

УДК:618.19.1-616.65.2:615.849.2

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ КАЗАХСТАНА

¹⁾ Тажединов И., ¹⁾ Аманкулов Ж.М., ²⁾ Жалмукаш У.К., ³⁾ Хусайн Ш.К., ¹⁾ Хан О.Г.

¹⁾ *Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии, Алматы, Казахстан*

²⁾ *Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

³⁾ *Медицинский университет Астана, Астана, Казахстан*

Необходимо пополнить комплектацию отечественного генератора ^{99m}Tc недостающими реагентами собственного производства, расширяющими методы радионуклидных исследований органов и систем. Необходимо предусмотреть возможность выпуска идеальной диагностической пары для терапевтических РФП, например для ¹³¹I, более доступный ¹²³I. Наладить производство кардиомиотропного и тропного к паращитовидным железам (ПЩЖ) радионуклида ²⁰¹Tl. Из всех методов визуализации сцинтиграфия ПЩЖ является наиболее информативным. Выпуск генератора ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga, в соответствии со сроком эксплуатации, в течение двух лет, обеспечит онкологические клиники опухолетропным РФП, альтернативным дорогостоящим циклотронным радионуклидам.

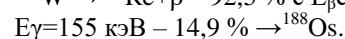
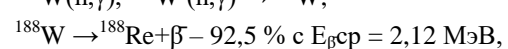
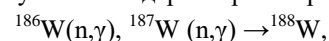
Благодаря производству отечественных радиофармацевтических препаратов (РФП) Институтом ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан (ИЯФ МЭ РК), Ядерная медицина (ЯМ) в Казахстане возрождается. На базе института с 2002 года функционировал стационарный экстракционный генератор ^{99m}Tc, который обеспечивал ^{99m}Tc-пертехнетатом лаборатории радионуклидной диагностики г. Алматы. С 2010 года освоена технология выпуска переносного гель-генератора ^{99m}Tc, благодаря которому функционируют в настоящее время все лаборатории городов Астана, Алматы и Семей. Появилась возможность открытия лаборатории радионуклидной диагностики и в других городах Республики. Благодаря разным реагентам-соединениям, тропных к различным органам и системам, более 70 % радионуклидных исследований выполняются на радиофармпрепаратах, получаемых на основе генератора ^{99m}Tc. В настоящее время препараты для исследования почек с коммерческими названиями «ДТПА-^{99m}Tc, раствор для инъекций» и «Натрий о-йодгиппурат ¹³¹I, раствор для инъекций» с 2008 года прошли все этапы испытания в Казахском НИИ онкологии и радиологии (КазНИИОиР). Остеотропный препарат «МДФ-^{99m}Tc, раствор для инъекций» и гепатотропный «Фитат-^{99m}Tc, раствор для инъекций» с 2013 года успешно прошли экспериментальные и клинические испытания. Все эти реагенты в 2018 году пройдут процедуры регистрации.

Пока отечественному генератору ^{99m}Tc необходимые реагенты поставяет фирма «ДИАМЕД» (Россия) с разрешения на разовый ввоз Министерства здравоохранения Республики Казахстан. Из группы самых востребованных, кроме выше указанных трех реагентов, к генератору еще необходимо разработать для перфузионной сцинтиграфии миокарда ^{99m}Tc-метоксиизобутилизонитрил (^{99m}Tc-МИБИ) или ^{99m}Tc-метайодбензилгуанидин (^{99m}Tc-МИБГ), головного мозга – ^{99m}Tc-этиленцистеиндемер (^{99m}Tc-ЭЦД)

или ^{99m}Tc-гексаметилпропиламинооксим (^{99m}Tc-ГМПАО), легких – ^{99m}Tc-макроагрегаты альбумина человеческой сыворотки крови (^{99m}Tc-МАС) или ^{99m}Tc-микросферы человеческого альбумина (^{99m}Tc-МСА). ^{99m}Tc-МИБИ еще является опухолетропным РФП, а также избирательно накапливаясь, позволяет визуализировать паращитовидную железу (ПЩЖ).

