

## К вопросу обеспечения радиационной безопасности при перевозке железнодорожным транспортом пассажиров после приема радиофармпрепаратов

Н.Н. Артемьева<sup>1</sup>, Т.Б. Балтрукова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Октябрьский территориальный отдел Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

*Статья посвящена вопросам обеспечения радиационной безопасности пассажиров и работников железнодорожного транспорта при перевозке пассажиров после приема радиофармпрепаратов. Рассмотрены критерии выписки пациентов из стационара. Дана характеристика наиболее часто используемых препаратов. Предложены меры по совершенствованию радиационной безопасности пассажиров и работников железнодорожного транспорта при перевозке пассажиров, прошедших лечение радиофармпрепаратами.*

Ключевые слова: радиационная безопасность, радиофармпрепараты, транспортировка пассажиров.

Применение современных радиофармпрепаратов в медицинской практике предоставляет широкие возможности для более ранней и точной диагностики многих патологических процессов, происходящих в организме человека, которые еще недавно невозможно было выявить другими методами. Их с успехом используют для диагностики многих заболеваний сердечно-сосудистой, кроветворной, ретикулоэндотелиальной, дыхательной, нервной, эндокринной, лимфатической, костно-мышечной, мочевыделительной систем, обмена веществ. Они показали высокую эффективность при лечении ряда онкологических, кардиоваскулярных, эндокринных, гинекологических и других болезней. В связи с этим во многих странах наблюдается рост использования радиофармпрепаратов, расширяется спектр и сфера их применения. Ежегодно во всем мире проводится около 32 млн исследований и более 1 млн лечебных процедур с использованием радиофармпрепаратов [3, 7].

Однако Россия сегодня отстает от развитых стран Европы, США, Японии в 5–10 раз по использованию радиофармпрепаратов, а потребность населения в них обеспечивается на 1–3%. Ежегодно в Российской Федерации выполняется около 7 диагностических процедур с использованием радиофармпрепаратов на 1000 населения, в то время как в Австрии их выполняют 19, в Японии – 25, в США – 40. По приблизительным оценкам у нас в стране в радионуклидном лечении нуждаются 50 000 человек, в том числе 25 000 – диффузным токсическим зобом, 4000 больных раком щитовидной железы, 6000 – раком печени, 14 000 – иными онкологическими заболеваниями, 7000 – заболеваниями опорно-двигательной системы [2, 3]. В 2010 г. отделение радионуклидной терапии при Медицинском радиологическом научном центре РАМН в Обнинске (единственное на тот момент) имело только 50 «активных» коек на всю страну против 1 койки на 340 тысяч населения в среднем в европейских странах и 1 койки на 100–200 тысяч населения в наиболее

развитых странах Европы (Германия, Англия, Австрия), что позволяло пролечить в России только около 3000 человек [1, 2, 3]. Существенное отставание в нашей стране наблюдается и по разнообразию используемых радиодиагностических методов. Так, если в мировой медицинской практике используется 130 методов *in vivo* и около 60 *in vitro*, то в России – только 22 [2].

В условиях сложившегося в России дефицита подобных медицинских услуг ряд лечебных учреждений иностранных государств стран Балтии, Финляндии, Германии, Израиля и др. предлагают россиянам свои услуги по диагностике заболеваний и лечению пациентов с помощью радиофармпрепаратов.

При этом одна часть иностранных лечебных учреждений работает напрямую с потенциальными пациентами, рекламируя свои услуги через Интернет, другая – в тесном контакте с медицинскими учреждениями России. Оказание услуг в первом и во втором случае происходит примерно по следующей схеме – пациент пересекает границу, ему в клинике иностранного государства вводят необходимые препараты, и он возвращается домой. Разница заключается только в том, что в первом случае обследование пациента до введения лечебных или диагностических препаратов проводится в самом зарубежном лечебном учреждении, а во втором – в российском медицинском учреждении до выезда за границу.

Выбор препарата и вводимой пациенту активности в лечебном учреждении определяется видом и задачами диагностики или лечения той или иной патологии, фармакологическими свойствами радиофармпрепарата, особенностями и скоростью его метаболизма в организме пациента.

В зависимости от проводимых процедур пациенты находятся в лечебном учреждении от 3 до 4 суток после введения радиофармпрепаратов, однако в некоторых клиниках пациентов выписывают домой через 2 ч, а иногда и сразу после введения препарата.

Для достижения лечебного эффекта радиофармпрепараты пациентам вводятся в больших активностях, от которых организм часто не в состоянии «очиститься» за столь короткое время.

С этого момента и начинаются проблемы обеспечения радиационной безопасности пассажиров и персонала железной дороги при проезде пациентов после приема радиофармпрепаратов.

