

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЛАНИРОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ РАКОМ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Ю.А. Лазарева<sup>1</sup>, И.М. Лебедеенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Липецкий областной онкологический диспансер, Липецк

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им.Н.Н. Блохина Минздрава РФ, Москва

**Цель.** Провести количественную оценку качества планирования облучения онкологических больных раком предстательной железы для трех различных технологий дистанционного облучения.

**Материал и методы.** Проведены оценка качества планирования облучения больных с использованием индекса гомогенности и конформности и сопоставление доз в критических органах для 40 пациентов раком предстательной железы (РПЖ) при различных технологиях облучения: при 3D конформной лучевой терапии 3DCRT, лучевой терапии с модуляцией интенсивности IMRT, лучевой терапии с модуляцией интенсивности в ротационном режиме RapidArc. Технологии реализованы на ускорителях электронов моделей Clinac iX (Varian, США), Clinac 2300 CD (Varian, США) и UniquePower (Varian, США) с номинальной энергией фотонного излучения 6 и 18 МэВ.

**Результаты.** Получены зависимости индексов гомогенности HI, конформности CI в пределах мишени и доз в критических органах от технологии облучения для больных РПЖ. С учетом прогностических возможностей индекса HI для безрецидивной выживаемости выбрана оптимальная технология облучения больных. Показано, что при РПЖ доминирует технология Rapid Arc.

**Ключевые слова:** дистанционная лучевая терапия, качество планирования облучения, количественная оценка, рак предстательной железы

DOI: 10.52775/1810-200X-2022-94-2-12-19

### Введение

Согласно сведениям Всемирной организации здравоохранения, рак предстательной железы (РПЖ) занимает 4-е место по заболеваемости и 5-е – по смертности среди всех злокачественных новообразований [1]. В России в год в среднем регистрируется около 35 тыс. новых случаев РПЖ. Из них 50 % случаев РПЖ – с

локализованной формой, 25 % – с местно распространенной и 15 % с первично-диссеминированным процессом. Около 10 % пациентов умирает в течение первого года после постановки диагноза [1]. РПЖ в большинстве случаев успешно поддается лечению. Среди методов лечения выделяют оперативный метод (простатэктомия), химиотерапию, лучевую терапию (брахитерапия, дистанционную лучевую тера-

пию (ДЛТ)), а также сочетанную терапию. Рак предстательной железы, а в 90 % случаев аденокарцинома предстательной железы, – это злокачественное новообразование, развивающееся из клеток железистого эпителия или соединительной ткани.

Безрецидивная выживаемость онкологических больных при проведении комплексного лечения РПЖ зависит от качества реализации каждой составляющей представленного терапевтического комплекса. Если лучевая терапия входит в комплекс терапевтических мер, то эффект лучевой терапии на три четверти определяется качеством планирования и реализации предложенного медицинскими физиками плана облучения. Поэтому оценка качества планирования актуальна.

Цель исследования – провести количественную оценку качества планирования облучения онкологических больных при РПЖ для трех различных технологий дистанционного облучения, а именно: 3D конформной лучевой терапии (3DCRT), лучевой терапии с модуляцией интенсивности (IMRT) и с модуляцией интенсивности в ротационном режиме (RapidArc – технология VMAT).

На основании анализа литературных данных, международных документов и собственного опыта [2–6] выделены факторы, позволяющие определить факторы прогноза безрецидивной выживаемости пациентов. В работе [2] в результате многофакторного анализа результатов лучевой терапии более ста пациентов по поводу метастазов в головной мозг при раке легкого и молочной железы показано, что медиана отдаленного прогрессирования болезни при гомогенном распределении дозы и индексе гомогенности  $HI < 0,15$  составила 15,6 мес, при  $HI \geq 0,15$  – только 6,1 мес. Показано, что наиболее значимым из всей совокупности факторов для прогноза и зависящим от физика и радиолога при планировании облучения оказался индекс гомогенности распределения дозы HI внутри клинического объема мишени (CTV) или планируемого (PTV) объема. Чем ближе HI к 0 при планировании облучения, тем ниже вероятность возникновения рецидивов и выше выживаемость при дальнейшем наблюдении за больными. Вероятность возникновения рецидивов и снижения выживаемости растет при значениях индекса гомогенности  $HI > 0,12$ . Значимыми для обеспечения качества жизни пациентов оказались также индекс конформности дозы в мишени CI и значения доз в кри-

