

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАДИОЙОДТЕРАПИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Власова О.П., Клепов А.Н., Матусевич Е.С., Кураченко Ю.А.
Государственный технический университет атомной энергетики, г. Обнинск.
e-mail: ematus@obninsk.ru, somina@inbox.ru, klyopov@obninsk.com

Для совершенствования системы индивидуального дозиметрического планирования (ИДП) радиойодтерапии пациентов с заболеваниями щитовидной железы (ЩЖ) выполнены циклы расчетно-экспериментальных исследований и ряд методических разработок. Проведены серии сцинтиграфических (с ^{123}I) и радиометрических (с ^{131}I) исследований накопления-выведения радиойода в ЩЖ у пациентов с заболеванием: диффузно-токсическим зобом (ДТЗ) (122 человека) и узловым токсическим зобом (УТЗ) – 36 человек. Разработаны методики, алгоритмы и программное обеспечение идентификации параметров кинетики радиойода и расчет поглощенных доз (ПД) в органах и тканях на основе многокамерных моделей. Проведен статистический анализ эффективности радиойодтерапии (РЙТ) с использованием данных клинико-диагностических обследований этих пациентов в МРНЦ РАМН и определенных ПД.

Направление исследований

Развитие технологии индивидуального дозиметрического планирования проводилось коллективом сотрудников ОИАТЭ (А.Н.Клёпов, О.П.Власова, О.П.Доля, С.Матусевич, Ю.А.Кураченко) и МРНЦ РАМН (П.И.Гарбузов, В.В.Крылов, Г.А. Давыдов, С.В. Паршин, Н.А. Олейник, О.Н. Спиченкова С.И. Романко) и является логическим развитием и усовершенствованием методов и средств ИДП радиойодтерапии заболеваний ЩЖ различных нозологий [1,2,3].

Основные направления исследований:

- учёт неоднородности распределения радиойода, а, следовательно, и ПД по объему ЩЖ, по результатам сцинтиграфических исследований накопления-выведения индикаторной метки ^{123}I в объеме ЩЖ и УЗИ-метрии ЩЖ;
- корректное описание кинетики радиойода в тканях и органах с использованием многокамерных (3, 6 и 8 камер) моделей и данных радиометрических измерений накопления-выведения индикаторной активности ^{131}I в ЩЖ и объемов ЩЖ;
- расчёт ПД в ЩЖ и её долях и оценка эффективности проводимой радиойодтерапии по уровню поглощенных доз в ЩЖ, сдвигу гормональных показателей и изменению объемов ЩЖ;
- моделирование транспорта γ -излучения от объёмных источников, моделирующих ткани и органы человека с целью определения функции отклика гамма-камеры

Примеры конкретных исследований.

Оценка эффективности РЙТ. Была отобрана группа из 144 пациентов с диагнозом: диффузный - токсический зоб (ДТЗ) – 115 человек, узловой токсический зоб (УТЗ) – 29 человек. У всех пациентов до проведения РЙТ был исследован уровень тиреоидных гормонов, а у части пациентов через 1,5 месяца, 3 месяца и 6 месяцев после РЙТ.

Больные получили перорально однократно раствор Na^{131}I из расчета 150 – 300 мкКи на 1г ткани щитовидной железы. Для всех пациентов были выполнены расчеты индивидуальных поглощенных доз в ЩЖ.

Вариации ПД по группе больных (144 чел.) составляют от 36 до 350 Гр (рис.1). Ту же группу пациентов поделили следующим образом: группа А – пациенты обследованные через 1,5 месяца после РЙТ; группа В – через 3 месяца после РЙТ; группа С – через 6 месяцев после РЙТ. На рис. 2 приведена зависимость доли пациентов с благоприятным исходом лечения от величины

лечебной ПД в ЩЖ пациентов из групп А, В и С. Можно видеть, что результативность РНТ определяется высоким уровнем поглощенных доз в диапазоне от 150 Гр и выше. Относительно низкие значения ПД, полученные некоторыми пациентами (37– 51 Гр) могут оказаться неэффективными. Отмечено, что один из пациентов, получивших относительно малую ПД, через некоторое время после курса РИТ поступил в клинику с рецидивом заболевания.

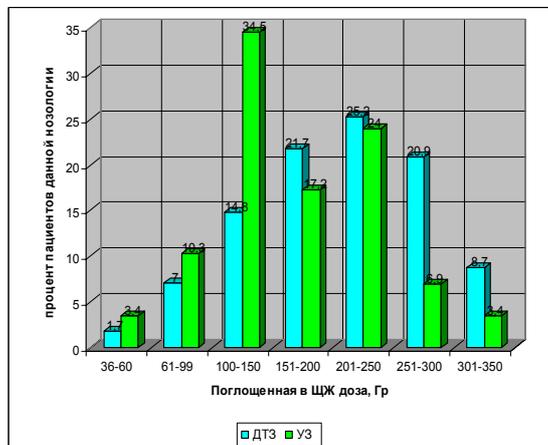


Рис.1. Распределение поглощенной дозы в ЩЖ по всей группе пациентов (144чел).

