

*В.А. Солодкий, Г.А. Паньшин, А.В. Ивашин***Клинико-топометрическая подготовка к проведению современной конформной дистанционной радиотерапии (практические аспекты)**ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава РФ,  
г. Москва

В статье подчеркивается, что на современном этапе развития клинической онкологии радиотерапевтическое лечение злокачественных новообразований является одним из ведущих консервативных методов лечения рака практически всех локализаций и на всех стадиях опухолевого процесса.

При этом, для практической современной клинико-топометрической подготовки онкологических больных используются биометрические, рентгенологические, изотопные, ультразвуковые и томографические методы исследования, из которых на сегодняшний день, медицинская визуализация является основным инструментом в реальной подготовке наиболее оптимального компьютерного дозиметрического плана проведения дистанционной конформной радиотерапии.

**Ключевые слова:** конформная дистанционная радиотерапия, клинико-топометрическая подготовка, аппаратура для проведения медицинской визуализации

Более чем вековая история клинического использования ионизирующего излучения в онкологии убедительно доказывает необходимость этого метода в лечении злокачественных новообразований, частота которых за последние годы продолжает медленно, но неуклонно возрастать в индустриально развитых странах.

Современное радиотерапевтическое лечение злокачественных новообразований является одним из ведущих консервативных методов лечения рака практически всех локализаций и на всех стадиях опухолевого процесса.

При этом на сегодняшний день конформная радиотерапия (3D) предусматривает такое облучение, при котором, с одной стороны, запланированный объем облучаемых тканей любой формы и пространственного расположения облучается прецизионно (точно), а с другой – селективно, минимизирующим радиационное воздействие на окружающие опухоль нормальные ткани и критические органы.

Современные конформные методики радиотерапии (трехмерная конформная радиотерапия, радиотерапия с модуляцией интенсивности дозы,

стереотаксическая радиотерапия/радиохирургия, четырехмерная конформная радиотерапия, радиотерапия, управляемая по изображению в реальном времени, радиотерапия по методике модулированной по интенсивности арк-терапии) дают возможность наиболее точного подведения лечебной дозы к опухоли, так как при планировании учитывается пространственная геометрия новообразования [2, 3, 4, 6, 7, 13, 14, 15, 18, 19, 22, 24].

В настоящее время реализация конформной радиотерапии основывается на предварительном применении в каждой конкретной клинической ситуации техники компьютерного построения трехмерного планируемого индивидуального объема облучаемых тканей, включающего в себя границы распространения злокачественного процесса и зоны его возможного субклинического распространения, а также прилежащих к нему органов и структур с целью расчета наиболее эффективных полей и доз ионизирующего излучения, генерируемого на современных радиотерапевтических ускорительных комплексах.

Вместе с тем, в настоящее время для адекватной подготовки к проведению современной конформной дистанционной радиотерапии необходим минимальный набор специального оборудования, включающего в себя:

- Рентгеновский симулятор или КТ-симулятор (Con-beam CT).
- Рентгеновский компьютерный томограф для онкологии.
- Магнитно-резонансный томограф (желательно).
- Компьютерный томограф с коническим пучком, интегрированный в линейный ускоритель (Con-beam CT) (желательно).
- Оборудование для осуществления лазерной и световой центрации.
- Аппаратура для активного контроля за дыханием (Real-Time Position Management – RPM respiratory gating), система задержки дыхания (Active Breathing Coordinator) и др. (желательно).
- Фиксирующие приспособления: термопластические маски, приспособления для фиксации больного в положении на спине и животе и ком-

прессии брюшной полости, вакуумные матрацы и пр.

– Компьютерная радиологическая сеть, позволяющая передавать информацию последовательно по этапам подготовки к облучению до его осуществления, исключая ошибки, связанные с человеческим фактором.

### **Клиническая топометрия**

Клиническая топометрия предусматривает определение у конкретного больного размеров, площади, объема патологических образований, органов (в том числе и критических) и анатомических структур, а также описание в количественных терминах их взаимного расположения (синтопии).