тических органах в рассматриваемой группе больных из 40 пациентов. Под гомогенностью дозового распределения понимается однородность дозы в пределах объема мишени. Градиент дозы показывает степень уменьшения дозы с увеличением расстояния от мишени. Под конформностью дозового распределения подразумевается совпадение объема мишени и объема, охватываемого предписанной изодозой.

## Материал и методы

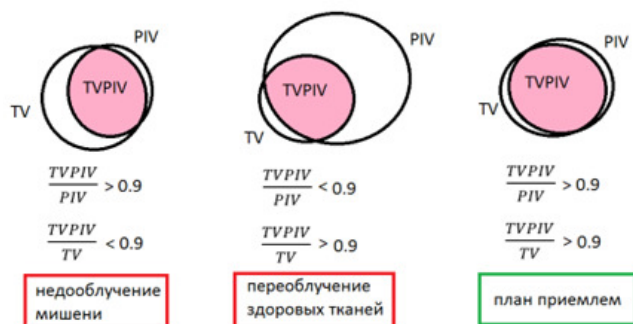
Оценено качество планирования облучения больных с использованием индекса гомогенности HI, конформности CI и доз в критических органах у 40 больных РПЖ для трех технологий дистанционного облучения: 3D конформной лучевой терапии 3DCRT, лучевой терапии с модуляцией интенсивности IMRT, и с модуляцией интенсивности в ротационном режиме RapidArc.

Расчет планов облучения осуществляли на системе планирования Eclipse при помощи алгоритма AAA (Anisotropic Analytical Algorithm), построенного на математической функции учета рассеяния излучения. Облучение больных РПЖ по трем технологиям осуществляли на высокоэнергетических линейных ускорителях электронов моделей Clinac iX (Varian, США), Clinac 2300 CD (Varian, США) и UniquePower (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 осуществляли при помощи вмонтированных в ускорители систем рентгеновской визуализации OBI.

### Индекс гомогенности дозы HI

Дозовая гомогенность – это независимая характеристика качества дозового распределения. Дозовая гомогенность характеризует однородность распределения дозы в пределах объема мишени. Идеально гомогенная доза характеризуется пиком на дифференциальной характеристике гистограммы доза–объем (ГДО) или вертикальным спадом на графике кумулятивной ГДО [3, 4].

В соответствии с международными рекомендациями для технологий 3D CRT, IMRT и RapidArc HI рассчитывается по кумулятивной ГДО. Это отношение разницы дозы  $D_{2\%}$  около максимума, охватывающей 2 % объема мише-



**Рис. 1.** Иллюстрация к понятию индекса конформности PCI

ни или критического органа, и минимального значения дозы, охватывающей 98 % объема мишени или критического органа  $D_{98\%}$ , к нормирующему значению  $D_{50\%}$  [4–6]. В идеальном случае, при  $HI=0$ , дозовое распределение полностью однородное.

### Индекс конформности CI

Существует достаточно большое количество индексов конформности, использованных в различных работах [7–11]. Для удобства визуализации взаимного расположения объемов на рис. 1 показаны объемы тканей, охватываемые предписанной изодозой PIV, объем мишени TV и объем мишени, охватываемый предписанной дозой TVPIV.