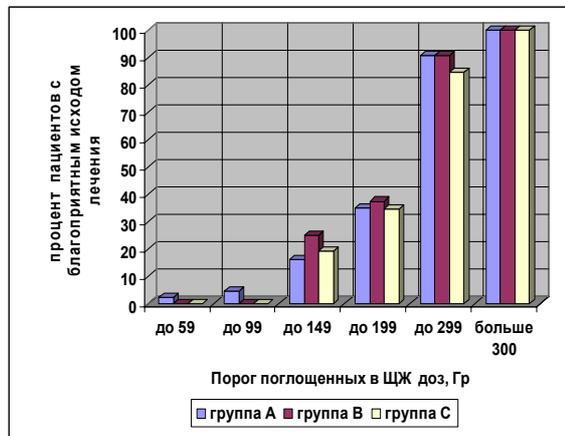


Рис. 2. Зависимость доли пациентов с благоприятным исходом лечения от лечебной ПД в ЩЖ пациентов для групп А, В и С.

Неравномерность накопления йода в долях ЩЖ. Анализ скintiграфических данных у сравнительно небольшой группы (14 пациентов в возрасте от 30 до 62 лет с диагнозом: ДТЗ – 7 человек, многоузловой эутиреоидный зоб (МЭЗ) – 5 человек и УТЗ – 2 человека) обнаружил, что уровень накопления ^{131}I как в ЩЖ, так и в долях ЩЖ варьирует от 0,9 до 0,02 от введенной активности. Различие поглощенных доз в правой и левой долях ЩЖ составляет: у больных ДТЗ от 1,15 до 1,35, у больных МЭЗ от 1,03 до 2,28 и у больных с узловым токсическим зобом от 1,1 до 3,7.

Кинетика радиойода. Пример восстановления кинетики активности ^{131}I в долях ЩЖ для пациента с ДТЗ с помощью

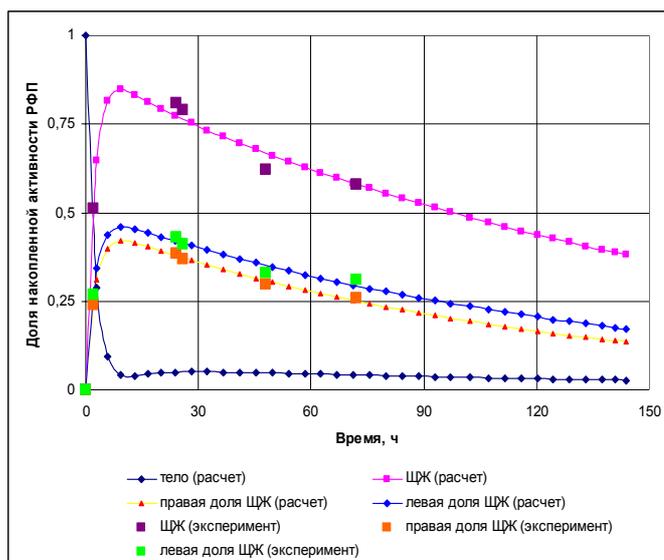


Рис.3. Кинетика йода-131 в теле, долях и всей ЩЖ пациента с ДТЗ, рассчитанная с применением 8-камерной модели.

помощью восьмикламерной модели дан на рис.3. Подробности формулировки камерных моделей и особенности реализации метода идентификации кинетических параметров в случае использования скintiграфических повре-менных данных накопления-выведения радиойода приведены в [1,2].

Моделирование функции отклика гамма-камеры. Методом Монте-Карло моделировался перенос регистрируемого гамма-излучения ^{123}I в системе «коллиматор – ЩЖ пациента (включая фантом головы и шеи)». Целью исследования было выявление особенностей формирования скintiграфического изображения с учетом геометрической и физической сложности среды распространения излучения, а также, изучение эффектов комптоновского рассеяния и их влияние на наложение изображений различных зон интереса. Модель фантома шеи человека (рис.4) включала в качестве подмоделей: элементы шеи (трахея, артерии, вены), фрагмент позвоночного столба, голову и саму ЩЖ. Эти подмодели являются геометрическими примитивами в виде сфер, эллипсов, плоскостей, цилиндров. В расчетах была принята гомогенная модель мягкой ткани, ЩЖ и трахеи со средним значением плотности здоровой ткани – $1,05 \text{ г/см}^3$. Плотность артерий и вен составляла $1,06 \text{ г/см}^3$, плотность костной ткани – $1,4 \text{ г/см}^3$. Расчёты проводились для случаев объемной локализации и равномерного распределения ^{123}I в долях ЩЖ. (см. рис. 5). По деталям технологии моделирования см. [3].

