБк/кг
I	5	30	<sup>239</sup> Pu	Цитрат (185)
			<sup>241</sup> Am	Цитрат (46)
			<sup>91</sup> Y	Цитрат (185)
			<sup>45</sup> Ca	Хлорид (370)
II	13	80	<sup>239</sup> Pu	Цитрат (185)
			<sup>45</sup> Ca	Хлорид (370)
III	6	100	<sup>241</sup> Am	Цитрат (46)
			<sup>91</sup> Y	Цитрат (370)
IV	7	140	<sup>239</sup> Pu	Цитрат (185)

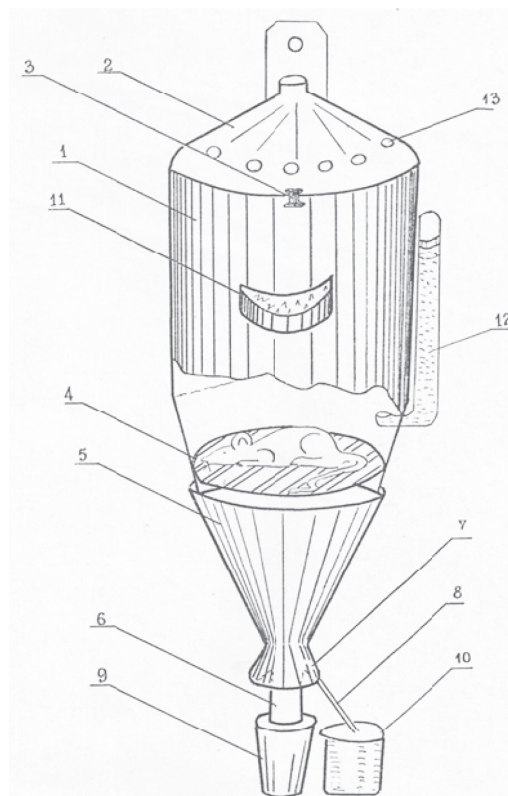
Для изучения эффекта стимуляции резорбционных процессов в скелете посредством создания искусственного дефицита кальция в крови были выбраны 4 радионуклида <sup>45</sup>Ca, <sup>239</sup>Pu, <sup>241</sup>Am и <sup>91</sup>Y. Первый из названных является остеотропным радионуклидом, остальные – гепатоостеотропными. Особенностью названных радионуклидов является также то, что их физические и радиометрические характеристики позволяют проводить параллельное наблюдение при одновременном их введении в организм. Раздельное определение активности бета-излучающих радионуклидов в пробах осуществляется путем двукратных измерений бета-излучений <sup>45</sup>Ca и <sup>91</sup>Y без фильтра и с фильтром, поглощающим излучение <sup>45</sup>Ca. Измерение суммарной альфа-активности и отдельное измерение активности <sup>241</sup>Am по гамма-линии позволяют раздельно определять активности <sup>239</sup>Pu и <sup>241</sup>Am. В итоге эффект стимуляции резорбции, если он есть, может быть выявлен сразу для группы радионуклидов.

Опыт I во 2-й группе экспериментов был проведен со смесью из четырех радионуклидов, введшихся одновременно каждой крысе. Во II и III опытах исследование проводилось: с парами радионуклидов <sup>239</sup>Pu – <sup>45</sup>Ca и <sup>241</sup>Am – <sup>91</sup>Y. В четвертом опыте был использован только <sup>239</sup>Pu. При составлении схемы исследований учитывалось, что для обеспечения высокой чувствительности и точности метода радиометрии перечисленных радионуклидов в пробах мочи и крови необходимо вводить довольно большие активности, но, с другой стороны, большие активности могли привести к досрочной гибели подопытных животных [16]. В связи с этим на сроках до 30 суток проводилось одновременное введение и сравнительное изучение поведения всех четырех радионуклидов, а на 80-е, 100-е и тем более на 140-е сутки необходимо было снижать либо активность (опыт IV), либо число радионуклидов (опыты II и III). Представленные в таблице уровни вводимой активности не вызывали до-

срочной гибели животных в течение соответствующих сроков наблюдения.

Схема всего исследования и отдельных экспериментов составлена таким образом, чтобы выявить особенности динамики обменных процессов в зависимости от времени для каждого радионуклида.

