

Радионуклидная диагностика в Санкт-Петербурге: текущее состояние и проблемы развития

И.А. Звонова¹, Л.А. Чипига^{1,2}, М.И. Балонов¹, В.Ю. Сухов³

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Министерство здравоохранения России, Санкт-Петербург, Россия

³ Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова, Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия

Целью работы является анализ состояния радионуклидной диагностики (РНД) в городе Санкт-Петербурге. Рассматриваются тенденции развития этой области медицины за последние 10 лет, обеспеченность потребностей населения в РНД, дозовые нагрузки на пациентов и проблемы дальнейшего развития.

Материалы и методы. Данные форм федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ по г. Санкт-Петербургу и результаты обследования подразделений РНД с анкетированием врачей-радиологов о проводимых исследованиях, включая вопросы аппаратного и штатного обеспечения, количество и перечень проводимых исследований, дозировки вводимых активностей радиофармпрепаратов и дозы пациентов использовались для анализа временных и структурных изменений состояния РНД в городе.

Результаты. Начиная с конца 1990-х гг. и вплоть до 2012 г. происходило постоянное снижение суммарного числа проводимых в городе процедур РНД, в 2005 г. было проведено 73,7 тыс. процедур, в 2012 г. — 35,5 тыс. Число процедур РНД на 1000 жителей уменьшилось с 16 до 7,2 исследований. В 2013 г. намечился небольшой рост обоих показателей, в 2014 г. общее число процедур РНД составило 42 тыс. и 8,2 исследования на 1000 жителей.

С 2011 г. началось обновление диагностического оборудования: были поставлены ОФЭКТ или ОФЭКТ/КТ в четыре медицинские организации (МО), построены два новых ПЭТ-центра, три МО приобрели позитронные эмиссионные томографы (ПЭТ) и проводят ПЭТ-диагностику, получая необходимые радиофармпрепараты (РФП) из стороннего ПЭТ-центра. Обновление оборудования произошло и в двух старых ПЭТ-центрах. В то же время треть подразделений РНД продолжает работать на морально и технически устаревшем оборудовании производства 1970–1980 гг.

*В обследованных МО Санкт-Петербурга для диагностики *in vivo* использовались 24 РФП, меченные ^{99m}Tc, ¹²³I, ¹³¹I, ⁶⁷Ga. Для ПЭТ-диагностики использовались РФП с ультракороткоживущими циклотронными радионуклидами ¹⁸F, ¹¹C, ¹³N, ¹⁵O. 60–70% используемых РФП метятся ^{99m}Tc. За 10 лет изменилась структура РНД в сторону увеличения числа сцинтиграфических исследований и уменьшения «функциональных» (радиометрических) процедур, что отражает изменение аппаратного обеспечения подразделений РНД, замену старого оборудования на новые ОФЭКТ.*

Среднее значение эффективной дозы на процедуру РНД в Санкт-Петербурге составляет 2,4 мЗв. Средние дозы при сцинтиграфических исследованиях оценены от 0,9 мЗв до 7 мЗв. Наибольшие дозы получают пациенты при исследовании всего тела с введением ⁶⁷Ga-цитрата и ¹²³I-йодида натрия (около 20 мЗв и выше), при исследованиях сердца и головного мозга дозы у пациента, в среднем, составляют около 4 мЗв. Дозы от радиометрических («функциональных») исследований составляют 0,1–0,3 мЗв.

Заключение. Начиная с 2013 г., намечился рост числа радионуклидных диагностических исследований. Модернизация технического оснащения радионуклидной диагностики остается первоочередной задачей в городе. При замене старого оборудования на современное можно ожидать увеличения числа высокодозных сцинтиграфических исследований и, соответственно, увеличения вклада РНД в дозу медицинского облучения населения. Форма статистического наблюдения доз облучения пациентов 3-ДОЗ требует модернизации в части радионуклидной диагностики, в соответствии с наблюдаемыми изменениями в ядерной медицине.

Ключевые слова: радионуклидная диагностика, динамика и структура исследований, радиофармпрепараты, эффективная доза пациентов, диагностическое оборудование.

✉ **Звонова Ирина Александровна**

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д.8. Телефон: (812) 2334843. E-mail: ir_zv@bk.ru

Введение

Радионуклидная диагностика (РНД) *in vivo* является уникальным неинвазивным методом диагностики пациентов на ранних стадиях заболеваний, когда они проявляются в функциональных нарушениях метаболических процессов, которые не фиксируются рентгенологическими, ультразвуковыми или иными способами. Однако, несмотря на свою уникальность, методы РНД используются гораздо реже, чем рентгеновские методы, хотя потребность в них в нашей стране в полной мере не удовлетворена. Это объясняется сложностью организации работы подразделения РНД, большой стоимостью диагностической аппаратуры и её обслуживания, логистикой регулярной доставки радиофармпрепаратов (РФП) и их стоимостью, высокими требованиями обеспечения радиационной безопасности при работе с открытыми радионуклидными источниками и надзором за их выполнением со стороны органов Роспотребнадзора и Ростехнадзора.

Из-за всех этих условий далеко не в каждом регионе Российской Федерации имеется лаборатория радионуклидной диагностики *in vivo*. Пациенты при необходимости оказания им высокотехнологической помощи вынуждены обращаться в медицинские организации (МО) ближайших крупных городов. Одним из наиболее крупных центров с большим количеством специализированных МО является Санкт-Петербург.

Цель исследования – анализ состояния радионуклидной диагностики в Санкт-Петербурге, исследование тенденций её развития за последние 10 лет с точки зрения обеспечения потребностей населения в РНД, оценка дозовых нагрузок на пациентов и обсуждение проблем дальнейшего развития этой области медицины.

Материалы и методы

Для анализа динамики проведенных радионуклидных диагностических исследований и доз пациентов за период 2005–2014 гг. использовались формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ [1] по г. Санкт-Петербургу. Формы 3-ДОЗ учета доз диагностического медицинского облучения пациентов введены в 1999 г. Они заполняются ежегодно в соответствии с методическими рекомендациями [2, 3] сначала на уровне МО, затем территориальный орган Роспотребнадзора на основе заполненных форм МО формирует статистический отчет – форму 3-ДОЗ для подведомственной территории, которая представляется в ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» (далее НИИРГ) для проверки и составления базы данных формы 3-ДОЗ для Российской Федерации в целом. В данной работе использовались обобщенные данные формы 3-ДОЗ по радионуклидной диагностике в городе Санкт-Петербурге за десятилетний период. Обобщения и анализ информации форм 3-ДОЗ регулярно публикуются в справочниках, издаваемых НИИРГ, начиная с 2001 г. [4, 5].

