

ВЛИЯНИЕ УЧЕТА ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ОРГАНА РИСКА НА ВЕЛИЧИНУ ДОЗЫ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ОБЛУЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ

И.М. Лебедеико^{1,2}, А.А. Белова¹, О.А. Кравец¹, А.А. Межеумова², Н.В. Машенцева²

¹ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России, Москва

² Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва

Рассмотрено влияние учета не только внешней, но и внутренней стенки органа при оконтуривании на величину лучевой нагрузки на критический орган (КО) при планировании сочетанной лучевой терапии (СЛТ) больных с распространенным раком шейки матки (РШМ). Оценены суммарные дозы в КО от дистанционной и внутриволостной составляющих.

Оценка влияния толщины стенки при планировании сочетанного облучения на дозу в КО проведена для трех технологий дистанционного облучения: 3D конформной лучевой терапии (3DCRT), с модуляцией интенсивности IMRT и с модуляцией интенсивности в ротационном режиме RapidArc. Лучевая терапия (ЛТ) проведена на ускорителе электронов модели Clinac iX (Varian, США) с номинальной энергией фотонного излучения 6 МэВ, внутриволостная ЛТ (ВЛТ) – на аппарате MicroSelectron с источником излучения ¹⁹²Ir. Расчеты осуществлялись на системе планирования (СП) ECLIPSE (Varian, США) и СП Oncentra Brachy. Соответственно сложение значений доз от дистанционной и внутриволостной составляющих проведено по модальным значениям доз.

Для группы из 94 пациентов с местнораспространенным РШМ стадий T_{2b-3b} проведен анализ дозовых нагрузок на прямую кишку, мочевого пузыря, сигмовидную кишку только при внешнем оконтуривании и при оконтуривании с учетом внутренней стенки. Для 37 пациентов оценены суммарные значения доз в критических органах.

Преимущества по дозовым нагрузкам на КО при оконтуривании с учетом толщины или без такого учета для СЛТ не выявлено. Оконтуривание для всех упомянутых технологий можно осуществлять по внешним контурам КО.

Ключевые слова: *сочетанная лучевая терапия, планы облучения, контроль качества, рак шейки матки, модальная доза, органы риска, оконтуривание*

Введение

Основным и часто единственным методом лечения рака шейки матки (РШМ) 2–3 стадии является сочетанная ЛТ (СЛТ), включающая дистанционное и внутриволостное облучение в комплексе с химиотерапией. В большинстве случаев нерешенными при СЛТ РШМ являются вопросы влияния на величину дозы в критических органах (КО) технологии их оконтуривания, с учетом или без учета внутренней

стенки. Попрежнему актуальным является вопрос оценки суммарной дозы в КО от сложения дистанционной и внутриволостной составляющих. В работе дана оценка влияния учета оконтуривания внутренней стенки органа на величину лучевой нагрузки на КО при СЛТ РШМ. Оценена суммарная доза в КО от дистанционной и внутриволостной составляющих.

Материал и методы

Технологическое оснащение и характеристики клинических групп

Выбор объемов облучения осуществлял врач. Расчет планов облучения осуществлялся на СП Eclipse при помощи алгоритма AAA (Anisotropic Analytical Algorithm), построенного на математической функции учета рассеяния. Облучение больных осуществлялось на линейных ускорителях электронов (ЛУЭ) моделей Clinac iX (Varian, США) с многолепестковым коллиматором с номинальной энергией фотонного излучения 6 МэВ. Контроль и коррекция положения больных на терапевтическом столе осуществляли с использованием вмонтированной в ускоритель рентгеновской системы визуализации OBI. ВЛТ проводили на аппарате MicroSelectron с источником излучения ^{192}Ir . Расчет планов внутриволостного облучения осуществлялся на СП Oncentra Brachy.