Так, группа RTOG ввела понятие индекса конформности как отношение объема тканей, получающих предписанную дозу PIV к объему мишени TV [12]:

$$CI_{RTOG} = PIV/TV. \quad (1)$$

В идеальном случае  $CI_{RTOG}=1$ . В соответствии с рекомендациями RTOG, план с  $CI_{RTOG}$  в пределах от 1 до 2 считается удовлетворительным. При значениях от 2,0 до 2,5 план приемлем, но с переоблучением здоровых тканей, при значениях 0,9–1,0 план также приемлем, но с недостаточным покрытием объема мишени. Значения индекса конформности вне указанных диапазонов считается грубым нарушением и план нельзя передавать для лечения. Идеальная конформность дозового распределения, как правило, на практике достигается крайне редко. Обычно некоторый дополнительный объем вне мишени также получает предписанную дозу. Кроме того, определение индекса конформности согласно группе RTOG не учитывает пространственное взаимодей-

ствие объемов PIV и TV и может дать неверную информацию об истинной конформности (ложная конформность).

В связи с этими фактами было введено понятие покрытия мишени PTC. Покрытие PTC – отношение объема мишени, охватываемого предписанной изодозой к полному объему мишени, выраженное в процентах:

$$PTC = (TVPIV/TV) \times 100 \%. \quad (2)$$

Таким образом, при выборе плана и предотвращении переоблучения здоровых тканей при перекрытии объемов мишени, предпочтение отдается планам с наименьшим PIV. Для упрощения расчетов был введен индекс селективности SI (Selective Index), как альтернатива индексу конформности:

$$SI = TVPIV/PIV. \quad (3)$$

Значение индекса селективности в соответствии с рекомендациями RTOG должно быть  $>0,9$  (рис. 1), что говорит о том, что 90 % объема, охватываемого предписанной изодозой, находится в пределах объема мишени. В докладе МАГАТЭ № 83 был введен индекс конформности  $CI_{ICRU}$ , учитывающий покрытие мишени:

$$CI_{ICRU} = TVPIV/TV. \quad (4)$$

Его значение должно находиться в диапазоне от 0,9 до 1,0 (рис. 1). Там рекомендуется в качестве предписанной изодозы брать величину, соответствующую 95–99 % покрытию объема мишени. Недостатком выбора плана облучения на основании индекса селективности является то, что он не учитывает случаи недооблучения мишени. В связи с этим авторы работы [13] предложили использовать улучшенный индекс конформности, получивший название индекс конформности Паддика (Paddick) PCI:

$$PCI = (TVPIV/PIV) \times (TVPIV/TV). \quad (5)$$

Первый множитель учитывает переоблучение здоровых тканей, а второй – недооблучение мишени. План считают удовлетворительным, если индекс PCI находится в пределах от 0,85 до 1,0. При этом оба множителя должны быть не менее 0,9. На рис. 1 представлена иллюстрация, демонстрирующая суть индекса конформности Паддика, также используемого нами при расчете индекса конформности. Таким образом, индекс конформности PCI является наиболее адекватной оценкой конформности дозового распределения.

Таблица 1

## Сравнительный анализ индексов качества планирования

№	Обозначение индекса	Название индекса	Допустимые значения
1	CIRTOG	Индекс конформности группы RTOG(1996 г.)	0,90–2,50
2	SI	Индекс селекции RTOG	0,90–1,00
3	CI ICRU	Индекс конформности МКРЕ доклад №83	0,90–1,00
4	PCI	Индекс конформности по Паддику	0,85–1,00
5	HI	Индекс гомогенности	< 0,12
6	GI	Индекс градиента	< 4,00

**Характеристика клинического материала**

Облучение больных РПЖ осуществляли в стандартном режиме фракционирования в три этапа до СД=74 Гр при РД=2 Гр за фракцию, одна фракция в день, 5 дней в неделю. Объем PTV на первом этапе составлял от 300 до 700 см<sup>3</sup>. Объем PTV на втором этапе – до 200 см<sup>3</sup>, на третьем этапе – до 150 см<sup>3</sup>.

