

# **ПРЕДЛУЧЕВАЯ ПОДГОТОВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕМНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

(Инструкция по применению №18-0105 от 13.05.2005 г.)

Н.А. Артемова, И.И. Минайло, А.Г. Страх, Е.Ф. Фидарова, С.А. Хоружик

## **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение состояния медицинской помощи в развитых индустриальных странах показывает, что почти 70% всех онкологических больных получают лучевую терапию либо в виде основного вида лечения, либо в виде паллиативного метода, либо в форме адъювантной терапии [Голдобенко Г.В., Канаев С.В., 1997, Perez С.А., Luther W.B., 1998, DeVita V.T., Hellman S., Rosenberg S.A., 2001].

Лучевая терапия (ЛТ) — крайне техноемкая отрасль медицины, основная задача которой состоит в подведении к опухоли тумороцидной дозы при минимально возможной лучевой нагрузке на прилежащие здоровые органы и ткани, так как повышая эффективность лечения онкологических больных, лучевое лечение сопровождается развитием лучевых осложнений со стороны окружающих опухоль здоровых тканей. Поэтому как ни одна другая отрасль медицины лучевая терапия требует максимальной точности на всех этапах ее проведения.

Согласно заключению экспертов ВОЗ, успех лучевой терапии примерно на 50% зависит от радиочувствительности опухоли, на 25% — от аппаратного оснащения и на 25% — от выбора рационального плана лечения и точности его воспроизведения от сеанса к сеансу облучения [Дарьялова С.Л., Бойко А.В., Черниченко А.В., 2000].

Поэтому предлучевая подготовка является крайне важным этапом в проведении лучевого лечения онкологическим больным. Ошибка, допущенная при подготовке к облучению, ведет к систематическому отклонению, повторяемому при каждом сеансе лечения.

Задача планирования лучевой терапии заключается в том, чтобы с учетом индивидуальной анатомо-топометрической информации, радиобиологических параметров и допустимых уровней нагрузок на критические органы выбрать из множества возможных условий облучения их оптимальную комбинацию. Расчет дозного распределения в объеме тканей, подвергаемых облучению, необходим для определения дозы, получаемой в процессе лечения окружающими опухоль здоровыми тканями и критическими органами. Выбор параметров облучения производится с учетом уровней толерантности окружающих нормальных тканей.

В идеальном варианте объем, подвергаемый лечебному воздействию, должен быть максимально близок к планируемому, но большее или меньшее совпадение этих объемов зависит от анатомической локализации опухоли, качества излучения и используемого радиотерапевтического оборудования.

Появившееся в последние годы современное радиотерапевтическое оборудование позволяет реализовать эту задачу на практике. Использование трехмерного планирования (3D), позволяющего перейти от применяемых ранее расчетов распределения доз по одноплоскостным сечениям-срезам тела на уровне середины мишени к объемному планированию, дает возможность создать необходимые распределения дозы по всему объему мишени с максимумом в зоне опухоли и снизить до минимума дозовые нагрузки в зоне окружающих нормальных тканей.

На рис. 1 и 2 представлены гистограммы доза–объем (DVH) для планируемого объема мишени (PTV) при раке предстательной железы и критических органов (мочевой пузырь, прямая кишка) для 2D- и 3D-планирования. Объемное (3D) планирование позволяет получить лучшее

распределение дозы для мишени-опухоли (гистограмма имеет форму прямоугольника) и уменьшить лучевую нагрузку на мочевой пузырь.