Основные принципы клинической топометрии состоят в следующем:

– строго индивидуальная для каждого больного топометрическая подготовка к планируемой радиотерапии;

– топометрическая подготовка в положении тела больного, идентичном его положению при последующем проведении планируемого облучения с использованием необходимых фиксирующих устройств;

– максимальное приближение физиологического состояния больного во время топометрической подготовки к состоянию во время планируемого облучения (интервал времени от приема пищи, физиологических отравлений и т.п.). Строгое выполнение этих условий обеспечивает равную степень как наполнения полых органов, так и физиологического состояния организма;

– сочетание максимально возможной точности топометрической подготовки с минимальной ее обременительностью для больного и обслуживающего персонала за счет выбора наиболее необходимых форм и средств ее реализации, предоставляющих необходимую адекватную информацию.

Следует отметить, что определение формы и размеров очага-мишени и его ориентацию в теле пациента, а также синтопию окружающих органов и тканей, расстояние между мишенью и наиболее важными, с точки зрения распределения лучевой нагрузки, анатомическими структурами и «критическими органами» в практическом плане получают с помощью биометрических, рентгенологических, изотопных, ультразвуковых и томографических методов исследования.

При этом, необходимо подчеркнуть, что на сегодняшний день медицинская визуализация является основным инструментом в реальной подготовке наиболее оптимального плана проведения конформной радиотерапии.

В первую очередь при выполнении предлучевой подготовки пациентов используются рентгеновские симуляторы (РС), РС с функцией компьютерной томографии в коническом пучке (симулятор-КТ), позволяющий проводить более точную подготовку больного к облучению (10), также КТ – симуляторы.

Необходимо подчеркнуть, что наиболее рутинной клинической топометрией и, в то же время, наименее обременительной как для больных, так и для медицинского персонала, в частности, при разметке полей облучения и определении глубины залегания опухоли, является ее реализация на классическом рентгеновском симуляторе.

### **Практическое применение рентгеновского симулятора при выполнении предлучевой подготовки**

Рентгеновский симулятор – это прибор, необходимый, в основном, для выбора контуров (границ) радиационного поля. При этом его возможности заключаются в следующем:

– возможность использования модификаторов пучков излучения (апертура электронов и т.д.) и выполнение верификации программы облучения;

– в отличие от КТ способен изменять расстояние от фокуса трубки до оси вращения от 80 до 100 см. иногда, вплоть до 150 см;

– возможно точное позиционирование пациента и направления пучка излучения, являющиеся главными составляющими процесса многоцентрической симуляции;

– возможность проведения процесса имитации процесса облучения за счёт совмещения множества планарных рентгеновских снимков.

Вместе с тем, с практической точки зрения необходимо отметить и ряд недостатков этих аппаратов для предлучевой подготовки онкологических больных. Так, например, обычный (флюороскопический) симулятор наряду с (рутинной) возможностью флюороскопической симуляции условий облучения для проверки положения изоцентра и границ пучка излучения и нанесения разметки на тело больного для позиционирования при облучении, имеет к тому же и ряд недостатков:

– ограниченный контраст мягких тканей;

– опухолевый очаг практически неразличим;

– требуется знать положение опухолевого очага относительно видимых ориентиров;

– позволяет определить границы поля облучения лишь относительно костных ориентиров или контрастированных анатомических структур.

На сегодняшний день наиболее современной является применение при планировании

конформной радиотерапии универсального КТ-симулятора, с помощью которого возможно осуществление высокоточной рентгеновской визуализации области (мишени) облучения в условиях, абсолютно идентичным, условиям терапевтического облучения с последующей проекцией на кожу пациента центров и конфигураций полей облучения, возможностью предварительной симуляции процесса радиотерапии и последующей проверкой его идентичности запланированному курсу радиотерапии.

