

ПЛАНИРОВАНИЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Лучевая терапия при злокачественных новообразованиях занимает довольно значительное место. Так, до 60% всех больных злокачественными новообразованиями получают лучевую терапию в качестве радикального или паллиативного средства. В идеале характер лечения определяется командой специалистов, которые детально обсудив и взвесив все «за» и «против» должны составить программу лечения конкретного больного, учитывая как онкологические аспекты, так и возможности онкологической службы региона. Желательно, чтобы при определении тактики лечения в команду специалистов входили хирург, лучевой терапевт, химиотерапевт, патологоанатом и, при необходимости специалист по паллиативной терапии. На консилиуме на основании клинических, морфологических, лучевых и биохимических находок устанавливается диагноз заболевания, стадия, составляется план лечения.

На основании длительных испытаний различных схем лечения и сложившихся в результате представлений о характере патологического процесса и развития его закономерностей выбирается наиболее приемлемый план лечения.

Лучевая терапия, проводимая преимущественно с радикальной целью (радикальное лечение):

- рак молочной железы;
- рак полости рта, губы, глотки, гортани (голова и шея);
- рак женских половых органов;
- рак кожи;
- лимфомы;
- первичные опухоли мозга;
- рак предстательной железы;
- нерезектабельные саркомы.

Лучевая терапия проводимая преимущественно с паллиативной целью:

- метастазы в костях и головном мозге;
- хронические кровотечения;
- рак пищевода (дисфагия);
- рак лёгкого;
- для снижения внутричерепного давления.

Перед выбором лечения онколог должен точно оценить общее состояние больного, тип и стадию опухоли. Многие из больных, имеющих преклонный возраст (старше 70 лет), декомпенсированные хронические заболевания такие как сахарный диабет, гипертоническую болезнь, ишемическую болезнь сердца, дыхательную недостаточность могут не

выдержать радикального лечения, поэтому обязательно необходимо в программе лечения учитывать сопутствующую патологию.

Радикальную лучевую терапию проводят больным, находящимся в удовлетворительном общем состоянии и имеющим ограниченную опухоль, у которых есть реальный шанс на полное излечение. Дозы должны быть высокими 60-66 Гр в течении 6-6,5 недель. Лучевая терапия может использоваться как самостоятельное средство (монотерапия) например при раке кожи, нижней губы, как этап в комбинированном лечении до или после операции (рак молочной железы) или в качестве этапа в комплексном лечении (рак лёгкого, рак молочной железы, лимфогранулематоз). Какой конкретно план лечения выбрать решается на консилиуме. Необходимо, чтобы онколог имел достаточно большой опыт, так как вариантов использования лучевой терапии может быть значительное количество. Так, например, для рака молочной железы существует более 4000 официально зарегистрированных вариантов лечения.

Паллиативная лучевая терапия проводится при установлении факта неизлечимости больного, который страдает от симптома или симптомов, являющихся осложнением опухолевого роста, но тем не менее лучевая терапия может значительно облегчить страдания больного. К таким осложнениям опухолевого роста необходимо отнести:

- боль при метастазах в кости;
- обструкция (обтурация) полого органа, вызванная опухолевым ростом;
- кровотечение при раке мочевого пузыря, шейки матки, глотки, бронхов;
- изъязвление опухоли;
- патологический перелом кости;
- облегчение неврологических нарушений;
- облегчение системных симптомов (паранеоплазии при раке лёгкого, миастения при тимоме).

Учитывая то обстоятельство, что ожидаемая продолжительность жизни короткая, паллиативная лучевая терапия проводится в небольшие по продолжительности сроки. Наиболее часто применяется доза 25 Гр за 5 фракций или 30 Гр за 10 фракций.

Планирование лучевой терапии.

Целью лучевой терапии является излечение опухоли при условии щажения нормальных тканей. Однако в лечении опухолей терапевтический коэффициент, то есть разница в эффекте облучения опухоли и здоровых тканей невелик. Опухолевые клетки похожи на нормальные, и если чем и отличаются, то только количеством делящихся

клеток. В связи с этим особое внимание необходимо уделять оптимальности лучевой терапии, чтобы извлечь максимальный лечебный эффект из разницы между уничтожением опухоли и повреждением здоровых тканей.

Существует зависимость кривая «доза-эффект» (А) имеет довольно крутой характер. (Рисунок 1.) При попытке получить лучший эффект за счёт увеличении дозы возникают осложнения (кривая В) в виде местного повреждения тканей. Интервал между этими кривыми довольно узок.