Кроме того, начиная с 2008 г. и по настоящее время лаборатория радиационной гигиены медицинских организаций (РГМО) НИИРГ проводит обследования отделений радионуклидной диагностики (ОРНД) и собирает информацию путем анкетирования врачей-радиологов о проводимых исследованиях, аппаратурном и штатном

обеспечении, о количестве и перечне проводимых за год исследований, вводимых активностях РФП и дозах пациентов. Полученная таким образом информация даёт возможность достоверно оценить радиационные нагрузки, которые получает пациент при радионуклидной диагностике.

Отдельная часть анкеты посвящена сбору сведений о радионуклидной диагностике *in vitro*. Этот метод предоставляет врачам ценную информацию о концентрации гормонов и других жизненно важных веществ в организме пациента методом радионуклидного конкурентного анализа биопроб пациента без введения радиоактивных соединений в его организм. Всего было обследовано 18 МО г. Санкт-Петербурга, где проводятся радионуклидные исследования пациентов *in vivo* и четыре МО, где проводились радиоиммунные анализы *in vitro*. В данной работе обсуждаются только результаты радионуклидной диагностики *in vivo*.

Результаты и обсуждение

10-летняя динамика и текущее состояние радионуклидной диагностики в Санкт-Петербурге

Данные о годовой динамике общего числа радионуклидных диагностических исследований и их числа на 1000 жителей в г. Санкт-Петербурге за 2005–2014 гг. представлены на рисунке 1 [4, 5]. Видно, что за рассматриваемый период вплоть до 2012 г. происходило постоянное снижение суммарного числа проводимых в городе процедур РНД с 73,7 тыс. в 2005 г. до 35,5 тыс. в 2012 г. Соответственно, уменьшалось число РНД на 1000 жителей с 16 в 2005 г. до 7,2 в 2012 г. В 2013 г. наметился небольшой рост обоих показателей, который увеличился в 2014 г. (см. рис. 1).

Представленная динамика вполне объяснима: начиная с середины 1990-х гг. число подразделений РНД в городе постоянно уменьшалось: закрылись отделения/лаборатории РНД по крайней мере в пяти МО города. В конце XX в. и первого десятилетия XXI в. оснащение всех подразделений РНД в МО, подчиненных Минздраву и комитету здравоохранения города, было представлено устаревшей диагностической аппаратурой, работающей по 20–25 и более лет, созданной в 1970–1980-е гг., в основном, венгерской фирмой «Гамма». В 2010 г. из 14 обследованных радионуклидных подразделений только 3 МО ведомственных подчинений были оснащены гамма-камерами, произведенными после 2000 г. Следует отметить, что в 1980-е гг. радионуклидная диагностика города была на передовых рубежах мировой медицинской практики и науки. К сожалению, большинство больниц так и осталось на уровне 1980-х гг. Некоторые больницы, выполняющие диагностические процедуры жителям города, до настоящего времени вообще не имеют гамма-камеры, работа на сканерах прошлого века, которые уже давно нигде не выпускаются. В одной из больниц города проводят исследования на гамма-камере производства 1960 г. (из первого поколения гамма-камер американского производства), она работает 55 лет!

Стоит напомнить, что в зарубежных странах обновление оборудования для ядерной медицины происходит каждые 5–7 лет. Современная техника для радиоизотопной диагностики – однофотонные эмиссионные компьютерные томографы (ОФЭКТ) и гибридное оборудование, совмещающее в одном приборе возможности ОФЭКТ и рентгеновского компьютерного томографа (ОФЭКТ/КТ), – позволяет получить на порядок больше диагностической информации, чем сканеры и гамма-камеры 1980-х гг.

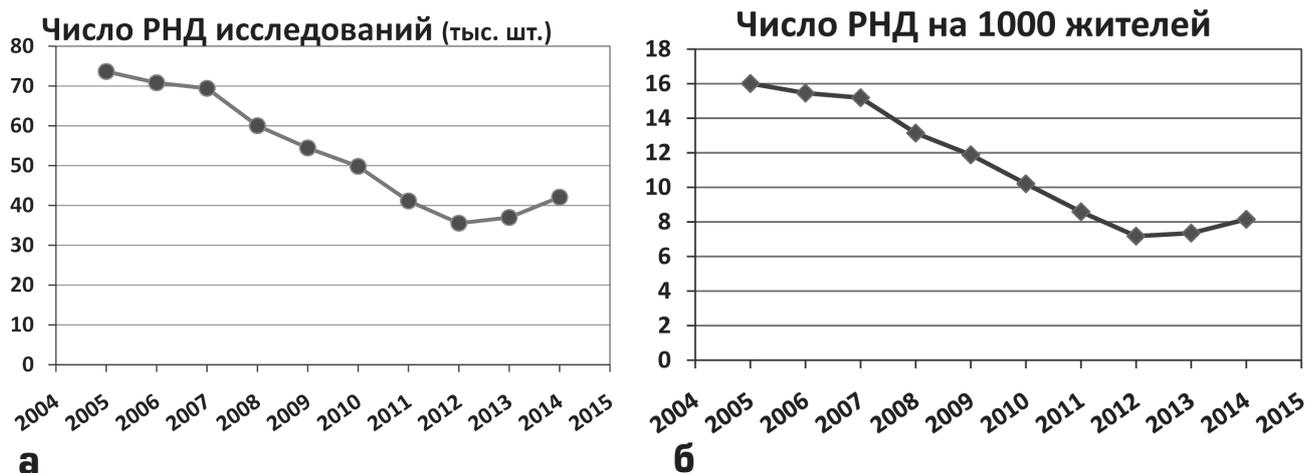


Рис. 1. Число радионуклидных диагностических исследований за год (а); число исследований на 1000 жителей (б) в г. Санкт-Петербурге с 2005 по 2014 г.

Модернизация технического оснащения радионуклидной диагностики городского здравоохранения является первоочередной задачей отрасли, которая постепенно стала решаться. С 2011 г. началось обновление диагностического оборудования: были поставлены ОФЭКТ или ОФЭКТ/КТ в четыре МО города. В городе построены и начали работать два новых центра позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ-центры), а также 3 МО приобрели позитронные эмиссионные томографы (ПЭТ) и проводят ПЭТ-диагностику, получая необходимые позитрон-излучающие РФП из ПЭТ-центра Российского научного центра рентгенологии и хирургических технологий (РНЦРХТ). Обновление оборудования произошло и в старых ПЭТ-центрах – в РНЦРХТ и Институте мозга человека, которые до начала 2000-х гг. были единственными в стране.