**Результаты**

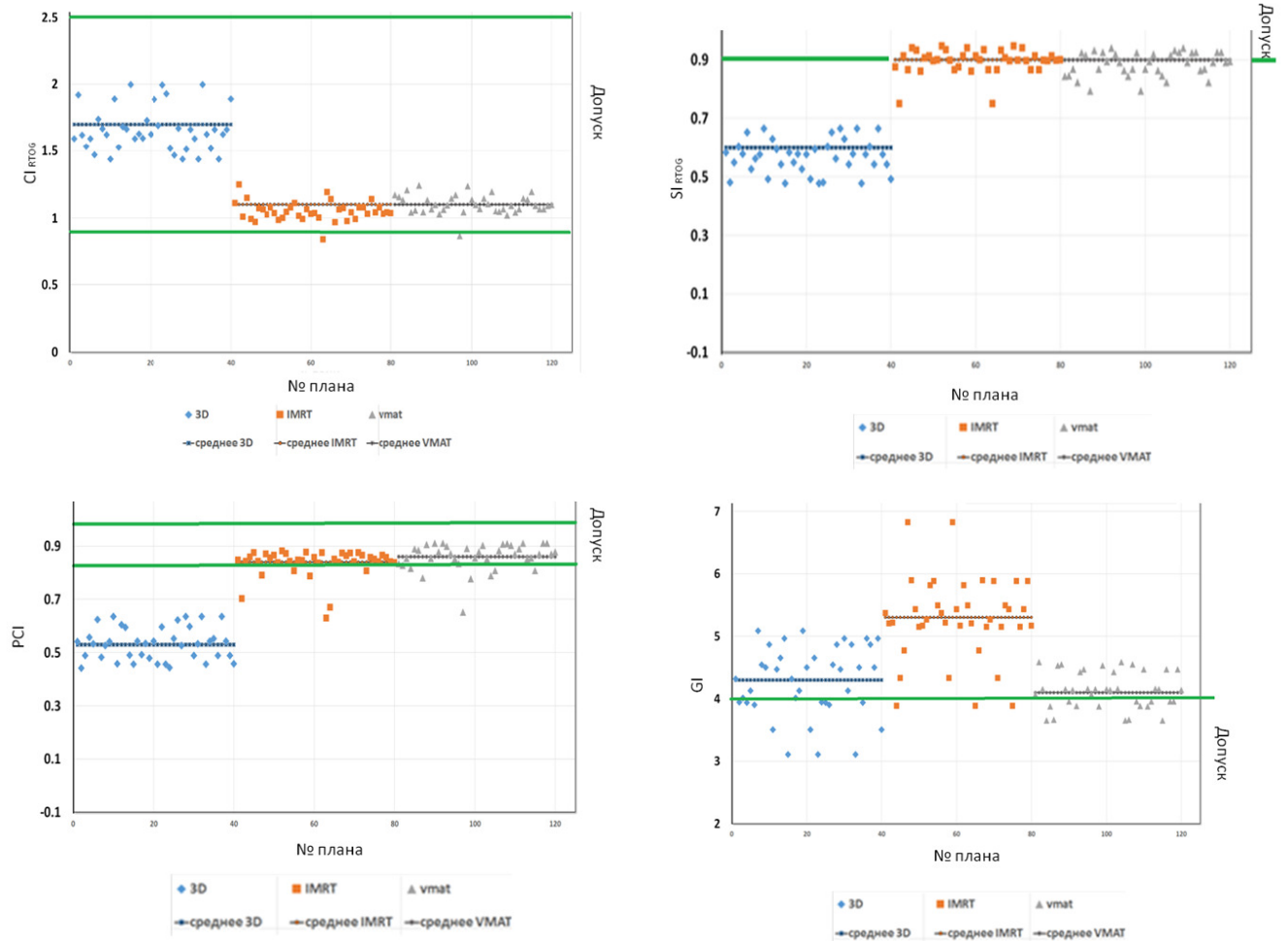
Проведен количественный анализ планов облучения 40 больных (360 планов для трех этапов облучения) РПЖ по трем различным технологиям: 3D-CRT, IMRT и VMAT. Сравнение значений индексов конформности, гомогенности и градиента дозы производили по результатам анализа планов для первого этапа облучения, при котором PTV имел наиболее сложную форму. Объем CTV у выбранной группы пациентов находился в диапазоне от 200 до 600 см<sup>3</sup>. Объем PTV выбранной группы пациентов составил в среднем 900 см<sup>3</sup>. Индексы, значения которых были оценены при анализе, приведены в табл. 1. Для получения параметров, необходимых для расчёта индексов, в системе планирования Eclipse был задействован интерфейс прикладного программирования API Visual Scripting. Обработка полученных данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel. Рассчитаны индексы, указанные в табл. 1, для объемов CTV и PTV. В качестве терапевтической изодозы взято значение 98 % от предписанной дозы для CTV и 95 % от предписанной дозы для PTV.