94 пациентам проводилась ЛТ по трем технологиям: 3D конформная лучевая терапия (3D CRT), с модуляцией интенсивности (IMRT) и с модуляцией интенсивности в ротационном режиме (RapidArc) (рис. 1) с последующей ВЛТ и химиотерапией. При дистанционном облучении суммарная доза составила СОД=50 Гр, РОД=2 Гр. Внутриволостное облучение проводилось в режиме 7,5 Гр 1 раз в пять-шесть дней, 4 фракции. Проведен анализ дозовых нагрузок на критические органы при одинарном и двойном оконтуривании критических органов.

Количественные характеристики контроля качества планирования

Контроль дозовых нагрузок на КО при одинарном и двойном оконтуривании осуществляли по гистограммам доза–объем (ГДО). Для оценки дозовых нагрузок на КО мы пользовались понятием наиболее часто встречающейся (модальной) дозы, которая отражается в СП как дифференциальная характеристика ГДО D_{diff} [1–3].

Результаты и обсуждение

Оценка доз в органах риска при двойном оконтуривании критических органов

Рассчитаны планы облучения 94 больных раком шейки матки в соответствии с методиками облучения: 3D CRT, IMRT, RapidArc. На величину лучевой нагрузки на КО может влиять правильность оконтуривания его структур. Обычно при планировании облучения обозначают полный объем органа, а не стенки, что может привести к неправильной оценке дозы облучения органов риска. Согласно рекомендациям международной рабочей группы по гинекологии GEC ESTRO, органы риска объемом более 2 см³ следует очерчивать с учетом толщины стенки [4]. Для того, чтобы сравнить дозовые нагрузки на КО, планы лечения пациенток были изменены. То есть, кроме внешней стенки была дополнительно оконтурена внутренняя стенка органов – прямой кишки, мочевого пузыря, сигмовидной кишки (рис. 2). Толщина стенки в среднем составляла 3 мм при использовании встроенных возможностей СП Eclipse.

После того как были оконтурены внутренние стенки органов риска, СП пересчитала до-



Рис. 1. Планы облучения по технологиям ЛТ: а – 3D конформная лучевая терапия (3D CRT), б – с модуляцией интенсивности (IMRT), в – с модуляцией интенсивности в ротационном режиме (RapidArc)

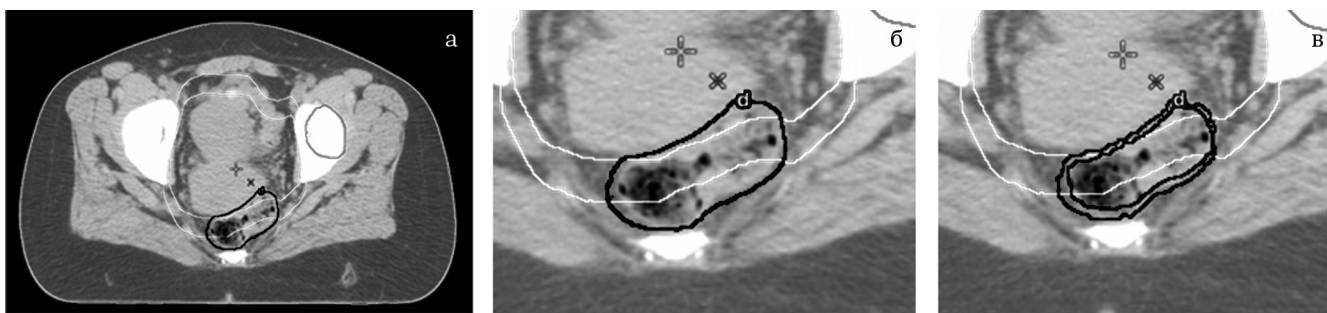


Рис. 2. Пример оконтуривания стенок прямой кишки (черный цвет): а – общий вид, б – оконтуривание только внешней стенки органа; в – оконтуривание внешней и внутренней стенки прямой кишки

зовые распределения, построила новые ГДО для каждого плана в пределах указанной толщины органа. Учитывая малые размеры анализируемых объемов, при построении гистограмм рассчитывали значения доз $D_{0,1}$, D_1 , D_2 , D_5 и D_{10} (рис. 3), а также значения минимальной, средней и максимальной дозы. При этом приняты следующие обозначения для различных технологий облучения: $D_{0,1}$ – доза, охватывающая объем $0,1 \text{ см}^3$; D_1 – доза, охватывающая 1 см^3 ; D_2 – доза, охватывающая 2 см^3 ; D_5 – доза, охватывающая 5 см^3 ; D_{10} – доза, охватывающая 10 см^3 .

