

И.И. Минайло, О.И. Воробейчикова,
Н.А. Артемова, В.В. Синайко

ГУ «Республиканский научно-практический
центр онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова»,

Минск, Республика Беларусь

Современные методики лучевой терапии

Modern methods of radiation therapy

Summary. Radiation therapy (RT) is one of main methods of cancer treatment. Modern conformal techniques (three-dimensional conformal RT, RT with dose intensity modulation, stereotaxic RT, four-dimensional conformal RT) allow accurate dose delivery to the tumor and thus improvement of the treatment efficacy and reduction of side-effects of radiation influence, which can promote imprudent of the quality of life of the patients.

Key words: cancer patients, radiation therapy.

Резюме. Променева терапія (ПТ) — є одним з основних методів лікування онкологічних захворювань. Сучасні конформні методики (тривимірна конформна ПТ, ПТ з модуляцією інтенсивності дози, стереотаксична ПТ, чотиривимірна конформна ПТ) дозволяють якнайточніше підвести лікувальну дозу до пухлини і таким чином значно підвищити ефективність лікування онкологічних хворих та знизити побічні ефекти променевого впливу, що сприятиме підвищенню якості життя пацієнтів.

Ключові слова: онкологічні захворювання, променева терапія.

Ключевые слова: онкологические заболевания, лучевая терапия.

Лучевая терапия (ЛТ) является одним из основных методов лечения онкологических заболеваний, причем ее применение показано практически при любой стадии заболевания (у оперируемых больных — в качестве компонента комбинированного лечения, у неоперируемых — как самостоятельный метод либо как компонент комплексного лечения, а также в качестве паллиативного средства в тех случаях, когда другие специальные методы лечения оказываются неприемлемыми или неэффективными).

Лучевая терапия предусматривает применение ионизирующего излучения для лечения злокачественных новообразований, а также некоторых неопухолевых заболеваний. В 1922 г. на Международном онкологическом конгрессе в Париже ЛТ была выделена в новую самостоятельную медицинскую клиническую дисциплину.

Современная лучевая терапия — строго научная дисциплина, базирующаяся на фундаментальном физико-техническом обеспечении, радиобиологическом обосновании и достижениях экспериментальной и клинической онкологии.

Под воздействием ионизирующего излучения как в опухоли, так и в нормальных тканях развиваются противоположные процессы — повреждения и восстановления. Успех ЛТ возможен лишь тогда, когда в опухоли преобладают процессы повреждения, а в окружающих ее тканях — восстановления. Биологической основой использования ЛТ в онкологии служит так называемый терапевтический интервал, т. е. различия в степени повреждения и восстановления опухолевой и нормальной тканей при равных уровнях

поглощенных ими доз. Поэтому основное требование клинической радиологии заключается в концентрации максимальной дозы в патологическом очаге при минимальном облучении нормальных тканей.

Сегодня ЛТ в онкологии представляет собой сложную технологическую цепочку, исключение одного из звеньев которой неизбежно приводит к ухудшению качества лечения.

Согласно заключению экспертов ВОЗ, успех ЛТ примерно на 50 % зависит от радиочувствительности опухоли, на 25 % — от аппаратного оснащения, на 25 % — от выбора рационального плана лечения и точности его воспроизведения от сеанса к сеансу.

С учетом современных требований обеспечения гарантии качества ЛТ состоит из нескольких последовательных технологических этапов:

диагностика;

получение анатомо-топографической информации о степени и объеме распространения опухолевого процесса с использованием специальных рентгенологических исследований на компьютерных томографах и симуляторах, на ультразвуковых и лазерных установках с использованием прецизионной эндоскопической техники;

клиническое планирование лечения с выбором способов ЛТ;

компьютерное дозиметрическое планирование сеансов облучения с выбором вида и энергии излучения, способов подведения дозы;

разметка центров и конфигурации полей облучения на коже пациента;

тщательная многократная укладка пациента на процедурном столе;

визуальная верификация зоны облучения;

процедура облучения пациента;

систематический мониторинг зоны и мишени облучения с возможной коррекцией плана облучения; оценка непосредственных результатов лечения.

Для того чтобы ЛТ была высокоэффективной, помимо специальных знаний о радиобиологии опухоли, точном выборе ежедневной и суммарной дозы облучения, времени ее подведения, практически важно обеспечить облучение опухолевого поражения в полном объеме (какой бы сложной объемной конфигурацией оно не обладало), при этом минимально воздействуя на близлежащие здоровые ткани. Решение этой стратегически важной задачи, предполагающей так называемое «конформное облучение», возможно только с помощью современных технологий ЛТ.