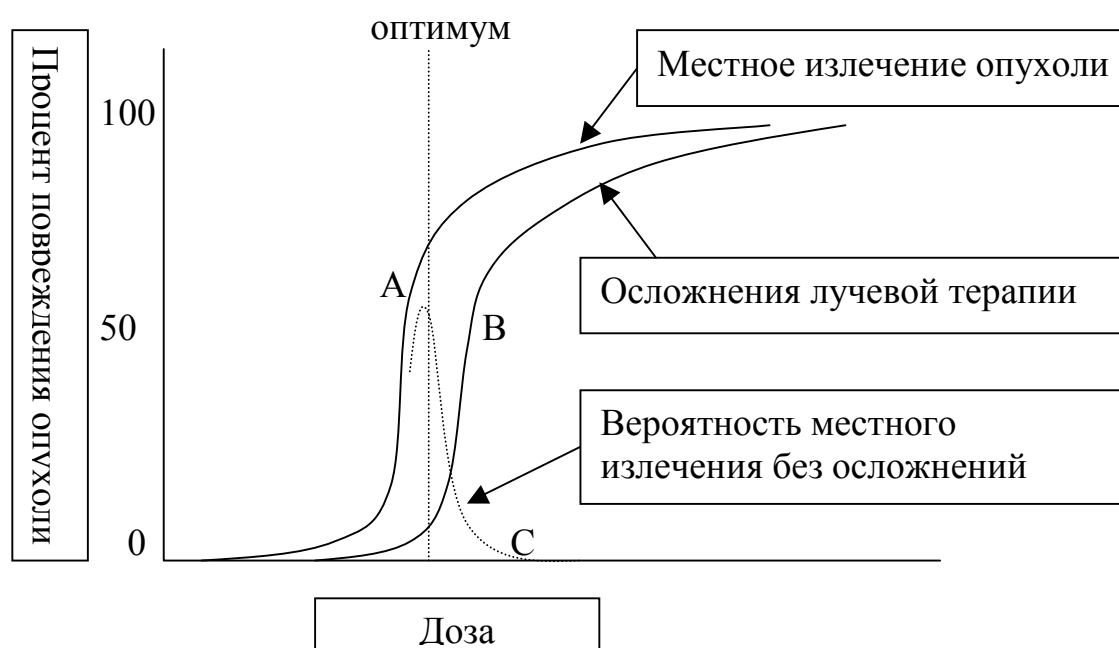


Рис 1. Диаграмма «доза-эффект-осложнения» лучевой терапии

При увеличении дозы положительный эффект от излечения от опухоли будет нивелироваться увеличением количества осложнений (кривая С) что в конце концов сведёт к нулю результаты лучевой терапии. Отсюда вытекает задача планировать курс лучевой терапии без значительного риска серьёзных осложнений. Планирование лечения предусматривает определение объёма облучения и дозы.

Поскольку опухоль как правило плохо отграничена от окружающих тканей, и чаще инфильтрирует их, должно соблюдаться условие гомогенности, то есть однородности облучения. В случае, если даже небольшая по объёму часть опухоли получит недостаточную дозу, то лечение будет неэффективным. Целью планирования является включение в зону облучения минимально возможного объёма, но в то же время достаточного для воздействия на все опухолевые клетки. Исходя из этого выделяют 4 типа объёмов облучения (рис 2).