На основании полученных данных были построены графики для всех указанных доз (рис. 4–7). На графиках рис. 4, 5 параметры D_5 и D_{10} – это средние значения дозы из всех для данной группы больных, леченых по методи-

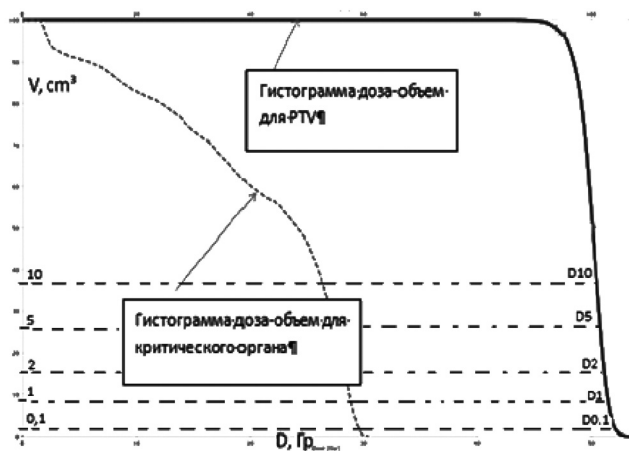


Рис. 3. Положение значений доз $D_{0,1}$, D_1 , D_2 , D_5 и D_{10} на гистограмме доза–объем

кам 3D-CRT, IMRT и RapidArc при одинарном и двойном оконтуривании. Некоторое отсутствие значков (треугольников и квадратов) на графиках свидетельствует о совпадении значений доз и наложении значков. Неокрашенные значки соответствуют оконтуриванию по внешней

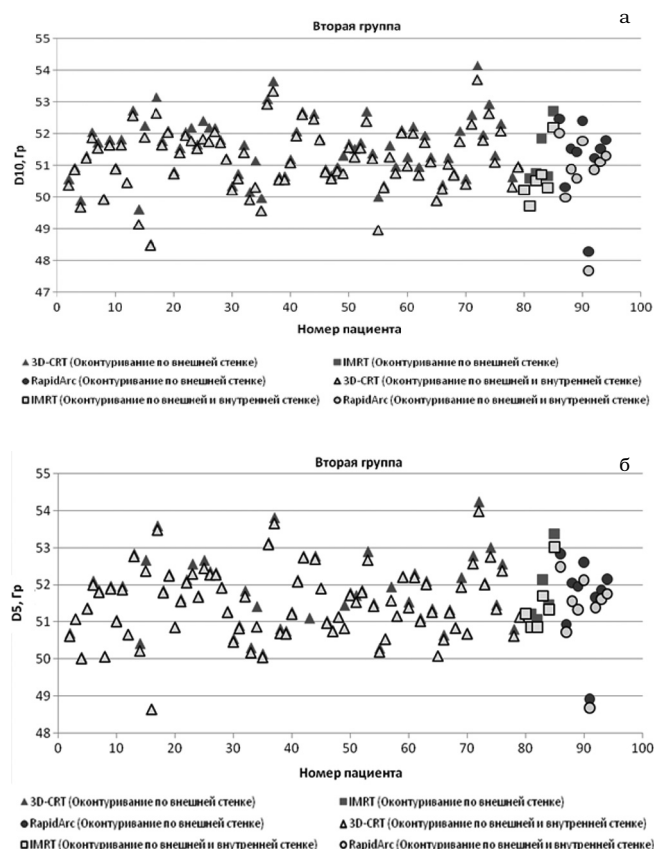


Рис. 4. Значения доз D_{10} (а) и D_5 (б) для мочевого пузыря для трех технологий дистанционного облучения при СЛТ