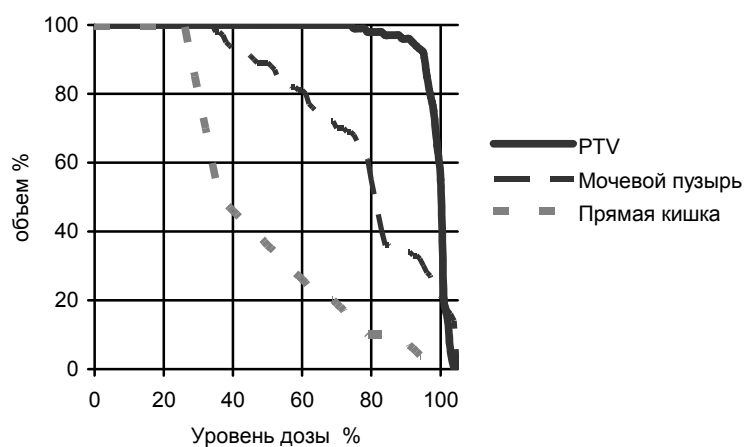


Рисунок 1 – Гистограмма доза-объем при 2D планировании.

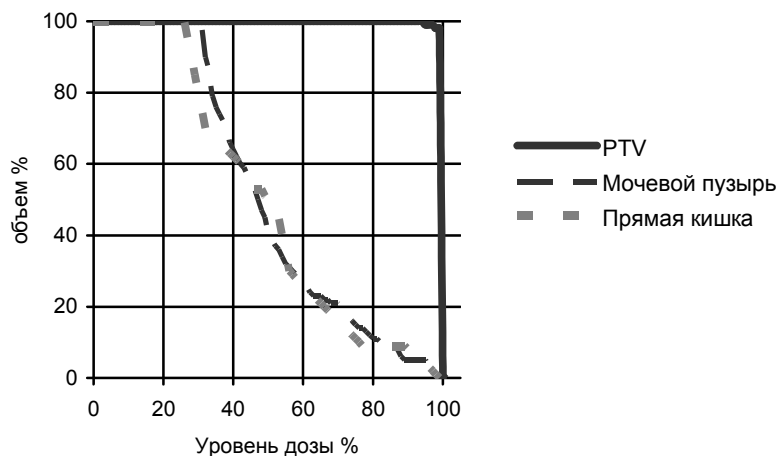


Рисунок 2 – Гистограмма доза-объем при 3D планировании.

Развитие диагностической и радиотерапевтической техники, все более широкое внедрение рентгеновских компьютерных томографов в практику дозиметрического планирования, появление современных высокопродуктивных алгоритмов расчета доз привели к развитию новой методики облучения - конформной лучевой терапии.

Термин «конформная лучевая терапия» используется в настоящее время для условий облучения, когда изоповерхность высокой дозы соответствует

заданной мишени. Отдельные лечебные центры могут использовать для достижения конформности разные методы в зависимости от имеющихся у них технических средств.

В процессе диагностики и подготовки к лучевому лечению важное значение имеют максимально точное определение распространенности опухолевого процесса: локализации, размеров и конфигурации опухолевых очагов, являющихся мишенью радиотерапевтического воздействия, а также оценка состояния находящихся рядом критических органов. При этом обязательным является использование максимально возможной информации, получаемой при привлечении современных диагностических (рентгенологических, ультразвуковых, радиоизотопных) методов исследования.

Для получения данных, необходимых для планирования лучевой терапии, следует соблюдать условия, идентичные условиям проведения в дальнейшем лучевой терапии.

Результатом планирования является выбор программы облучения с последующей проверкой на симуляторе правильности выбора направлений пучка излучения и размеров полей (моделирующее устройство).

При проведении лучевого лечения формирование конформного распределения дозы с учетом результатов объемного планирования возможно при использовании индивидуальных блоков, мантийных полей, болусов, компенсаторов. Наиболее перспективным средством реализации трехмерной конформной лучевой терапии являются современные ускорители, оборудованные многопластинчатым коллиматором и системой модулирования интенсивности излучения, позволяющие формировать поля облучения любой конфигурации.

Для избежания ошибок в проведении предлучевой подготовки необходимо четкое оформление документации на всех этапах. Это позволит при последующем наблюдении за больным выявить причины неэффективности проведенного лечения и возникновения лучевых

осложнений, внести корректировку в программу подготовки к лечению, что обеспечит выполнение программы гарантии качества лучевой терапии, которой в последнее время во всем мире уделяется большое внимание.

