

4. Шаназаров, Н. А. Рак желудка: учеб. пособ. /под ред. профессора Важенина А.В. – Челябинск, 2001. – 30 с.
5. Зотов, П. Б. Коррекция синдрома эндогенной интоксикации и нарушений иммунитета у больных распространенным раком / П.Б. Зотов, Л.Ф. Чернецова // Журнал Вестник ТГУ. – 2004. – № 2. – 142 с.
6. Банзаракшеев, В. Г. Лейкоцитарные индексы как способ оценки эндогенной интоксикации организма / В.Г. Банзаракшеев // Бюллетень ВСНЦ. – 2010. – № 3. – С. 390–391.

ПЕРВЫЕ ПРОТОКОЛЫ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОБЛУЧЕНИЯ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

FIRST DOSIMETRY PLANNING PROTOCOLS FOR PROSTATE CANCER EXPOSURE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

М. Н. Петкевич, А. И. Макарова
M. Piatkevich, N. Makarava

*Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Республика Беларусь
MaxPetkevichN@gmail.com
N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

С целью обеспечения высококачественной лучевой терапии, в Республиканском научно-практическом центре онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова группой медицинских физиков разработаны первые в Беларуси локальные протоколы для дозиметрического планирования рака предстательной железы. Протоколы содержат практические, обоснованные рекомендации при планировании облучения пациентов, страдающих раком предстательной железы с применением современных линейных ускорителей электронов, основанные на многолетнем клиническом опыте работы квалифицированных медицинских физиков.

In order to provide high-quality radiation therapy at the Republican Scientific Practical Center of Oncology and Medical Radiology, a group of medical physicists developed the first local protocols in Belarus for radiotherapy treatment planning of prostate cancer patients. The protocols contain grounded practice-oriented recommendations based on the long-term clinical experience of qualified medical physicists in treating patients with prostate cancer for irradiation using modern linear accelerators.

Ключевые слова: лучевая терапия, рак предстательной железы, протоколы дозиметрического планирования, медицинский физик, методики облучения.

Keywords: radiation therapy, prostate cancer, dosimetry planning protocols, medical physicist, radiation techniques.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-234-237>

В работах [1] и [2] авторами показана необходимость в разработке рекомендаций, описывающих алгоритмы действий медицинского физика при проведении всех этапов инженерно-физического обеспечения дистанционной лучевой терапии (далее – ЛТ), процедур контроля качества доставки запланированной дозы излучения, подходы к обоснованному выбору методики облучения, критерии оценки дозового покрытия объемов облучения и дозовых нагрузок на органы риска и нормальные ткани. Целью настоящей работы является разработка протоколов дозиметрического планирования облучения рака предстательной железы на медицинских линейных ускорителях электронов (далее – ЛУЭ), направленных на повышение качества лечебного процесса, оптимизацию работы медицинского физика и уменьшение времени нежелательного нахождения персонала и пациентов в сфере ионизирующего излучения.

Рост заболеваемости злокачественными новообразованиями наблюдается в большинстве стран мира. Среди онкологических заболеваний первым по частоте в 2018 году у мужчин занимает рак предстательной железы (далее – РПЖ) (21%). Отношение смертности к заболеваемости согласно данным канцер-регистра в Республике Беларусь 18,8% – это средний показатель по странам [3].

Лучевая терапия является на сегодняшний день одним из ведущих методов лечения рака предстательной железы. Благодаря развитию радиотерапевтической техники и совершенствованию методик лучевой терапии, появилась возможность применять схемы лечения с высокой суммарной очаговой дозой излучения и минимальной дозовой нагрузкой на здоровые окружающие ткани и органы.