Согласно российскому законодательству (СанПиН 2.6.1.2523-2009 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»), чтобы пациент не представлял опасности для окружающих, он может быть выписан из клиники после радионуклидной терапии в случае, если остаточная активность радионуклидов (ГБк) в теле взрослого пациента или мощность эквивалентной дозы (мкЗв/ч), измеренная в воздухе на расстоянии 1 м от поверхности тела пациента, не будут превышать для препаратов на основе  $^{125}\text{I}$  – 4 ГБк / 10 мкЗв/ч,  $^{131}\text{I}$  – 0,4 ГБк / 20 мкЗв/ч,  $^{153}\text{Sm}$  – 9 ГБк / 100 мкЗв/ч,  $^{188}\text{Re}$  – 12 ГБк / 80 мкЗв/ч соответственно [5].

Однако сегодня в медицинской практике, помимо вышеназванных, используются радиофармпрепараты на основе  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{113}\text{In}$ ,  $^{127}\text{Xe}$ ,  $^{198}\text{Au}$  и других радионуклидов, относительно которых подобные критерии пока не установлены [4, 5].

Принятое ранее ограничение по выписке пациента из радиологического отделения при введении ему любых радиофармпрепаратов с терапевтической целью (мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 1 м от пациента не более 3 мкЗв/ч), утратило свою силу в связи с отмененной СП 2.6.1.758-09 «Норм радиационной безопасности (НРБ-99)» [6]. Это затрудняет сегодня оперативную оценку радиационной безопасности пациентов с введенными радиофармпрепаратами для окружающих. Кроме того, отмененный показатель был значительно жестче, чем существующие критерии, т.е. произошла не только либерализация требований, но и образовался некий правовой вакуум.

С 2010 г. на Октябрьской железной дороге специалистами санитарно-карантинного контроля в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации стали регистрироваться случаи пересечения границы гражданами, прошедшими лечение радиофармпрепаратами за рубежом – в Финляндии, Эстонии, Латвии, Литве. При этом мощность эквивалентной дозы гамма-излучения от некоторых пассажиров на расстоянии 1 м была выше допустимой мощности, определяющей возможность выписки пациента из стационара после введения им радиофармпрепаратов, изготовленных на основе «нормируемого» радионуклида, или значительной для препаратов, содержащих «не нормируемый» радионуклид. Так, максимальная мощность эквивалентной дозы, зарегистрированная нами от пациента, принимавшего препарат  $^{131}\text{I}$ , составляла 86 мкЗв/ч. Максимальная мощность дозы, зарегистрированная от пассажира, получившего препарат  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , была 9,2 мкЗв/ч, а неизвестным радионуклидом – 48 мкЗв/ч. Всего за 2010–2013 гг. было выявлено более 80 пассажиров с мощностью эквивалентной дозы, превышающей допустимые значения для «нормируемых» радионуклидов, или со значительными уровнями излучения для «не нормируемых».

Все выявленные пассажиры имели справки от зарубежных лечебных учреждений, в которых содержались

сведения о проведенных им процедурах, используемом радиофармпрепарате, а в ряде случаев и об изотопе, на основе которого он был изготовлен. В этих справках была указана мощность дозы излучения от пациента на расстоянии 1 м на момент выписки его из лечебного учреждения. Однако измеренная в пункте пропуска мощность дозы была существенно больше дозы, указанной в справке.

Наиболее часто при пересечении границы Российской Федерации регистрировались пассажиры, прошедшие диагностические или лечебные процедуры в зарубежных клиниках радиофармпрепаратами на основе  $^{131}\text{I}$  или  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , причем в справках часто бывает указан только вводимый пациенту препарат и не указан радионуклид, входящий в его состав, что требует от лиц, проводящих дозиметрический контроль, определенных знаний в этой области.

Йод ( $^{131}\text{I}$ ) имеет период полураспада 8,1 дня и является источником  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -квантов с различными уровнями энергий. Он участвует в обменных процессах в организме, в частности, в йодном обмене. Критическим органом, накапливающим наибольшее количество  $^{131}\text{I}$ , является щитовидная железа, поэтому препараты  $^{131}\text{I}$  (йодид натрия) широко используются для определения ее функционального состояния и морфологических особенностей, исследования йодного обмена, для лечения йодпоглощающих метастазов ее злокачественных опухолей.

Препараты, меченные  $^{131}\text{I}$ , также могут использоваться для исследования показателей центральной и мозговой гемодинамики – минутного и ударного объемов сердца, скорости кровотока в большом и малом круге кровообращения, объема крови в легких, периферического кровотока, кровотока в головном мозге, скорости лимфотока (альбумин человеческой сыворотки); секреторно-выделительной функции почек, проходимости мочевыводящих путей, выявления количества остаточной мочи (гиппуран); функционального состояния печени при гепатитах, циррозах, желтухах, опухолях (бенгальская роза); для определения содержания бора в опухоли *in vivo* и для диагностики опухолей ( $^{131}\text{I}$ -BSCN) и др. Выводится радиоактивный йод с мочой, стулом и потом.