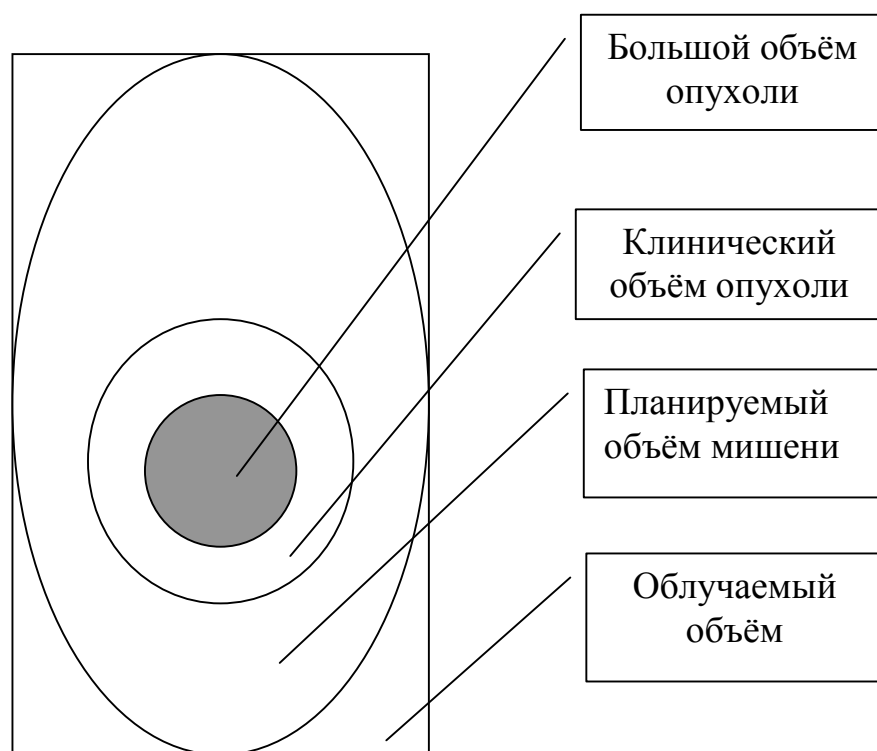


Рисунок 2. Схематическое изображение различных объёмов, подлежащих учёту при лучевой терапии: из доклада ICRU №50.

Принято выделять:

- большой объём опухоли (БОО) то есть то что включает в себя видимую опухоль
- клинический объём опухоли (клинический объём мишени КОМ), то есть объём в котором учтен инвазивный рост опухоли.
- планируемый объём мишени (ПОМ) это объём включающий в себя клинический объём опухоли с поправкой на смещение большого относительно пучков облучения, вариации объёма и формы.
- объём облучения – это объём в котором проводится облучение с учётом толерантности окружающих тканей.

Другим фактором ограничивающим дозу, подведённую к облучаемому объекту является ограничение во времени контакта излучения и облучаемого объекта. В понятие «дозирование» включается доза за фракцию (сеанс) облучения, общее время лечения, количество фракций за кокой-то промежуток времени. Возможны следующие варианты фракционирования:

- «нормальное» фракционирование: облучение каждый день, всего за 1 неделю 4-6 фракций;
- гипофракционирование: менее 4 фракций за 1 неделю;
- гиперфракционирование: 2 фракции (с уменьшением дозы) и более за 1 день с общей длительностью курса аналогичному «нормальному» фракционированию;
- ускоренное гиперфракционирование: 2 фракции в день или более («нормальной» величины) с сокращением длительности курса;
- расщеплённый курс облучения: обычно два укороченных курса нормального фракционирования с перерывом в 1-2 недели на отдых.

Другим фактором, обуславливающим дозу облучения является толерантная доза облучаемой ткани и дозы излучения, необходимые для достижения местного излечения опухоли.

Толерантной (переносимой) дозой обычно называют дозу при которой частота поздних осложнений не превышает 5%. Толерантная доза зависит от режима облучения и объёма (площади) облучаемых тканей. Для определения толерантного уровня при различных условиях фракционирования было разработано несколько способов оценки. Наиболее приемлемым в настоящее время является эмпирический показатель время-фракция-доза ВДФ (TDF) предложенный Orton C. и Ellis F. В результате имеется возможность определить фактор ВДФ в виде отвлеченной цифры при различных курсах и фракционировании.

$$\text{ВДФ} = N \times d^{1.538 \left(\frac{T}{N} \right)^{-0.169}} \times 10^{-3}$$

Где N - количество фракций (сеансов) облучения, T- длительность курса облучения, включая первый и последний дни, d - разовая доза. Показатели для некоторых тканей и органов приведены в таблице 1. Как видно из приведённых данных увеличение объёма облучения ведёт к увеличению ВДФ и снижению толерантности облучаемых тканей.

Таблица 1.

Толерантная доза, дающая 5% вероятность значительных повреждений здоровых тканей

Тип тканей	Объём	Уровни доз (Гр в течении X недель)	ВДФ (TDF)
Соединительная ткань	< 500 см ³	63/6	107
	> 500 см ³	60/6	100

Печень	Весь орган	30/3	50
	< 50% органа	40/4	66
Почка	Весь орган	20/2	33
	< 30% органа	60/6	100
Лёгкое	Весь орган	30/3	50
	< 100 см ³	60/6	100
Кожа	< 2 см (диаметр)	90/3	125
	< 10 см (диаметр)	55/3	92
	< 30 см (диаметр)	45/3	92
Спинной мозг	5 см (длина)	45/3	92
	< 10 см (длина)	50/5	82
	< 10 см (длина)	45/4,5	75
Кишечник	< 100 см ³	45/4,5	75
	Весь живот	30/3	50

Поскольку мы пытаемся излечить больного толерантными дозами облучения, необходимо реально оценить риск лучевых осложнений. Принципиально можно добиться излечения практически любой опухоли, однако, осложнения возникающие при этом ставят под сомнение необходимость такого лечения. Поэтому Приходится ориентироваться на дозы которые можно реально подвести к облучаемому органу. Ориентиром служит доза обеспечивающая 90% местное излечение (таблица 2).