### **Практическое применение КТ-симулятора при выполнении предлучевой подготовки**

КТ- симулятор обладает полным набором современных функций, необходимых для адекватного проведения предлучевой топометрической подготовки с предоставлением некоторых возможностей, недоступных для обычных симуляторов. Например, с помощью КТ-симулятора можно в трёхмерном режиме визуализировать и внутреннюю анатомию и геометрию лучей, что позволяет оптимизировать технику лечения в интерактивном режиме.

При этом, использование виртуальной симуляции, т.е. программной обработки томографических изображений, позволяет, при помощи определенного набора инструментов отображения, решать следующие задачи:

- оконтуривать объёмы мишеней и структур, состоящих из нормальных тканей;
- выполнять расчёт координат изоцентра относительно внутренних структур пациента, а также привязку к координатам помещения с целью нанесения на тело пациента или на имобилизирующее устройство контрольных меток;
- осуществлять генерацию и управление пучками излучения, которые могут быть в любой плоскости показаны на получаемых изображениях на фоне оконтуренных структур;
- выполнять генерацию цифровых рентгенограмм. Трёхмерная геометрия, созданная посредством виртуальной симуляции, в конечном итоге, должна сравниваться со снимками, полученными на симуляторе, или портальными верификационными изображениями, полученными на радиотерапевтическом аппарате (12).

В целом, КТ-симулятор обладает возможностью, на фоне повышенного контрастирования мягких тканей, получения аксиальной анатомической информации, оконтуривания мишеней и органов риска непосредственно на КТ-срезах, построения (3d-визуализация) объемного плана проведения радиотерапии и просмотра его реализации в реальном пучке излучения. При этом расчет дозного распределения предусматривает построение гистограммы доза-объем (8), что

позволяет оценить какую дозу получает интересующий орган или ткани, и на основе этого, выбрать (редактировать) оптимальный план радиотерапии, который обеспечивает преемственность укладок, конформность полей облучения, а также высокий градиент падения дозы излучения за границами мишени.

Однако к его определенным недостаткам можно отнести, помимо весьма высокой стоимости, и необходимость дополнительной подготовки и соответствующей квалификации обслуживающего персонала.

### **Практическое применение компьютерного томографа при выполнении предлучевой подготовки**

Следует отметить и тот факт, что в настоящее время при невозможности, по различным причинам, применение КТ-симулятора для адекватного проведения предлучевой топометрической подготовки, одним из основных источников информации о взаиморасположении опухоли и неповрежденных тканей в организме больного являются компьютерный рентгеновский и магнитно-резонансный томографы. Учитывая то, что контрастность изображения на рентгеновской компьютерной томограмме определяется электронной плотностью тканей, которая, в свою очередь, жестко связана с их способностью поглощать рентгеновское и гамма-излучение, при планировании радиотерапии именно методу рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) отдается предпочтение, тем более, что новые медицинские технологии позволили КТ отстоять ведущие позиции среди прочих современных методов визуализации как метода выбора в любых клинических ситуациях [1, 17].

При этом, в случае, когда в системе планировании радиотерапии имеется возможность непосредственного импорта КТ-сканов, погрешность среза определяется лишь воспроизводимостью укладки, естественным смещением органов пациента и точностью калибровки томографа.

Следует подчеркнуть, что РКТ-исследования, используемые в предлучевой подготовке, существенно отличаются от диагностических. Если в традиционной лучевой диагностике главной задачей является постановка диагноза, то при планировании радиотерапии перед РКТ, наряду с диагностическими, стоят иные задачи. Это определение топографо-анатомических взаимоотношений опухоли и окружающих нормальных тканей, привязка положения опухоли и окружающих ее органов и тканей к кожным меткам, передача данных в компьютерную систему планирования дистанционного или контактного облучения, а также мониторинг эффективности лечения.

Конечно, практически каждый РКТ-сканер, используемый в предлучевой подготовке, может решать диагностические задачи. Но, при этом, не любой диагностический компьютерный томограф может быть использован для планирования радиотерапии. Во-первых, компьютерные томографы для радиотерапии (онкологии) имеют увеличенный диаметр апертуры гантри (80 – 90 см), в то время как у диагностических сканеров диаметр апертуры обычно составляет 70 см. Это обстоятельство дает возможность проводить полноценные топометрические исследования при всех возможных локализациях злокачественного процесса, в том числе в условиях одновременного применения необходимых фиксирующих приспособлений.

