

ЧТО СКРЫВАЕТСЯ ВНУТРИ

Радиофармпрепараты позволяют обнаруживать очаги заболеваний внутри человеческого организма и целенаправленно воздействовать на них



Визуальный контроль внутреннего объема защищенного контейнера во время подготовки радиофармпрепаратов к расфасовке в стеклянные флаконы. (Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)

Менее 100 лет назад возможность точного определения местоположения и размера таящейся в организме больного злокачественной опухоли казалась немислимой. Сегодня врачи при помощи специальных сканирующих устройств и радиоактивных лекарственных препаратов, известных как радиофармпрепараты, могут заглянуть внутрь человеческого организма и даже использовать радиофармпрепараты для лечения многих заболеваний. В ядерной медицине радиофармпрепараты играют главную роль при проведении процедур минимально инвазивной диагностики, лечения и ухода в случае многих заболеваний, в первую очередь онкологических, а также применяются для облегчения боли при некоторых разновидностях рака.

Из чего состоят радиофармпрепараты

Радиофармпрепараты – это лекарственные средства, содержащие радиоактивные вещества, которые называются радиоизотопами. Радиоизотопы представляют собой атомы, испускающие излучение, например, гамма-лучи или потоки частиц. В некоторых

случаях в радиофармпрепаратах присутствуют радиоизотопы, излучающие комбинированное излучение нескольких типов.

Радиоизотопы для радиофармпрепаратов могут производиться путем облучения специальной мишени внутри ядерного исследовательского реактора или в ускорителях частиц, таких как циклотроны¹. Полученные радиоизотопы прикрепляются в качестве метки к определенным молекулам с учетом их биологических характеристик, в результате чего получаются радиофармпрепараты.

¹ Циклотрон представляет собой сложное устройство, в котором происходит центробежное ускорение заряженных частиц в вакууме по спиральной траектории. В процессе ускорения заряженные частицы приобретают значительную энергию. Затем накопившие энергию частицы вступают во взаимодействие с помещенным на их пути стабильным веществом. В результате этого взаимодействия стабильное вещество преобразуется в пригодные для медицинских целей радиоизотопы, используемые для приготовления радиофармпрепаратов

Как действуют радиофармпрепараты и как они применяются в медицине

Когда врач принимает решение применить радиофармпрепараты для диагностики и/или лечения заболевания, препараты обычно вводятся пациенту внутривенным, пероральным или внутривенным способом. Внутри организма благодаря своим физическим и биологическим свойствам радиофармпрепараты взаимодействуют или связываются с различными белками или сахарами. Это в свою очередь ведет к тому, что препараты, как правило, концентрируются в определенных частях тела с теми или иными биологическими характеристиками. Поэтому врачи могут с высокой точностью воздействовать на разные части тела, подбирая радиофармпрепараты определенного типа.

В настоящее время существует ряд радиофармпрепаратов, которые способны скапливаться преимущественно в тканях, пораженных раком, что делает их эффективным средством диагностики и лечения определенных видов рака. Похожим образом действуют и другие радиофармпрепараты.

В период от нескольких часов до нескольких дней радиофармпрепарат распадается до уровня, при котором его содержание уже не определяется, и/или он окончательно выводится из организма.

Диагностическая визуализация

Для диагностической визуализации врач использует радиофармпрепарат с радиоизотопом, испускающим гамма-лучи или частицы, называемые позитронами, – эти излучения улавливаются гамма-камерой или соответствующими сканерами. Такие аппараты способны обнаруживать место, где радиофармпрепарат накапливается и испускает излучение, и преобразовать данную информацию в двумерные или трехмерные изображения, которые позволяют видеть местоположение и размер искомого органа или ткани, включая опухолевые очаги. Диагностическая визуализация широко и рутинно применяется в кардиологии и при исследованиях нарушений функции щитовидной железы; радиофармпрепараты используются и при исследованиях многих других органов (например, печени, почек, мозга, костей скелета и т.п.).

Помимо получения точных данных о размерах, форме и местоположении различных органов и новообразований с помощью радиофармпрепаратов и диагностической визуализации получают информацию о функционировании различных систем человеческого организма. Так, визуализация сердца позволяет оценить его работу и состояние, наблюдать за тем, как оно перекачивает кровь, и обследовать сердце на предмет наличия омертвевших или поврежденных тканей. Это диагностическое обследование используется наиболее часто, поскольку помогает пациентам с сердечными заболеваниями своевременно пройти необходимое



лечение и впоследствии периодически проверять состояние своего здоровья. При лечении больных раком визуализация проводится на регулярной основе, позволяя оценивать реакцию опухоли на лечение, а также контролировать возникновение новых образований с тем, чтобы путем применения своевременных терапевтических методов предотвратить их дальнейшее развитие.