Технеций ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) – период полураспада 6,01 ч, является источником только  $\gamma$ -квантов с энергией 140 КэВ. Короткий период его полураспада и способность при введении в организм попадать почти во все органы способствовали разработке на основе технеция большого количества разнообразных радиофармпрепаратов – пертехнетат, ХИДА (ТСК-15), фитон, ДТПА (ДТРА, ТСК), цитон, пирофосфат (ТСК-8), казбомек (DMSA), глюкопентанат, пеницилламин, технемаг (MAG3), технетрил (MIBI), макроагрегаты альбумина сыворотки человеческой крови ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ММА), позволяющих проводить широкий спектр диагностических процедур.

Препараты технеция применяют для диагностики опухолей головного мозга, изучения центральной и периферической гемодинамики, исследовании лёгких, печени, головного мозга и др.

Пертехнетат проявляет себя в организме подобно йоду. Отличие заключается в том, что он не включается в синтез гормонов, поэтому его можно использовать для определения функции щитовидной железы на фоне применения с лечебной целью препаратов, блокирующих синтез гормонов.

ХИДА (ТСК-15) отличается быстрым проходом и высокой концентрацией в желчевыводящих протоках и желчном пузыре, что обуславливает их хорошую визуализацию при минимальной лучевой нагрузке, поэтому его используют для динамической гепатосцинтиграфии в диагностике желчнокаменной болезни, холецистита, холангита, желчевыводящих путей.

Фитон избирательно накапливается в клетках печени и селезенки, применяется в диагностике очаговых поражений и цирроза печени.

ДТПА (ДТРА, ТСК) и цитон – нефротропные препараты, их употребляют для динамической сцинтиграфии почек в изучении клубочковой фильтрации и морфологии почек, при мочекаменной болезни, туберкулезе почек, пиелонефрите, сахарном диабете, для статической диагностики опухоли и пороков развития почек.

Пиродифосфат (ТСК-8) накапливается в костях, некротических тканях, применяется в диагностике метастазов в кости, инфаркте миокарда.

<sup>99m</sup>Tc-МАО после внутривенного введения задерживаются в капиллярах легких, вызывая их временную эмболию. При внутриартериальном введении МАО фиксируются в капиллярах того органа, который снабжается кровью из данной артерии. Критическим органом являются легкие или исследуемый орган. Применяется для выявления нарушений микроциркуляции артерии, закрытой травме груди.

Выводятся препараты на основе технеция в основном почками.

В настоящее время, благодаря широкому применению, технеций многими специалистами рассматривается как основной диагностический радионуклид современной ядерной медицины.

При выявлении пассажиров, мощность излучения эквивалентной дозы от которых повышена, в зоне контроля на российской границе возникает ряд вопросов, требующих немедленного решения:

– Как оценить мощность эквивалентной дозы излучения от пассажиров, получавших радиофармпрепараты на основе радионуклидов, критерии оценки которых отсутствуют?

– Что делать с пассажирами, являющимися гражданами Российской Федерации, мощность излучения от которых превышает установленные критерии?

– Как защитить других пассажиров и сотрудников железной дороги, находящихся в зоне воздействия излучения?

– Как оценить безопасности транспортного средства после проезда в нем пассажиров, получавших радиофармпрепараты, в случае посещения ими мест общего пользования?

Выше было показано, что отсутствие критериев для оперативного контроля некоторых радионуклидов, в том числе для наиболее часто применяемого сегодня <sup>99m</sup>Tc, не позволяет быстро оценивать радиационную безопасность пассажиров с введенными радиофармпрепаратами для окружающих и своевременно принимать меры к недопущению их переоблучения.

Отправить пассажиров с повышенным излучением обратно в зарубежное государство не представляется возможным, т.к. они являются гражданами нашей страны. Специально организованных мест («карантина») пребывания данных пассажиров на пунктах контроля нет.

Специальных договоренностей с правительствами сопредельных стран о порядке взаимодействия в случае выявления лиц с повышенной мощностью излучения после проведенных в этих странах радиофармпроцедур у нас нет. Принудительно отправить их на «карантин» в лечебные учреждения на территории России мы не можем, т.к. ни у санитарной службы, ни у таможенных органов нет права задерживать таких граждан, да и специализированных медицинских учреждений для организации «карантина» у нас в стране мало. Доставка в них пассажиров с повышенной мощностью излучения требует специальных условий и сопровождающего персонала.

Защита других пассажиров и сотрудников железной дороги после выявления пассажира с повышенным излучением возможна только в том случае, если в поезде есть свободное купе, где на время можно его изолировать. Однако необходимо констатировать, что такие купе в поезде бывают нечасто. Использование купе проводников для изоляции подобных пассажиров нельзя признать адекватным, т.к. проводники в своем купе не только отдыхают, но у них там находятся необходимые для работы вещи – посуда, белье, предметы гигиены, а также личные вещи.