«...Понятие «конформная лучевая терапия» может быть определено как попытка придания объему высокой дозы формы опухоли, ограничивая при этом до минимума дозу на окружающие здоровые ткани. С клинической точки зрения — это попытка обеспечить полное излечение первичного очага без превышения толерантности нормальных тканей...». Прочитав это определение 3-D конформной ЛТ, данное американским медицинским физиком профессором Джеральдом Катчером, можно убедиться в том, что ЛТ всег-

да придерживалась вышеизложенной концепции. Однако, данная идея в полной мере начала реализовываться лишь с начала 90-х годов, когда появились первые трехмерные планирующие системы. Сегодня 3-D конформная ЛТ используется при лечении больных с заболеваниями центральной нервной системы, орбиты, лицевого черепа, органов грудной полости, брюшной полости, малого таза и злокачественными лимфомами, подлежащими лучевой терапии по радикальной программе и нуждающимися в использовании трехмерного (объемного) планирования для обеспечения максимального снижения лучевой нагрузки на критические органы и ткани.

Современные конформные методики ЛТ (трехмерная конформная ЛТ, ЛТ с модуляцией интенсивности дозы, стереотаксическая ЛТ, четырехмерная конформная ЛТ) дают возможность наиболее точного подведения лечебной дозы к опухоли, так как при планировании учитывается пространственная геометрия новообразования.

В свою очередь реализация современных технологий ЛТ требует оснащения радиологических отделений необходимым оборудованием.

Отдел лучевой терапии ГУ «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова» располагает современной радиотерапевтической аппаратурой для конформной ЛТ, позволяющей проводить высокоточное облучение заданных «мишеней» с минимальным воздействием на окружающие ткани.

Конформная ЛТ проводится на радиотерапевтическом комплексе, в состав которого входит:

2 линейных ускорителя электронов с динамической многопластинчатой диафрагмой, применяющейся для создания фигурных полей облучения. В зависимости от направления излучения на облучаемый очаг диафрагма автоматически меняет размеры и конфигурацию поля облучения. В результате существенно (на 30–40%) уменьшается объем облучения здоровых тканей, а это в результате приводит к снижению частоты возникновения и тяжести лучевых реакций и осложнений со стороны здоровых тканей и критических органов;

компьютерная система трехмерного планирования облучения;

компьютерный рентгеновский томограф для топометрической подготовки пациентов к облучению с возможностью передачи данных в формате DICOM 3/DICOM RT по компьютерной сети. Томограф для проведения предлучевой подготовки пациентов представляет собой серийный спиральный томограф, оборудованный специальными приспособлениями, которые используются на терапевтическом столе ускорителя. В свободное время от проведения предлучевой подготовки томограф может быть использован для проведения диагностических исследований в клинике;

рентгеновский симулятор с томографической приставкой для проверки выбранных оптимальных пла-

нов и разметки полей облучения, подключенный к компьютерной сети;

система дозиметрии;

набор фиксирующих приспособлений;

сетевое обеспечение радиотерапевтического комплекса;

сервер баз данных пациентов и изображений.

Одна из современных методик конформной ЛТ — лучевая терапия с использованием модуляции интенсивности дозы (Intensity Modulated Radiotherapy — IMRT). Данная методика позволяет еще больше снизить лучевые нагрузки на здоровые ткани и критические органы, окружающие опухолевый очаг. В основе метода лежит применение трехмерных компенсирующих фильтров на входе в облучаемый объект. Применение пучков с модулированной интенсивностью позволило увеличивать дозу на опухоли предстательной железы вплоть до 90 Гр, на опухоли головы и шеи — до 70–76 Гр без увеличения частоты и тяжести реакций со стороны окружающих нормальных тканей [1–4]. Она дает возможность создавать не только радиационное поле любой требуемой формы, но и осуществлять облучение во время одного и того же сеанса с различной интенсивностью. Это стало возможным благодаря созданию так называемого «многолепесткового коллиматора». Он имеет подвижные лепестки или экраны, которые могут блокировать определенную часть радиационного пучка. Использование компьютерного управления положением большого количества узких, плотно прилегающих друг к другу лепестков, дает возможность генерировать поле любой требуемой формы. Устанавливая лепестки в заданное положение, можно сделать поле, полностью соответствующее форме опухоли. Регулировка поля производится весьма быстро посредством изменений в компьютерном файле, содержащем установки для лепестков.

Американское общество терапевтической радиологии и онкологии (The American Society for Therapeutic Radiology and Oncology — ASTRO) и Американская ассоциация медицинских физиков (The American Association of Physicists in Medicine — AAPM) считают, что интенсивно-модулированная радиотерапия представляет собой на сегодняшний день самую перспективную технологию дистанционного облучения [1]. В соответствии с рекомендациями Американского общества терапевтической радиологии и онкологии, а также Американской ассоциации медицинских физиков, использование IMRT в клинике требует абсолютно обязательного выполнения ряда условий: наличия корректного изображения первичной опухоли и окружающих ее структур, полученного с помощью лучевых методов диагностики; учета возможного физиологического движения мишени (опухоль) и других органов; жесткой иммобилизации пациента на лечебном столе радиотерапевтического аппарата.