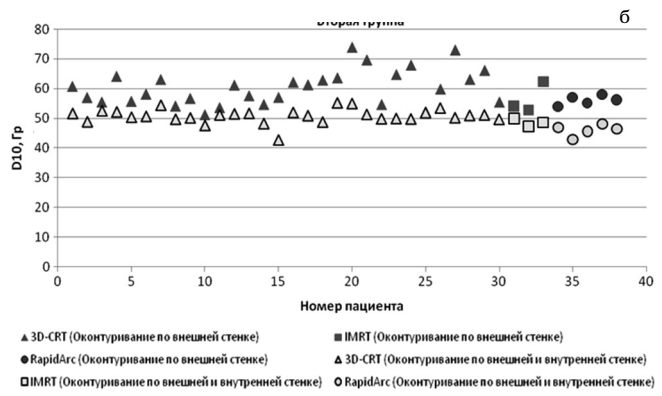
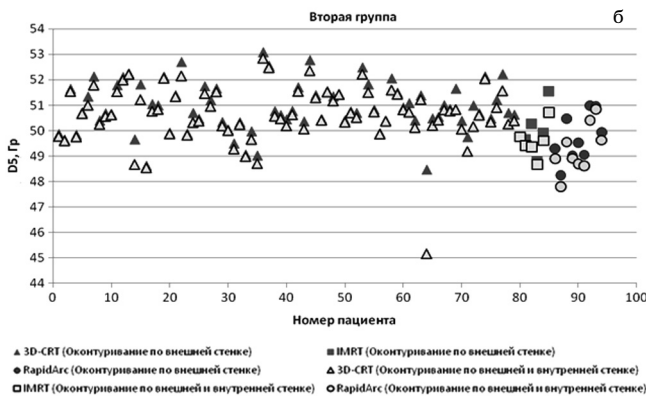
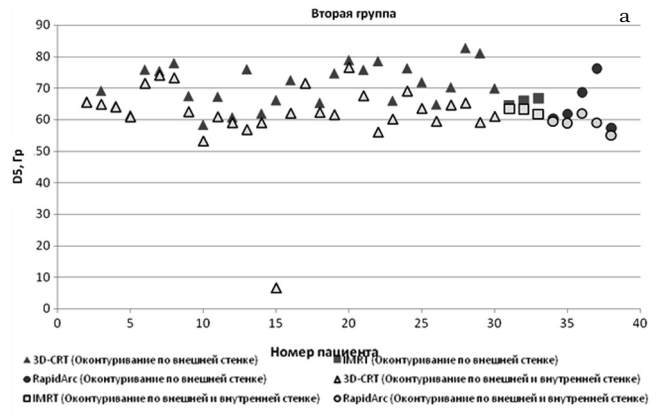
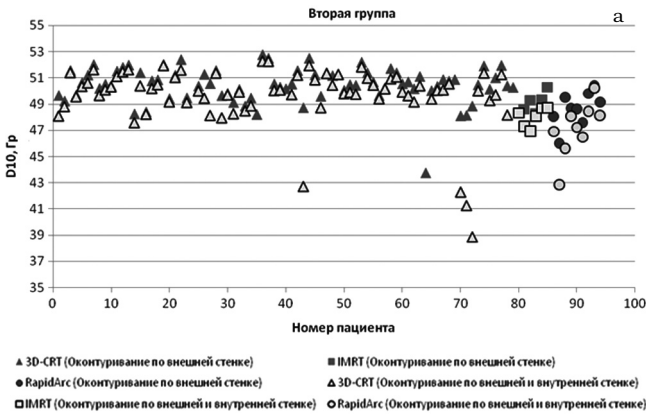


