

# СЕМЬ ФАКТОВ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ О РАДИОИЗОТОПАХ

## 1. Что такое радиоизотопы?

Любой атомарный элемент стабилен (преобывает в своей элементарной форме), когда в его центре (ядре) находится строго определенное число протонов и нейтронов. Радиоизотопы – это атомарные элементы, не обладающие необходимым для стабильного состояния соотношением протонов и нейтронов. Атом с несбалансированным количеством протонов и нейтронов, стремясь вернуться в стабильное состояние, выделяет энергию<sup>1</sup>.

Так, ядро стабильного атома углерода состоит из шести протонов и шести нейтронов. В то же время его нестабильный (и потому радиоактивный) изотоп углерод-14 имеет шесть протонов и восемь нейтронов. Углерод-14 и все другие нестабильные элементы называются радиоизотопами.

Процесс изменения в сторону стабильности известен как радиоактивный распад, при нем атом выделяет энергию в виде излучения.

Такое излучение можно наблюдать и измерять, и благодаря этому радиоизотопы приносят большую пользу в промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

## 2. Откуда берутся радиоизотопы? Как они производятся?

Существуют изотопы как природного, так и искусственного происхождения. Однако в медицине применяются лишь те изотопы, которые получают в ядерных реакторах или циклотронах<sup>2</sup>, поскольку их легко производить, они обладают свойствами, необходимыми для получения изображений (визуализации), и период их полураспада, как правило, гораздо меньше, чем у изотопов природного происхождения.

Период полураспада – это время распада радиоизотопа, за которое его первоначальная активность снижается вдвое; оно указывает, сколько просуществует данный радиоизотоп. Радиоизотопы с очень большими периодами полураспада более стабильны и поэтому менее радиоактивны. Периоды полураспада радиоизотопов, используемых в медицине, варьируются от нескольких минут до нескольких дней.

<sup>1</sup> Существуют также стабильные изотопы, но они не являются предметом настоящей статьи.

<sup>2</sup> 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.

Например, период полураспада рубидия-82, который используется для визуализации перфузии миокарда, составляет 1,26 минуты, а йода-131, применяемого при лечении и диагностике заболеваний щитовидной железы, – восемь дней. Всего существует приблизительно 1800 радиоизотопов, в медицине используется около 50 из них.

## 3. Как радиоизотопы используются в медицине?

Некоторые радиоизотопы испускают альфа- или бета-излучение, используемое для лечения таких заболеваний, как рак.

Другие изотопы являются источником гамма- и/или позитронного излучения; в сочетании с мощными медицинскими сканерами и камерами\* они позволяют получать изображения происходящих в организме процессов или внутренних органов и используются для диагностики заболеваний. В больницах (в клинических условиях) радиоизотопы применяются по-разному. Они используются для лечения заболеваний щитовидной железы, артрита и опухоли печени, облегчения боли при артритах и раке костей. При проведении брахитерапии (разновидность внутренней лучевой терапии) радиоизотопы используются для лечения рака предстательной железы, молочной железы, мозга и новообразований глаза. Кроме того, они успешно применяются для диагностики заболевания коронарных артерий и некроза сердечной мышцы.

Наиболее часто в медицине используются два радиоизотопа – технеций-99m и йод-131. При помощи испускающего гамма-излучение технеция-99m проводят, в частности, визуализацию скелетных и сердечных мышц, а также мозга, щитовидной железы, легких (их кровоснабжения и газообмена), печени, селезенки, почек (их структуры и скорости фильтрации), желчного пузыря, костного мозга, слюнных и слезных желез, пула крови сердца, распространения инфекции, а также для многих других специализированных медицинских исследований. Йод-131 широко используется для лечения гиперфункции и рака щитовидной железы и ее визуализации. Он испускает бета-излучение и поэтому пригоден для терапии<sup>3</sup>. Кроме того, радиоизотопы применяются в медицинских исследованиях для изучения нормального и

\*К таким мощным аппаратам для визуализации относятся камеры однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и позитронно-эмиссионной томографии, которые часто используются в сочетании со сканерами компьютерной томографии и аппаратами магнитно-резонансной томографии.

<sup>3</sup>World Nuclear Association | Radioisotopes in Medicine [www.world-nuclear.org/info/Non-Power-Nuclear-Applications/Radioisotopes/Radioisotopes-in-Medicine](http://www.world-nuclear.org/info/Non-Power-Nuclear-Applications/Radioisotopes/Radioisotopes-in-Medicine)

аномального функционирования систем органов. С помощью радиоизотопов могут также проводиться исследования, направленные на разработку медицинских препаратов.