На рис. 2 представлены графики индексов для объемов PTV. По оси X отложен номер плана, по оси Y – значение индекса. Первые 40 планов рассчитаны для 3DCRT для 40 пациентов, планы с 41 по 80 – для IMRT для тех же 40

пациентов, с 81 по 120 – для RapidArc (на графиках VMAT). На графиках отмечены средние значения индексов для каждой методики, а горизонтальными линиями показаны пределы допустимых значений (“допуск”). Значения индексов конформности  $CI_{RTOG}$  оказались приемлемыми для всех трёх методик (рис. 2а). Однако, данный индекс нельзя рассматривать отдельно так как он не учитывает переоблучения здоровых тканей.

Значение индекса селекции  $SI_{RTOG}$  (рис. 2б) попадает в допустимый интервал значений >0,9 только для методик IMRT и VMAT. Следовательно, на основе анализа индексов  $CI_{RTOG}$  и  $SI_{RTOG}$  в совокупности можно сделать вывод, что при использовании методики 3DCRT в терапевтический объём попадает значительное объемы нормальных тканей.

Индекс конформности по Паддику PCI (рис. 2в), который учитывает одновременно переоблучение здоровых тканей и покрытие мишени терапевтической дозой, оказался в допустимых пределах для методик IMRT и VMAT. Для методики 3DCRT индекс PCI оказался гораздо меньше нижней допустимой границы. Для анализа вклада множителей, характеризующих переоблучение здоровых тканей и покрытие мишени, был проведён анализ двух множителей, входящих в формулу (4) для PCI. Первый множитель,  $TVPIV/PIV$ , (индекс  $CI_{ICRU}$ ) отвечает за переоблучение нормальных тканей, второй множитель,  $TVPIV/TV$ , отвечает за покрытие мишени терапевтической изодозой. Для того, чтобы индекс PCI имел значение, попадающее в допуск, необходимо, чтобы оба множителя были более 0,9. В табл. 2 приведены значения указанных множителей для объемов CTV и PTV в трёх различных методиках облучения. Анализ значений табл. 2 показал, что для объемов CTV и PTV покрытие мишени терапевтической дозой более чем на 90 % достигается при всех трёх методиках облучения.