ПЭТ-диагностика выполняется на основе введения пациенту ультракороткоживущих радионуклидов (период полураспада до 110 минут), радиоактивный распад которых происходит с испусканием позитрона (частицы, равной по массе электрону, но с положительным зарядом) с последующей аннигиляцией его при встрече с электроном, что сопровождается испусканием 2 противоположно направленных квантов электромагнитного излучения с энергией 511 кэВ каждый. Это излучение регистрируется позитронно-эмиссионным томографом и преобразуется в объемное изображение распределения РФП в теле пациента.

Из-за очень короткого периода полураспада большинства позитрон-излучающих радионуклидов их необходимо производить в месте применения, поэтому ПЭТ-центр в МО должен состоять из циклотрона, который производит эти радионуклиды; радиохимической лаборатории, где радионуклид соединяют с нужным медицинским препаратом; отдела контроля качества РФП и диагностического отделения, оборудованного ПЭТ, где производят введение РФП пациенту и сканирование на томографе с целью получения диагностического изображения. Альтернативная ветвь ПЭТ-диагностики – это организация спутникового медицинского кабинета, который оснащен позитронным эмиссионным томографом для сканирования пациентов и получает позитрон-излу-

чающие радионуклиды из ближайшего ПЭТ-центра, оснащенного циклотроном, или использование генераторов позитрон-излучающих радионуклидов (^{68}Ga , ^{82}Rb и др.). Считается, что создание одного ПЭТ-центра и нескольких спутниковых кабинетов ПЭТ-диагностики является наиболее экономически обоснованным способом развития этого современного метода лучевой диагностики. Чувствительность этого метода позволяет обнаружить новообразования размером от 4 мм. ПЭТ-диагностика с начала 1990-х гг. стремительно развивается за рубежом и в последние годы начала повсеместно внедряться в нашей стране.

С обновлением оборудования у персонала ОРНД появляется возможность применения современных методик диагностики. В то же время врачи отмечают, что на новых аппаратах увеличивается время проведения диагностических процедур, поэтому в некоторых больницах уменьшилось число обследованных пациентов. В связи с приобретением нового высокотехнологичного оборудования в каждой МО возникает вопрос о необходимости дополнительного финансирования для технического обслуживания и ремонта приобретенной аппаратуры, так как это может выполняться только сервис-инженером фирмы-изготовителя или уполномоченной лицензированной организацией. Любая поломка требует времени на заказ и исполнение сервисного обслуживания камеры, поэтому, чтобы не было простоя, в ОРНД необходимо иметь второй диагностический прибор (функционально пригодный, независимо от срока эксплуатации), а в перспективе каждая диагностическая лаборатория должна быть оборудована двумя (и более) современными аппаратами.

Переоснащение подразделений РНД новым диагностическим оборудованием выявило проблему несогласованности действий по закупке техники, проектированию ОРНД и оформлению документов на право ведения работ с открытыми источниками ионизирующего излучения. В некоторых случаях это приводит к тому, что от момента закупки диагностического оборудования до начала работы на нем проходит столько времени, что к моменту ввода в эксплуатацию гарантийный срок обслуживания истекает, и

все выявляемые в процессе работы дефекты МО должна исправлять за дополнительную (и немалую) оплату.

Период реконструкции и ремонта старых помещений под новую технику пришёлся на 2010–2012 гг., после чего намечился первый небольшой рост числа РНД после длительного периода регрессии. В настоящее время в городе в 20 МО действует 18 подразделений традиционной радионуклидной диагностики, 4 ПЭТ-центра и 3 кабинета ПЭТ-диагностики с поставкой радионуклидов из других ПЭТ-центров. В 2014 г. на 1000 жителей Санкт-Петербурга было выполнено в среднем по 8,2 радионуклидных исследования. Согласно исследованию Европейской комиссии 2008 г., в первое десятилетие XXI в. в европейских странах с развитой медициной выполнялось от 11 до 56 радионуклидных исследований на 1000 жителей [6]. На этом фоне обеспеченность населения Санкт-Петербурга процедурами РНД можно посчитать приемлемой, но не следует забывать, что МО города обслуживают также население Ленинградской области и других областей северо-запада страны. В таком случае обеспеченность РНД нашего населения понизится, по крайней мере, до 5–6 диагностических процедур на 1000 жителей, что существенно ниже уровня развитых европейских стран.

Современная РНД позволяет проводить раннюю диагностику многих заболеваний. Однако это очень дорогостоящие процедуры, так как они включают в себя стоимость получения радионуклида, медицинского препарата – носителя радиоактивной метки, обслуживания дорогостоящей аппаратуры и труд высококвалифицированного персонала. Вопрос доступности радионуклидной диагностики для всех граждан тесно связан с включением процедур РНД, включая ПЭТ-диагностику, в программу обязательного медицинского страхования (ОМС). Особенно это важно для пациентов с установленным диагнозом, которым зачастую необходимо выполнять не одно исследование в год, а серию исследований для диагностики и контроля эффективности выбранного метода лечения. Этот вопрос социальной политики государства напрямую влияет на эффективность использования уже действующих подразделений РНД и ПЭТ-диагностики и на доступность получения современной лучевой диагностики в рамках ОМС для всех слоёв общества

Результаты всех лет наблюдений свидетельствуют, что штаты лабораторий РНД в Санкт-Петербурге в большинстве МО укомплектованы не полностью. Это приводит к тому, что нагрузки на врачей-радиологов и средний медицинский персонал сильно различаются в отдельных МО. Так, годовая нагрузка на одного врача-радиолога в разных больницах составляет примерно от 400 до 4000 пациентов в год; медицинские сестры обслуживают от 400 до 2000 пациентов в год. Количество и специфика исследований в большой степени определяются медицинской ориентацией организации, возможностями аппаратуры и перечнем проводимых исследований, а также зависят от активности получаемого изотопного продукта, сроков и методики его использования.

Серьёзная проблема состоит в том, что в некоторых больницах работает всего 1 врач-радиолог, который отвечает за всю работу подразделения. Медицинские вузы не готовят врачей-радиологов, в нашем городе нет аспирантуры по этой специальности и не продумана система переподготовки врачей для работы на комбинированных

аппаратах ОФЭКТ/КТ и ПЭТ/КТ, которая требует квалификации радиолога и рентгенолога одновременно, как это существует в западных странах.

Радионуклидная диагностика – очень информативный и востребованный метод диагностики, но в Санкт-Петербурге потребности населения в ней не обеспечены полностью существующей системой городского здравоохранения. Об этом свидетельствует то, что во всех больницах существует запись пациентов на проведение радионуклидных исследований, длительность ожидания по которой зависит от того, какую квоту на бесплатные исследования по ОМС имеет МО. Совершенно неестественно наблюдать ситуацию, когда подразделение РНД имеет современное оборудование и квалифицированный персонал, но не работает в полную силу из-за отсутствия квоты на бесплатные для пациента исследования.