#### **4. Почему радиоизотопы используются в медицине? В чем их преимущества?**

Преимущество радиоизотопов основано на том, что определенные органы в организме человека специфически реагируют на те или иные вещества. Так, щитовидная железа поглощает йод в гораздо больших количествах, чем любое другое химическое вещество, и поэтому для лечения рака щитовидной железы и ее визуализации широко используется радиоизотоп йод-131. Точно так же другие органы, например, печень, почки и мозг, поглощают определенные радиоактивные вещества и включают их в свои процессы обмена веществ. Однако большинство радиоизотопов необходимо доставлять к нужному органу на своего рода носителе (биологически активной молекуле). Так, при диагностике расстройств сердечной деятельности технеций-99m часто присоединяется к шести молекулам метоксиизобутилизонитрила для доставки его к тканям сердца.

Соединения молекул с прикрепленными к ним радиоизотопами (называемые радиофармпрепаратами) вводятся в организм пациента пероральным, ингаляционным или внутривенным путем, чтобы врач мог оценить размеры органа и его функционирование, обнаружить нарушения и наметить область, которую следует подвергнуть терапии.

Кроме того, преимущество использования радиоизотопов заключается в том, что пациенты и врачи могут избирать минимально инвазивные хирургические методы вместо гораздо более опасной крупномасштабной хирургии, от которой организму труднее восстанавливаться и которая в прошлом применялась для лечения большинства заболеваний. Радиоизотопы позволяют проводить таргетную терапию любых видимых и скрытых очагов заболевания в организме.

#### **5. Опасны ли радиоизотопы для пациентов?**

Радиоизотопы, вводимые в организм пациентов в целях лечения или диагностики, в зависимости от периода полураспада самопроизвольно преобразуются в течение нескольких минут или часов, быстро становясь стабильными (нерадиоактивными) элементами, или же за короткое время выводятся из организма.

Врачи выбирают радиоизотопы с периодом полураспада и энергетическими характеристиками, которые без вреда для здоровых тканей обеспечивают наиболее эффективное лечение и диагностику, а также позволяют получить всю необходимую информацию. Так, период полураспада технеция-99m равен шести

часам, а выделяемая им энергия составляет 140 кэВ (килоэлектронвольт) – это достаточно низкие уровни, не могущие причинить вред пациенту.

Кроме того, стремясь свести к минимуму дозу облучения и в то же время обеспечить приемлемое качество изображений, врачи крайне тщательно подходят к вопросу определения количества радиоизотопа, вводимого в организм пациента.

Чтобы еще больше снизить и без того небольшую дозу облучения, которую пациент получает при вводе радиофармпрепаратов, врачи применяют радиоизотопы с малым и очень малым периодом полураспада.

#### **6. Опасны ли для находящихся рядом людей радиоизотопы, оказавшиеся в организме пациента?**

Медицинский персонал строго соблюдает инструкции и проходит соответствующую подготовку по применению правил, согласно которым пациенты, получающие терапевтические дозы радиоизотопов (такие дозы используются только для лечения рака и других видов терапии и **никогда** не применяются в диагностике), должны находиться в одноместных больничных палатах до тех пор, пока уровень исходящего от них излучения не станет безопасным для работников больницы и окружающих их людей. Кроме того, чтобы полученные на работе дозы не превышали установленные пределы, которые гораздо ниже порога безопасности, медработники младшего и среднего звена и врачи, осуществляющие лечение и уход за такими пациентами, при любом контакте с ними соблюдают безопасную дистанцию и для контроля дозы носят индивидуальные дозиметры.

Как только распад радиоизотопов достигает уровня, при котором излучение становится достаточно слабым, пациентам разрешают выписку из больницы и возвращение к повседневной жизни.

#### **7. Если медперсонал должен соблюдать дистанцию, почему тогда такое лечение разрешается для пациентов?**

При лечении рака свойства радиации оказываются полезными для пациента. Назначение процедуры тем, кто в ней нуждается, подлежит обоснованию. Принцип "обоснования" – это один из основополагающих принципов в ядерной медицине. Обоснование означает, что для пациента польза от применения излучения должна превышать потенциальный вред. Использование радиоизотопа с малым периодом полураспада в лечебных целях позволяет излечить больного раком или продлить ему жизнь. Для правильного обращения с излучением при уходе за пациентами, проходящими лучевую терапию, медицинские работники обучаются соответствующим клиническим процедурам. Поэтому подобное лечение, как правило, является обоснованным с точки зрения и пациента, и врача.

Саша Энрикес, Бюро общественной информации и коммуникации МАГАТЭ