### **Показания к применению**

3D планирование и конформное облучение позволяют более точно рассчитать параметры облучения и более качественно провести лучевую терапию всем пациентам, которым назначается дистанционное облучение как при проведении радикального курса лучевой терапии, так и в плане пред- и послеоперационного облучения, а также паллиативного лечения. Однако наиболее полно преимущества метода проявляются при облучении глубоко залегающих опухолей сложной конфигурации органов грудной и брюшной полостей, а также опухолей головного мозга.

Учитывая сложные технические условия, связанные с отсутствием в ряде онкологических учреждений республики современного радиотерапевтического оборудования, данное облучение необходимо в первую очередь проводить больным, подлежащим радикальному лучевому лечению, а также при облучении очагов, расположенных рядом с жизненно-важными органами.

### **Перечень необходимого оборудования**

1. Радиотерапевтический комплекс или, при его отсутствии, – линейный ускоритель электронов.
2. Рентгеновский компьютерный томограф и рентгеновский симулятор (при отсутствии радиотерапевтического комплекса).
3. Система планирования.

## **Противопоказания к применению**

Отсутствуют.

## **Технология применения**

На начальном этапе проводится полное клиническое обследование больного, которое определяет локализацию, степень распространенности, стадию и морфологический тип опухоли. На этом этапе принципиально решается вопрос о необходимости проведения больному лучевой терапии. Назначение облучения является клиническим решением, основанным на мнении и опыте лучевого терапевта о данном виде заболевания и конкретной клинической ситуации. Если вопрос о применении лучевой терапии решен, определяется, какое лучевое лечение должно быть применено (радикальное или паллиативное), какая схема лечения оптимальна и какая возможна в действительности для больного, для персонала и с учетом имеющейся аппаратуры. При этом следует придерживаться существующих стандартов и протоколов лучевого лечения по каждой локализации злокачественной опухоли.

Данное решение оформляется в виде записи в истории болезни за подписью лучевого терапевта (лечащего врача) и заведующего отделением. После принятия такого решения лучевой терапевт записывает пациента на первичную симуляцию.

Первичная симуляция осуществляется лучевым терапевтом, рентгенологом и рентгенлаборантом.

Пациента регистрируют в журнале учета 3D ЛТ, который постоянно находится в помещении симулятора. Рентгенлаборант вносит в журнал следующую информацию: дату первичной симуляции, ФИО пациента, отделение, облучаемую локализацию, фамилию лучевого терапевта.

Изготовление фиксирующих устройств осуществляет рентгенлаборант (технолог), работающий на симуляторе.

Лучевой терапевт заполняет карту подготовки к 3D ЛТ, вносит в нее: информацию о пациенте, вид используемых фиксирующих приспособлений, данные об укладке пациента, толщину среза для планирующего КТ, отмечает на какую планирующую систему отправить данные.

Лучевой терапевт осуществляет необходимую укладку пациента на столе симулятора. Важнейшим при этом является выбор вспомогательных приспособлений для иммобилизации (подголовников, подушек, валиков и пр.), применение индивидуальных фиксирующих устройств (термопластических масок, вакуумных мешков и пр.), что фиксируется в карте подготовки к 3D ЛТ. Рентгенлаборант наносит на кожу пациента проекции 4 лазеров: двух боковых, продольного и поперечного (аксиального), а также метку для референтной точки (наклеивает на кожу или на маску пластырь с точечной отметкой).

Положение референтной метки:

- опухоли грудной клетки – середина рукоятки грудины;
- опухоли брюшной полости – середина мечевидного отростка;
- опухоли таза – большой вертел или середина симфиза.