Рис. 5. Значения доз D_{10} (а) и D_5 (б) для прямой кишки для трех технологий дистанционного облучения при СЛТ

Рис. 6. Значения доз D_{10} (а) и D_5 (б) для мочевого пузыря (суммарные значения от дистанционной и внутриполостной лучевой терапии)

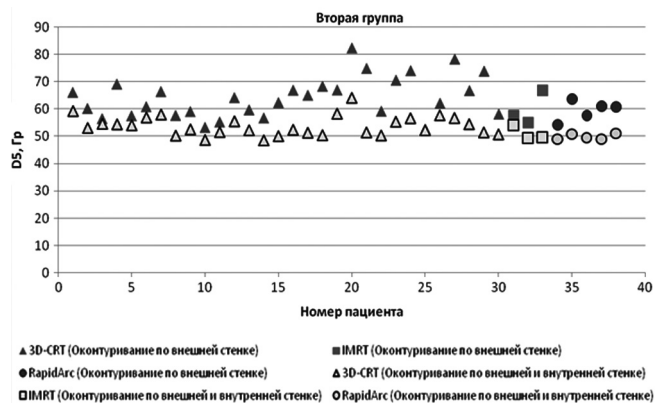
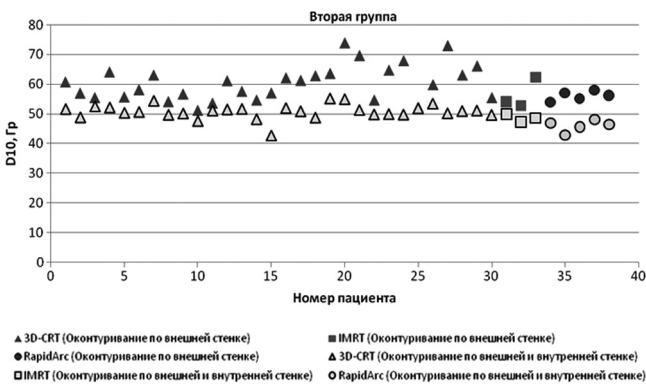


Рис. 7. Значения доз D_{10} (а) и D_5 (б) для прямой кишки (суммарные значения от дистанционной и внутриполостной лучевой терапии)

и внутренней стенке при трех технологиях дистанционного облучения: треугольник – 3D-CRT, квадратик – IMRT и кружок – RapidArc, окрашенные соответствуют оконтуриванию по внешней стенке. Аналогичные графики были получены для сигмовидной кишки. В результате оценки дозы по графикам у больных преимуществ оконтуривания органа с учетом толщины или без учета толщины его стенок не выявлено. Анализ дозовых нагрузок в КО показал, что при существенных временных затратах по двойному оконтуриванию клиническая выгода не наблюдается. А это значит, что оконтуривание можно осуществлять только по внешним контурам.

Этот вывод важен, так как позволяет физикам и врачам при топометрической подготовке избежать дополнительных диагностических процедур и сэкономить значительное время без потерь терапевтического эффекта.

Оценка суммарной дозовой нагрузки на критические органы при сочетанной лучевой терапии

Задача заключалась в оценке суммарных доз от дистанционной и внутриволостной ЛТ в органах риска при одинарном и двойном оконтуривании. Для этого исследования взята группа из 37 пациентов, проходящих СЛТ при указанных технологиях дистанционного облучения. Оценены суммарные значения доз для мочевого пузыря, прямой кишки и сигмовидной кишки для доз D_5 и D_{10} (рис. 6, 7). Из графиков видно, что одинарное или двойное оконтуривание при СЛТ также не дает никаких преимуществ по дозам в мочевом пузыре и прямой кишке. Также можно констатировать, что среднее значение D_{10} при СЛТ в мочевом пузыре для всех технологий дистанционного облучения составляет 60 ± 5 Гр, в прямой кишке – 55 ± 5 Гр; среднее значение D_5 в мочевом пузыре для всех технологий составляет 65 ± 5 Гр, в прямой кишке – 60 ± 10 Гр.