Лучевая терапия – это сложный многоэтапный процесс, в котором принимает участие целый ряд специалистов. В Республике Беларусь к таким специалистам относятся радиационные онкологи, врачи-диагносты, медицинские физики, рентген-лаборанты и медицинские сестры. Качество лучевого лечения зависит от ряда взаимосвязанных операций, выполняемых этими специалистами: соблюдения рекомендаций по подготовке пациента к лучевому лечению, фиксации пациента, способа внесения объемов облучения и критических структур, выбора

методики лучевого лечения, подхода к оценке дозиметрических параметров плана облучения, выполнения проверки соответствия дозового распределения на ЛУЭ полученного на системе планирования облучения, соблюдения мер по реализации запланированных условий облучения от сеанса к сеансу на протяжении всего курса ЛТ, а также своевременного выполнения регламентных процедур по контролю качества работы радиотерапевтического оборудования. Для обеспечения эффективной и безопасной реализации всех процедур ЛТ появилась необходимость в разработке нормативной документации, регламентирующей действия каждого из перечисленного специалиста и направленной на принятие верных решений в определенных клинических ситуациях. В РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова при поддержке экспертов международного агентства по атомной энергии (далее – МАГАТЭ) ведется разработка рекомендаций по проведению лучевого лечения и рекомендаций по дозиметрическому планированию ЛТ. На сегодняшний день разработаны и утверждены первые локальные протоколы по дозиметрическому планированию облучения рака предстательной железы, регламентирующие действия сотрудников отдела по инженерному обеспечению лучевой терапии.

Дозиметрическое планирование облучения – это один из основных этапов лучевой терапии, который включает в себя определение характеристик пучков ионизирующего излучения, выбор методики облучения, оценку дозиметрических параметров плана лучевого лечения, проверку соответствия дозового распределения на ЛУЭ полученного на системе планирования облучения [2]. Подходы, применяемые при выполнении каждого из этапов, напрямую влияют на качество проводимой лучевой терапии пациенту.

Авторами были проанализированы существующие зарубежные нормативно-регламентирующие документы по планированию лучевого лечения и предложена структура протокола, адаптированная к региональным особенностям лучевой терапии. Протокол включает описание анатомии локализации, ее компьютерную визуализацию, физико-технические указания и требования к планированию облучения, в том числе позиционирование пациента, включая его иммобилизацию, конфигурацию углов пучков облучения, методы обратной оптимизации дозиметрического планирования и методы анализа, и оценки планов облучения пациентов дистанционной лучевой терапии.

Предлучевая подготовка пациента начинается с получения объемной анатомической информации о пациенте (компьютерной (далее – КТ) и магнитно-резонансной томографии (далее – МРТ)). Больному проводят исследование с комфортным наполнением мочевого пузыря и пустой прямой кишкой. Одним из примеров наполнения мочевого пузыря является следующая схема: за 30 минут до КТ-симуляции рекомендуется опорожнить полностью мочевой пузырь, затем выпить 2 стакана воды для его умеренного наполнения во время исследований КТ- и МР-топометрии, которая будет воспроизводиться во время всех сеансов лучевой терапии. Пациенту может быть предложена диета, рекомендован прием медицинских препаратов, снижающих газообразование в кишечнике. Пациента укладывают головой к аппарату, лежа на спине, руки комфортно скрещены на груди, могут быть использованы специальные иммобилизирующие приспособления, например, подколенники и фиксаторы стоп, вакуумные матрасы для улучшения точности воспроизводимости и комфортного положения пациента [4].

Полученные КТ- и МР-исследования передаются на систему планирования облучения, где радиационный онколог согласно соответствующему лечебному протоколу на диагностических изображениях определяет объемы мишени и создает все необходимые структуры. В случае подготовки пациента, страдающего РПЖ – это сама простата (далее – GTV), клинический объем мишени (далее – CTV), планируемый объем мишени (далее – PTV), мочевой пузырь, прямая кишка, луковица полового члена, костные структуры, тазобедренные суставы, контур тела и др.

В протоколе описаны три методики дозиметрического планирования РПЖ: 3Д КЛТ – трехмерная конформная лучевая терапия, ЛТМИ – лучевая терапия с модуляцией интенсивности, СЛТМИ – секторная лучевая терапия с объемной модуляцией интенсивности. Выбор методики облучения обусловлен анатомическими особенностями пациента, видом оказания медицинской помощи, аппаратным оснащением радиологического отделения, наличием соответствующего квалифицированного персонала, временем облучения и предъявляемых требований к дозовым нагрузкам на здоровые органы и ткани в каждом отдельном клиническом случае.