Поскольку используемые в диагностической визуализации радиофармпрепараты испускают незначительное количество излучения, считается, что они приносят пациенту исключительно пользу. Радиофармпрепараты главным образом применяются в двух визуализационных технологиях: в однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) с детектированием гамма-излучения и в позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), основанной на детектировании позитронов. При комбинировании ПЭТ и/или ОФЭКТ с традиционной компьютерной томографией испускаемое радиофармпрепаратами излучение можно детектировать с еще большей точностью.

Наиболее часто применяемый в ОФЭКТ радиофармпрепарат содержит технеций-99m. Он используется в более чем 80% всех диагностических процедур ядерной медицины и чаще всего – для сканирования сердца или костей скелета. Технеций-99m получают из исходного радиоизотопа молибдена-99 при помощи генератора. Технецием-99m можно метить различные молекулы для получения радиофармпрепаратов, предназначенных для диагностики определенных органов или очагов заболевания.

В ПЭТ наиболее широко применяется радиофармпрепарат фтордезоксиглюкоза (ФДГ), содержащий радиоизотоп фтор-18; он является биологическим аналогом глюкозы, которую высокоактивные раковые клетки потребляют интенсивнее, чем здоровые клетки. Фтор-18 получают в циклотроне, представляющем собой циклический ускоритель частиц, путем облучения кислорода-18 протонами высокой энергии. Затем фтор-18 прикрепляют в виде метки к различным молекулам для

Врачи вводят в организм пациента радиофармпрепарат, который затем будет детектировать сканирующее устройство. Далее врачи анализируют полученные с помощью сканера изображения и определяют дальнейшие действия в отношении данного пациента.

(Фото: Э. Эстрада Лобато/МАГАТЭ)



получения разных радиофармпрепаратов для ПЭТ, предназначенных для исследования определенных органов или очагов заболевания.

Терапевтические применения

После постановки диагноза в некоторых случаях в качестве наиболее эффективного лечения выбирается радионуклидная терапия. Врачи решают прибегнуть к терапии радиофармпрепаратами потому, что такие препараты содержат радиоизотопы, которые испускают частицы, способные уничтожить пораженные болезнью клетки. Успешное применение радионуклидной терапии для управления ходом заболевания и его лечения обусловлено эффективностью локализации радиофармпрепарата

Изображения, подобные этому, формируются специальными устройствами, детектирующими излучение, испускаемое радиофармпрепаратом. На этом диагностическом снимке зафиксирован результат сканирования с помощью ОФЭКТ-КТ пациентки, страдающей от тяжелого воспаления левого бедра в результате склероза. (Фото: Э. Эстрада Лобато/МАГАТЭ)



в ткани или органе, являющемся объектом терапии, а это, в свою очередь, зависит от степени взаимодействия организма с этим препаратом. После подбора радиофармпрепарата его начинают вводить в организм в большем количестве с целью доставки к проблемным участкам в организме целевой дозы излучения.

При лечении рака щитовидной железы, например, обычно используется препарат радиоактивного йода – йодид натрия с I-131, так как ученые обнаружили, что почти весь йод, поступающий с кровью, накапливается в щитовидной железе. Это означает, что при введении врачом определенной дозы препарата натрия йодида, I-131, он почти всецело поглощается щитовидной железой и практически не воздействует на остальные части тела. После поступления в больших дозах в щитовидную железу радиоактивный йод испускает излучение, разрушающее клетки железы, в том числе и раковые клетки. Конвенциональных методов лечения рака или гиперфункции щитовидной железы, способных заменить применение натрия йодида, I-131, не существует.

Для лечения метастазов костей, вызванных раком предстательной железы на поздней стадии, успешно применяется другой медицинский радиоизотоп – радий-223, позволяющий добиваться повышения выживаемости пациентов.

МАГАТЭ и радиофармацевтика

При помощи различных проектов, программ и соглашений МАГАТЭ помогает государствам-членам укреплять свой потенциал в области радиофармацевтики. МАГАТЭ оказывает содействие в развитии людских ресурсов, организуя стажировки и посещения экспертов, а также предоставляет оборудование, обеспечивает передачу технологий, предлагает учебные курсы и средства обучения. Кроме того, МАГАТЭ разработало руководящие документы с подробными требованиями к созданию

безопасных и надежных установок для производства радиофармпрепаратов. Данная деятельность призвана способствовать тому, чтобы радиофармпрепараты всегда соответствовали действующим стандартам качества, обеспечивающим безопасность и надежность ядерной медицины.