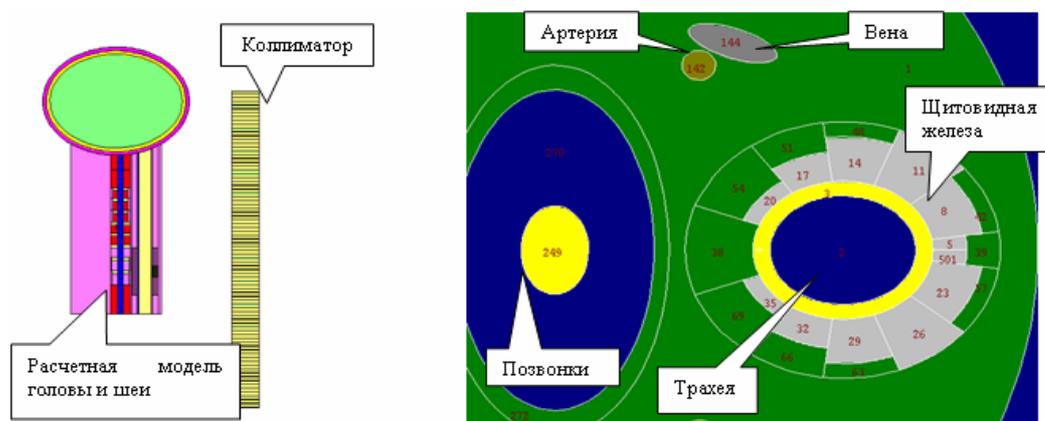


Рис.4. Расчетная модель системы «коллиматор – ЩЖ пациента (включая фантом головы и шеи)»

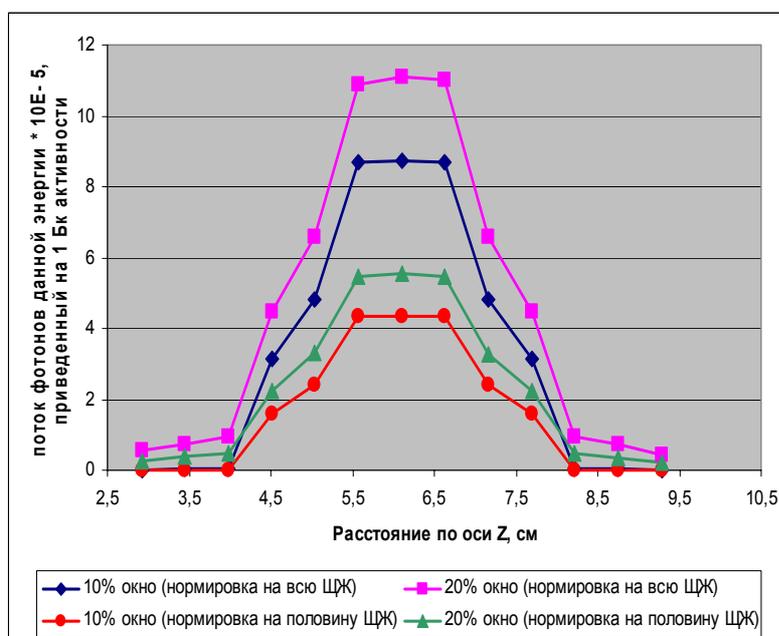


Рис.5. Распределения потоков γ квантов в рабочей зоне коллиматора для энергетических окон 10% и 20%.

1. Клепов А.Н., Кураченко Ю.А., Матусевич Е.С. и соавт. /Применение методов математического моделирования в ядерной медицине. /Под ред. докт. физ.-мат. наук Е.С. Матусевича.- Обнинск, 2006, с 204.
2. Власова О.П., Клепов А.Н., Матусевич Е.С., Поцулко Е.П. /Математическое моделирование для дозиметрического планирования радиоiodтерапии пациентов с заболеваниями щитовидной железы./ Вестник новых медицинских технологий, Тула, №1, 2008.
3. Власова О.П., Кураченко Ю.А., Матусевич Е.С., Клепов А.Н. /Численное моделирование антропоморфных фантомов и дозиметрическое планирование радиоiodтерапии заболеваний щитовидной железы./ «Радиационная защита и радионуклидная безопасность в ядерных технологиях IX Российская научная конференция», г. Обнинск, ФЭИ, 2006, с.421-423.

DEVELOPMENT of TECHNOLOGY in INDIVIDUAL DOSIMETRIC PLANNING for RADIOIODINE of the THYROID DISEASE

Vlasova O.P., Klyopov A.N., Matusевич E.S., Kurachenko Y.A.
The state technical university of atomic engineering, Obninsk.
e-mail: ematus@obninsk.ru, somina@inbox.ru, klyopov@obninsk.com

The multiple researches were performed for development of system for individual dosimetric planning of radioiodine therapy of patients with thyroid diseases. The series of scintigraphic (with ^{123}I) and radiometric (with ^{131}I) researches for accumulation-deducing of radioiodine in thyroid of patients with disease were led: Grave's disease (122 patients) and a toxic nodular goiter (36 patients). Techniques, algorithms and the software for identification of kinetic parameters of radioiodine and calculation of the absorbed doses in tissues and organs were received on the basis of multichamber models. The statistical analysis of efficiency of radioiodine therapy were led with determined absorbed dose and data received from clinic-diagnostic inspections of these patients in Medical Radiological Scientific Centre in Russian Academy of Medical Science and.