В случае создания плана по методике 3Д КЛТ в рекомендациях показаны способы расположения пучков ионизирующего излучения, примеры их формирования (рисунок 1а), расстановка весовых коэффициентов для каждого поля облучения, показаны случаи применения клиновидных фильтров:

- трехпольные 3Д КЛТ методика: 1) 0°, 90°, и 270° (рисунок 1б); 2) 0°, 105°, и 255°;
- четырехпольная 3Д КЛТ методика: 0°, 90°, 180° и 270° (рисунок 1с);
- пятипольная 3Д КЛТ методика: 0°, 45°, 90°, 270°, 315°, (рисунок 1д);
- шестипольная методика;
- способ расстановки полей с ручной модуляцией интенсивности.

При планировании по методикам 3Д КЛТ описана возможность использования клиновидных фильтров и расстановки различных весовых коэффициентов для достижения критерий покрытия объемов PTV и CTV и уменьшения дозовых нагрузок на критические органы.

В случае применения высокотехнологичных методик планирования облучения ЛТМИ и СЛТМИ рекомендации включают: способы расположения пучков ионизирующего излучения, примеры их формирования, перечень необходимых дополнительных структур для планирования; способы определения пределов дозовых нагрузок и управления многоэтапным процессом оптимизации обратного планирования для достижения максимального дозового покрытия мишени и минимизации воздействия ионизирующего излучения на окружающие здоровые ткани и органы.

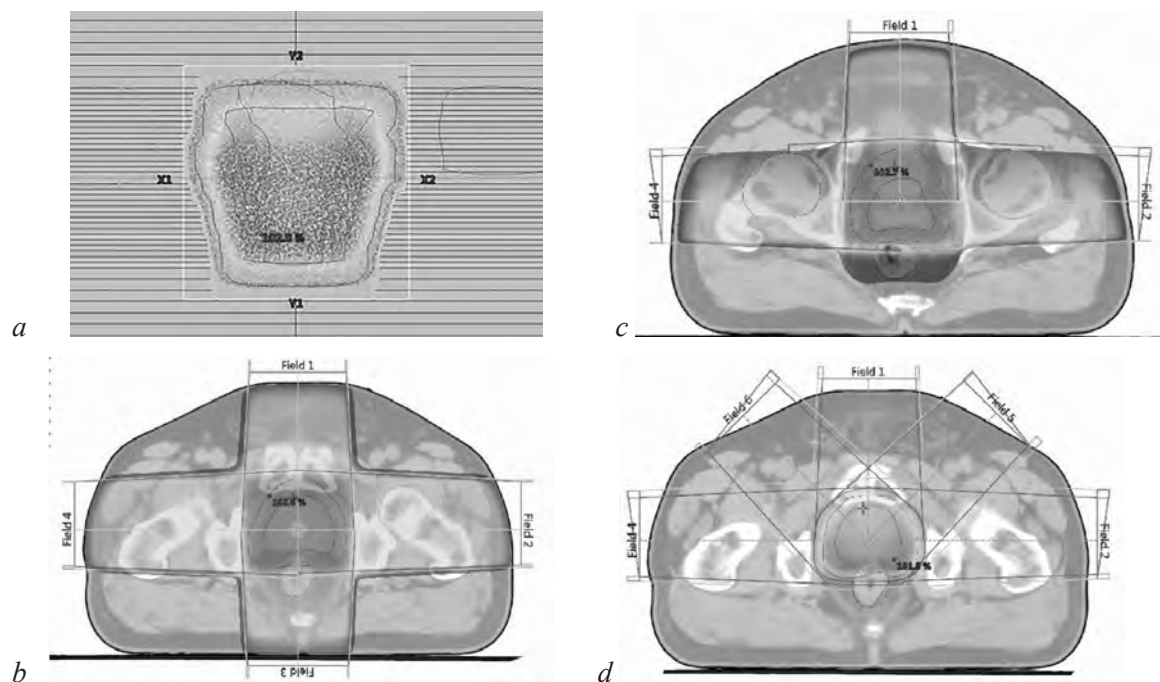


Рисунок 1 – Способы расположения пучков ионизирующего излучения: а) пример формирования границ поля облучения; б) 3 поля облучения; в) 4 поля облучения; д) 5 полей облучения

