КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ

Зарипова Ю.А.

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

Сборник лекций для студентов по направлению подготовки
«Физические и химические науки»

Алматы

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. Основные ядерно-физические термины и определения.

Лекция 2. Общие физико-химические свойства радиоактивных соединений.

Лекция 3. Радиоактивность и закон радиоактивного распада.

Лекция 4. Основы ядерных реакций.

Лекция 5. Радиоактивное мечение химических соединений.

Лекция 6. Производство радионуклидов на циклотроне.

Лекция 7. Производство радионуклидов на реакторе.

Лекция 8. Применение медицинских генераторов радионуклидов.

Лекция 9. Контроль качества радиоактивных изотопов.

Лекция 10. Применение радиоактивных изотопов.

Лекция 11. Радиационная безопасность и обращение с радиоактивными материалами.

Лекция 11. ***Радиационная безопасность и обращение с радиоактивными материалами.***

Цель лекции: Изучить основные принципы, нормативные требования и практические меры обеспечения радиационной безопасности в медицине, направленные на защиту пациентов, персонала и населения от вредного воздействия ионизирующего излучения при диагностических и терапевтических процедурах.

Введение: При воздействии радиации на организм может возникать детерминированные (ожоги кожи, катаракта, бесплодие, смерть) и(или) стохастические (генетические эффекты, мутации, рак) эффекты. Целью радиационной защиты является предотвращение детерминированных эффектов и ограничение вероятности стохастических эффектов. Субъектами воздействия радиоактивного излучения в медицине могут являться пациенты, персонал, члены семьи пациента, население. Радиационная безопасность – это совокупность мер, направленных на защиту человека и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующих излучений. В ядерной медицине радионуклиды используются для диагностики (например, технеций-99m, фтор-18) и терапии (йод-131, самарий-153). При их производстве персонал работает с открытыми источниками радиации, поэтому важно соблюдать строгие правила безопасности.



Основная часть:

На современном этапе развития медицины использование ионизирующего излучения (ИИ) получило большое распространение, как в области диагностики, так и в области терапии различного спектра патологий. С использованием ИИ проводятся десятки диагностических и, в случае необходимости, терапевтических процедур. Эти процедуры чаще всего являются плановыми, назначаются врачом и проводятся в специальных медицинских учреждениях.

Санитарные правила распространяются на всех физических и юридических лиц, осуществляющих:

1) проектирование, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию и вывод из эксплуатации радиационных объектов, добычу, производство, хранение, использование, транспортирование радиоактивных веществ и других источников ионизирующего излучения;

2) сбор, хранение, переработку, транспортирование и захоронение радиоактивных отходов;

3) монтаж, ремонт и наладку приборов, установок и аппаратов, действие которых основано на использовании источников ионизирующего излучения, и устройств (источник), генерирующих ионизирующее излучение;

4) радиационный контроль техногенных источников ионизирующего излучения.

Санитарные правила также распространяются на физических и юридических лиц, от деятельности которых зависит уровень облучения людей природными источниками ионизирующего излучения, и организации, выполняющие работы на территории, загрязненной радиоактивными веществами.

Радиационная безопасность на радиационном объекте и вокруг него обеспечивается:

1) соблюдением требований нормативных правовых актов при подготовке проектной документации радиационного объекта, включающей обоснование выбора района и площадки для размещения радиационного объекта, уровня физической защиты источников излучения, зонирование территории вокруг и внутри объектов 1 и 2 категории;

2) созданием безопасных условий эксплуатации технологических систем;

3) санитарно-эпидемиологической оценкой деятельности с источниками облучения;

4) организацией и проведением радиационного контроля;

5) планированием и проведением мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при нормальной работе объекта, его реконструкции и выводе из эксплуатации, а также при радиационных авариях;

6) повышением квалификации и знания правил работы с источниками излучения персонала группы "А".