КТ для планирования лучевой терапии осуществляется совместно рентгенлаборантом симулятора и рентгенлаборантом компьютерного томографа на основе составленного врачами рентгенологом и лучевым терапевтом плана КТ-обследования. Рентгенлаборант симулятора доставляет на компьютерный томограф все приспособления (подголовники, фиксирующие приспособления), необходимые для укладки больного, определенной в процессе первичной симуляции.

При проведении предлучевой подготовки в условиях 3D-планирования возможна обрисовка объемов мишени, а также критических органов на 20-40 КТ-сканах. Шаг сканирования определяется в зависимости от конкретной клинической ситуации (при раке легкого – 0,7-1 см, опухолях головного мозга – 0,3-0,5 см, раке поджелудочной железы 0,5 см, раке простаты – 0,3 см). При наличии жесткой системы фиксации шаг сканирования может быть

уменьшен (по усмотрению лечащего врача). Перед сканированием рентгенлаборант симулятора закрепляет на референтной метке точечную рентгенконтрастную метку и контролирует, чтобы толщина среза при сканировании соответствовала необходимой. Врач – лучевой терапевт может расширить объем КТ-исследования, например, добавить к исследованию грудной клетки исследование шеи, но не может его уменьшить, т. к. для расчета доз исследование должно полностью включать все отделы критического органа. Если лучевой терапевт не расширил объем исследования, КТ производится в соответствии со стандартами.

После завершения сканирования рентгенлаборант передает данные на планирующую станцию.

Контурирование объемов облучения и критических органов осуществляется лучевым терапевтом с привлечением, при необходимости, врача рентгенолога.

При планировании лучевого лечения проводится контурирование объемов облучения. Основные концепции, связанные с выделением объемов облучения, описаны в докладе Международной Комиссии по Радиационным Единицам и Измерениям №50 [ICRU Report 50: Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. Bethesda, MD, International Commission on Radiation Units and Measurements, 1993], схема объемов облучения представлена на рисунке 3.

Процесс определения объемов, которые необходимо облучить при лечении злокачественного новообразования, состоит из нескольких этапов.