Одним из наиболее распространенных примеров дозиметрического планирования РПЖ методикой ЛТМИ является семипольный план облучения, состоящий из 7 равноудаленных друг от друга пучков ионизирующего излучения (рисунок 2а). Также описаны примеры пяти- и девятипольных планов облучения в случаях, когда пациент худощавого телосложения либо имеет избыточный вес соответственно. Получение равномерного распределения дозы ионизирующего излучения по объему облучения и быстрого воспроизведения дозиметрического плана на ЛУЭ достигается применением методики СЛТМИ. В рекомендациях рассмотрен план облучения РПЖ, состоящий из двух полных оборотов штатива ЛУЭ по часовой и против часовой стрелки с поворотом коллиматора от 30° до 50° (рисунок 2б). В случае облучения РПЖ большого объема может быть использован план с тремя оборотами штатива ЛУЭ – к двум вышеуказанным добавлен оборот штатива с поворотом коллиматора 90° . Поворот коллиматора необходим для исключения скопления в одном месте дозы излучения, проходящей между лепестками многолепесткового коллиматора (МЛК) [5].

Авторы обратили особое внимание на случаи лучевого лечения пациентов, страдающих РПЖ с протезированными тазобедренными суставами. Материал протезов имеет плотность, намного превышающую плотность костных структур человека из-за чего применение стандартных подходов становится нецелесообразным, в связи с возникновением дополнительной погрешности в воспроизведении плана лучевого лечения на ЛУЭ. В таких случаях план облучения не должен состоять из пучков ионизирующего излучения, проходящих через протезы. Наиболее подходящим является план облучения, рассчитанный по методике СЛТМИ с исключёнными секторами в полях ротационного облучения, проходящими через протезы [5].

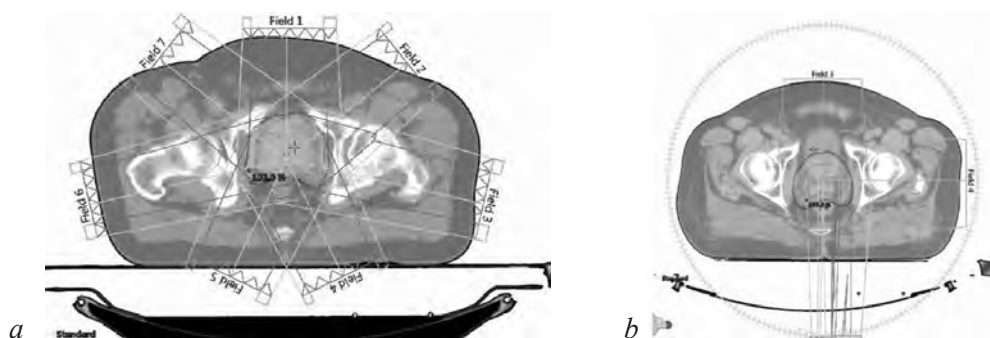


Рисунок 2 – Примеры высокотехнологичных методик планирования облучения РПЖ: а – методом ЛТМИ, б – методом СЛТМИ.

Завершающим этапом планирования облучения является оценка дозиметрических параметров плана лучевого лечения. Используя гистограмму доза-объем, медицинский физик производит количественный анализ дозовых нагрузок на критические органы с учетом вероятности их повреждения согласно шкалам RTOG (радиологическая онкологическая группа) и QUANTEC (количественный анализ повреждений здоровых органов и тканей при

проведении лучевой терапии злокачественных новообразований) и оценку дозового покрытия объемов PTV согласно международным критериям оценки (99% объема PTV покрывается 90% от предписанной дозы, 95% 95%) (рисунок 3). Визуальная оценка дозового распределения производится по каждому срезу на трансверсальной, фронтальной и сагиттальной плоскостях диагностических изображений (рисунок 3).