Попутно отметим, что в Санкт-Петербурге нет ни одной МО, оказывающей услуги радионуклидной терапии – очень востребованного, а в некоторых случаях – единственного метода лечения некоторых заболеваний. Жители города и Ленинградской области (около 7 млн человек) вынуждены обращаться за лечением в Обнинск или за границу – в Эстонию или Финляндию, где 4 клиники предоставляют лечение йодом-131 и другими РФП. Это большой недостаток медицинского обеспечения населения города.

Радиоактивные метки и препараты, используемые в радионуклидной диагностике

В обследованных ЛПУ Санкт-Петербурга для диагностики *in vivo* использовали 24 радиофармпрепарата (РФП), меченных ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{131}I , ^{67}Ga . Кроме того, для ПЭТ-диагностики использовались РФП, меченные ультракороткоживущими циклотронными изотопами ^{18}F , ^{11}C , ^{15}O . Перечень используемых РФП, их дозировки для введения взрослым пациентам, названия органов и систем человека, которые исследуются при их введении в организм пациента, представлены в таблице 1.

В разных больницах для диагностики *in vivo* использовались от 2–3 до 13 разных РФП. Перечень используемых РФП обусловлен возможностями аппаратуры, задачами учреждения, сложившимся в городе распределением процедур по МО и востребованностью исследований.

В 2008–2010 гг. более 60%, а 2013–2014 гг. около 70% исследований в городе проводились с РФП, меченными ^{99m}Tc . Большинство МО города работают на экстракционном генераторном ^{99m}Tc , который поставляется Радиевый институт ежедневно в виде элюата, иногда МО сами заказывают сорбционные генераторы и проводят элюирование в ОРНД. Различные РФП изготавливают на месте перед введением пациенту, смешивая элюат ^{99m}Tc и лиофилизаты медицинских препаратов в соответствии с инструкцией по изготовлению РФП из лиофилизатов.

Для исследования одного органа могут использоваться разные РФП. В зависимости от задачи исследования, истории болезни пациента и доступности препаратов врач-радиолог выбирает нужный РФП. Выбор оптимальной дозировки вводимого препарата зависит, с одной стороны, от комплекции, возраста и диагноза пациента, с другой – от возможностей аппаратуры. При проведении одинаковых исследований в разных МО дозировки вводимого пациенту РФП различаются, как правило, не более чем в 2–3 раза.

Радиофармпрепараты, используемые в г. Санкт-Петербурге, их дозировки для введения взрослым пациентам, исследуемые органы и системы

РФП	Диапазон вводимой активности, МБк	Исследуемый орган, система
¹¹ C-бутират	420–700	Предстательная железа, головной мозг
¹¹ C-метионин	500–1100	Головной мозг,
¹¹ C-холин	700	Предстательная железа, всё тело
¹³ N-аммоний	800	Сердце, щитовидная железа (ЩЖ), паращитовидная железа, все тело
¹⁵ O-вода	1100–2500	Головной мозг
¹⁸ F-ФДГ	130–400	Головной мозг, сердце, все тело
⁶⁷ Ga-цитрат	110–400	Все тело, лимфатическая система
^{99m} Tc-бромезида	75–200	Печень, желчный пузырь
^{99m} Tc-макротех	100–200	Легкие
^{99m} Tc-пентатех (ДТПА)	70–200	Почки, мочевыделительная система
^{99m} Tc-пентамек, ^{99m} Tc-технемек, ^{99m} Tc-карбомек, ^{99m} Tc-технемаг		
^{99m} Tc-пертехнетат	40–250	ЩЖ
^{99m} Tc-пертехнетат	150–740	Сосудистая система отдельных органов
Фосфаты и фосфонаты, меченные ^{99m} Tc: пирфотех, резоскан, технефор, фосфотех	300–740	Костная система, сердце
^{99m} Tc-теоксим	350–700	Головной мозг, всё тело
^{99m} Tc-технетрил	200–1000	Сердце, щитовидная железа, всё тело, молочная железа, головной мозг
^{99m} Tc-технефит	60–400	Печень, селезенка, костный мозг, лимфоузлы
¹²³ I-гиппуран	0,1–30	Почки
¹²³ I-йодид натрия	0,1–180	ЩЖ, метастазы ЩЖ
¹²³ I-МИБГ	150–300	Нейроэндокринная система
¹³¹ I-гиппуран	0,15–0,4	Почки

Указанные в таблице 1 значительные различия для таких препаратов, как ¹²³I-гиппуран, ¹²³I-йодид натрия, при проведении исследований почек и щитовидной железы (ЩЖ) объясняются тем, что данные препараты используются для функциональных исследований (накопление-выведение РФП в органе), для которых требуется меньшая активность препарата, а также для получения скинтиграфического или топографического изображения распределения РФП в органе, что требует значительно большей активности РФП. Кроме того, ¹²³I-йодид натрия используют для скинтиграфии всего тела при диагностике метастазов рака ЩЖ после проведения хирургического лечения, для чего необходимы ещё большие активности.

Если сравнить приведенные в таблице 1 дозировки РФП с употребляемыми уровнями в других экономически развитых странах [7], то почти всегда вводимые в Санкт-Петербурге активности значительно ниже. Видимо, современная техника, предоставляющая больше диагностической информации, требует введения больших активностей, чем аппаратура предшествующих поколений, которая до сих пор используется в Санкт-Петербурге. С другой стороны, при наличии больших очередей на об-

следования, с учётом случающихся сбоев в поставке элюата ^{99m}Tc, врачи иногда вынуждены уменьшать вводимую активность в допустимых пределах, чтобы обслужить всех пациентов, записанных на обследование, при этом для выполнения качественного исследования необходимо увеличить время сканирования, что ведет к увеличению рабочего дня персонала в условиях повышенной мощности дозы излучения от пациентов.

Структура радионуклидных диагностических исследований

Структура проводимых исследований сильно зависит от технического обеспечения подразделения РНД. Если в подразделении нет гамма-камеры, то, естественно, там не могут проводиться скинтиграфические исследования органов. По этой причине в конце первого десятилетия XXI в. большая часть радионуклидных исследований состояла из функциональных (точнее назвать – радиографических) исследований почек (ренография) и радиометрических исследований ЩЖ (функция поглощения) на одноканальных спектрометрах производства 1980-х гг. С изменением приборного обеспечения изменилась и структура исследований.

