



РАДИОИЗОТОПЫ В НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКЕ

Муминова З.А., Туламетов М.А.

Ташкентский химико – технологический институт

Аннотация. В данной работе проведен анализ современных методов и технологий получения медицинских диагностических и брахитерапевтических радиоактивных препаратов. Кроме этого, дана информация об особенностях применения ускорителей для проведения протонной терапии.

Ключевые слова. Радиоизотоп, позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография, протонная терапия, брахитерапия, Актиний-225 и Радий-223, иттербиевые источники.

Ядерная медицина в настоящее время стала важнейшей частью системы здравоохранения всех промышленно развитых стран. Получив основной толчок развития во второй половине XX века, когда бурно начала развиваться электроника и робототехника, ядерная медицина пополнила свой арсенал современным инструментарием для проведения процедур, особенно диагностических.

Более половины (значительная часть) онкологических больных в настоящий период излечиваются с применением дистанционной или контактной радиотерапии. При этом число пациентов, получивших такое лечение, постоянно возрастает в развитых странах. Ту или иную форму лучевой диагностики (рентгеновская компьютерная томография, позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография и др.) проходит почти каждый пациент, страдающий онкологическим или другим тяжелым заболеванием. Исследования, направленные на развитие новых технологий ядерной медицины и лучевой терапии, являются приоритетной частью плана работ научных центров и университетов развитых стран. Вложение средств в исследования по ядерной медицине и лучевой терапии



рассматриваются в развитых странах как необходимый вклад в улучшении качества жизни населения.

В данной работе приведена обзорная информация о наиболее перспективных технологиях и подходах используемых в ядерной медицине. Так, в Институте ядерных исследований (ИЯИ) РАН в г.Троицке проводятся фундаментальные и прикладные исследования по ядерной и нейтронной физике, использование результатов данных исследований дают возможность производить большинство изотопов медицинского назначения и осуществлять протонную терапию новообразований любой локализации.

Для проведения экспериментальных исследований в области протонной терапии в ИЯИ РАН используется протонный ускоритель, обеспечивающий пучки протонов с энергией от 100 до 220 МэВ со средним током до 100 мкА.

На основе опыта других ядерных центров и существующих тенденций в современной медицине, а также с учетом возможности имеющегося ускорителя протонов была сформирована программа исследований ИЯИ РАН для медицины, которые в настоящее время реализуется. Основными направлениями этой программы исследований являются протонная терапия, производство радиоизотопов для диагностики и терапии, производство и внедрение источников для брахитерапии, лучевой диагностики.

Как известно, ускоренные протоны обладают специфическим поведением при прохождении любой среды – выделяемая или ионизирующая энергия не убывает по мере замедления в среде, как у электронов или фотонов, а наоборот, достигает максимума в момент остановки. Выделение ионизирующей энергии в тканях организма приводит к локальному разрушению клеток в заданном месте. Индивидуально подбирая энергию протонов можно локально разрушить опухоль, расположенную на любой глубине. Практическая реализация протонной терапии до сих пор является весьма сложной научной и технической проблемой. Например, в России нуждаются в протонной терапии, по разным оценкам, от 30 до 50 тыс. больных ежегодно.



Несмотря на уникальные характеристики пучков имеющегося сильноточного ускорителя протонов, оптимальным было бы использование для протонной терапии и других прикладных задач в интересах медицины нового специализированного ускорителя протонов средних энергий.

Циклотрон обеспечивает пучки протонов высокой интенсивности с энергией ($E=30-100$ МэВ). Линейный ускоритель, в этом случае, производит дальнейшее ускорение до энергии $E=250$ МэВ лишь небольшой части протонов из циклотрона, используемых для протонной терапии.

Потребность в радиоизотопах для диагностики и терапии различных заболеваний ежегодно возрастает. Ряд таких изотопов может быть получен с достаточно высокой экономической эффективностью только на сильноточных ускорителях протонов средней энергии. В настоящее время в мире действует менее десяти установок аналогичного типа.

Рассмотрим некоторые вопросы применения стронция-82 (период полураспада 25 суток) и генераторов стронция/рубидий-82 для ПЭТ-диагностики. Использование генератора короткоживущего радионуклида, в данном случае рубидия-82 (период полураспада 1,3 минут), позволяет избежать от необходимости сооружения циклотрона и создания радиохимической лаборатории непосредственно в клинике. Это делает более доступной процедуру ранней диагностики инфаркта миокарда и некоторых других заболеваний.

Именно таким путем в основном осуществляется ПЭТ-диагностика в США, где смертность из-за сердечно-сосудистых заболеваний занимает второе место после смертности от онкологических заболеваний. В России, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний занимает первое место, в том числе из-за крайне низкого уровня ранней диагностики населения по этим заболеваниям.

В ИЯИ РАН разработана технология производства и других изотопов для медицины. Sn-117_m является перспективным медицинским терапевтическим радионуклидом. Его используют в первую очередь для терапии костных онкологических заболеваний. В то же время исследования последних лет показывает чрезвычайно высокую эффективность использования этого изотопа



и для терапии сосудистых заболеваний. В ИЯИ РАН при участии Бруххейвенской национальной лаборатории (BNL, США) разработана технология производства олово (Sn-117_m) в состоянии «без носителя» из облученных мишеней, содержащих сурьму.