Радиационная безопасность персонала обеспечивается:

1) организацией радиационного контроля;

2) знанием и соблюдением правил работы с источниками излучения;

3) организацией учета и контроля источников излучения;

4) применением индивидуальных средств защиты;

5) ограничениями допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения и другим показателям;

6) созданием условий труда, отвечающих требованиям;

7) переводом беременной женщины на работу, не связанную с источниками излучения, со дня получения информации о факте беременности, на период беременности и грудного вскармливания ребенка;

8) достаточностью защитных барьеров, экранов и расстояния от источников излучения, а также ограничением времени работы с источниками излучения;

9) соблюдением контрольных уровней радиационных факторов на радиационном объекте;

10) организацией системы информации о радиационной обстановке;

11) проведением эффективных мероприятий по защите персонала при планировании повышенного облучения в случае угрозы и возникновении аварии.

При разработке мероприятий по снижению доз облучения персонала и населения исходят из следующих основных положений:

1) поддержание на низком и достижимом уровне, с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа обучаемых лиц при использовании любого источника излучение;

2) мероприятия по коллективной защите людей осуществляются в отношении источников излучения, где возможно достичь наибольшего снижения коллективной дозы облучения при минимальных затратах;

3) снижение доз от каждого источника излучения достигается за счет уменьшения облучения критических групп для этого источника излучения.

Радиационный контроль является частью производственного контроля и должен охватывать все основные виды воздействия ионизирующего излучения на человека. Целью радиационного контроля является получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала, пациентов и населения во всех условиях жизнедеятельности человека, а также сведений о всех регламентируемых величинах, характеризующих радиационную обстановку. Результаты радиационного контроля

используются для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разработки мероприятий по снижению доз облучения и оценки их эффективности. Объектами радиационного контроля являются:

- персонал групп "А" и "Б" при воздействии на них ионизирующего излучения в производственных условиях;
- пациенты при выполнении медицинских рентгенорадиологических процедур;
- население при воздействии на него природных и техногенных источников излучения;
- среда обитания человека.

Радиационный контроль радиационного объекта предусматривает проведение контроля и учета индивидуальных доз облучения работников (персонала). В зависимости от объема и характера работ радиационный контроль осуществляется службой радиационной безопасности или лицом, ответственным за радиационный контроль, прошедшим специальную подготовку. Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей среды считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования, установленные Законом Республики Казахстан "О радиационной безопасности населения", Приказом № ҚР ДСМ-71 и Санитарными правилами.

Принципы радиационной защиты пациента:

1. Обоснование применения ИИ. Применение ИИ в медицине приносит пользу пациентам, которая намного превосходит затраты и потери здоровья от облучения.
2. Оптимизация защиты от ИИ. Дозы у облучаемых лиц и их число нужно снижать настолько, насколько это возможно.
3. Ограничение дозы (нормирование) к пациенту не применяется.

Принцип обоснования: В зарубежной практике разработаны, утверждены и внедрены различные системы критериев обоснования назначений: iR□f□r (Великобритания), рекомендации Американского колледжа радиологов (США), Европейские критерии обоснования назначений (Евросоюз) и др.

Особенностями данных критериев являются:

– выбор методов лучевой диагностики в соответствии с их доказанной диагностической эффективностью (по данным мета-анализа публикаций за последние 5 лет);

– постоянная актуализация критериев по мере внедрения новых методов лучевой диагностики;

– дополнение критериев типовыми протоколами проведения РРИ;

– наличие сведений о радиационном риске для пациента или значений стандартных (типичных) эффективных доз пациентов для каждого из рекомендованных РРИ;

– внедрение критериев в систему электронного документооборота медицинских организаций (больничные информационные системы, системы поддержки принятия клинических решений).

Опыт внедрения крупными зарубежными медицинскими центрами радиологических информационных систем, включающих в себя критерии обоснования назначений, позволяет судить о существенном снижении (на 20–30%) числа необоснованных или неоптимальных РРИ.

Принцип оптимизации. Общепринятым в мировой практике является комплексный процесс оптимизации защиты, реализуемый на двух уровнях: общем, на уровне государства или отдельного региона, посредством установления референтных диагностических уровней (РДУ); и частном, на уровне отдельной медицинской организации или отделения лучевой диагностики, посредством управления дозами пациентов и обеспечения качества проведения РРИ.