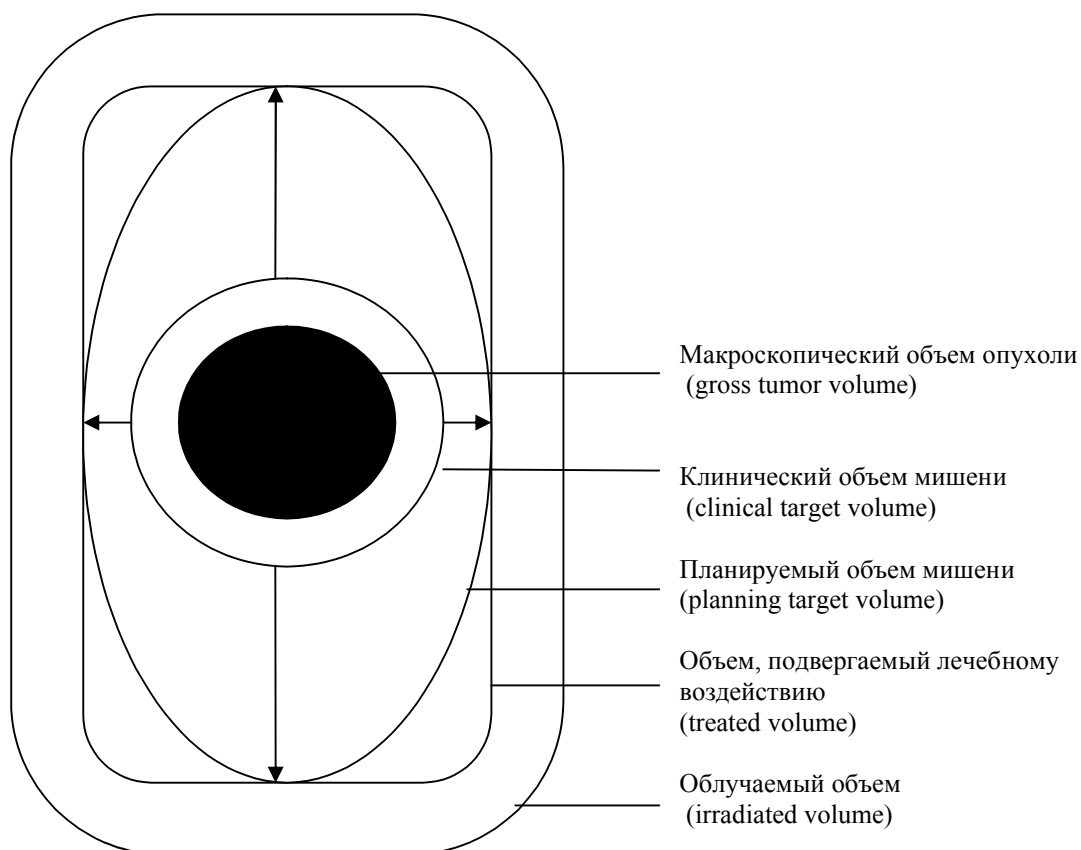


Рисунок 3 – Схема иллюстрации объемов облучения

GTV (Gross Tumor Volume) – макроскопический объем опухоли – представляет собой пальпируемый или визуализируемый инструментально объем опухоли. Макроскопический объем может состоять из первичной опухоли, метастазов в лимфатических узлах или других метастазов. Обычно он соответствует той части опухоли, где концентрация опухолевых клеток наибольшая. Если опухоль была удалена хирургически, определить данный объем невозможно.

CTV (Clinical Target Volume) – клинический объем мишени – включает все объемы, в которых необходимо ликвидировать макроскопические и/или микроскопические проявления злокачественной опухоли. Он включает макроскопический объем опухоли и ткани, в которых имеется вероятность микроскопической опухолевой инвазии (часто толщина такой области

составляет 1 см). Если проводится послеоперационный курс лучевой терапии, то может быть задан только объем CTV.

PTV (Planning Target Volume) – планируемый объем мишени включает клинический объем с добавлением, для надежности, дополнительного объема облучения, что связано с возможным изменением положения органов при дыхании больного, подвижностью определенных органов (желудок и другие), а также с особенностями оборудования (в частности, отсутствием возможности жесткой фиксации больного) и учетом погрешностей при укладках пациента. Это геометрическое понятие, определяется для того, чтобы, приняв во внимание суммарный эффект всех возможных геометрических неточностей, выбрать наиболее подходящие размеры и конфигурацию полей облучения и быть уверенным в том, что назначенная доза действительно поглотилась в объеме клинической мишени.

TV (Treated Volume) – объем, подвергаемый лечебному воздействию – определяется как объем, ограниченный изодозной кривой, выбранной лучевым терапевтом как наиболее подходящей для достижения цели лечения. В идеале TV должен быть идентичным PTV.

IV (Irradiated Volume) – объем тканей, к которому подводится доза, обладающая возможностью оказать влияние на толерантность нормальных тканей. Расчет дозного распределения в объеме тканей, подвергаемых облучению, необходим для определения дозы, получаемой в процессе лечения окружающими опухоль здоровыми тканями и критическими органами. Выбор параметров облучения производится с учетом уровней толерантности окружающих нормальных тканей.

Важнейшей целью объемного планирования является достижение такого дозного распределения, при котором PTV был бы охвачен высокой, однородной дозой. Геометрия лечебной изодозы при этом должна повторять форму PTV. Необходимо подчеркнуть, что конформная лучевая терапия не предполагает применения маленьких, узких полей облучения. Этот термин лишь подчеркивает, что доза правильно и аккуратно повторяет контуры PTV.

Расчет планов облучения осуществляется медицинским физиком, который:

- производит расчет нескольких планов облучения
- выводит гистограммы доза-объем (DVH – dose volume histogram) для каждого плана: для PTV и для каждого критического органа.