Исследования проведены на крысах-самцах со средней массой 285±328 г. После внутривенного введения радионуклидов животные до начала опыта выдерживались необходимое время в режиме обычного содержания в виварии. За 1–3 суток до начала основной части эксперимента крысы пересаживались в индивидуальные обменные клетки, конструкция которых показана на рисунке 2, с целью определения исходной скорости экскреции радионуклидов с мочой и калом.



**Рис. 2.** Конструкция индивидуальной обменной клетки для крыс: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – фиксатор крышки; 4 – стеклянная решетка; 5 – разделительная воронка; 6 – патрубок для кала; 7 – разделительная часть воронки; 8 – патрубок для мочи; 9 – тигель для кала; 10 – стакан для сбора мочи; 11 – кормушка; 12 – автопоилка; 13 – вентиляционные отверстия

Для подготовки животных к основной части эксперимента им под нембуталовым наркозом в хвостовые сосуды вводился артериальный и венозный катетеры и осуществлялась «мягкая» фиксация прооперированных животных. В венозный катетер с помощью устройства для равномерной подачи растворов осуществлялась двухчасовая инфузия 180 мкмоль натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (Na<sub>2</sub>-ЭДТА) объемом 5,0 мл. Пробы крови отбирались из артериального катетера по 0,5 мл перед инфузией и через 2, 6, 12, 18 и 24 ч от на-

чала инфузии. Пробы отобранной крови поступали на радиометрию. Моча в течение первых суток отбиралась через каждые 6 или 8 ч. На 2-е и 3-и сутки крысы снова пересаживались в индивидуальные обменные клетки для дальнейшего сбора мочи (уже 1 раз в сутки). По окончании опыта животные усыплялись, а печень и бедренные кости извлекались для последующей радиометрии. Все пробы, а также остатки тушки подвергались озолению в муфельной печи и использовались для расчета баланса активности. Измерения препаратов, нанесенных на подложки, выполнялись на модернизированном радиометрическом радиометре VA-V-100 с набором из 3 детекторов: альфа, бета и гамма с тонким кристаллом NaI(Tl) [17, 18].

Сравнение данных, полученных по результатам измерения содержания радионуклидов в пробах крови, проводилось путем их нормировки на исходную концентрацию, а по моче – путем нормировки на исходную скорость экскреции. После этого результаты усреднялись по всем крысам отдельно для каждой группы.

### Результаты и обсуждение

Информация по изменению концентрации радионуклидов в крови представлена на рисунке 3, а по моче – на рисунке 4. На рисунке 3 обращает на себя внимание сходство в характере полученных зависимостей у иттрия-91 и америция-241 и иное поведение плутония-239 и кальция-45. Через 2 ч от начала инфузии хелата концентрация иттрия и америция возрастает примерно в 2–3 раза, после чего происходит её постепенное снижение практически до исходного уровня к 6-му часу. Затем, начиная с 12-го часа, наблюдается новое увеличение концентрации этих нуклидов в крови, которое по интенсивности процесса, обеспечивающего повторное нарастание, сопоставимо с первичным, обусловленным хелатным вымыванием активности из органов депонирования.

В отношении плутония-239 инфузия хелата в начальный период его действия вызывает снижение концентрации в крови. Это снижение продолжается вплоть до 6–8 ч. Причем характер зависимости на 30-е и 80-е сутки совпадает. К 24-му часу концентрация плутония достигает исходного значения.

Концентрация кальция-45 в крови после инфузии хелата также снижается, но в меньшей степени, чем у плутония-239. Восстановление прежнего уровня наступает к 12-му часу, а к 24-му часу концентрация радионуклида даже превышает исходной уровень для крыс с экспозицией 30 суток.

Таким образом, на всех кривых можно выделить два характерных участка. Первый из них связан с непосредственным действием хелата на токсический металл. В результате этого процесса происходит либо увеличение концентрации радионуклида в крови с последующим уменьшением (как это наблюдается у америция-241 и иттрия-91) или снижение концентрации (для плутония-239 и кальция-45). Этот процесс завершается к 8–12-му часу. Второй участок кривых характеризуется либо новым увеличением концентрации нуклидов по отношению к исходной (амерций-241 и итрий-91), либо восстановлением прежнего уровня.