Как правило, используется следующая последовательность этапов проведения оптимизации выбранного РРИ:

– определение стандартных (типичных) доз облучения пациентов от данного РРИ в репрезентативном количестве МО;

– установление РДУ для данного РРИ как 75% перцентиля распределения стандартных доз облучения пациентов;

– определение рентгеновских кабинетов с аномально высокими или низкими дозами путем сравнения стандартных доз пациентов для данного РРИ с соответствующими значениями РДУ;

– проведение расследования причин аномально высоких или низких доз пациентов в отдельных рентгеновских кабинетах, выявление факторов, обусловливающих аномально высокие или низкие дозы, и их коррекция с установкой новых методик работы медицинского персонала;

– оценка возможности использования предложенных методик на практике;

– повторное определение стандартных доз, установление новых РДУ.

Референтный диагностический уровень (РДУ) - установленное значение стандартной дозы или стандартного произведения дозы на площадь пучка рентгеновского излучения при типовых рентгенодиагностических процедурах в регионе или стране. Значение РДУ обычно устанавливают равным 75 %-му квантилю распределения стандартной дозы или

стандартного произведения дозы на площадь при проведении данной процедуры в различных МО региона или страны. Установленные РДУ используют в МО региона или страны для оценки того, не является ли уровень облучения пациента в данной МО нетипично большим или малым для рассматриваемой процедуры.

Стандартная доза – средняя доза у взрослых пациентов обоего пола с массой тела 70±10 кг при проведении выбранного РРИ в типовом режиме работы данного аппарата для рентгеновской или радионуклидной диагностики с типовым протоколом его выполнения.

75 %-й квантиль (75 %-й процентиль или верхний квартиль) - значение исследуемой величины, ниже которого расположено 75 % результатов наблюдений, измерений.

Принцип нормирования. В современных международных рекомендациях принцип ограничения доз при использовании ИИИ в медицине не применяется, так как его использование может негативно сказаться на качестве оказания медицинской помощи пациентам. Так, Публикации МКРЗ 103 и 105 констатируют, что медицинское облучение носит намеренный и добровольный характер при условии, что оно принесет прямую пользу здоровью пациента.

В Нормах безопасности МАГАТЭ GSR part 3 и в Стандарте безопасности SSG-46 предложен новый подход. Для РРИ, которые проводятся для профессиональных и юридических целей, лицам, участвующим в биомедицинских исследованиях, рекомендовано использование граничных доз. Граничные дозы не являются пределами дозы, и превышение граничной дозы не означает несоответствия установленным требованиям, однако в случае каждого такого превышения необходимо проводить расследование.

Заключение:

Радиационная безопасность является неотъемлемой частью современной медицинской практики, особенно в условиях широкого применения ионизирующего излучения для диагностики и лечения заболеваний. Основу системы радиационной защиты составляют три принципа: обоснование, оптимизация и нормирование.

- Обоснование – применение излучения только при доказанной необходимости и пользе для пациента.

- Оптимизация – минимизация доз облучения при сохранении диагностической и терапевтической эффективности, в том числе через установление референтных диагностических уровней (РДУ).

- Нормирование – контроль доз для персонала и населения, предотвращение их превышения.

Радиационная безопасность обеспечивается организацией радиационного контроля, использованием средств защиты, соблюдением санитарных норм, контролем источников излучения и повышением квалификации персонала. В целом, система радиационной безопасности направлена на безопасное использование ионизирующего излучения, защиту здоровья человека и окружающей среды при одновременном обеспечении эффективности медицинской помощи.

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под радиационной безопасностью и какова её основная цель?
2. Какие различают виды эффектов воздействия ионизирующего излучения на организм человека?
3. Кто относится к субъектам воздействия ионизирующего излучения в медицинской практике?
4. В чём заключается принцип обоснования применения ионизирующего излучения в медицине?
5. Что означает принцип оптимизации радиационной защиты и как он реализуется на практике?
6. Почему принцип нормирования доз не применяется к пациентам в медицинской радиологии?
7. Что такое референтный диагностический уровень (РДУ) и как он используется?
8. Какие нормативные документы регулируют вопросы радиационной безопасности в Республике Казахстан?