Из-за отсутствия в Республике службы Радионуклидной терапии (РНТ), только единичные пациенты получают эти услуги за рубежом в виде медицинского туризма. В РНТ для лечения метастазов в костях наиболее широко применяется ¹⁵³Sm-этилендиаминтетраметилен фосфонат (¹⁵³Sm-EDTMP), зрелых форм рака щитовидной железы и тиротоксикоза – ¹³¹I [1–5]. В КазНИИОиР экспериментально испытаны и ожидается финансирование клинических испытаний «¹⁵³Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» и «Натрия йодид ¹³¹I, раствор для терапии», производства ИЯФ МЭ РК. Зарегистрирован в Республике ²²³Ra, производства Норвегии, под коммерческим названием Ксофиги, посреднической поставкой фирмы Байер (Германия), который применяется для РНТ метастазов в костях кастрат-резистентного рака предстательной железы [6]. Специальная канализация с отстойником для жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в основном предназначена для РНТ с β-излучающим ¹³¹I, за его богатый спектр γ-излучения, в том числе с относительно высокими (жесткими) Eγ≈300–700 кэВ энергиями.

В РНТ метастазов в костях находит применение фосфатный комплекс генераторного радионуклида ¹⁸⁸Re, β-излучатель, его материнский радионуклид получается в ядерном реакторе

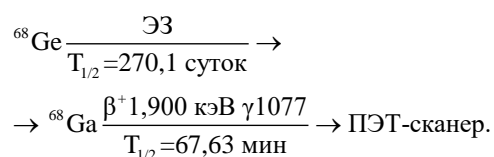
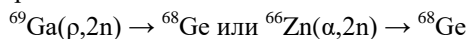


Если сравнить с другим более широко применяемым радионуклидом ¹⁵³Sm + β – 100 % с Eβcp = 0,809

МэВ у ^{188}Re энергия β -излучения, т. е. его повреждающий эффект, в 2,5 раза мощнее. Период полураспада материнского радионуклида ^{188}W , равный 69,4 суткам, позволяет использовать один генератор ^{188}Re в течение 6–8 месяцев. Его получение из генератора и приготовление РФП по мере надобности производится непосредственно в подразделении ЯМ, лаборатории радионуклидной диагностики или отделения радионуклидной терапии. На основе ^{188}Re можно создать ^{188}Re –золедронат и ОЭДФ – Оксидэтилендифосфонат для лечения больных с метастазами в кости. А также возможно создание целой группы РФП для внутритканевой, внутрисуставной, системной терапии, как для нужд онкологии, так и ревматологии и даже кардиологии.

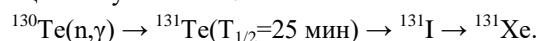
В действующих Санитарных правилах Республики, утвержденных приказом №261 от 27 марта 2015 г., рекомендованных МАГАТЭ, для выпуска вне объекта ЯМ пациентов с введенной в организм радиоактивностью с мощностью дозы гамма-излучения на расстоянии 1 м от пациента составляет не более 20 мкЗв/ч. для ^{131}I , 100 мкЗв/ч. – для ^{153}Sm [7]. Эти показатели позволяют провести радиойодоблацию (РЙА) и РНТ метастазов в костях в амбулаторных условиях. В настоящее время в России в общей сложности имеются 99 активных коек. В нашей Республике, с согласия разрешительных органов, можно начать радиойодоблацию РЙА с радиоактивностью до 185 МБк (50 МКи) и РНТ метастазов рака в кости с $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ и ^{223}Ra .