Форма кривых в интервале времени 12–24 ч в определенной мере коррелирует с динамикой изменения содержания стабильного кальция в крови (см. рис. 1) и косвенно подтверждает предположение об активизации,

начиная с 12 ч, резорбционных процессов в костной ткани, обусловленных искусственным дефицитом стабильного кальция в крови.

Таким образом, повторное возрастание концентрации радионуклидов в крови или быстрое восполнение исходного уровня, предшествующего введению комплексона, с большой степенью вероятности свидетельствует о выносе этих радионуклидов из костной ткани вместе с резорбционным потоком кальция.

Следовательно, в формировании кривой изменения концентрации радионуклидов в крови участвуют, по крайней мере, три процесса:

- хелатное связывание радионуклида в доступных фондах органов депонирования и последующее выведение из организма;
- пассивный перенос из органов депонирования не связанного с хелатом радионуклида в кровь;
- эндокринно усиленный резорбционный поток радионуклида из скелета.

Рассмотрим теперь, каким образом перечисленные выше процессы проявляются на характере изменения темпа экскреции радионуклидов с мочой. На рисунке 4 представлены результаты исследований по изменению скорости экскреции. На представленных кривых можно выделить три характерных участка: интервал времени от 0 до 6 ч, от 12 до 24 ч и свыше 24 ч. Для первого временного интервала отличительной особенностью является резкое (в 10–100 раз) увеличение скорости экскреции радионуклидов с мочой. С увеличением времени пребывания радиоактивности в организме относительное возрастание скорости экскреции уменьшается.

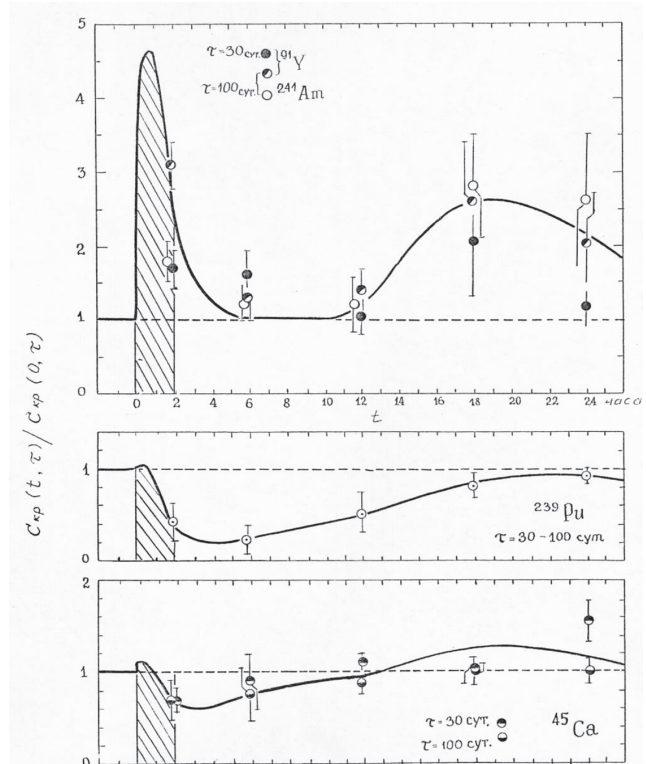


Рис. 3. Относительное изменение концентрации радионуклидов в крови крыс ( $C_{кр}$ ) после 2-часовой инфузии  $Na_2$ -ЭДТА на различные сроки от момента их внутривенного введения