В таблице 2 представлено сравнение структуры диагностических процедур, выполненных в 2008–2009 гг. (обследовано 15 отделений РНД) и в 2012–2013 гг. (обследовано 12 отделений РНД). В конце 2000-х годов исследования почек составляли около 40% от общего числа радионуклидных диагностических исследований (РНДИ), причем из них примерно 60% были радиографические исследования – ренография. Далее наиболее часто выполнялись исследования костной системы – 22% и щитовидной железы (ЩЖ) – 18% (около 40% – функция поглощения йода в ЩЖ). По прошествии 5 лет доля исследований почек уменьшилась до 27%, и среди них сцинтиграфические исследования возросли до 66%, увеличилось число исследований костей (до 28%) и всего тела (с 5 до 12%) на определение опухолевых новообразований. Доля исследований щитовидной железы остаётся примерно постоянной (17–18%), но внутри этих исследований существенно увеличилась доля сцинтиграфических исследований. Изменение структуры радионуклидных исследований отражает позитивные изменения, произошедшие с приборным обеспечением.

Таблица 2

Структура исследований (%) в обследованных подразделениях радионуклидной диагностики медицинских организаций г. Санкт-Петербурга в 2008–2009 и 2012–2013 гг.

Исследуемый орган, система	2008–2009 гг.	2012–2013 гг.
Всё тело (онкология)	4,9	12,1
Головной мозг	0,2	1,4
Лёгкие	5,9	8,0
Печень и гепатобилиарная система	6,8	3,7
Почки и мочевыводящая система	38,9	27,3
из них:		
ренография	59	34
сцинтиграфия	41	66
Сердце	2,4	2,5
Костная система	21,7	28,3
Щитовидная железа	18,4	16,7
из них:		
функциональные исследования	42	29
сцинтиграфия	58	71
Прочие	0,8	0,02

Дозы облучения пациентов

Информация о дозах, которые получают пациенты при РНД, доступна из двух источников: из форм федерального статистического наблюдения 3-ДОЗ и рассчитанных в соответствии с методическими указаниями [10, 11] доз, исходя из вводимой активности, указанной врачами обследованных больниц. В первые годы заполнения форм 3-ДОЗ на местах было недопонимание поставленной задачи, что приводило к необоснованным скачкам данных, особенно когда это касалось представления данных по коллективным дозам облучения пациентов. Методические рекомендации по заполнению форм статистического наблюдения 3-ДОЗ, выпущенные в 2002 г. [2], а затем в 2007 г. [3] несколько исправили положение, но внимательный анализ представленных в 3-ДОЗ данных показал, что больницы чаще всего давали данные не о реальных дозах, которые получали пациенты, а использовали средние

значения доз, представленные в соответствующих таблицах методических рекомендаций 2002 и 2007 гг. Поэтому в данной работе оценка доз, которые получают пациенты при РНД, выполнена согласно методическим указаниям [11] по тем значениям активности РФП, вводимой «стандартному» пациенту на исследование, которые персонал ОРНД указал в анкетах при обследовании отделения РНД.

Контроль и регистрация доз пациентов являются обязательными, согласно НРБ-99/2009 [8] и ОСПОРБ-99 [9]. Однако в этих основных документах не оговорено, какие дозы должны определяться при проведении радиологических диагностических процедур. В методических указаниях [10, 11] и методических рекомендациях по заполнению форм федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ [3] четко сказано, что оцениваются и регистрируются эффективные дозы облучения пациентов. Однако, как показал опыт обследования подразделений РНД, большинство врачей-радиологов не были знакомы с предназначенными для них методическими указаниями [10, 11]. В начале нашей работы с МО большая часть дозовых оценок была сделана для «критического органа», как это было рекомендовано в нормативном документе Минздрава – сборнике «Стандартизованные методики радиоизотопной диагностики» [12], изданных в 1987 г. (более нового издания не было), или по тем дозовым оценкам, которые даны в инструкциях к медицинским препаратам (лиофилизатом) фирмы «Диамед» для изготовления РФП. В них приведены таблицы «Лучевые нагрузки на органы и все тело пациента при использовании...» поименованного препарата. Зачастую многие врачи по своему пониманию выбирали дозу на все тело или на наиболее облучаемый орган (согласно «стандартизованным методикам» 1987 г. [12]). Кроме того, в некоторых инструкциях прописаны поглощенные дозы в органах и эффективные дозы для всего тела, не совпадающие со значениями из [9].

На рисунке 2 приведено сравнение доз пациентов при сцинтиграфии ЩЖ в 2008 г., оцененных врачами в анкетах и рассчитанных в соответствии с методическими указаниями [10]. В некоторых случаях два варианта расчета доз различаются до 30 раз, что свидетельствует о том, что некоторые врачи записывали поглощенную дозу в критическом органе – ЩЖ вместо эффективной дозы. Поглощенная доза в критическом органе многократно превышает значение эффективной дозы. В результате средние значения эффективных доз, рассчитанные по [10] и по оценкам врачей составили: $2,1 \pm 1,6$ и $10,4 \pm 2,3$ мЗв соответственно. Дозы, рассчитанные врачами, должны предоставляться в формы 3-ДОЗ, что предполагает наличие серьезных расхождений статистического учёта с реальными эффективными дозами у пациентов.

Представляется целесообразным сопоставить дозовые оценки, полученные в настоящей работе, со средними оценками коллективных и индивидуальных доз пациентов, которые были представлены МО в форму статистической отчетности 3-ДОЗ. В таблице 3 для обследованных МО показаны коллективные дозы (КД) и средние индивидуальные дозы, обобщенные по всем пациентам, прошедшим радионуклидное диагностическое исследование в рассматриваемой МО в 2008 г. Представлены оценки доз из формы 3-ДОЗ и рассчитанные в соответствии с МУ [10] по указанным подразделениям РНД данным о средних вводимых активностях РФП на процедуру и количестве обследований каждого вида.