В ЯМ циклотронные позитрон-излучающие радионуклиды все больше укрепляют позиции и несмотря на высокую себестоимость расширяют круг применения в клинической практике. В этом плане перспективным остается генератор $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ [8]. Мишенью обычно служат стабильные изотопы элементов галлия ^{69}Ga или цинка ^{66}Zn . В циклотроне мишени бомбардируются протоном и нейтроном в соотношении 1:2. При этом энергия протона для бомбардировки ^{69}Ga составляет 19 МэВ, для ^{66}Zn – 11 МэВ. В обеих атомных реакциях полученный материнский радионуклид для генератора ^{68}Ge из мишени выделяется благодаря разности химических свойств в первой реакции между ^{69}Ga и ^{68}Ge , во второй – между ^{66}Zn и ^{68}Ge . Полученный материнский радионуклид ^{68}Ge сажают (адсорбируют) в сорбент. Сорбент с ^{68}Ge заправляют в колонку генератора. С момента образования ^{68}Ge идет его распад по типу электронного захвата с $T_{1/2}=271$ суток, превращаясь в ^{68}Ga . Радиофармацевтический препарат представляет собой ДОТА-(Тирозин3) Октреотид (DOTATATE), меченый позитрон-излучающим радионуклидом галлий-68. Применение генераторного ^{68}Ge должно быть намного проще и дешевле, чем циклотронного ^{18}F .



При соблюдении технологии, материнский радионуклид получается с очень высокой, «четыре девятки» – 99,99 % радиоактивной чистотой ^{68}Ge с высоким 97 % выходом дочернего ^{68}Ga . При распаде ^{68}Ga превращается в стабильный ^{68}Zn . Длительный, более 9 месяцев, период полураспада материнского радионуклида позволяет эксплуатировать один генератор в течение двух лет, что экономически выгодно для медицинских учреждений. Опухолетропность элемента Ga известна с работ 1970-х годов по ^{67}Ga [9], который в отношении радионуклидной диагностики некоторых видов опухолей более эффективен, чем ^{18}FDG . У позитрон-излучающего ^{68}Ga с более жесткой энергией $E\gamma=511$ кэВ, почти в пять раз больше выход γ -излучения, чем ^{67}Ga с $E\gamma=93$ кэВ (40 %). К тому же, более эффективные принципы регистрации позитронных эмиссионных камер должны повысить чувствительность радионуклидной диагностики опухолей с ^{68}Ga , чем обычная планарная скintiграфия с ^{67}Ga .

В процессе радиойодтерапии (РЙТ) и РНД, а также при оценке эффективности лечения в основном применяется один и тот же радионуклид йода ^{131}I . Реакция получения ^{131}I :



При этом ^{131}I получается в виде водного 0,9 % физиологического раствора Na^{131}I . Радиоактивный ^{131}I в процессе распада превращается в стабильный нуклид ^{131}Xe инертного газа Ксенона, который ни в какие химические связи не вступает и во флаконе или шприце может находиться в растворенном виде. При соприкосновении раствора с воздухом улетучивается. При распаде введенного в организм пациента ^{131}I образовавшийся ^{131}Xe , из тканей диффундирует в венозную кровь и выводится с выдыхаемым воздухом, а какая та часть может выводиться через почки с мочой.

Для диагностики распространенности рака щитовидной железы используется диагностическая радиоактивность ^{131}I , которая накапливаясь в патологических очагах, вызывает эффект «оглушения», развивая резистентность опухоли на введенную лечебную радиоактивность ^{131}I . При длительности периода полураспада $T_{1/2}=8,06$ суток ^{131}I между диагностической и терапевтической процедурами, чтобы переждать период временной резистентности, рекомендуется соблюдать интервал не менее трех суток. Чем короче период полураспада радионуклида диагностического применения, тем короче будет срок интервала. При этом пара радионуклидов считается идеальной, если они одного элемента или одно и то же соединение, меченые радионуклидами разных

элементов. Пара считается идеальной, если диагностический препарат полностью повторяет фармакокинетику терапевтического. Это позволяет, по результатам диагностического исследования, в планировании более точно рассчитать радиоактивность в патологическом очаге и создать математическую модель РНТ [10–14]. Имеются циклотронные радионуклиды йода, γ -излучающие с удобной для гаммакамер энергией $E\gamma=0,159$ (84 %) ^{123}I ($T_{1/2}=13,27$ ч), позитронизлучающие ^{120}I ($T_{1/2}=4,18$ ч) и ^{124}I ($T_{1/2}=1,35$ ч) – для ПЭТ-сканеров [8]. Все эти радионуклиды йода при распаде, не изменяя атомный вес (изобары), превращаются в стабильные нуклиды теллура Те. В экономически развитых странах, обладающих высокими ядерными технологиями, в ЯМ находят применение ^{123}I . Имеются несколько способов получения ^{123}I :