Кроме того, компьютерные томографы для радиотерапии имеют две заменяемые деки стола – вогнутую и плоскую, вторые – только вогнутую. Плоская дека соответствует конфигурации столов радиотерапевтических аппаратов. Увеличенный диаметр апертуры гантри вместе с расширенным полем обзора позволяют производить сканирование в том же положении пациента, в котором он будет в последующем облучаться (с необходимыми фиксирующими приспособлениями) и получать при этом замкнутый контур тела. Необходимость визуализации контура тела пациента является еще одним отличием КТ-исследований для целей планирования радиотерапии от диагностических исследований. Шаг сканирования осуществляется на протяжении всего планируемого объема тела, подвергаемого радиотерапевтическому воздействию, и определяется в зависимости от конкретной клинической ситуации.

По данным полученных снимков и при помощи наличия в кабинете предлучевой подготовки лазерной системы центрации на теле пациента отмечают опорные точки (реверсные метки) в 3-х взаимно перпендикулярных плоскостях, по которым в последующем будет воспроизводиться их укладка для проведения сеансов радиотерапии.

Томограф оснащен станцией виртуальной симуляции, интегрирован с системой планирования и информационно-управляющей системой, что позволяет с абсолютной точностью воспроизводить положение пациента во время последующего лечения.

При этом, однозначно, чтобы пациент находился в одинаковом положении во время топометрических исследований и разметки и в последующем процессе проведения радиотерапии.

Для достижения этих целей применяют различные фиксирующие приспособления из термопластика, которые жестко крепятся как к лечебному столу, так и к деке топометрического

(диагностического) аппарата. Они помогают избежать случайных движений пациента во время разметки и лечения, дают возможность максимально идентично укладывать его в соответствии с планом лечения и способствуют, в конечном итоге, снижению облучения здоровых органов и тканей.

Далее, в положении лечебной укладки с иммобилизирующими приспособлениями выполняется компьютерная томография с вынесением референсной зоны. Полученный пакет изображений в формате DICOM передается на планирующую станцию, где врач-радиотерапевт обозначает контуры объемов мишени и критических структур.

Важной проблемой, возникающей при топометрическом исследовании, является естественное смещение органов пациента при его физиологических движениях, в частности, при дыхании, сопровождающееся, в свою очередь, и смещениями связанных с ними, как самой опухоли, так и, соответственно, планируемого облучаемого объема тканей. Данная ситуация обычно оценивается при флюороскопии (рентгеновский симулятор), поскольку она учитывает подвижность опухоли, как при вдохе, так и при выдохе, но она часто плохо визуализируется и, при этом, не всегда можно перенести эту информацию в планирующую систему. Для решения данной проблемы реализуется концепция «мобильной мишени» за счет использования (слияние) нескольких КТ, выполненных в разные фазы дыхания («медленная КТ»). При этом при спиральном сканировании время исследования удлиняется за счет времени ротации трубки и замедления движения стола [16].

К определенным недостаткам КТ-центраций, наряду с большой стоимостью компьютерного томографа для онкологии и затратами времени на ее практическую реализацию, относится и недостаточная дифференциация мягкотканых структур при выявлении в них патологических изменений.

### **Роль других методов визуализации при выполнении предлучевой подготовки**

Вместе с тем, хотелось бы подчеркнуть, что во время как рентгеновская компьютерная томография является основным методом получения изображений, лежащих в основе планирования радиотерапевтического лечения, другие методы, такие как магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронная и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ПЭТ и ОФЭКТ) и ультразвуковое исследование (УЗИ) также могут предоставлять весьма важные данные, позволяющие, в конечном итоге, значительно

оптимизировать разрабатываемые планы проведения конформной радиотерапии.