На основе этой технологии в медицинском радиологическом научном центре (МРНЦ) в г.Обнинске созданы новые Радиоактивные Фармакологические Препараты - альбуминовые микросферы для лечения аденомы простаты, рака печени и молочной железы и других заболеваний, продемонстрировавшие свою эффективность в биологических экспериментах. Актиний-225 и Радий-223 также весьма перспективные радионуклиды, обладающие альфа-излучением с малым пробегом в биологических тканях. Массовое применение этих радионуклидов может значительно улучшить терапию целого ряда онкологических заболеваний.

В ИЯИ РАН ведутся исследования и в других перспективных направлениях ядерной медицины и лучевой терапии, в частности, в области брахитерапии. Для ряда локализаций злокачественных опухолей (предстательной железы, молочной железы, гинекологической локализации и др.), брахитерапия является наиболее эффективным щадящим радикальным лечением. Брахитерапия основана на введение закрытых радиоактивных источников непосредственно в области опухоли. При этом в большинстве случаев удаётся избежать постлучевых осложнений, а длительность лечения составляет всего несколько дней.

Брахитерапия по типу и активности используемых источников разделяется на низкодозовую (НДБ) и высокодозовую брахитерапию (ВДБ). Для проведения ВДБ в настоящее время в основном используется два типа закрытых радионуклидных источников: на основе кобальта-60 и иридия-192. Большая энергия гамма-излучения кобальта-60 приводит существенному облучению жизненно важных органов пациентов.

Основные изотопы, используемые для брахитерапии:



Изотоп	Период полураспада, сутка	Средняя энергия, кэВ
I-125	60	28,4
Cs-131	9,7	30,4
Pd-103	17	21
Ir-192	74	356,8
Co-60	5 лет	>1 МэВ
Yb-169	32	92,8

По имеющимся данным, потребность в операциях с использованием всех видов брахитерапии, например в России, составляет не менее 50000 операций в год. Проведение исследований в этом направлении позволяет перейти к внедрению в практику в России и за рубежом новой перспективной технологии в медицине – брахитерапии с иттербиевыми источниками. Массовому внедрению в медицину этих технологий способствуют преимущества новых источников перед существующими аналогами: менее затратная подготовка терапевтических кабинетов, меньшая цена источников и более простая логистика их доставки в медицинские учреждения. При этом терапевтические свойства у иттербиевых источников по крайней мере не хуже, чем у используемых аналогов с другими изотопами.

Существенный вклад в развитие ядерной медицины внесли и узбекские ученые из Института Ядерной Физики Академии Наук Узбекистана (ИЯФ АН РУз) г. Ташкент. Так, в 1956 году был организован ИЯФ (Институт ядерной физики) в посёлке Улугбек города Ташкента Республики Узбекистан и создана лаборатория радиоизотопов (во время руководства д.ф-м.н., профессора Гулямова У.Г.).

В 1976 году было создано предприятие «Радиопрепарат» ИЯФ, предназначенное для выпуска меченных радиоактивных соединений. Предприятие «Радиопрепарат» производило для внутреннего рынка и экспортировало в страны содружества, Европу и США меченые препараты и соединения, а также изделия с радиоактивными изотопами. Номенклатура выпускаемых соединений для медицины и науки превышала 60 наименований.



Показателем высокого уровня специалистов в области радиохимий Узбекистана является тот факт, что около 70% мирового объема производства радиофарм препарата йод 125 (I-125), приходилось на долю Республики Узбекистан.

В настоящий период одним из перспективных технологий получения медицинских радиофарм препаратов является ускорительный метод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравчук Л.В. *УФН* 180665(2010); Kravchuk L V *Phys.Usp.* 53635 (2010)
2. Amaldi U et al. *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A* 620563 (2010)
3. Akulinichev S V, Derzhiev V I *Radiotherapy Oncology* 110 (Suppl.1,2) (2014)
4. Недорезов В.Г., Патент РФ №466166 (2005)
5. Скуридин В.С. Методы и технологии получения радиофармпрепаратов: Учеб. пособие.-Томск: Изд.ТПУ, 2007 -97 с.
6. Куренков Н.В., Шубин Ю.Н. Радионуклиды в ядерной медицине (получение и использование). -Обнинск: ФЭИ-2429, 1995.
7. Производство изотопов. – В кн.: Всесоюзная научно-техническая конференция «20 лет производства и применения изотопов и источников ядерных излучений в народном хозяйстве СССР». М., Атомиздат, 1973.
8. Соколов В.А. Генераторы короткоживущих радиоактивных изотопов. М., Атомиздат, 1975.
9. Рябухин Ю. С., Шальнов А. В. Ускоренные пучки и их применение. М., Атомиздат, 1980 – с.192.
10. Комов А.И., Скуридин В.С., Рыбасов А.Г., Головков В.М. Новые технологии производства радиофармпрепаратов на основе короткоживущих радионуклидов, получаемых на циклотроне и ядерном реакторе НИИ ЯФ ТПУ. Изв. Вузов. ФИЗИКА, № 4, 1998 - с.183.
11. Циклотрон в решении научных и практических задач. Сб. статей под ед. Головкова В. Томск: Изд. ТПУ, 1999.-103 стр.
12. Изотопы: свойства, получение, применение. Под. Ред. В. Ю. Баранова. М., Изд. АТ, 2000.