- 1) $^{124}\text{Xe}(\rho,2n) \rightarrow ^{123}\text{Cs} \rightarrow ^{123}\text{Xe}(\text{ЭЗ}, \beta^+, T_{1/2}=2,1 \text{ ч}) \rightarrow ^{123}\text{I}$,
- 2) $^{127}\text{I}(\rho,5n) \rightarrow ^{123}\text{Xe}(\text{ЭЗ}, T_{1/2}=2,1 \text{ ч}) \rightarrow ^{123}\text{I}$,
- 3) $^{127}\text{I}(\rho,5n) \rightarrow ^{123}\text{Xe}(\text{ЭЗ}, \beta^+, T_{1/2}=2,1 \text{ ч}) \rightarrow ^{123}\text{I}$,
- 4) $^{127}\text{I}(\rho,3n) \rightarrow ^{125}\text{Xe}(\text{ЭЗ}, \beta^+, T_{1/2}=16 \text{ ч}) \rightarrow ^{123}\text{I}$,
- 5) $^{123}\text{Te}(\rho,n) \rightarrow ^{123}\text{I}$.

$^{123}\text{I}(\text{ЭЗ}, E\gamma=159 \text{ кэВ}-84 \%) \rightarrow ^{123}\text{Te}$
Из всех реакций наиболее широко применяется технология с ^{123}Te мишенью.

Короткоживущие позитронизлучающие радионуклиды ^{120}I и ^{124}I получают следующим образом:

- $$^{120}\text{Te}(\rho,n) \rightarrow ^{120}\text{I}(\beta^+, \text{ЭЗ}, T_{1/2}=4,18 \text{ ч}) \rightarrow ^{120}\text{Te};$$
- $$^{124}\text{Te}(\rho,n) \rightarrow ^{124}\text{I}(\beta^+, \text{ЭЗ}, T_{1/2}=1,35 \text{ ч}) \rightarrow ^{124}\text{Te}.$$

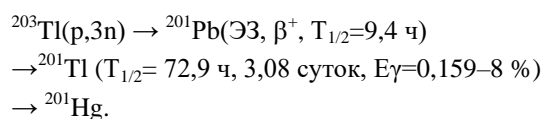
В радиойодтерапии для планирования дозы ^{131}I применяется его диагностическая доза, что на некоторое время вызывает резистентность опухолевых клеток к терапии. Во избежание этого рекомендуется между процедурами выдерживать паузу на 3 суток или же для диагностики использовать короткоживущий радионуклид йода. В ядерной медицине для радионуклидной терапии необходим РФП диагностического назначения, который бы повторял механизм включения терапевтического. Кроме единственного стабильного нуклида ^{127}I , остальные 29 нуклида радиоактивны. Для создания ^{131}I «идеальной пары» могут служить все три радионуклида йода – ^{123}I , ^{120}I и ^{124}I . Широко применяемый в радионуклидном исследовании щитовидной железы $^{99\text{m}}\text{Tc}$ не может служить «идеальной парой», так как он повторяет только неорганическую фазу тиреоидного обмена. Преимущества того или иного радионуклида йода оцениваются ядерно-физическими характеристиками, доступностью технологии, экономической выгодностью и диагностической эффективностью.

В ИЯФ Казахстана конверсия Ядерной технологии уверенно идет в сторону развития народного хозяйства. На наш взгляд в ЯМ интеллектуальный потенциал и технические возможности флагмана ядерной технологии в Республике используются не в полной мере. В свое время, в разработке проекта Цент-

ра Ядерной медицины при ИЯФ участвовали и сотрудники КазНИИОиР. В результате межведомственной переделки из его медицинской части не был построен ни один объект. Население г. Алматы растет и территория расширяется, превращаясь в мегаполис. От дорожных заторов не спасают развязки и объездные дороги. Например, для доставки генератора в КазНИИОиР, который находится в центре города, требуется от 1,5 до 3 часов, это время его самой высокой радиоактивности. При доставке по этой дороге широко применяемый позитрон-излучающий радионуклид ^{18}F с $T_{1/2}=1,83$ ч теряет больше половины дорогостоящего готового $^{18}\text{F-FDG}$.