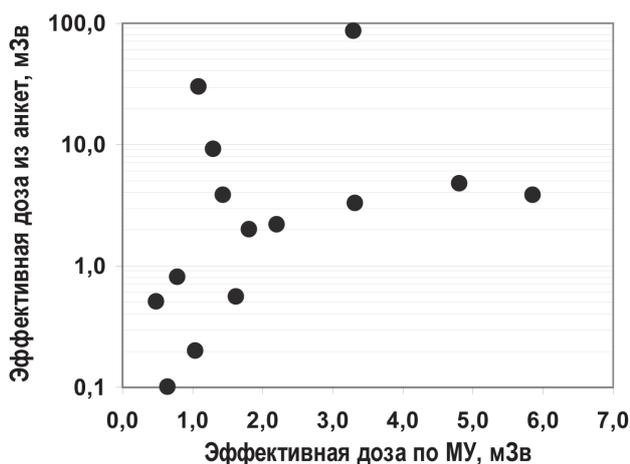


Рис. 2. Сравнение оценок эффективной дозы пациентов при проведении сканирования и сцинтиграфии ЩЖ с введением ¹²³I-йодида натрия и ^{99m}Tc-пертехнетата в 2008 г, оцененных врачами и рассчитанных нами по МУ 2.6.1.1798-03 [10]

Таблица 3
Сравнение оценок коллективных доз (КД) и средних эффективных доз (СЭД) пациентов, прошедших радионуклидную диагностику в 2008 г. из формы 3-ДОЗ и по результатам настоящей работы

№ ЛПУ	КД, Чел.-Зв		СЭД на исследование, мЗв	
	3-ДОЗ	Настоящая работа	3-ДОЗ	Настоящая работа
1	4,7	0,43	3,9	0,4
2	6,9	5,1	2,4	1,8
3	6,2	1,1	1,8	0,3
4	8,8	1,2	2,3	0,3
5	2,5	0,6	2,2	0,5
6	15,0	10,1	3,0	2,0
7	9,1	1,5	2,0	0,3
8	19,2	11,6	5,0	3,0
9	1,9	0,45	2,4	0,6
10	8,3	15,0	2,4	4,3
Суммарно	82,5	47,1	2,7	1,4

Оценки КД и средних индивидуальных доз на исследование для отдельных МО из формы 3-ДОЗ больше расчетных величин в 1,5–10 раз. Различие суммарных оценок КД для всех обследованных МО меньше – примерно в 1,7 раза. Оценка КД из 3-ДОЗ составляет 82,5 Чел.-Зв, а средняя доза – 2,7 мЗв. По нашим расчетным значениям эти параметры оцениваются как КД=47,1 Чел.-Зв и средняя доза 1,5 мЗв. Данные таблицы 3 ещё раз показывают, что к оценкам форм статистического учёта 3-ДОЗ надо относиться с осторожностью, а сама форма нуждается в существенной модификации в части, касающейся радионуклидной диагностики.

Во время обследования ОРНД происходило ознакомление врачей-радиологов с современными требованиями по контролю и учету доз у пациентов, поэтому при заполнении анкет и отчетной медицинской документации по дозам пациентов в последующие годы в Санкт-Петербурге отмеченные здесь ошибки не повторялись, но при обследовании подразделений РНД в других городах такие ошибки встречаются и сейчас.

В таблице 4 представлены средние значения эффективных доз, которые получают пациенты при исследованиях разных органов и систем методами радионуклидной диагностики в г. Санкт-Петербурге (колонка 2). Дозы рассчитаны по указанным врачами ОРНД средним активностям РФП на исследование и усреднены для каждого органа по всем используемым для его диагностики РФП и по количеству исследований с рассматриваемым РФП. В этой же таблице показаны значения средних эффективных доз, которые приведены в методических рекомендациях [3] в качестве рекомендованных значений заполнения формы 3-ДОЗ при отсутствии собственных данных (колонка 3). Анализ представленных в статистические формы данных показал, что в большинстве случаев больницы предоставляют именно средние дозы из таблицы методических рекомендаций [3], а не собственные оценки доз, которые определяются вводимыми активностями РФП. По этой причине после утверждения методических указаний [3] средние дозы на процедуру РНД, оцененные по данным форм 3-ДОЗ, колеблются в пределах 2,1–2,4 мЗв, не показывая значительных изменений, которые наблюдались в предыдущие годы. Это ещё раз демонстрирует необходимость модернизации форм статистического учета доз медицинского облучения 3-ДОЗ, которые в части радионуклидной диагностики не соответствуют современному состоянию РНД, вызывают непонимание со стороны радиологов и в результате дают неверные сведения о дозах медицинского облучения.

Таблица 4
Сравнение значений средних эффективных доз от проведенного радионуклидного сцинтиграфического исследования, полученных в настоящем обследовании подразделений РНД, и представленных в справочной таблице методических рекомендаций [3]

Исследуемый орган	Средняя эффективная доза, мЗв	
	Настоящая работа	Методические рекомендации [3]
Всё тело	7,4±7,6	–
Головной мозг	4,3±2,3	4,3
Легкие	1,7±0,7	2,3
Сердце	4,1±2,1	5
Скелет	2,7±0,5	2,3
Почки, ренография	0,007±0,005	1,9
Почки, сцинтиграфия	0,9±0,9	2,9
Печень	1,6±0,9	2,6
ЩЖ, функция поглощения	0,3±0,5	0,2
ЩЖ, сцинтиграфия	2,0±1,7	3,8
Прочие	2,9±1,5	2,5

Обращает на себя внимание большое различие доз при проведении сцинтиграфических и радиометрических

исследований (ренография почек, функция поглощения йода в ЩЖ). Сцинтиграфические процедуры проводят для визуализации распределения РФП в исследуемом органе, они требуют введения больших активностей, чем для радиометрических и радиографических исследований. Средние дозы при сцинтиграфических процедурах оценены в пределах от 0,9 мЗв (при исследовании почек) до 7 мЗв при исследованиях всего тела. Наибольшие дозы, около 20 мЗв и выше, пациенты получают при исследовании всего тела с введением ^{67}Ga -цитрата для диагностики нейроэндокринных опухолей и при введении ^{123}I -йодида натрия для определения метастазов рака ЩЖ. Если исключить эти две относительно немногочисленные процедуры, то средняя доза при исследовании всего тела с другими восьмью РФП оценивается как $4,1 \pm 2,1$ мЗв за процедуру. Сцинтиграфические исследования сердца и головного мозга также в среднем создают дозы у пациента около 4 мЗв при исследовании методами ПЭТ диагностики и традиционной однофотонной радионуклидной диагностики.

В целом, средняя доза на процедуру РНД в Санкт-Петербурге составляет 2,4 мЗв согласно проведенным обследованиям медицинских организаций города. Эта оценка довольно близка к оценке средней дозы по данным 3-ДОЗ за 2007–2013 гг.: 2,1–2,4 мЗв. Средняя доза зависит от структуры радиологических процедур и можно ожидать, что при замене устаревшей аппаратуры на современную низкодозовые радиометрические исследования будут заменены на сцинтиграфические, что может привести к некоторому росту доз медицинского облучения населения от радионуклидной диагностики.

Выводы

1. Проведенное исследование показало, что постоянное снижение уровня обеспеченности услугами радионуклидной диагностики населения г. Санкт-Петербурга, которое наблюдалось с конца 1990-х гг., прекратилось, и в 2013 и 2014 гг. отмечен рост общего числа радионуклидных исследований. В 2014 г. обеспеченность населения услугами РНД составила 8,2 процедуры на 1000 жителей. Также изменилась структура исследований в сторону увеличения количества современных сцинтиграфических исследований взамен малоинформативных радиометрических и радиографических процедур.