Так, по сравнению с КТ при МРТ отлично контрастируются мягкие ткани и при этом лучше обеспечивается отграничение нормальных тканей от опухолевых, а за счет улучшения контрастности возможно подавлять изображения таких конкретных тканей, как жир или их отечность. Кроме того, MR-изображения могут быть получены в сагиттальной и коронарной плоскостях, позволяющих лучше визуализировать некоторые ткани.

В то же время, несмотря на вполне определенные положительные возможности в плане получения диагностической информации для планирования радиотерапии, некоторые отрицательные явления, возникающие при этом, не позволяют использовать для этих целей только данные МРТ в самостоятельном виде, в частности, из-за возникающих весьма существенных пространственных искажений и артефактов получаемых изображений.

Применение в предлучевой подготовке ОФЭКТ и ПЭТ способствует получению уникальной метаболической информации, позволяющей решать, в получаемых анатомических изображениях с количественным определением функция того или иного органа, возникающую в ряде клинических случаев, определенной двусмысленности в ее интерпретации («норма», «патология»).

Ультразвуковое исследование обеспечивает в режиме реального времени получение объемной информации, касающейся четкого определения границ органа, подвергаемого лучевому воздействию. При этом, УЗИ является чрезвычайно полезным методом анализа фокальных поражений, и играет очень важную роль, если пациенту нельзя ввести контрастное вещество внутривенно и, кроме того, является более дешевым методом, а также не подвергает пациента воздействию ионизирующего излучения.

Важно также понимать, что ультразвуковые методы не являются заменой, в частности, МРТ. Однако после получения результатов МРТ их диагностическую ценность можно еще больше увеличить, анализируя томограммы вместе с ультразвуковым изображением, обладающим собственными преимуществами.

После проведенной первоначальной симуляции врач-радиотерапевт на снимках КТ, МРТ и ПЭТ-КТ определяет необходимый объем облучаемых тканей, а также здоровые органы и ткани, в том числе и «критические», находящиеся по соседству, и полученные данные пересылаются в систему планирования. Системой планирования на основании заданий облучения (объемы, цели облучения, разовые и суммарные дозы, режимы

фракционирования, органы риска и пр.) определяются параметры облучения (вид и энергия излучения, размеры, направления и количество пучков и др.) рассчитывается дозное распределение, целесообразность использования защитных блоков, коллиматоров и компенсаторов (для экранирования нормальных тканей)

### Технология Fusion

Необходимо подчеркнуть, что все вышеперечисленные методы визуализации, применяемые в одиночку, не могут обеспечить получение в полном объеме всей физической и геометрической информации, необходимой для планирования конформной радиотерапии. Поэтому, для наиболее оптимального применения (использования) информации от каждого из них, они должны быть интегрированы (объединены) друг с другом с целью слияния полученных изображений и эффективным перекрытием сильных сторон одного метода визуализации недостатков другого (технология Fusion).

Основной принцип объединения изображений заключается в совмещении двух наборов данных. Первый набор данных называется исходным, который состоит из КТ-изображений, служащими основой при совмещении и последующем вычислении дозы. Второй набор данных называется вторичным и состоит либо из КТ-, МР- или ПЭТ-изображений, которые, при мультимодальном совмещении исходных данных, объединяющих всю полученную анатомическую информацию, и реализации преимуществ различных методик визуализации, позволяют наиболее четко и достоверно определить границы сложных целевых и критических структур, подвергаемых воздействию ионизирующего излучения [20].

Следует также подчеркнуть и то, что в последнее время технология Fusion позволяет также совмещать процесс ультразвукового сканирования в режиме реального времени со снимками, полученными до этого на КТ, МРТ или ПЭТ.

В последующем, на основании полученных данных медицинский физик, согласно запланированному плану радиотерапевтического лечения, подбирает рациональное количество полей облучения, их направления, энергию, дозу, контролируемую с помощью дозообъемных гистограм мишени и критических органов [8].