Заключение

Анализ дозовых нагрузок на критические органы для группы из 94 больных показал, что при существенных временных затратах по двойному оконтуриванию КО клинических преимуществ не наблюдается. А это зна-

чит, что оконтуривание можно осуществлять по внешним контурам критических органов. Этот вывод важен, так как позволяет при топометрической подготовке избежать дополнительных диагностических процедур и сэкономить значительное количество времени без потерь терапевтического эффекта.

Из графиков второй части исследований очевидно, что одинарное или двойное оконтуривание при СЛТ также не дает никаких преимуществ по дозам в мочевом пузыре и прямой кишке. Можно констатировать, что среднее значение D_{10} при СЛТ в мочевом пузыре для всех технологий дистанционного облучения составляет 60 Гр ± 5 Гр, в прямой кишке – 55 Гр ± 5 Гр; среднее значение D_5 в мочевом пузыре для всех технологий облучения составляет 65 Гр ± 5 Гр, в прямой кишке – 60 Гр ± 10 Гр.

Список литературы

1. Лебеденко И.М., Быкова Ю.Б., Болдырева В.А. и соавт. Оценка распределения дозы в планируемом объеме мишени с применением индекса гомогенности // Мед. физика. 2017. № 1(73). С. 34–38.
2. Лебеденко И.М., Кравец О.А., Быкова Ю.Б. и соавт. Количественная оценка качества планирования дистанционной составляющей лучевой терапии больных раком шейки матки // Вопросы онкологии. 2016. № 6. С. 827–830.
3. Lebedenko I.M., Romanova E.A., Belova A.A. et al. Quantitative assessment of the quality of treatment planning for patients with advanced cervical cancer // Biomed. Eng. 2018. Vol. 52. № 4. P. 263–266.
4. Рекомендации рабочей группы по гинекологии (GYN) GEC-ESTROII: концепция планирования брахитерапии рака шейки матки, основанная на применении трехмерного изображения – параметры 3D гистогрэм дозы-объем и аспекты 3D визуализации анатомических данных, радиационная физика, радиобиология // Мед. физика. 2017. № 1(73). С. 82–96.

**ACCOUNT OF WALL THICKNESS IN THE ORGANS AT RISK FOR DOSE
IN THE RADIOTHERAPY PLANNING OF CERVICAL CANCER**

I.M. Lebedenko^{1,2}, A.A. Belova¹, O.A. Kravets¹, A.A. Mezheumova², N.V. Mashenceva²

¹ *N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia*

² *National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia*

Assessed the quality of planning for the combined radiotherapy (RT) of patients with advanced cervical cancer. Assessed the impact of taking into account not only the external, but also the internal wall of the organ at risk during contouring on the magnitude of the radiation load on the organ at risk (OR). Estimated the total dose in the OR from the remote and intracavitary components.

The planning quality assessment was carried out for three technologies of remote exposure, namely: 3DCRT, IMRT and RapidArc mode. RT was performed on electron accelerators Clinac iX models (Varian, USA) with a nominal photon energy of 6 MeV, intracavitary RT – on a MicroSelectron apparatus with a ¹⁹²Ir radiation source. The calculation was carried out on the TPS ECLIPSE (Varian, USA) and Oncentra Brachy.

For a group of 94 patients with combined RT, an analysis of dose loads on the rectum, bladder and sigmoid colon was carried out with only the external contour and taking into account the inner wall. For 37 patients, the total values of doses in OR for CRT were evaluated.

The advantages of contouring with or without the thickness are not revealed. The contouring for all the mentioned technology can be carried out along the outer contours of the OR.

Key words: combined radiotherapy, radiotherapy plans, quality control, cervical cancer, modal dose, organs at risk, contouring

E-mail: jmlebedenko@mail.ru