Стереотаксическая лучевая терапия (СЛТ) — еще одна современная методология ЛТ, представляющая

собой сложную процедуру на основе сочетания современных нейрохирургических и радиотерапевтических принципов. Это высокопрецизионное, т.е. очень точное облучение патологических очагов поражения небольшого размера с конвергенцией множества лучей (пучков излучения) в изоцентре с высоким градиентом дозы. В зависимости от вариантов распределения подводимой дозы облучения во времени СЛТ подразделяется на стереотаксическую радиохирургию (СРХ), при которой высокие дозы ионизирующего облучения подводятся за один сеанс облучения, и стереотаксическую радиотерапию (СРТ), при которой проводится несколько сеансов облучения. Обязательным условием СЛТ является использование специальных фиксирующих устройств, таких как инвазивная стереотаксическая рамка либо неинвазивная стереотаксическая маска.

Особенностью стереотаксических методов ЛТ является высочайшая точность (с отклонением менее 0,5 мм) позиционирования мишени и уникальное распределение дозы ионизирующего излучения, при котором поглощение основной части подводимой энергии происходит в объеме облучаемого патологического очага и прилежащего непосредственно к нему весьма ограниченного объема нормальной ткани. Обычно СРХ используется при лечении небольших (до 3 см) патологических образований, а при использовании СРТ возможно облучение патологических очагов большего размера практически в любой точке тела человека.

В настоящее время для реализации стереотаксического облучения используются как гамма-терапевтические установки («гамма-нож»), так и различные модификации линейных ускорителей электронов (например, используемые в нашем центре линейные ускорители Clinac и Trilogy). Преимуществом метода СРХ является возможность лечения патологических очагов в хирургически недоступных областях мозга, минимальная инвазивность и отсутствие в необходимости общей анестезии, возможность лечения в амбулаторном режиме в течение одного дня и, как следствие, высокая экономическая эффективность метода. Кроме этого, следует отметить эффективность СРХ в отношении даже радиорезистентных опухолей (например, таких как вестибулярные шванномы, метастазы меланомы или рака почки) и отсутствие острых проявлений лучевой токсичности (повышение внутричерепного давления, нередко сопровождающееся тошнотой или рвотой, выпадение волос, кожные реакции), развивающихся при традиционных методах облучения опухолей головного мозга.

Методики стереотаксического облучения в определенной степени составляют конкуренцию инвазивным вмешательствам и, в ряде случаев, являются единственным возможным вариантом лечения для данного пациента. Развитие этого направления свидетельствует о высоком научно-техническом и клиническом потенциале лечебного учреждения.

Одной из наиболее сложных задач радиационной онкологии в наше время является применение высокоточной ЛТ для лечения подвижных опухолей. Максимальной подвижностью при респираторных движениях обладают опухоли легких, грудных желез, предстательной железы, печени, пищевода. При этом смещение новообразований в зависимости от фазы дыхательного цикла (вдоха или выдоха) может достигать от 1 до 6 см.

Четырехмерная конформная ЛТ — методика, при использовании которой помимо геометрических параметров опухоли в трех измерениях учитывается «четвертое измерение», т.е. смещение опухоли во время физиологического акта дыхания. Во время предлучевой подготовки на рентгеновском симуляторе или компьютерном томографе проводится мониторинг дыхательного цикла пациента. Компьютерная томография для последующего планирования ЛТ осуществляется в определенной фазе дыхательного цикла, равно как и все прочие процедуры предлучевой подготовки. Сеансы ЛТ проводятся в этой же фазе респираторного цикла, т.е. излучение на линейном ускорителе включается только на вдохе или выдохе. Четырехмерная конформная ЛТ обеспечивает более точное подведение лечебной дозы к подвижным опухолям, позволяет значительно снижать лучевую нагрузку на здоровые органы и ткани за счет уменьшения отступа, добавляемого к клиническому объему мишени, а также делает возможным проведение эскалации дозы на опухоль.

Широкое внедрение и реализация новых, перспективных технологий ЛТ позволит значительно повысить уровень специализированной медицинской помощи онкологическим больным, снизить побочные эффекты ЛТ и, тем самым, будет способствовать повышению качества жизни пациентов.

Литература

1. Galvin J.M., Ezzell G., Eisbrauch F. et al. // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* – 2004. – Vol. 58. – P.1616–1634.
2. *International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy (ICRU Report 50)*. – Bethesda, Md: International Commission on Radiation Units and Measurements, 1993.
3. Purdy J.A. *A practical guide to ICRU 50 volume and dose specifications for 3D conformal therapy // A Practical Guide to 3D Planning and Conformal Radiation Therapy* / Ed. Purdy J.A., Starkschall C. Madison, Wis: Advanced Medical, 1999.
4. Xia P., Amols H.I., Ling C.C. *Three-dimensional conformal radiotherapy and intensity-modulated radiotherapy breast // Textbook of Radiation Oncology. 2th ed.* / Ed. by Leibel S.A. and Phillips T.L. – Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2004. – P.163–186.