

Количественная оценка качества планирования дистанционной лучевой терапии больных с распространенным раком шейки матки

Аннотация

Рассчитаны индексы гомогенности и конформности дозы в объемах мишени для 72 больных раком шейки матки 2-й-3-й стадий. Оценены дозы на мочевой пузырь и прямую кишку для пациентов трех групп. Первой группе проведена лучевая терапия с модуляцией по интенсивности в ротационном режиме (RapidArc), второй группе – с модуляцией по интенсивности (IMRT) и третьей группе – 3D-конформная лучевая терапия (3D CRT). Лучшие значения индексов гомогенности и конформности получены для группы с технологией 3D CRT. Наименьшие значения доз на прямую кишку и мочевой пузырь зарегистрированы для методики IMRT и составляют от 36 до 58 Гр.

Введение

Контроль качества планов облучения осуществляется по гистограммам доза-объем (ГДО), а также при помощи индекса гомогенности (HI), который отражает равномерность распределения дозы в пределах мишени, и индекса конформности (CI), который отражает охват мишени определенным значением дозы, и других параметров.

Цель работы: оценить качество планирования дистанционной составляющей сочетанной лучевой терапии (ЛТ) больных с распространенным раком шейки матки с помощью индексов гомогенности и конформности и оценить дозовые нагрузки на критические органы. Выбрать оптимальные технологии облучения.

Материалы и методы

Расчет планов облучения осуществлялся на системе планирования (СП) «ECLIPSE» при помощи алгоритма AAA (Anisotropic Analytical Algorithm), построенного на математической функции учета рассеяния. Облучение больных осуществлялось на высокоэнергетических линейных ускорителях электронов моделей «Clinac iX», «Clinac 2300 CD» и «Clinac 6EX» («Varian», США) с интегрированным многолепестковым коллиматором MLC 120 с номинальной энергией фотонного излучения 6 и 18 МэВ. Контроль и коррекция положения больных на терапевтическом столе осуществлялись при помощи вмонтированной в ускоритель рентгеновской системы визуализации OBI.

Группа из 72 пациентов с распространенным раком шейки матки (РШМ) 2-й-3-й стадий получала суммарную дозу СД = 50 Гр, разовую дозу РД = 2 Гр и была разделена на три подгруппы:

- 1) в первой группе проводилась лучевая терапия с модуляцией по интенсивности в ротационном режиме (RapidArc);
- 2) во второй – ЛТ с модуляцией по интенсивности (IMRT);
- 3) в третьей – конформная ЛТ (3D CRT).

Понятия дозовой гомогенности и дозовой конформности

Дозовая гомогенность и дозовая конформность – это независимые характеристики качества дозового распределения. Дозовая гомогенность характеризует однородность распределения дозы в пределах объема мишени V_n . Идеально гомогенная доза в V_n характеризуется пиком на дифференциальной характеристике ГДО D_{dif} или вертикальным спадом на графике кумулятивной ГДО. Дифференциальная характеристика ГДО D_{dif} также называется модальной (или наиболее часто встречающейся) дозой [1], [2].

В соответствии с международными рекомендациями для технологий 3D CRT, IMRT и RapidArc, HI рассчитывается как отношение разницы дозы около максимума (охватывающей 2 % мишени или критического органа) $D_{2\%}$ и $D_{98\%}$ – минимального значения дозы, охватывающей 98 % объема мишени

(или критического органа), к $D_{50\%}$, которое характеризует нормирующее значение [1]-[3]. В идеальном случае, при $HI = 0$, дозовое распределение полностью однородное.

Дозовая конформность характеризует степень совпадения области высокой дозы с объемом мишени V_n . Конформность отражает меру покрытия необходимой изодозой поверхности мишени V_n . В рассматриваемой работе параметр CI рассчитывается как отношение объема опухоли, охваченного 95 % изодозой $V_{95\%}$, к объему мишени V_n [1]-[3].

Требования к гомогенности и конформности распределения дозы в мишени

Согласно МКРЕ 83 [3], доза внутри планируемого объема (PTV) должна находиться в диапазоне доз 95...107 % от предписанной дозы. В сумме это отклонение составляет 12 от 100 %, в относительном выражении $HI = 0,12$, что является труднодостижимой величиной. Индекс конформности соответствует идеальному случаю тогда, когда его значение равно $CI = 1$.

Результаты исследований

Рассчитаны планы облучения 72 больных раком шейки матки в соответствии с методиками облучения 3D CRT, IMRT, RapidArc. Построены графики распределения индекса гомогенности (рис. 1), индекса конформности в пределах объема (PTV), оценены дозы на критические органы, прямую кишку и мочевой пузырь, с учетом параметров $D_{2\%}$ и D_{dif} (рис. 1-4).