### Фиксирующие устройства для иммобилизации

Как уже было отмечено выше, к одному из основных технологических этапов предлучевой подготовки онкологических больных перед до-

заметным планированием проведения конформной дистанционной радиотерапии относится обязательное применение при ее реализации индивидуальных фиксирующих устройств, предназначенных для тщательной иммобилизации области, подлежащей в последующем радиотерапевтическому воздействию и способствующих, в конечном итоге, снижению облучения здоровых органов и тканей [9].

Для этого применяются различные фиксирующие приспособления из специальных материалов и сплавов, обладающих, помимо прочего, способностью максимального ограничения возникновения вторичной радиации. Вместе с тем, необходимо предвидеть и тот факт, что все же средства иммобилизации (вакуумные матрасы, фиксирующие устройства из термопластика) в пучке излучения вызывают определенное ослабление дозы на глубине и увеличивают при этом кожную дозу. Более того, дополнительные устройства, обычно сделанные из углеродистого материала, пластика или алюминия, предназначенные для крепления фиксирующих устройств к столу с помощью опорной пластины или подобных приспособлений, также увеличивают ослабление и кожную дозу на величину, зависящую от типа и состава устройства [11]. Данное обстоятельство необходимо учитывать при дозиметрическом планировании процесса радиотерапии.

### Заключение

В заключение данного раздела, касающегося анатомо-топографической подготовки больных к проведению конформной дистанционной радиотерапии, хотелось бы еще раз подчеркнуть, что одной из самых трудоемких задач при этом, адекватное решение которой направлено, в конечном итоге, на успешное завершение планирующегося радиотерапевтического лечения, является определение оптимального целевого объема облучаемых тканей. При этом, наличие современных рентгеновского симулятора, компьютерного томографа, УЗИ-сканера, магнитно-резонансного и/или позитронного томографов, а также возможность получения гибридных изображений при проведении предлучевой топометрии позволяют выбрать оптимальную программу трехмерного дозиметрического планирования и весьма точно определить границы мишени, подлежащей облучению [2, 5, 21, 23].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В.Г., Антошук С.Г., Крылов В.Н. Базовые методы обработки биомедицинских изображений // Электроника и связь. Темат. вып. «Проблемы электроники». – 2008. – Т.2. – С. 53–56.
2. Артемова Н.А., Минайло И.И., Страх А.Г. Предлучевая подготовка с использованием объемного планирования // В сб.: Контроль качества лучевой терапии и лучевой диагностики. – Минск. – 2009. – С. 261–270.
3. Васильев Л.В., Старенький В.П. Современные аспекты предлучевой подготовки для проведения конформной радиотерапии больных раком легкого // Украинский радиологический журнал. – 2016. – Т. 24. – № 2. – С. 80–86.
4. Костылев В. А., Наркевич Б. Я. Медицинская физика. – М.: Медицина, 2008. – 458 с.
5. Ляхов А.С., Вавилов К.В. Опыт применения 3D КТ-топометрии при планировании лучевой терапии. – Медицина в Кузбассе. Спецвыпуск -1, 2015. – 10 с.
6. Минайло И.И., Демешко П.Д., Леусик Е.А. и др. Современная лучевая терапия рака легкого и предстательной железы с использованием высокотехнологичных методик // Украинский радиологический журнал. – 2015. – Vol. 23. – № 2. – С. 61–64.
7. Паньшин Г.А. Основные этапы развития методов лучевой терапии и современная подготовка онкологических больных к проведению конформного облучения // [http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v12/papers/pansh\\_v12.htm](http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v12/papers/pansh_v12.htm).
8. Ратнер Т.Г., Канчели И.А., Елуженкова К.А. и др. Применение в клинике гистограмм «доза-объем» // Медицинская физика. – 2006. – Т. 29. – № 1. – С. 73–81.
9. Ратнер Т.Г., Сахаровская В.Г. Иммобилизация пациента во время лучевой терапии. Теоретические основы и практическое применение. – Издательство «Весть». Москва, 2008. – 120 с.
10. Ратнер Т. Г., Дмитриев А. М.. Применение киловольтного рентгеновского излучения для планирования и контроля качества лучевой терапии: учеб. Пособие. – НИЯУ МИФИ, 2013. – 176 с.
11. Ратнер Т.Г., Моисеева А.Н. Изменение дозы, вызванной декой стола и фиксирующими устройствами. Доклад AAPM №176 // Медицинская физика. 2015. – Т. 66. – № 2. – С. 74–99.
12. Руководство по верификации лучевой терапии с модуляцией интенсивности // ESTRO Physics Booklets.- No. 9. –Brussels.- 2008. – Русский перевод. - М.: -АМФ-Пресс, 2012.
13. Ткачев С.И., Нечушкин М.И., Юрьева Т.В. Современные возможности лучевой терапии злокачественных опухолей // Вестн. РАМН. – 2011. – Т. 12. – С. 34–40.
14. Трофимова О.П., Ткачев С.И., Юрьева Т.В. Прошлое и настоящее лучевой терапии в онкологии // Клиническая онкогематология. – 2013. – Т. 6. – № 4. – С. 355–364.
15. Труфанов Г.Е., Асатурян М.А., Жаринов Г.М. Лучевая терапия (учебник для вузов). – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – Т.2. – 192 с.
16. Хоружик С.А., Артемова Н.А., Минайло И.И. и др. Использование РКТ для планирования лучевой терапии при раке легкого // Республиканская конференция «Современные технологии лучевой диагностики в здравоохранении».- 16-17 ноября 2004 года. – Гомель. – nld.by/personal/presentations/kharuzhyk\_nov04\_rtp\_lc.ppt
17. Хофер М. Компьютерная томография. Базовое руководство // М. : Мед. лит. – 2008. – 208с.
18. Galvin J.M., Ezzell G., Eisbrauch A. et al. American Society for Therapeutic Radiology and Oncology; American