Расширяющие диагностические применения ПЭТ технологии с использованием очень короткоживущих радионуклидов ^{11}C , ^{13}N и ^{15}O , с $T_{1/2}$ в минутах, ПЭТ-сканеры должны находиться непосредственно вблизи циклотрона. Для эффективного использования нового циклотрона «СЫКЛОН» ИЯФ на 30 МэВ диагностические подразделения ЯМ должны находиться вблизи ИЯФ, а, возможно, и в отделении радионуклидной терапии, т. е. полнокровном Центре ядерной медицины (ЦЯМ). В восточной части города Алматы, растущего вдоль гор, можно обеспечить перевозки с минимальной потерей $^{18}\text{F-FDG}$ от ИЯФ по восточной объездной дороге и по проспекту аль-Фараби. Можно развернуть некоторые объекты ЯМ в областном и городском онкологических диспансерах, которые находятся в этом направлении. Такие возможности имеет Институт педиатрии и детской хирургии, где можно было бы обеспечить услугами ЯМ детский контингент населения города и Республики. В западной части города на базе 1-ой и 7-ой городских больниц необходимы диагностические подразделения ЯМ с расположением циклотрона в одной из них. Такие принципы планировки объектов ЯМ особенно необходимо соблюдать в будущем в городах-миллионниках Астана, Шымкент и Актобе, а также промышленном городе Караганды с его городами-спутниками.

Широко применяемый в перфузионной сцинтиграфии миокарда кардиомиотропный радионуклид ^{201}Tl получается на циклотроне по следующей схеме:



В этой цепочке ядерной реакции промежуточный радионуклид ^{201}Pb , который учитывается в радиоактивную чистоту его дочернего ^{201}Tl . Гамма-излучающий радионуклид ^{201}Tl с $T_{1/2}= 72,9$ ч (3,08 суток) и $E\gamma=0,159$ (8 %) широко применяется в ядерной кардиологии наравне с $^{99\text{m}}\text{Tc-МИБИ}$ [14, 15]. В отличие от последнего, готовый препарат ^{201}Tl можно доставлять в другие города Республики и использовать в любое время суток, например, в экстренных случаях. Кроме того, ^{201}Tl имеет свойство включаться и

визуализировать паращитовидную железу (ПЩЖ) в отдельности или двухизотопным методом, вместе с ^{99m}Tc -пертехнетатом. Из всех методов визуализации ПЩЖ наиболее информативным является скintiграфия [16, 17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успехи развития Ядерной физики обогащают ЯМ новыми технологиями и методами получения радиоактивных нуклидов, на основе которых создаются новые РФП диагностического и терапевтического назначения. Конверсия ядерной технологии в ЯМ продолжается и количество переходит в качество. В 70-х годах прошлого века впервые из учреждения Ядерной физики полученный радионуклид от генератора короткоживущего изотопа перешел в клиническую медицину. К концу прошлого столетия появились ядерные установки – медицинские циклотроны, которые еще больше упрочили позицию ядерной технологии в медицине. В некоторых развитых странах имеются Медицинские реакторы. Первые генераторы короткоживущих радионуклидов в Казахстане появились в начале 1972 года в КазНИИОиР, первый ПЭТ/КТ с циклотроном – в Республиканском диагностическом центре в г. Астане. В процессе развития ЯМ появляются новые, все более короткоживущие и специфичные РФП, получаемые сложной дорогостоящей технологией, которые по мере совершенствования и распространения становятся доступнее в клинической практике. Эти закономерности должны сохраняться в ЯМ Казахстана. Монополизированные методы диагностики и лечения в престижных клиниках не могут повысить показатели медицинской службы. Развитие ЯМ находится в стадии, позволяющей выбрать самые эффективные методы и размещать экономически выгодно с учетом территории, населения и заболеваемости в Республике. За счет такого экономного подхода можно расширять доступность процедур ЯМ широкому кругу населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов В.В., Дроздовский Б.Я., Цыб А.Ф. Радионуклидная терапия в паллиативном лечении больных метастазами в кости (обзор литературы) Ж. Мед. радиол. и радиац. безопасность, 2006, Т. 51, №3, С. 48-54.
2. Цыб А.Ф., Дроздовский Б.Я., Крылов В.В., Козина Г.Е. Паллиативная терапия оксалифором ^{153}Sm при метастатических поражениях костей. Ж. Мед. радиол. и радиац. безопасность, 2002, Т. 47, №4, С. 37-42.
3. Markus L., Ralph F., Markus D., Christoph R. Thyroid Hormone Withdrawal in Patients with Differentiated Thyroid Carcinoma: A One Hundred Thirty- Patients Pilot Survey on Consequences of Hypothyroidism and a Pharmacoeconomic Comparison to Recombinant Thyrotropin Administration. THYROID. 2005, V. 15, №10, P. 1147-1155.
4. Furio P., Martin S., Clive H., Gertrud G.B., Ohad C. et al. Post-surgical use of radioiodine (^{131}I) in patients With papillary and follicular thyroid cancer and the issue of remnant ablation: a consensus report. European Journal of Endocrinology. 2005, 153, P. 651-659.
5. Румянцев П.О., Ильин А.А., Румянцева У.В., Саенко В.А. Рак щитовидной железы. //Современные подходы к диагностике и лечению. Москва. Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». 2009, С. 298-316.
6. Neal D. Dhore. Применение радия-223 дихлорида при метастатическом кастрационно-резистентном раке предстательной железы: точка зрения уролога. Перевод на русском языке. UROLOGY. 85 (4), 2015, P. 717-728.
7. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» утвержденный приказом Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года №155. Приложение 5. С.15.

