

Дозиметрические критерии неравномерного облучения при лучевой терапии онкологических заболеваний

Плаутин О. Н.¹

ФГУ «РНЦРР РОСМЕДТЕХНОЛОГИЙ», г. Москва

Dosimetric criterion of a non-uniform irradiation beam therapy of oncological diseases

Plautin O.N.

Реферат

Современные методы планирования лучевой терапии позволяют при внутриволостном и дистанционном методах облучения построить так называемые гистограммы «доза-объем». В случае неравномерного облучения возникает сложность при определении суммарной дозы, поскольку неизвестно, какую дозу из гистограммы «доза-объем» нужно выбрать для получения наиболее достоверной информации о степени радиационного воздействия. Рационально базироваться на биологическом критерии радиационного воздействия, который свидетельствует о зависимости степени поражения тканей от числа поражённых клеток; наиболее удачным таким критерием может быть модальная доза (D_{mod}).

Ключевые слова: планирование лучевой терапии, определение суммарной дозы, биологические критерии радиационного воздействия.

Abstract

Modern methods of planning of beam therapy allow at intracavitary and remote methods of an irradiation to construct so-called histograms “doze-volume”. In case of a non-uniform irradiation there is a complexity at definition of a total doze, it is reduced to that is not known what doze from the histogram “doze-volume” it is necessary to choose for reception most a trustworthy information about a degree of radiating influence. It is rational to be based on biological criterion of radiating influence which testifies to dependence of a degree of defeat of fabrics on number of the amazed cells, the most successful such criterion can be a modal doze (D_{mod}).

Keywords: planning of beam therapy, definition of a total dose, biological criteria of radiating influence.

При комбинированном лечении онкологических заболеваний используют сочетание внутриволостного и дистанционного облучения. При современной технике внутриволостного облучения происходит равномерное облучение патологического очага заданной дозой.

При этом в зону радиационного воздействия попадают окружающие этот очаг здоровые органы и ткани. Их облучение, как при внутриволостном, так и при дистанционном облучении происходит неравномерно, с изменением дозы в сторону уменьшения при удалении от

¹Плаутин Олег Николаевич, ФГУ Российский научный центр рентгено-радиологии, тел.: +7 (495) 333-81-71.

патологического очага. Современные методы планирования лучевой терапии позволяют при внутриволостном и дистанционном методах облучения построить, так называемые, гистограммы «доза-объем».

При работе систем планирования непрерывное трехмерное распределение дозы в органе моделируется дискретным распределением, рассчитанным на некоторой трехмерной сетке точек, размещенных с постоянным шагом, либо (в зависимости от используемого алгоритма) представляющим средние значения в элементах объема — вокселях (voxel — volume element), на которые разделен облучаемый объект. Воксели имеют форму прямоугольного параллелепипеда и образуют трехмерную сетку. Так как размер вокселя мал, параметры среды и значение дозы в нем можно считать постоянными. Полученное на одной из таких сеток дискретное распределение поглощенной дозы и является основой для расчета гистограмм доза-объем.

Результирующая гистограмма также представляет собой дискретное распределение: для его расчета весь представляющий интерес диапазон доз разбивается на некоторое число равных интервалов шириной ΔD — бинов. Например, пер-

вый бин соответствует интервалу от нуля до 0,1 Гр, второй — от 0,1 до 0,2 Гр и т. д. Затем подсчитывается доля точек, доза в которых попадает в тот или иной интервал.

После нормировки на общее число точек расчета дозы, мы получаем дифференциальную гистограмму «доза-объем». На рисунках 1 и 2 приведены примеры гистограмм «доза-объем» при внутриволостном и дистанционном облучении рака шейки матки.

Эти гистограммы характеризуют дозовое распределение (неравномерное) в ряде окружающих патологический очаг органов (уретре, мочевом пузыре, прямой кишке).