Исследования и разработки Участвуя в проектах координированных исследований (ПКИ) МАГАТЭ, государства-члены могут развивать свои собственные исследования и разработки в области радиофармпрепаратов, концентрируя усилия на полезных, с точки зрения экспертов, направлениях. Таким образом может укрепляться обмен научно-техническими знаниями, а также стимулироваться развитие не только радиофармацевтики, но и ядерных технологий и применений в целом.

ПКИ по визуализации сигнального лимфатического узла позволил, например, разработать новый радиофармпрепарат, продемонстрировавший высокую эффективность в трассировании распространения раковых клеток через лимфатическую систему. Аналогичным образом, осуществление ПКИ по новым радиофармпрепаратам на основе фтора-18 и галлия-68 способствовало налаживанию сотрудничества между центрами передового опыта и учреждениями, впервые приступившими к работе с подобными препаратами. Приведенные примеры являются наглядной иллюстрацией результатов, которые могут быть достигнуты с помощью ПКИ.

Развитие потенциала Одним из основных направлений деятельности МАГАТЭ является оказание содействия государствам-членам в развитии соответствующего потенциала во многих областях, связанных с применением ядерных методов и технологий. Участвуя в проектах технического сотрудничества (ТС) МАГАТЭ, государства-члены получают помощь экспертов в расширении возможностей применения ядерных методов, включая использование радиофармпрепаратов. Недавним примером служит проект ТС по разработке и применению масштабной программы подготовки радиохимиков-технологов и радиофармацевтов на основе методов электронного обучения путем



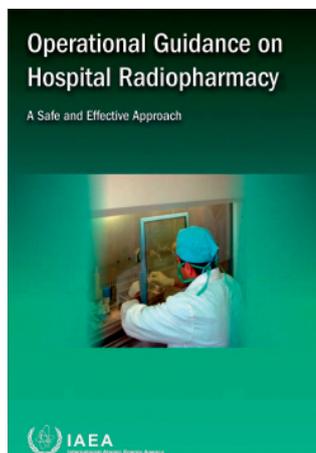
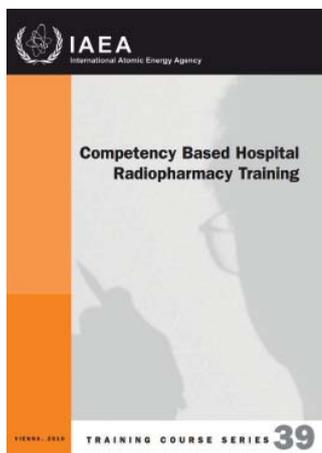
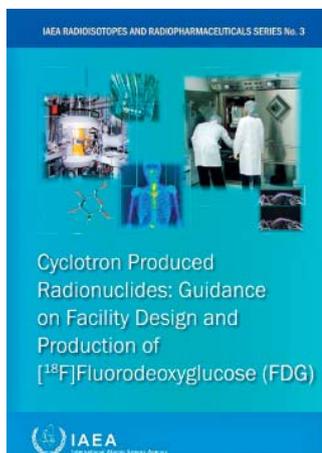
После введения пациенту радиофармпрепарата аппарат ПЭТ-КТ сканирует испускаемое препаратом излучение, и на полученном диагностическом снимке видно, что у пациента рак легких и метастазы в лимфатическом узле рядом с сердцем.

(Фото: Э. Эстрада Лобато/МАГАТЭ)

налаживания взаимодействия образовательных учреждений и научно-исследовательских организаций.

Нормы безопасности Для МАГАТЭ первостепенное значение имеет безопасность пациентов, медицинского персонала и населения и охрана окружающей среды. МАГАТЭ издало ряд публикаций и руководств для государств-членов, осуществляющих деятельность в сфере радиофармацевтики. Назначение этих документов – дать государствам-членам рекомендации по нормам безопасности, чтобы обеспечить безопасность, высокое качество и эффективность радиофармпрепаратов.

Николь Яверт, Бюро общественной информации и коммуникации МАГАТЭ, совместно с сотрудниками Секции радиоизотопных продуктов и радиационной технологии Департамента ядерных наук и применений МАГАТЭ



МАГАТЭ готовит и издает публикации и руководства по радиофармацевтике.