**Рис. 2.** Значения различных индексов PTV для методик 3DCRT, IMRT, VMAT: а – значения индекса конформности  $CI_{RTG}$ , б – значения индекса  $SI_{RTG}$ , в – значения индекса PCI, г – значения индекса GI

**Таблица 2**

**Значения множителей индекса PCI для объёмов CTV и PTV при 3DCRT, IMRT, VMAT**

Множитель PCI	CTV			PTV		
	3D	IMRT	VMAT	3D	IMRT	VMAT
$\frac{TV_{PIV}}{PIV} > 0,9$ При переоблучении здоровых тканей	0,3±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1
$\frac{TV_{PIV}}{TV} > 0,9$ При покрытии мишени	0,8±0,1	0,9±0,1	1,0±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1

Для объёма CTV во всех методиках наблюдается переоблучение здоровых тканей. А для объёма PTV переоблучение здоровых тканей наблюдается только в методике 3D CRT. Для объёма CTV результаты анализа индексов конформности получились неудовлетворительны-

ми. Для объёма PTV индексы конформности показали, что методика 3DCRT обеспечивает покрытие мишени терапевтической изодозой, однако при этом происходит значительное переоблучение здоровых тканей. Методики IMRT и VMAT обеспечивают одновременно и покрытие

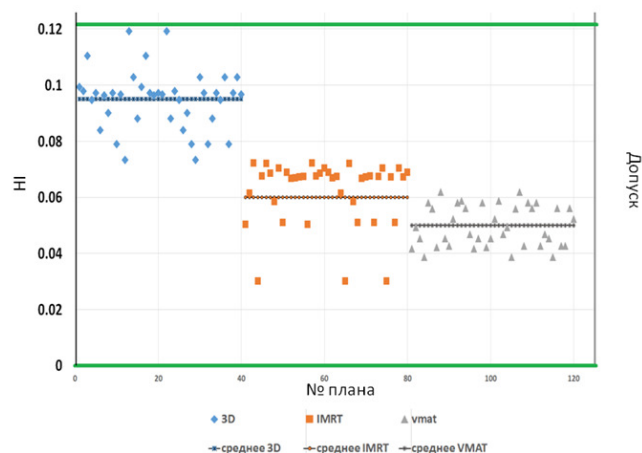


Рис. 3. Значения индекса HI для PTV для методик 3DCRT, IMRT, VMAT

мишени, и не приводят к облучению здоровых тканей выше допустимого уровня.

Индекс GI (рис. 2г) иллюстрирует степень изменения дозы при переходе из объёма PTV в здоровые ткани. Все три методики имеют индекс GI, превышающий допустимое значение. Однако, при методике VMAT наблюдаются значения GI, наиболее близкие к допустимому уровню. Полученные результаты можно объяснить следующим образом. Индекс градиента отвечает за переоблучение окружающих нормальных тканей дозой, равной половине от терапевтической дозы. Считается, что при облучении органов такой дозой не ожидаются неблагоприятные эффекты для здоровья пациента. Но данное утверждение сильно обобщено для различных локализаций, а эффекты напрямую зависят от величины терапевтической изодозы. При облучении PTV РПЖ рядом с облучаемым объёмом располагаются органы риска, которые имеют собственные пределы толерантности, которые должны быть оценены напрямую из ГДО.

На рис. 3 представлены индексы гомогенности распределения дозы HI. Анализ результата показал, что наилучшую однородность распределения даёт методика VMAT, однако для всех трёх методик значение индекса HI находится в допустимых пределах. В табл. 3 приведены средние значения и среднеквадратические отклонения рассчитанных индексов конформности, гомогенности, градиента для объёмов CTV и PTV для трех методик облучения.

## Заключение и выводы

Обобщая вышесказанное, можно сделать следующее заключение. Методики IMRT и VMAT при облучении РПЖ позволяют получить конформное и однородное дозовое распределение в мишени, в то время как при использовании методики 3D CRT происходит переоблучение здоровых тканей, выходящее за допустимый уровень, хотя распределение дозы также однородно. При исследовании конформности можно пользоваться индексами CIRT OG и SIRT OG в совокупности или только индексом PCI. Индекс GI не является единственным и точным критерием оценки дозовой нагрузки на критические структуры. Гомогенность дозового распределения не зависит от методики облучения.