В случае неравномерного облучения возникает сложность при определении суммарной дозы. Она сводится к тому, что неизвестно какую дозу из гистограммы «доза-объем» нужно выбрать для получения наиболее достоверной информации о степени радиационного воздействия. Здесь, по-видимому, рационально базироваться на биологическом критерии радиационного воздействия, который свидетельствует о зависимости степени поражения тканей от числа пораженных клеток. По-видимому наиболее удачным таким критерием может быть модальная доза ($D_{\text{мод}}$). Модальная

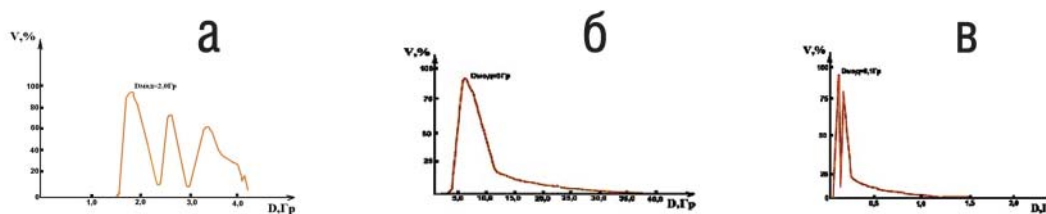


Рис. 1. Гистограммы «доза-объем»:
 а — при внутриволостной лучевой терапии рака шейки матки для уретры;
 б — мочевого пузыря;
 в — прямой кишки.