Входными параметрами для проведения анализа были: суммарная доза СД, разовая доза РД, объем опухоли, в пределах которого проводится анализ, методики облучения.

Результаты анализа для больных раком шейки матки показали, что:

- индекс гомогенности HI (рис. 1) для 100 % больных РШМ 2-й-3-й стадий при дистанционном облучении 3D CRT (правая часть графика) изменяется в пределах от 0,0 до 0,1 и оказывается в рамках заданного интервала от 0 до 0,12;
- значение индекса гомогенности HI для технологий IMRT и RapidArc для 52 % двух групп пациентов, которым проводилось такое облучение, находится в интервале значений от 0,12 до 0,2 (центральная и левая части графика) и превышает толерантные значения;
- индекс конформности CI (рис. 2) для всех больных, которым проведено облучение по методике 3D CRT, не превышает толерантное значение и изменяется в пределах значений от 0,99 до 1,0;
- индекс конформности CI (рис. 2) для 96 % больных с методиками облучения IMRT и RapidArc находится в интервале значений от 0,79 до 0,95 и не укладывается в пределы толерантных значений.

Полученные значения индекса гомогенности $HI \leq 0,1$ при 3D CRT всей группы больных с распространенным опухолевым процессом оказались очень важными для клиники и предпочтительными при выборе методики облучения этой категории больных. Выходящие за пределы толерантных значений

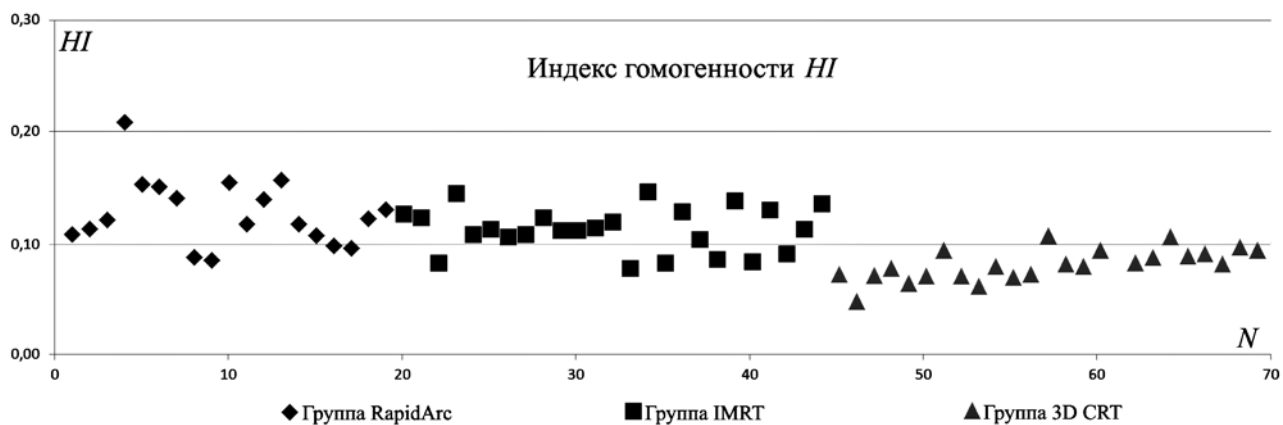


Рис. 1. Индекс гомогенности HI дозы в пределах мишени РШМ в зависимости от технологии реализации ЛТ