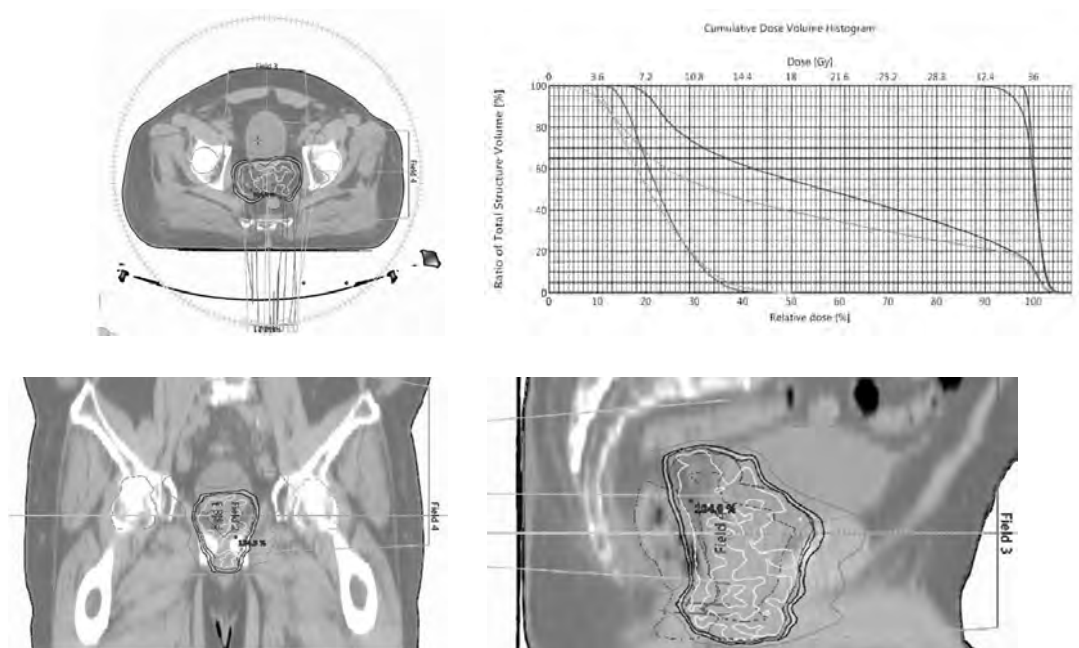


Рисунок 3 – Распределение изодозовых кривых на трансверсальной, фронтальной и сагиттальной плоскостях диагностических изображений, гистограмма доза-объем.

После одобрения лечебного плана и выполнения проверки соответствия дозового распределения на ЛУЭ полученного на системе планирования облучения пациент начинает курс лучевой терапии.

Разработка и внедрение нормативно-регламентирующей документации медицинского персонала позволяет эффективно и безопасно реализовать все процедуры предлучевой подготовки и лучевого лечения пациента, повысить качество лечебного процесса, оптимизировать работу специалистов и уменьшить время нежелательного нахождения персонала и пациентов в сфере ионизирующего излучения. Внедрение в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александро́ва протоколов дозиметрического планирования РПЖ позволило оптимизировать систематический подход на всех этапах проведения лучевой терапии, регламентировать все технические и физические аспекты планирования и облучения пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Development of methodical recommendations for the establishment of physical and technical support for external radiation therapy procedures: papers from IX International Scientific Conference for Young Scientists, Graduates, Master and PhD Students «Actual Environmental Problems», Minsk, 21–22 Nov. 2019 / ISEI BSU; ed.: M. Piatkevich [et al.]: ISEI BSU, 2019. – 197 p.
2. Development of methodical recommendations regulating the selection of external beam radiation therapy technique and parameters of treatment planning: papers from IX International Scientific Conference for Young Scientists, Graduates, Master and PhD Students «Actual Environmental Problems», Minsk, 21–22 Nov. 2019 / ISEI BSU; ed.: M. Piatkevich [et al.]: ISEI BSU, 2019. – 198 p.
3. Океанов, А. И. Рак в Беларуси: цифры и факты. Анализ данных Белорусского канцер-регистра за 2009 - 2018гг./ Океанов А.Е. и др.; под ред. Суконко О.Г.// Минск: Национальная библиотека Беларуси, 2019. – 422 с.
4. Митин, Т. Краткие методические рекомендации по лучевой терапии рака предстательной железы: предлучевая подготовка, оконтуривание, принципы планирования / Митин Т. и др.// ООО «Медскан», Москва, 2017. – 56с.
5. Xia Ping, Godley Andrew et al. (eds.) Strategies for radiation therapy treatment planning. Demos Medical Publishing, 2019. – 319 p.