2. Несмотря на поставку современного диагностического оборудования в ряд больниц, введение в строй новых ПЭТ-центров, большинство подразделений РНД до настоящего времени работает на технически и морально устаревшем оборудовании, производства 1970–1980-х гг. Модернизация технического оснащения радионуклидной диагностики городского здравоохранения остается первоочередной задачей.

3. В г. Санкт-Петербурге при проведении радионуклидной диагностики *in vivo* используются 24 РФП, меченные $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I , ^{131}I , ^{67}Ga , а также при проведении ПЭТ-диагностики – циклотронные короткоживущие изотопы ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O . Около 70% исследований выполняются с препаратами, меченными $^{99\text{m}}\text{Tc}$, который ежедневно поставляет Радиевый институт по предварительным заявкам больниц. При проведении одних и тех же исследований дозировки вводимых РФП в разных МО различаются обычно в 2–3 раза.

4. Среднее значение эффективной дозы на процедуру РНД в Санкт-Петербурге составляет 2,4 мЗв. Средние

дозы при сцинтиграфических процедурах оценены в пределах от 0,9 мЗв (при исследовании почек) до 7 мЗв при исследованиях всего тела. Наибольшие дозы, около 20 мЗв и выше, пациенты получают при исследовании всего тела с введением ^{67}Ga -цитрата и ^{123}I -йодид натрия. Сцинтиграфические исследования сердца и головного мозга создают дозы у пациента в среднем около 4 мЗв. Дозы от радиометрических и радиографических (функциональных) исследований составляют 0,1–0,3 мЗв. При замене старого оборудования на современное следует ожидать увеличения числа высокодозных сцинтиграфических исследований и соответственно вклада РНД в дозу медицинского облучения населения.

5. Форма статистического наблюдения доз облучения пациентов 3-ДОЗ требует модернизации в части радионуклидной диагностики, так как она не соответствует современному состоянию и приборному обеспечению РНД, вызывает непонимание со стороны радиологов, в результате чего в неё попадают неверные сведения о дозах медицинского облучения.

Литература

1. Форма статистического наблюдения №3-ДОЗ. Дозы облучения пациентов при проведении медицинских рентгено-радиологических диагностических исследованиях: утв. от 21.09.2006. Регистрационный номер № 51.
2. Методические рекомендации. Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ (МР 11-2 319-09): утв. от 20 декабря 2001 г. – М.: Роспотребнадзор, 2001. – 13с.
3. Методические рекомендации. Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ (МР 0100/1659-07-26): утв. от 16 февраля 2007 г. – М.: Роспотребнадзор, 2007. – 23 с.
4. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2013 году /В.С. Репин, Н.К. Барышков, А.А. Братилова [и др.]/Информационный сборник. – СПб, 2014. – 60 с.
5. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2009 году / Н.К. Барышков, Т.А. Кормановская, С.И. Кувшинников // Информационный справочник. – СПб., 2009. – 68 с.
6. Radiation Protection № 154. European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures. Annex 2 – Dose Dated Report 1a. Review Of National Surveys Of Population Exposure From Nuclear Medicine Examinations In Eight European Countries, 2008, 12 p.
7. Fred A. Mettler, Walter Huda, Terry T. Yoshizumi, Mahadevappa Mahesh. Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine. A Catalog. Radiology, 2008, Vol. 248, No. 1, pp. 254-263
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы. (СанПин 2.6.1. 2523-09)- М.: Роспотребнадзор, 2009. – 72 с.
9. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): (СП 2.6.1.2612-10) – М.: Роспотребнадзор, 2010. – 83 с.
10. Методические указания. Оценка, учет и контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований (МУ 2.6.1.1798-03) – М.: Роспотребнадзор, 2003. – 25с
11. Методические указания. Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований (МУ 2.6.1.3151-13) – М.: Роспотребнадзор, 2013. – 34 с.
12. Стандартизованные методики радиоизотопной диагностики. – Обнинск, 1987. – 217 с.

Поступила: 09.11.2015 г.

Звонова Ирина Александровна – главный научный сотрудник, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. E-mail: ir_zv@bk.ru

Чипига Лариса Александровна – медицинский физик Северо-Западного федерального медицинского центра им. В.А. Алмазова Министерства здравоохранения России, инженер-исследователь, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. E-mail: larisa.chipiga@gmail.com

Балонов Михаил Исаакович – заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Телефон: 8(812)232-85-16. E-mail: m.balonov@mail.ru

Сухов Вячеслав Юрьевич – заведующий отделом ядерной медицины Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Адрес: 197374, Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д.54. Телефон: 8 9217479825. E-mail: soukhov@mail.ru

• **Звонова И.А., Чипига Л.А., Балонов М.И., Сухов В.Ю. Радионуклидная диагностика в Санкт-Петербурге: текущее состояние и проблемы развития // Радиационная гигиена. – 2015. – Т.8, № 4. – С. 32–41.**

Radionuclide diagnostics in St. Petersburg: current status and development challenges

Zvonova Irina A. – Principal Researcher of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being. (Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; e-mail: ir_zv@bk.ru) (for correspondence)

Chipiga Larisa A. – Medical physic of North-West Federal medical center named after V.A. Almazov Healthcare Ministry of Russia, Research Engineer of St. Petersburg Research Institute of Radiation Medicine after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being. (Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; e-mail: larisa.chipiga@gmail.com)

Balonov Mihail I. – Head of Medical Organizations' Radiation Hygiene Laboratory of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being. (Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; e-mail: m.balonov@mail.ru)

Suhov Vjacheslav Ju. – Head of Nuclear Medicine Department of the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. (Optikov St., 54, Saint-Petersburg, 197374, Russia; e-mail: soukhov@mail.ru)

Abstract

This work aims at radionuclide diagnostics analyses in the Russian Federation city of St. Petersburg over 2005–2014. The study covers trends and development challenges, availability of radionuclide diagnostics for population needs, exposure doses for patients.

Materials and methods. The radionuclide diagnostics temporal and structural changes' analysis was based on Federal state statistical observation forms No.3-DOZ for St. Petersburg and on the results of radionuclide diagnostics subdivision surveys with radiology physicians' questionnaires on the amount and composition of conducted examinations, dosages of introduced radioactivity of radiopharmaceuticals and patients' doses.