При анализе таблицы видно, что для излечения с 90% вероятностью (то есть одного и того же эффекта) одного и того же заболевания в одной стадии возможно с помощью разных доз, но подведённых в различных режимах. Так, для рака T2-3 возможен одинаковый эффект при суммарной дозе в 70 Гр за 7 недель по 5 сеансов в неделю, и 58 Гр, подведённых за 4 недели по 5 сеансов в неделю.

Таблица 2.

Дозы необходимые для достижения 90% вероятности местного излечения опухоли

Тип опухоли	Стадия или объём	Уровни доз (Гр в течении X	ВДФ(TDF)
-------------	------------------------	----------------------------------	----------

		недель)	
Аденокарцинома или плоскоклеточный рак	N0 (субклинический)	50 /5	82
	T1	50/4	93
	Ранний T2	52/4 60/6	100
	T2-T3 N1	70/7 66/6 58/4	115
Лимфогрануломатоз	< 100 см ³	30/3	50
	> 100 см ³	40/4	66
Семинома	N1-3	30/3	60
Лимфосакома	< 100 см ³	30/3	50
Саркомы	T1-2	70/6	>125

После того, как принято решение о проведении лучевой терапии врач, действуя по определённом алгоритму, составляет оптимальный план лечения больного. Цель такого плана – обеспечить высокую и максимально однородную дозу в объёме облучаемого объекта и минимально возможную дозу в жизненно важных органах вне объёма облучения. На практике это выполняется или при помощи компьютера или методом проб и ошибок.

Требования к хорошему плану лучевого лечения:

- хороший план обычно является простым и основан на применении небольшого числа полей в соответствии с целями лечения;
- положение больного при лечении должно быть по возможности комфортным и воспроизводимым;
- для используемого пучка наиболее эффективным является путь через ближайшую к очагу поверхность, для гамма терапии путь длиной более 12 см неэффективен.

Клиническая топометрия

При подготовке больного к облучению всем без исключения проводится топометрическая подготовка. Под клинической топометрией понимают определение линейных размеров, площади, объёма патологических образований, органов и анатомических структур, описание их взаимного расположения. Задачей клинической топометрии является объединение различных данных, полученных в процессе диагностики заболевания, представить онкологу-радиологу всю топографоанатомическую информацию о подлежащей облучению области в масштабе 1:1 в виде, позволяющем разработать программу облучения. Для того чтобы выбрать варианты и параметры программы облучения необходимо знать форму и размеры органа-мишени. Эти сведения

позволяют получить различные средства визуализации: рентгенография, ангиография, радионуклеидные исследования, ядерномагнитные резонансные исследования, компьютерная томография, а кроме того данные обследования во время операции и осмотра больного. Для того чтобы лучевая терапия была эффективна и были отражены истинные размеры поражённого органа необходимо придерживаться определённых правил при составлении топометрической карты:

- индивидуальная подготовка к облучению каждого больного;
- исследование больного должно проводиться в положении тела, идентичному тому, в котором будет проводиться облучение;
- максимальное приближение физиологического состояния больного к тому, которое будет во время облучения;
- сочетание максимальной возможной точности исследования с их минимальной обременительностью.

Планирование облучения включает в себя следующие этапы:

- установление уровня снятия контура тела на проекции центра опухоли и снятие самого контура;
- специальное рентгенологическое или другое исследование для определения истинных форм и размеров патологического очага, его топографоанатомического положения, путей лимфоотока, взаимоотношения с другими органами, глубины расположения в теле больного;
- составление топографоанатомической схемы поперечного сечения тела на уровне максимального размера опухоли;
- разметка проекции опухоли на коже больного, формирование полей облучения и определение центрации пучка излучения;
- контроль точности планирования и воспроизведения условий облучения.

Основным документом для планирования облучения служит топометрическая карта тела больного, выполненная в масштабе 1:1, и которая представляет из себя графическое изображение сечения тела больного с нанесёнными на него контурами органов и патологического очага.