Association of Physicists in Medicine. Implementing IMRT in clinical practice: a joint document of the American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and the American Association of Physicists in Medicine // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* – 2004. – Vol. 58. – № 5. – P. 1616–1634.

19. Meyer J.L. IMRT, IGRT, SBRT // Philadelphia : -W. B. Saunders Company, 2008. – P. 297.
20. Paulino A.C., Thorstad W.L., Fox T. Role of Fusion in Radiotherapy Treatment Planning // *Seminars in Nuclear Medicine.* – 2003. – Vol. 33. – № 3. – P. 238-243.
21. The Role of PET/CT in Radiation Treatment Planning for Cancer patient treatment // Vienna –IAEA, 2008. – P. 33.
22. Van Esch A., Bohsung J., Sorvari P. et al. Acceptance tests and quality control (QC) procedures for the clinical implementation of intensity modulated radiotherapy (IMRT) using inverse planning and the sliding window technique: experience from five radiotherapy departments // *Radiother Oncol.* – 2002. – Vol. 65. – P. 53–70.
23. Wang Z., Wang K., Lerma F.A. et al. Planning Margins to CTV for Image-Guided Whole Pelvis Prostate Cancer Intensity Modulated Radiotherapy // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* – 2012. – Vol. 1. – № 12. – P. 23–31.
24. 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 S. A. Leibl and T. L. Phillips.- Philadelphia. - W. B. Saunders Company. – 2004. – P.163–186.

Поступила в редакцию 31.03.2017 г.

*V.A. Solodky, G.A. Panshin, A.V. Ivashin*

### **Clinical-topometric preparation for modern conformal external-beam radiotherapy (practical aspects)**

Russian Scientific Center of Rentgenoradiology  
Moscow

The article emphasizes that at the present stage of development of clinical oncology radiotherapy for malignant tumors is one of the leading conservative methods of treatment of cancer of virtually all sites and at all stages of the neoplastic process. Thus for practical modern clinical-topographic training of cancer patients it is used biometric, radiological, isotopic, ultrasound and computed tomography studies, of which today medical imaging is an essential tool in the actual preparation of the computer the most optimal dosimetry plan for remote conformal radiotherapy.

**Key words:** conformal remote radiotherapy, clinical-topometric preparation, medical imaging