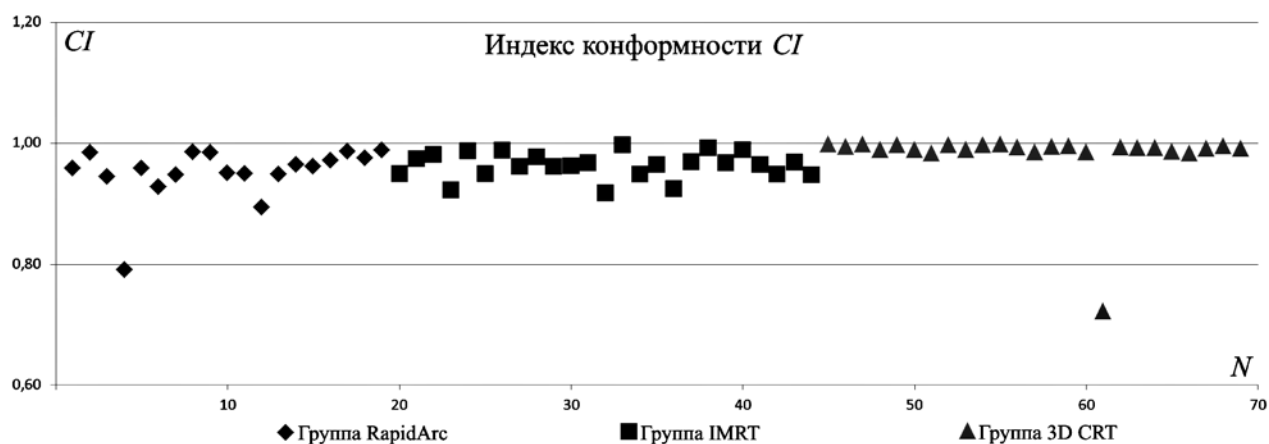


Рис. 2. Индекс конформности CI дозы в пределах мишени в зависимости от технологии реализации ЛТ

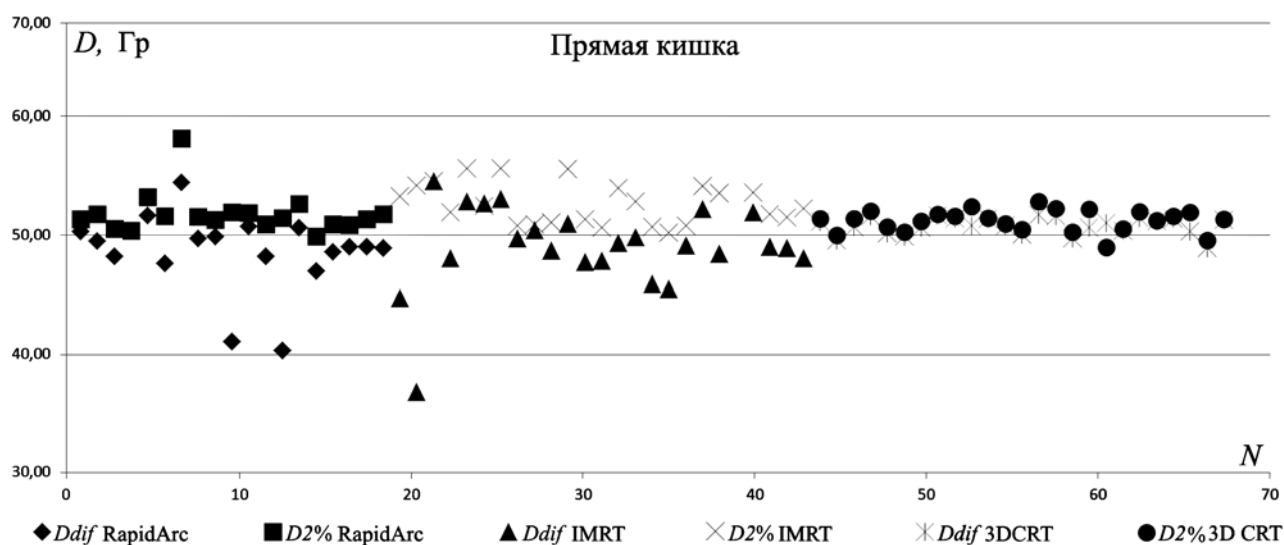


Рис. 3. Значение дозы $D_2\%$ и модальные значения доз D_{dif} для прямой кишки для трех методик облучения

величины HI и CI для методик IMRT и RapidArc сыграли существенную роль в том, чтобы в большинстве случаев лечения больных отказаться от этих технологий.

Таким образом, мы получили количественное подтверждение преимуществ облучения больных распространенным РШМ по методике 3D CRT.

Оценка дозы на критические органы осуществлялась с помощью инструмента $D_2\%$ и D_{dif} . При анализе дозовых нагрузок на прямую кишку и мочевой пузырь необходимо отметить, что для почти 80 % пациентов, леченных по методике 3D CRT (рис. 3, 4), $D_2\%$ и D_{dif} практически совпадают в пределах 2 %. Это значит, что оценку дозы на критические органы можно проводить как по критерию $D_2\%$, так и по дифференциальной гистограмме доза-объем D_{dif} . Дозы на прямую кишку и мочевой пузырь (рис. 3, 4) для пациентов, прошедших лечение по методикам IMRT и RapidArc, имеют существенно меньшие по абсолютной величине значения и большой разброс и находятся в интервалах от 36 до 58 Гр и от 22 до 58 Гр соответственно. Это является важным выводом и отражает преимущества данных технологий по лучевым нагрузкам на критические органы.

Выводы

1. Проведен количественный анализ качества планирования ЛТ группы больных раком шейки матки при сочетанной лучевой терапии в самостоятельном варианте при распространенном опухолевом процессе 2-й-3-й стадий. Оценены индексы гомогенности HI , индексы конформности CI для PTV для трех методик облучения: 3D CRT, IMRT и RapidArc.