При выполнении первого этапа – установлении уровня и снятия контура тела используются предварительные данные обследования больного. На основании этих данных (рентгенологических, ультразвуковых) производится снятие контура тела больного. Снятие контура должно производиться в том положении, в котором будет производиться облучение. Смысл этого этапа – получить индивидуальный топоанатомический срез тела больного, проходящий через патологическое образование. Способов получения такого контура на бумаге предложено много, но наиболее распространёнными являются три: использование свинцовой ленты, использование контурографов и использование данных

компьютерной томографии. Наиболее точным является способ с использованием компьютерной томографии, это даёт преимущество по отношению к другим способам в том, что используются индивидуальные данные о больном с готовым изображением опухоли. Единственное препятствие – это конвертация уменьшенного изображения томограммы в вид, доступный для компьютерных программ, планирующих лучевую терапию, и увеличение изображения до реальных размеров. Принципиально эти ограничения разрешимы, при использовании специальных компьютерных программ.

Построение среза при помощи свинцовой лента делается следующим образом: длинная гибкая свинцовая лента помещается на уровне среза вокруг тела, и производится моделирование, точно воспроизводящее неровности поверхности тела. Затем лента переносится на бумагу, обводится в результате чего врач получает контур тела. Недостатками этого метода являются: низкая точность – ошибка доходит до 10-20%, отсутствие изображения опухоли и окружающих опухоль органов. Кроме того – надо учитывать постоянный контакт со свинцом персонала.

Построение контура при помощи контурографов производится следующим образом: на уровне среза тело больного помещается в контурограф, и при помощи специального устройства получают довольно точное изображение контура (наиболее часто применяемая модель контурографа – кольцо с выдвигающимися градуированными зондами). Отрицательные моменты этого метода – сложность, громоздкость, отсутствие изображения пораженного органа и окружающих тканей.

После получения изображения контура тела больного на уровне поражения производится перенос изображения контура поражённого органа на полученный контур тела больного. Материалом для этого этапа планирования являются рентгенограммы больного и полученный на предыдущем этапе контур тела больного. Как правило, при выполнении снимков на коже укрепляются маркёры из рентгенконтрастных материалов (свинцовая резина). После выполнения снимков рентгенолог видит изображение маркёров: измерив расстояние между маркёрами и этими же точками на контуре тела, рентгенолог получает коэффициент поправки, на который необходимо уменьшать все размеры, переносимые на контур тела. Пользуясь снимками органов двух проекциях рентгенолог на контуре тела наносит контуры поражённого органа или патологического очага. Кроме патологического очага рентгенолог обязан нанести контуры наиболее важных органов. Это диктуется необходимостью учитывать толерантность окружающих органов и тканей. Сам метод нанесения контура поражённого очага или органа по рентгенограммам неточен, громоздок и субъективен. Однако он широко используется по той причине, что он гораздо точнее атласного метода, он индивидуален.

Понятно, что необходимость в проведении этого этапа отпадает, если используются данные компьютерной томографии. Получение топографоанатомического среза 1:1 с уже индивидуально нанесёнными контурами органов и патологических очагов решает много проблем, в том числе и проблему достоверности границ.

Следующим этапом планирования лучевой терапии является нанесение на топографоанатомический срез больного полей облучения расчёт доз в патологическом очаге и окружающих органах. Корректная программа облучения требует воспроизводимости условий облучения; то есть точного указания расстояния от источника до опухоли или поверхности тела (РИО или РИП), угла поворота, времени облучения. Обычно на кожу наносятся контуры полей облучения при помощи маркера или краски.

Для эффективной лучевой терапии требуется наличие и ведение процедурного листа, который должен содержать следующую минимальную информацию:

- должна быть названа лучевая установка, на которой планируется проводить лечение, вид излучения, энергетическая характеристика пучка;
- должна быть указана облучаемая зона, рисунок с указанием защитных блоков или болюсов толщины тканей пациента по центральной оси, РИП или РИО, ориентация стола и коллиматора, обозначение фиксирующих приспособлений, углы начала и конца движения при ротации;
- методика облучения, число полей, суммарная и фракционная доза на опухоль;
- запись ежедневных процедур, дозы для опухоли и критических структур, фамилия врача проводившего лучевую терапию;
- должна быть представлена карта изодоз, верификационные снимки.

Все перечисленные мероприятия направлены на достижение максимального эффекта от операции, при условии защиты окружающих тканей.