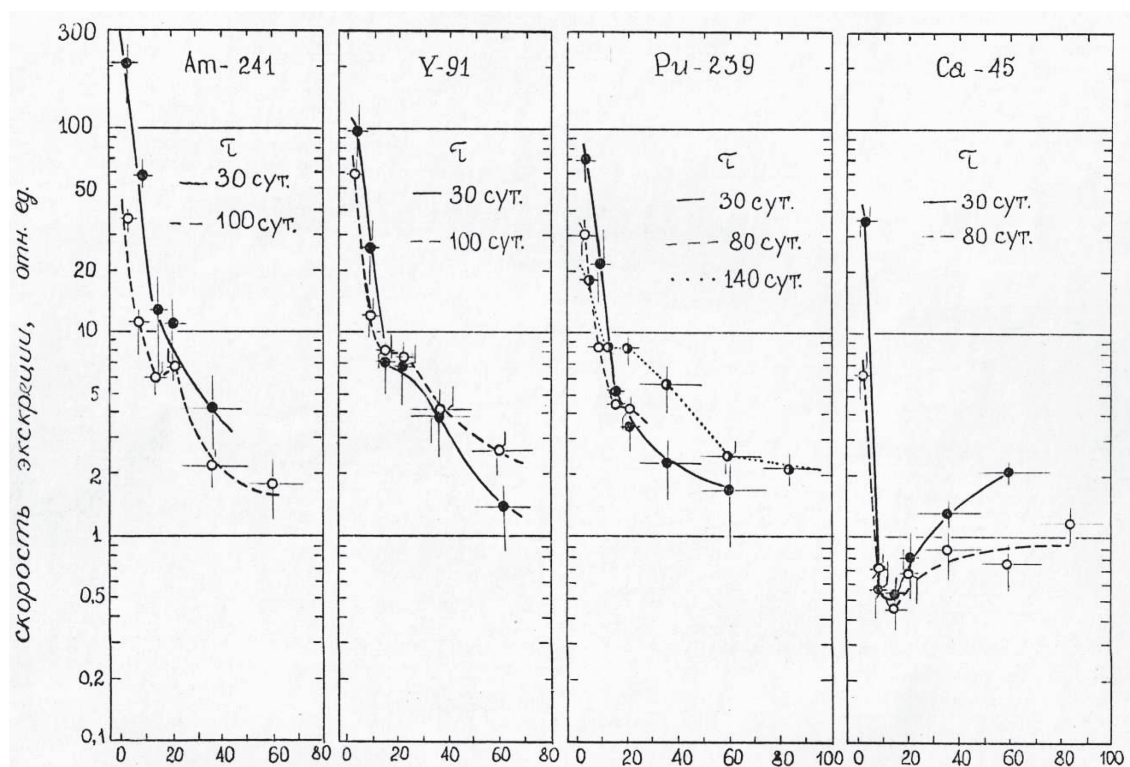


Рис. 4. Относительные изменения скорости экскреции радионуклидов после инфузии  $\text{Na}_2$ -ЭДТА

В интервале времени от 12 до 24 ч, на котором предположительно активизируются резорбционные процессы, наблюдается замедление темпов снижения скорости экскреции для  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{91}\text{Y}$ .

Исключение составляет  $^{45}\text{Ca}$ , у которого скорость экскреции, начиная с 6-го часа, лежит ниже исходного уровня.

Этот эффект напрямую свидетельствует об активизации процессов нейрогуморальной регуляции баланса кальция в крови, поскольку дефицит кальция в соответствии с существующими представлениями о механизмах регуляции восполняется быстрее, когда почки блокируют поток кальция из организма.

Таким образом, почечная блокада, выступающая в качестве регуляторного звена в системе, поддерживающей кальциевый гомеостаз, подтверждается независимыми данными, полученными в опытах с радиоактивной меткой.

На интервале времени от 24 ч и далее наблюдается постепенное снижение скорости экскреции  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{91}\text{Y}$ , но темп экскреции сохраняется более высоким, чем исходный даже через 80 ч от начала введения хелата, то есть когда хелат полностью выведен из организма.

### Выводы

1. Двухчасовая внутривенная инфузия натриевой соли ЭДТА создает устойчивый гипокальциемический эффект у крыс, приводящий к стимуляции резорбционных процессов в костной ткани, направленных на поддержание баланса кальция в крови под воздействием механизмов нейрогуморальной регуляции.

2. В результате стимуляции костно-резорбционных процессов повышается концентрация гепатоостеотроп-

ных радионуклидов в крови и скорость их экскреции с мочой даже после выведения ЭДТА из организма.

3. Эффект стимуляции костной резорбции путем создания искусственного дефицита кальция в крови может быть рекомендован для практической апробации метода косвенной дозиметрии содержания плутония и других радионуклидов в скелете, а также учтен при разработке методов декорпорации.