В случае оставления пассажира с повышенным уровнем излучения на своем месте следует учитывать, что в современных скоростных поездах, например, курсирующих между Россией и Финляндией, пассажиры располагаются в сидячих вагонах, их расстояние друг от друга составляет не 1 м, а 30–40 см, и реальная мощность дозы излучения от пассажиров, прошедших процедуры, будет выше, чем измеренные, если бы они располагались на расстоянии 1 м. В вагоне могут находиться дети, беременные женщины. Кроме того, при оценке риска облучения обычных пассажиров пассажиром с повышенным излучением следует учитывать время их контакта и время пребывания последнего в пути. Так, при проезде в скоростном поезде «Аллегро», следующем по маршруту «Хельсинки – Санкт-Петербург», пассажиры находятся в пути более 3,5 ч, на поезде «Таллинн – Санкт-Петербург» – около 7 ч, а некоторые транзитные пассажиры могут продолжать свое движение по стране в течение 4–5 и более суток.

Радиационный контроль мест общего пользования в вагонах с «заряженными» пассажирами показал, что мощность эквивалентной дозы гамма-излучения составляет в них в отдельных случаях до 1,0 мкЗв/ч. Однако сегодня критерии оценки радиационной обстановки в пассажирских вагонах отсутствуют, поэтому решать вопросы о необходимости (или отсутствии необходимости) проведения дезактивации трудно.

Учитывая все вышеизложенное, считаем необходимым:

1. На международном уровне решить вопросы взаимодействия стран в случае выявления при пересечении границы пассажиров, мощность излучения от которых после проведенного лечения превышает принятые у нас в стране нормативы, а также урегулировать вопросы ответственности зарубежных лечебных учреждений за досрочную выписку пациентов и неправильное указание мощности дозы в сопроводительных документах.

2. Разработать и утвердить показатели оперативного контроля возможности выписки пассажиров из стационара для радионуклидов, не включенных в СанПиН

2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», а также радиационной обстановки в пассажирских вагонах.

3. При проектировании и строительстве железнодорожных вагонов предусмотреть проектирование вагонов с мини-изолятором для пассажиров с повышенным уровнем излучения и инфекционных больных. В последующем обязать все пассажирские составы комплектовать подобным вагоном.

4. Разработать методические рекомендации о порядке действия санитарной службы при выявлении пассажиров, мощность дозы гамма-излучения от которых превышает установленные уровни, и расчету доз облучения обычных пассажиров, следующих в одном вагоне с ними.

#### Литература

1. Баллонов, М.И. Радиологические критерии выписки пациента из клиники после радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников / М.И. Баллонов, В.Ю. Голиков, И.А. Звонова // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 4. – С. 5–9.
2. Гарбузов, П.И. Потребность и перспективы применения радионуклидной продукции в лечебных учреждениях / П.И. Гарбузов. Режим доступа: [http://2011.atomexpo.ru/mediafiles/u/files/Present2011/Garbuzov\\_P.I..pdf](http://2011.atomexpo.ru/mediafiles/u/files/Present2011/Garbuzov_P.I..pdf).
3. Голикова, Т.А. О развитии ядерной медицины. Доклад на заседании Комиссии по модернизации и технологическому развитию при Президенте РФ (29.04.2010) / Т.А. Голикова. Режим доступа: <http://ria.ru/society/20100429/228256329.html>.
4. МУ 2.1.6.1798-03 «Оценка, учет и контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований».
5. СанПиН 2.1.6.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»
6. СП 2.1.6.758-99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)»
7. Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes. – New York (NY): United Nations, 2008.

**N.N. Artemyeva<sup>1</sup>, T.B. Baltrukova<sup>2</sup>**

#### **To the question of radiation protection ensuring of passengers taken radiopharmaceuticals during transportation by railway transport**

<sup>1</sup> October Territorial Department of Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights protection and Human Well-being on the railway transport, Saint-Petersburg

<sup>2</sup> North-Western State Medical University after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg

*Abstract. The article is devoted to the issues of radiation protection provision of the passengers and employers of railway transport during transportation of passengers, taken radiopharmaceuticals. The criteria for extract of patients from hospital were considered. The characteristic of the most frequently used drugs is given. The measures for improving radiation protection of passengers and employers of railway transport during transportation of passengers, taken radiopharmaceuticals, are proposed.*

*Key words: radiation protection, radiopharmaceuticals, transportation of the passengers.*

Т.Б. Балтрукова  
E-mail: [xray\\_btb@mail.ru](mailto:xray_btb@mail.ru)

Поступила: 5.10.2013 г.