На основе анализа DVH совместно с лучевым терапевтом выбирается оптимальный план из созданных. При этом оптимальным считается тот план, для которого доза на опухоль максимальна (на PTV должно прийти не менее 95% дозы), а на критические органы минимальна.

Лучевой терапевт проверяет план, изучает DVH и утверждает план, расписываясь в карте подготовки к 3D ЛТ. Окончательный план утверждает заведующий отделением (руководитель отдела).

Повторная симуляция осуществляется рентгенологом, лучевым терапевтом, рентгенлаборантом в присутствии медицинского физика в соответствии с готовым планом лучевого лечения. На этом этапе выполняются симуляционные снимки, которые хранятся в архиве в электронном виде и документируют правильность выполнения процедуры подготовки к ЛТ.

Первый сеанс облучения осуществляется обязательно в присутствии лучевого терапевта и медицинского физика. Учитывая трудоемкость и сложность укладок, в данном процессе должны быть задействованы, как минимум, два лаборанта.

**КАРТА ПОДГОТОВКИ К ДИСТАНЦИОННОЙ 3D ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

ФИО: \_\_\_\_\_ ДАТА РОЖДЕНИЯ: \_\_\_\_\_ ПИН: \_\_\_\_\_

ЛЕЧАЩИЙ ВРАЧ: \_\_\_\_\_

ДИАГНОЗ \_\_\_\_\_

T N M      СТАДИЯ \_\_\_\_\_      МОРФОЛОГИЯ \_\_\_\_\_

План лучевого лечения обсужден с зав. отделением \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(лучевой терапевт)\_\_\_\_\_  
(зав. отделением)

ПЕРВИЧНАЯ СИМУЛЯЦИЯ:      ДАТА: \_\_\_\_\_

ПОЛОЖЕНИЕ БОЛЬНОГО: НА СПИНЕ      НА ЖИВОТЕ

ПОЛОЖЕНИЕ РУК:

ПОДГОЛОВНИК:

ФИКСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА:

На кожу нанесены проекции 4 лазеров: двух боковых и переднего продольных, а также перпендикулярного им аксиального.

Наклеен пластырь с РЕФЕРЕНТНОЙ точкой:      НА РУКОЯТКЕ ГРУДИНЫ  
НА МЕЧЕВИДНОМ ОТРОСТКЕ      НА СИМФИЗЕ      КПЕРЕДИ ОТ УШНОЙ РАКОВИНЫ  
ДРУГОЕ:ТОЛЩИНА СРЕЗА ПРИ КТ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ: ГРУДНАЯ КЛЕТКА: 7мм  
БРЮШНАЯ ПОЛОСТЬ И ТАЗ: 5мм      ГОЛОВНОЙ МОЗГ: 4мм      ГИПОФИЗ: 2,5мм

ДРУГОЕ:

ПЛАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА

\_\_\_\_\_  
(лучевой терапевт)\_\_\_\_\_  
(рентгенолог)\_\_\_\_\_  
(рентгенлаборант)

КТ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ:      ДАТА: \_\_\_\_\_

Укладка пациента как при первичной симуляции.

На РЕФЕРЕНТНОЙ ТОЧКЕ закреплена РЕНТГЕНКОНТРАСТНАЯ МЕТКА  
ТОЛЩИНА СРЕЗА (см. «Первичная симуляция»): ГРУДНАЯ КЛЕТКА: 7мм  
БРЮШНАЯ ПОЛОСТЬ И ТАЗ: 5мм      ГОЛОВНОЙ МОЗГ: 4мм      ГИПОФИЗ: 2,5мм  
ДРУГОЕ:

ПЕРЕДАНО НА ПЛАНИРУЮЩУЮ СИСТЕМУ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(рентгенлаборант КТ)\_\_\_\_\_  
(рентгенлаборант симулятора)