### Литература

1. Radionuclide Transformations – Energy and Intensity of Emissions. – ICRP Publication 38. – Ann. ICRP 11–13, 1983.
2. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. – ICRP Publication 30 (Part 1). – Ann. ICRP 2 (3–4), 1982.
3. Коваль, Ю.Ф. Ускорение выведения радиоактивных изотопов из организма / Ю.Ф. Коваль. – М.: Атомиздат, 1972.
4. Ильин, Л.А. Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ / Л.А. Ильин. – М.: Атомиздат, 1977. – 183 с.
5. Дятлова, Н.М. Комплексоны / Н.М. Дятлова, В.Я. Тёмкина, И.Д. Колпакова. – М.: Химия, 1970. – 417 с.
6. Попов, Б.В. Математическая модель действия комплексона / Б.В. Попов, В.С. Безедль // Труды института экологии растений и животных УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1974. – Вып. 89. – С. 49.
7. Jolly, L. Treatment and evaluation of a plutonium-238 nitrate contaminated puncture wound. A two years case history / L. Jolly [et al.] // Health Physics. – 1972. – V. 23. – P. 333.
8. Hall, R.M. A Mathematical model for estimation of plutonium in the human body from urine data influenced by DTPA therapy / R.M. Hall [et al.] // Health Physics. – 1978. – V. 34, № 5. – P. 419.
9. Fisher, D.R. Decorporation of  $^{241}\text{Am}$  from mouse bone using Zn-DTPA and parathyroid hormone / D.R. Fisher, C.W. Mays,

- J.F. Dockun // Health Physics. – 1976. – V. 30, № 3. – P. 313–315.
10. Любашевский, Н.М. Исследование участия эндокринного аппарата кальциевого обмена в метаболизме инкорпорированного иттрия-91 / Н.М. Любашевский, М.К. Окунева // Комплексообразование и метаболизм радиоактивных изотопов. – Свердловск, 1976. – С. 125–144.
11. Любашевский, Н.М. Роль эндокринного аппарата кальциевого обмена в выведении комплексом цинка / Н.М. Любашевский [и др.] // Моделирование поведения и токсического действия радионуклидов. – Свердловск, 1978. – С. 16–22.
12. Романенко, В.Д. Физиология кальциевого обмена / В.Д. Романенко. – Киев: Наукова думка, 1975. – 172 с.
13. Ньюман, У. Минеральный обмен кости / У. Ньюман, М. Ньюман. – М.: Иностранная литература, 1961. – 195 с.
14. Касавина, Б.С. Минеральные ресурсы организма / Б.С. Касавина, В.П. Торбенко. – М.: Наука, 1975. – 108 с.
15. Николаев, О.В. Гиперпаратиреоз / О.В. Николаев, В.И. Таркаева. – М.: Медицина, 1974. – 81 с.
16. Калистратова, В.С. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / В.С. Калистратова [и др.]; под ред. В.С. Калистратовой. – М.: Издательство ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2012. – 464 с.
17. Репин, В.С. Автоматизация измерений в системе одного регистрирующего прибора с несколькими детекторами / В.С. Репин, В.Б. Потахин // Материалы У-У1 конференций и выставок по изобретательству и рационализации в медицине. – М.: Медицина, 1976. – С. 169–170.
18. Репин, В.С. Установка для раздельной радиометрии радионуклидов в биопробах / В.С. Репин // Радиационная гигиена. – Л., 1980. – № 8. – С. 59–60.

V.S. Repin<sup>1</sup>, I.A. Lihtarev<sup>2</sup>

**The features of biocinetics of plutonium and others hepato-osteotropic radionuclides after intravenous infusion of sodium etyldyamintetraacetat**

<sup>1</sup> Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Saint-Petersburg

<sup>2</sup> National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

*Abstract. In experimental work with experimental animals it is shown that creation of artificial deficiency of calcium in the blood of rats at the 2-hours infusion of sodium salt EDTA stimulates activation of resorption processes in a skeleton and promotes increase an urine temp excretion of plutonium-239, americium-241 and itrium-91 whereas the temp of calcium-45 excretion with urine decreases and becomes below the level which was before EDTA intake. Activation of resorption processes begins after 12 hours from the moment of EDTA intake and proceeds within 3 days and more. The effect can find practical application in the estimation of radionuclides content in a skeleton by method of indirect dosimetry using the value of excretion with urine velocity.*

*Key words: plutonium-239, americium-241, itrium-91, rats, bone tissue, EDTA, calcium level in blood, excretion of radionuclides.*

Репин В.С.  
e-mail: v.repin@mail.ru

Поступила: 21.08.2013 г.