2. Индекс гомогенности HI для PTV достигает наименьшего значения ≤ 1 для методики 3D CRT.

3. Значения индекса конформности CI для PTV максимально приближены к идеальному значению, равному 1, для 99 % больных также для методики 3D CRT.

4. Существенно меньшие лучевые нагрузки на прямую кишку и мочевой пузырь отмечены при технологии IMRT и говорят о ее преимуществе по дозам на критические органы.

5. Представленные количественные результаты выгодно отличают технологии 3D CRT и IMRT и позволяют в большинстве случаев лучевого лечения рака шейки матки с распространенным опухолевым процессом отказаться от технологии RapidArc.

Это несет в себе как клиническую, так и экономическую выгоду, так как позволяет существенно сэкономить ресурс ускорителей и снизить стоимость обслуживания.

Работа выполнена при поддержке Программы повышения конкурентоспособности НИЯУ МИФИ (договор № 02.а03.21.0005).

Список литературы:

1. Лебедеко И.М., Быкова Ю.Б., Болдырева В.А. и др. Оценка распределения дозы в планируемом объеме мишени с применением индекса гомогенности // Медицинская физика. 2017. № 1 (73). С. 34-38.
2. Лебедеко И.М., Кравец О.А., Быкова Ю.Б. и др. Количественная оценка качества планирования дистанционной составляющей лучевой терапии больных раком шейки матки // Вопросы онкологии. 2016. № 6. С. 827-830.
3. ICRU International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT) / ICRU. Report 83. 2010.

Ирина Матвеевна Лебедеко,
д-р биол. наук, ст. научный сотрудник,
группа клинической дозиметрии,
радиологическое отделение,
ФГБУ «НМИЦ онкологии
им. Н.Н. Блохина» МЗ РФ,
профессор,
кафедра № 35,
Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»,
Елена Александровна Романова,
научный сотрудник,
Анна Александровна Белова,
медицинский физик,
Ольга Александровна Кравец,
д-р мед. наук, ст. научный сотрудник,
отделение радиохирургии,
ФГБУ «НМИЦ онкологии
им. Н.Н. Блохина»,
Анна Александровна Межеумова,
бакалавр,
кафедра № 35,
Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»,
г. Москва,
e-mail: imlebedenko@mail.ru

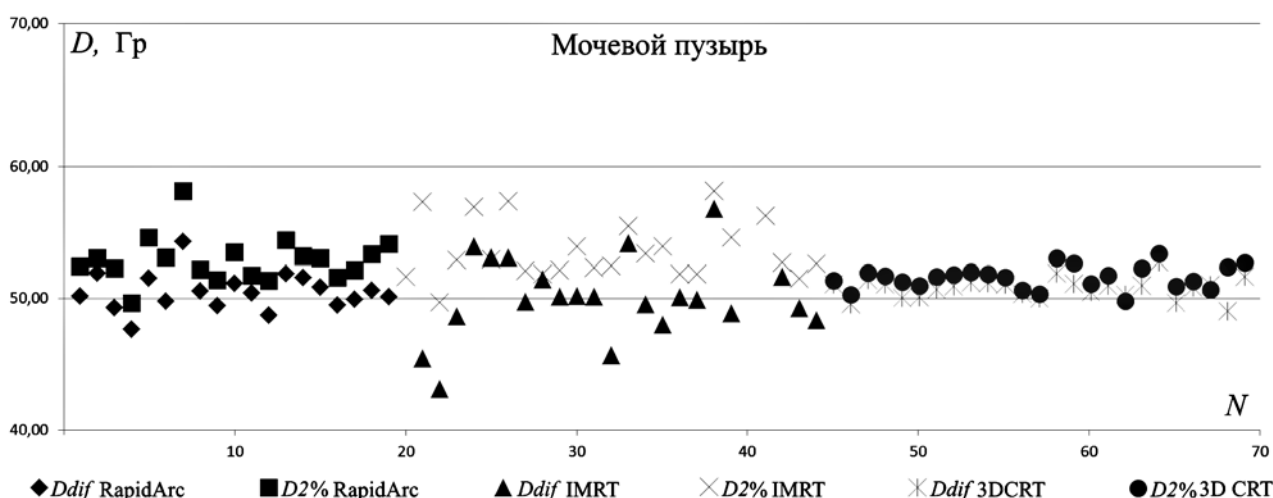


Рис. 4. Значение дозы $D_2\%$ и модальные значения доз D_{dif} для мочевого пузыря для трех методик облучения