Результаты анализа показали, что наибольшую однородность распределения дозы и наименьшее значение индекса гомогенности даёт методика RapidArc. Отметим также, что для всех трёх методик значение индекса гомогенности меньше толерантного значения  $HI \leq 0,12$  и находится в допустимых пределах. Значения индексов гомогенности при РПЖ составили для методик 3DCRT, IMRT и RapidArc, соответственно,  $HI = 0,101 \pm 0,021$ ;  $0,061 \pm 0,010$  и  $0,025 \pm 0,011$ . Таким образом, наиболее предпочтительной при облучении рака предста-

Таблица 3

Средние значения и среднеквадратические отклонения индексов конформности, гомогенности и градиента для объёмов CTV и PTV в трех методиках облучения

Индекс	CTV			PTV		
	3D-CRT	IMRT	VMAT	3D-CRT	IMRT	VMAT
CIRT OG	3,4±1,0	1,9±0,3	2,3±0,4	1,7±0,2	1,1±0,1	1,1±0,1
SIRT OG	0,3±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1
PCI	0,2±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,8±0,1	0,9±0,1
GI	5,1±0,9	6,4±1,0	4,5±0,4	4,3±0,6	5,3±0,7	4,1±0,3
HI	0,10±0,02	0,05±0,01	0,04±0,01	0,10±0,02	0,06±0,01	0,05±0,01

тельной железы является методика RapidArc, поскольку она даёт наименьшие показатели по индексам HI и нагрузкам на критические органы.

Итак, получены зависимости индексов гомогенности HI, конформности CI дозы в пределах мишени и доз на критические органы от технологии облучения для больных раком предстательной железы. Показано, что при раке предстательной железы наилучшие показатели дает технология Rapid Arc.

### Список литературы

1. Ferlay J et al. Cancer Incidence and Mortality Worldwide. IARC Cancer Base. 2012;11. doi: 10.1002/ijc.29210. Epub 2014 Oct 9.
2. Беликова АА, Герасимов ВА, Иванов СА и др. Факторы риска локального и дистантного прогрессирования у больных немелкоклеточным раком легкого и молочной железы после облучения всего объема головного мозга. Медицинская физика. 2021; (2 (90)): 29-38. [Belikova AA, Gerasimov VA, Ivanov SA et al. Risk factors for local and distant progression in patients with non-small cell lung and breast cancer after whole brain irradiation. Medical physics. 2021; (2 (90)): 29-38 (In Russian)].
3. Лебедеико ИМ, Быкова ЮБ, Болдырева ВА и др. Оценка распределения дозы в планируемом объеме мишени с применением индекса гомогенности. Медицинская физика. 2017; (1 (73)): 34-8 [Lebedenko IM, Bykova YuB, Boldyreva VA et al. Estimation of dose distribution in the planned target volume using the homogeneity index. Medical physics. 2017; (1 (73)): 34-8 (In Russian)].
4. Лебедеико ИМ, Кравец ОА, Быкова ЮБ и др. Количественная оценка качества планирования дистанционной составляющей лучевой терапии больных раком шейки матки. Вопросы онкологии. 2016; 6: 827-30 [Lebedenko IM, Kravets OA, Bykova YuB et al. Quantitative assessment of the quality of planning the remote radiotherapy in cervical cancer patients. Problems in Oncology. 2016; 6: 827-30 (In Russian)].
5. Lebedenko IM, Romanova EA, Belova AA et al. Quantitative assessment of the quality of treatment planning for patients with advanced cervical cancer. Biomedical Engineering. 2018; 52 (4): 263-6.
6. International Commission on Radiation Unit-sand Measurements. Prescribing, Recording and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT). ICRU Report 83. 2010. DOI: 10.1007/s00066-011-0015-x.
7. Лебедеико ИМ, Денисюк СС, Быкова ЮБ. Инструментальный метод оценки качества дозиметрических планов облучения онкологических больных. Измерительная техника. 2017; (7): 66-8. [Lebedenko IM, Denisjuk SS, Bykova YuB. An instrumental method for assessing the quality of dosimetric plans for cancer patients radiotherapy. Measuring technique. 2017; (7): 66-8 (In Russian)].
8. Антипина НА и др. Оценка и сравнение дозиметрических параметров планов стереотаксического облучения новообразований головного мозга на установках Кибернож и Новалис. Медицинская физика. 2016; (2): 58-68 [Antipina NA, et al. Evaluation and comparison of dosimetric parameters of stereotaxic irradiation of brain neoplasms plans at Cyberknife and Novalis facilities. Medical physics. 2016; (2): 58-68 (In Russian)].
9. Ковальская ЕП. Количественный анализ параметров гистограмм доза-объем дозиметрических планов лучевой терапии рака предстательной железы. Сахаровские чтения 2020 года. Материалы 20-й международной научной конференции. 2020. С. 76-80 [Kovalskaya EP. Quantitative analysis of parameters of dose-volume histograms of dosimetric plans for radiotherapy for prostate cancer. Sakharov Readings 2020. Proceedings of the 20th Int Scientific Conference. 2020. P. 76-80 (In Russian)].
10. Минайло ИИ и др. Современная лучевая терапия рака легкого и предстательной железы с использованием высокотехнологичных методик. Ukrainian Journal of Radiology. 2015; V(XXIII): (2): 61-6 [Minailo II, et al. Modern radiation therapy for lung and prostate cancer using high-tech techniques. Ukrainian Journal of Radiology. 2015; V(XXIII): (2): 61-4 (In Russian)].
11. Сухих ЕС и др. Радиобиологическая оценка дозиметрических планов для стереотаксической радиотерапии рака предстательной железы в зависимости от режима фракционирования. Вестник рентгенологии и радиологии. 2019; 100 (5): 263-9 [Sukhikh ES et al. Radiobiological assessment of dosimetric plans for stereotactic radiotherapy of prostate cancer depending on the fractionation regi-