Важным вопросом является перевозка РФП по территории Республики авиа- и железнодорожным транспортом. Для снижения потерь до минимально неизбежных, предназначенные для сохранения жизни людей РФП должны котироваться грузом перво-степенной важности [18]. ЯМ является особым методом, требующим слаженной и согласованной работы, начиная от производства, перевозки и кончая введением РФП пациенту. При нарушении работы одного из них растет стоимость РФП, от чего страдают особенно нуждающиеся в услугах ЯМ пациенты.

На начальном этапе развития ЯМ необходимо продолжать тенденцию применения очень короткоживущих радионуклидов в Республике, планировать эффективное расположение ее объектов для экономного использования РФП и в полной мере охватить пациентов с показаниями в услугах ЯМ. За счет экономии средств, снизив себестоимость услуг, можно конкурировать на рынке медицинского туризма.

Выводы

1. Пополнить комплектацию отечественного генератора ^{99m}Tc новыми реагентами собственного производства, расширяющие метод РНД органов и систем.

2. В связи с предстоящим внедрением РНТ в Республике необходимо предусмотреть возможность выпуска идеальной диагностической пары для терапевтических РФП, например, для ^{131}I – более доступный ^{123}I .

3. Наладить производство кардиомиотропного радионуклида ^{201}Tl , обладающего тропностью к ПЩЖ. Важно учесть, что из всех методов визуализации ПЩЖ наиболее информативным является скintiграфия.

4. Необходимо предусмотреть возможность выпуска генератора $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$, со сроком эксплуатации два года, обеспечивающего на этот период опухолетропным РФП, который является альтернативным дорогостоящим циклотронным радионуклидам.