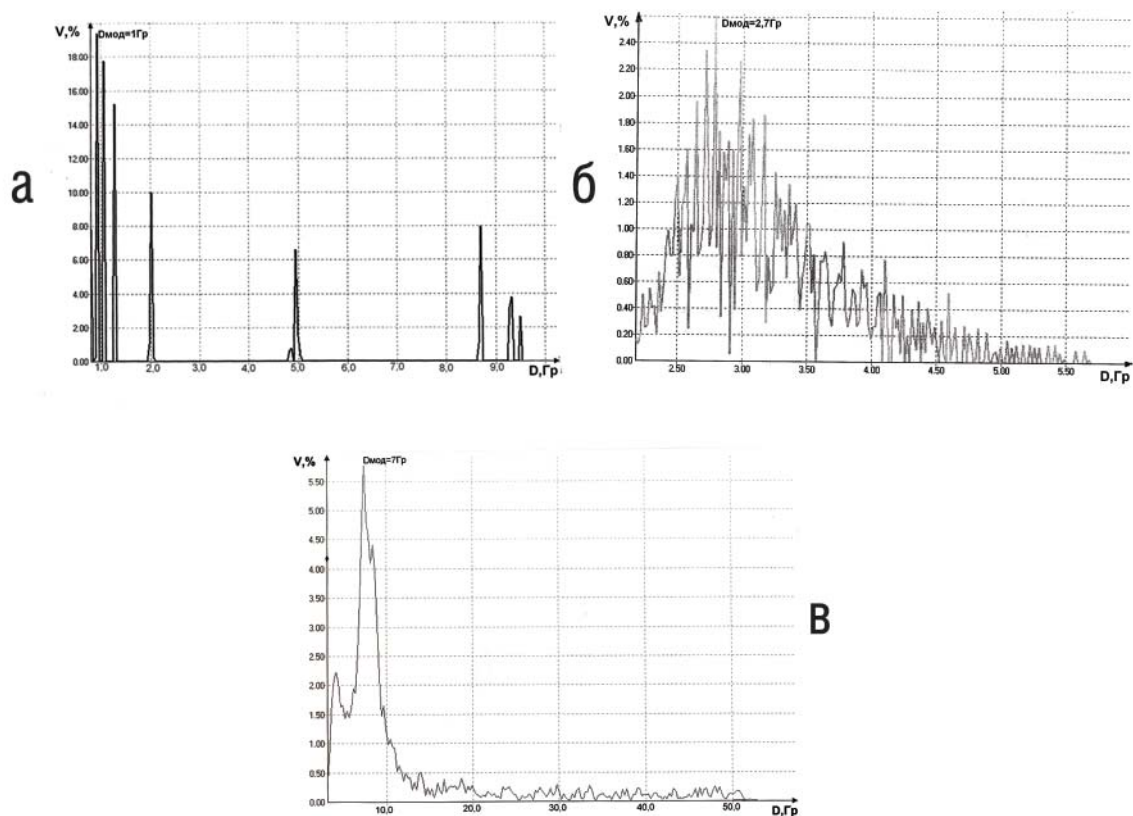


Рис. 2. Гистограммы «доза-объем»:
 а – при дистанционной лучевой терапии рака шейки матки для уретры;
 б – мочевого пузыря;
 в – прямой кишки.

доза ($D_{\text{мод}}$) неравномерного облучения органа тела человека – это доза облучения наибольшего числа клеток ткани (V_{max}), которая может быть определена из гистограммы доза-объем (ГДО), представленных в дифференциальном виде.

В практике лучевой терапии величины модальной дозы автоматически рассчитываются в системах планирования лучевой терапии.

Исходя из представления о модальных дозах, возможно проведение сопос-

тавленной оценки комбинаций разных методов дистанционного и внутриволостного облучения. В таблице 1 приведен такой сопоставительный анализ.

В результате очевидно, что статические методы дистанционного облучения создают наибольшую дозовую нагрузку на окружающие патологический очаг здоровые органы и ткани. Наиболее щадящими являются методы подвижного облучения.

Отсюда следует, что при комбинированных методах лучевой терапии необ-

**Модальные дозы при различных методах дистанционной лучевой терапии
и суммарные с внутриволостной лучевой терапией**

Таблица 1.

Органы	Все тело	Прямая кишка	Уретра	Мочеточники	
				правый	левый
Два встречных поля					
ДЛТ, D _{мод} , Гр	1,7	52,0	49,0	49,0	49,0
ДЛТ + ВЛТ, Гр	1,9	52,1	49,5	49,5	49,4
Попарно встречные поля					
ДЛТ, D _{мод} , Гр	2,0	16,0	20,0	20,0	16,0
ДЛТ + ВЛТ, Гр	2,02	16,0	20,5	20,5	16,0
Попарно встречные поля под углом 10°					
ДЛТ, D _{мод} , Гр	3,0	17,0	27,0	27,0	13,0
ДЛТ + ВЛТ, Гр	3,4	17,0	27,5	27,5	17,0
Метод шестисекторной ротации					
ДЛТ, D _{мод} , Гр	1,0	3,8	2,6	2,6	1,3
ДЛТ + ВЛТ, Гр	1,2	3,9	3,1	3,1	1,7
Метод двухсекторной ротации (180°)					
ДЛТ, D _{мод} , Гр	0,7	2,5	1,3	1,3	0,4
ДЛТ + ВЛТ, Гр	1,0	2,6	1,8	1,8	0,8

Примечание: ДЛТ – дистанционная лучевая терапия. ВЛТ – внутриволостная лучевая терапия.

ходимо использовать подвижные методы дистанционного лучевого облучения, как методы с наименьшей дозовой нагрузкой на окружающие патологический очаг органы.

Заключение

Таким образом, предложенный дозиметрический критерий оценки суммарных доз неравномерного облучения при внутриволостной и дистанционной лучевой терапии позволяет осуществить выбор такого метода облучения, который создаёт минимальную модальную дозу для близлежащих к патологическо

му очагу органов. Можно сделать вывод, что это наиболее рациональный метод оптимизации дозовых нагрузок при планировании комбинированных методов лучевой терапии.

Литература

1. Периферический рак легкого: количественная оценка эффективности радикального химио-лучевого лечения. Ред. Ставицкий Р. В., Панышин Г. А., М. 2008. С. 107-124.
2. Аспекты клинической дозиметрии. Ред. Ставицкий Р. В., М. «МНПИ». 2000. С. 91-100.