The results. Since the end of 1990s until 2012 the amount of radionuclide diagnostics procedures had been steadily reducing. 74000 procedures were conducted in 2005 and 35500 in 2012. The number of radionuclide diagnostics procedures per one thousand residents reduced from 16 to 7.2. Both indicators slightly grew in 2013. In 2014 the total number of radiodiagnostic procedures amounted up to 42000 and 8.2 tests per 1000 residents. Since 2011 the diagnostic equipment was upgraded. Four medical institutions received SPECT (single photon emission computed tomography) or SPECT/CT, two new PET (positron emission tomographs) – centers were set up, three medical institutions had acquired positron emission tomographs (PET) and are conducting PET – diagnostics receiving radiopharmaceuticals from external PET – center. At the same time one a third of radiodiagnostic units still has been operating obsolete and depreciated equipment dating back to 1980–1990.

✉ Zvonova Irina A.

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare

Address for correspondence: Mira street, 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia. E-mail: ir_zv@bk.ru

Inspection results indicated that St. Petersburg healthcare centers for in vivo diagnostics were using 24 radiofarmaceuticals, traced ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{131}I , ^{67}Ga , for PET – diagnostics – radiofarmaceuticals with cyclotron radionuclides ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O . 60–70% are traced ^{99m}Tc . Over 10 years the radiodiagnosics structure has changed towards increased number of scintigraphic studies and reduction of “functional” (radiometric) procedures which reflects the changes in the equipment of the radionuclide diagnostics units, the replacement of the old equipment by new SPECT.

The mean effective dose per one radiodiagnostic test in St. Petersburg is 2.4 mSv. Scintigraphic tests' mean exposure doses are between 0.9 mSv and 7 mSv. Patients are exposed to the highest doses during whole body diagnostics with administration of ^{67}Ga - citrate and ^{123}I – sodium iodide (about 20 mSv and above). During heart and brain diagnosis patient's exposure dose averages 4 mSv. Radiometric (functional) tests' exposure doses are 0.1 – 0.3 mSv.

Conclusion. Since 2013 the amount of radionuclide diagnostic tests has increased.

The main objective is to modernize the radionuclide diagnostics equipment in the city. After replacement of the old equipment by the state-of-the art one in most probability high- dose diagnostics will increase in number which will result in increased radionuclide diagnostics contribution into population medical exposure dose. Statistical observation form of patients' medical exposure doses 3 – DOZ requires modernization in the part of radionuclide diagnostics in compliance with advancement in this medical sphere.

Key words: radionuclide diagnostics, radiofarmaceuticals, effective dose, diagnostical equipment.

References

1. Forma statisticheskogo nabljudeniya №3-DOZ. Dozy obluchenija pacientov pri provedenii medicinskih rentgenoradiologicheskikh diagnosticheskikh issledovanijah [The form of statistical observation No.3. Patients radiation exposure doses during medical X-ray – radiological diagnostical procedures], Enacted by Federal State Statistics Service as of 21.09.2006, No. 51.
2. Metodicheskie rekomendacii. Zapolnenie form federal'nogo gosudarstvennogo statisticheskogo nabljudeniya № 3-DOZ (MR 11-2 319-09) [Methodological guidelines. Filling out forms of Federal state statistical observation No. 3- DOZ (MR No. 11-2/319-09) as of December 20th 2001], M., Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well- Being, 2001, 13 p.
3. Metodicheskie rekomendacii. Zapolnenie form federal'nogo gosudarstvennogo statisticheskogo nabljudeniya № 3-DOZ (MR 0100/1659-07-26) [Methodological guidelines. Filling out forms of Federal state statistical observation No. 3- DOZ (M.R. No. 0100/1659-07-26) as of February 16th 2007], M., Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well- Being, 2007, 23 p.
4. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A. [et al.] Dozy obluchenija naselenija Rossijskoj Federacii v 2013 godu [Russian Federation population 's exposure doses in 2013]. Informacionnyj sbornik – Informational edition, SPb., 2014, 60 p.
5. Baryshkov N.K., Kormanovskaja T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Medvedev A.Ju., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Timofeeva M.A., Tutel'jan O.E. Dozy obluchenija naselenija Rossijskoj Federacii v 2009 godu [Russian Federation population's exposure doses in 2009]. Informacionnyj spravocchnik – Informational handbook, SPb., 2009, 68 p.
6. Radiation Protection No 154. European Guidance on Estimating Population doses from medical X-Ray Procedures. Annex 2 – Dose Datamed Report 1a. Review of National Survey of Population Exposure from Nuclear Medicine Examinations in Eight European Countries, 2008, 12 p.
7. Fred A. Mettler, Walter Huda, Terry T. Yoshizami, Mahadevappa Mahesh. Effective Doses in Radiology and diagnostic Nuclear Medicine e. A Catalog. Radiology, 2008, Vol. 248, No. 1, pp. 254-263
8. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009): Sanitarnye pravila i normativy. (SanPin 2.6.1. 2523-09) [Radiation safety norms (RSN 99/2009) : Sanitary rules and regulations. (Federal Sanitary Rules and Regulations 2.6.1. 2523-09)], M., Federal Service for Surveillance on Human Rights Protection and Human Well – Being, 2009, 72 p.
9. Osnovnye sanitarnye pravila obespechenija radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010): (SP 2.6.1.2612-10) [Principal Sanitary Radiation Safety Rules (PSRSR- 99/ 2010) : (SR 2.6.1. 2612-10)], M., Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well = Being, 2010, 83 p.
10. Metodicheskie ukazaniya. Ocenka i uchet jeffektivnyh doz u pacientov pri provedenii radionuklidnyh diagnosticheskikh issledovanij (MU 2.6.1.3151-13) [Methodological guidelines. Assessment, accounting and control of patients' effective exposure doses from radionuclide diagnostic procedures (MG 2.6.1.1798 – 03)], M., Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well- Being, 2003, 25 p.
11. Metodicheskie ukazaniya. Ocenka i uchet jeffektivnyh doz u pacientov pri provedenii radionuklidnyh diagnosticheskikh issledovanij (MU 2.6.1.3151-13) [Methodological guidelines 'Assessment and accounting for patients' effective doses during radionuclide diagnostic procedures' M. U. 2.6.1.3151-13.], M., Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well- Being, 2013, 34 p.
12. Standartizovannye metodiki radioizotopnoj diagnostiki [Standardized methodologies of radioisotope diagnostics], Obninsk, 1987, 217 p.

• Zvonova Irina A., Chipiga Larisa A., Balonov Mihail I., Suhov Vjacheslav Ju. Radionuklidnaja diagnostika v Sankt-Peterburge: tekushee sostojanie i problemy razvitiya [Radionuclide diagnostics in St. Petersburg: Current status and development challenges]. Radiacionnaja gigiena – Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, № 4, pp. 32-41.