- men. Bulletin of Radiology. 2019; 100 (5): 263-9 (In Russian)].
12. RTOG Foundation Publications Guidelines. Электронный ресурс. URL: <https://www.rtog.org/>.
13. Paddick I. A simple scoring ratio to index the conformity of radiosurgical treatment plans. J. Neurosurg. 2000; 93: 219-22. DOI:10.3171/JNS.2000.93.SUPPLEMENT.

## QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF EXTERNAL RADIOTHERAPY PLANNING FOR PATIENTS WITH PROSTATE CANCER

Yu.A. Lazareva<sup>1</sup>, I.M. Lebedenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lipetsk Regional Oncological Dispensary, Lipetsk, Russia

<sup>2</sup> N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia

**Purpose.** To quantify the quality of treatment planning for patients with prostate cancer for three different radiotherapy technologies.

**Materials and methods.** The quality of irradiation planning was assessed using the index of homogeneity, conformality and comparison of critical organs doses for 40 patients with prostate cancer using various irradiation technologies: 3D conformal radiation therapy 3DCRT, radiation therapy with intensity modulation IMRT, radiation therapy with intensity modulation in rotation mode RapidArc. The technologies are implemented on conventional electron accelerators of the Clinac iX (Varian, USA), Clinac 2300 CD (Varian, USA) and UniquePower (Varian, USA) models with a nominal photon radiation energy 6 and 18 MeV.

**Results.** The dependences of the homogeneity indices HI, conformality CI within the target, and critical organs doses on the irradiation technology for patients with prostate cancer were obtained. Taking into account the predictive capabilities of the HI index for relapse-free survival, the optimal technology for irradiating patients was chosen. It has been shown that Rapid Arc technology dominates for prostate cancer.

Key words: *quantitative assessment, external beam radiation therapy, prostate cancer, CTV-PTV*

E-mail: [imlebedenko@mail.ru](mailto:imlebedenko@mail.ru)