8. Богородская М.А., Кодина Г.Е. //Химическая технология радиофармацевтических препаратов. М.: 2010, 461с.
9. Габуня Р.И. Применение цитрата ^{67}Ga в клинической онкологии. Ж. Мед. радиол., 1980, Т. 25, №1, С. 6-10.
10. Наркевич Б.Я., Костылев В.А. Радионуклидная терапия и ее физико-математическое обеспечение. Ж. Мед. физика, 2004, №2 (22), С. 64-71.
11. Наркевич Б.Я., Костылев В.А., Глухов С. Б., Мапука Д.Г., Левчук А.В. Медико-физические основы радионуклидной терапии. Учебное пособие. Москва, 2006, 60 с.
12. Клепов А.Н., Кураченко Ю.А., Левченко В.А., Матусевич Е.С. Применение методов математического моделирования в ядерной медицине. Обнинск, 2006, 202 с.
13. Липанова Н.Н., Клепов А.Н., Наркевич Б.Я. Дозиметрическое планирование и дозовый контроль в радиойодотерапии рака щитовидной железы. //Мед.радиол и радиац. безопасность. 2012, Т.57, №3, С. 53-65.
14. Лишманов Ю.Б., Чернов В.И. 2.4.1. Методы перфузионной сцинтиграфии сердца. Национальное руководство по радионуклидной диагностике. Под редакцией Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова. Томск: STT. 2010, Т. 2, С. 12-46.
15. Лишманов Ю.Б., Чернов В.И. Сцинтиграфия миокарда в ядерной кардиологии. Издательство Томского университета. Томск. 1997, 273 с.
16. Ефимов И.Ю. 2.9.2. Радионуклидная диагностика паращитовидной железы. Национальное руководство по радионуклидной диагностике. Под редакцией Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова. Томск: STT. 2010, Т. 2, С. 282-286.
17. Parathyroid Scintigraphy. A Technologist's Guide. European Association of Nuclear Medicine. Sponsored Bristol-Myers Squibb Medical Imaging. Innovators at Heart. Austria, Venn, 2005, 43 p.
18. Фрейман Э.С., Шупановский В.Д., Калюшин В.М. Основы безопасности перевозки радиоактивных веществ. Москва. Энергоатомиздат. 1986, 176 с.

ҚАЗАҚСТАН ЯДРОЛЫҚ МЕДИЦИНАСЫНДА ПЕРСПЕКТИВАЛЫ РАДИОНУКЛИДТЕР

¹⁾ И. Тәжединов, ¹⁾ Ж.М. Аманкүлов, ²⁾ Ұ.Қ. Жалмұқаш, ³⁾ Ш.К. Хусайн, ¹⁾ О.Г. Хан

¹⁾ *Қазақ онкология және радиология ҒЗИ, Алматы, Қазақстан*

²⁾ *Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан*

³⁾ *Астана медицина университеті, Астана, Қазақстан*

Отандық $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -генераторды жабдықтауды түрлі ағзалар мен жүйелерді радионуклидтік диагностикалық зерттеуге арналған өзіміз өндіретін жаңа реагенттермен толықтыру қажет. Терапияға арналған радионуклидтерге қонымды диагностикалық жұп, мысалы ^{131}I -ге сәйкес келетін ^{123}I -ті, өндіру мүмкіндігі бар. Кардиомиотропты және екінші тропты қасиеті бар ^{201}Tl радионуклидін өндіру технологиясын жолға қойып, қалқанша маңы безін көруге болатын ең сенімді тәсіл сцинтиграфияны меңгеру маңызды. Қымбат циклотрондық радионуклидтерге альтернативті, әр $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ генераторы онкологиялық клиникада қатерлі ісікке тропты ^{68}Ga -мен ПЭТ/КТ-сканерлеуді екі жыл қамтамасыз етеді.

SOME PERSPECTIVE RADIONUCLIDES IN THE NUCLEAR MEDICINE OF KAZAKHSTAN

¹⁾ I. Tazhedinov, ¹⁾ Zh. Amankulov, ²⁾ U.K. Zhalmukash, ³⁾ Sh.K. Hussain, ¹⁾ O.G. Han

¹⁾ *Kazakh Institute of Oncology and Radiology, Almaty, Kazakhstan*

²⁾ *Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

³⁾ *Astana Medical University, Astana, Kazakhstan*

It is necessary to replenish the kit of the domestic generator $^{99\text{m}}\text{Tc}$ with new reagents, which expand the possibilities of radionuclide examination of organs and systems. It should be possible to release an ideal diagnostic pair for therapeutic radiopharmaceuticals, such as ^{123}I for less affordable ^{131}I . Establishing the production and cardiomyotropic and parathyroid tropic radiopharmaceutical ^{201}Tl is important. Scintigraphy is one of the most informative imaging techniques. $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ generator in accordance with the term of operation for two years, provides cancer specific pharmaceutical to oncological clinics, which is an alternative to expensive cyclotron radionuclides.