

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЯ RAPID PLAN ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАКА ОБЛАСТИ ГОЛОВЫ И ШЕИ И ПРЯМОЙ КИШКИ

*Е.П. Морозова, Н.В. Громова, А.Ф. Петрова, М.С. Шкурупий  
Московский международный онкологический центр, Москва*

### RAPID PLAN MODULE APPLYING TO OPTIMIZE THE PLANNING PROCESS FOR TREATMENT OF HEAD AND NECK AND RECTAL CANCER

*E.P. Morozova, N.V. Gromova, A.F. Petrova, M.S. Shkurupii  
Moscow International Oncology Center, Moscow, Russia*

#### Реферат

При большом потоке пациентов может быть необходимым ускоренное дозиметрическое планирование без ущерба качеству окончательного плана. С помощью современных технологий можно оптимизировать и стандартизировать процесс дозиметрического планирования. Система планирования Varian Eclipse имеет модуль Rapid Plan, представляющий собой автоматизированную систему модуляции планов на основе базы данных клинических планов. Планирование, основанное на базе знаний, – это перспективный метод, который способен улучшить качество плана и ускорить планирование.

В данном исследовании анализировалась результативность процесса оптимизации планирования лучевой терапии с модуляцией дозы по объему мишени (VMAT) применительно к терапии области головы и шеи и прямой кишки. Планы сравнивались по статистическим данным доз на критические органы и терапевтический объем мишени по гистограммам доза-объем. Каждая модель скомпонована на более чем 50 реальных планов.

Планы, выполненные с использованием модели, имели дозные распределения не хуже дозных распределений клинических планов. Не было обнаружено статистически значимых отличий в отношении покрытия планируемого целевого объема (PTV). Модель была использована для уже прошедших лечение пациентов с различными видами локализаций. Полученные результаты указывают на то, что автоматизация дозиметрического планирования возможна с использованием модуля Rapid Plan, и это может способствовать его использованию в клинической практике.

**Ключевые слова:** лучевая терапия, дозиметрическое планирование, RapidPlan, автоматизация, опухоли головы и шеи, рак прямой кишки, VMAT

#### Abstract

In situations where the number of patients is large, it may be necessary to quickly create dosimetry plan without compromising the quality of the final plan. With the help of the modern technologies, it is possible to optimize and standardize the dosimetry planning process. The Varian Eclipse planning system has a Rapid Plan module, which is an automated system for creating plans based on the database of clinical plans (1-4). Knowledge-based planning is a promising method that can improve plan quality and speed up treatment planning.

In this study the performance of volume modulated radiotherapy planning optimization (VMAT) for head and neck and rectal cancer was examined. Plans were compared based on dose statistics for critical organs and planning target volume using dose-volume histograms. Each model is configured on more than 50 real plans.

The plans made using the RapidPlan had dose distributions no worse than the dose distributions of clinical plans. No statistically significant differences were found regarding planning target volume (PTV) coverage. The model was used for already treated patients with different types of localizations. The results indicate that automation of dosimetry planning is possible using the Rapid Plan module, and this may facilitate its use in clinical practice.

**Key words:** radiation therapy, dosimetric planning, RapidPlan, automation of dosimetric planning, head and neck tumor, rectal cancer, VMAT

E-mail: morozova.ep13@yandex.ru

<https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-101-1-78-81>

## Материал и методы

Модели создавались в системе планирования Varian Eclipse версии 15.6 [1–4]. Построение модели начинается с выбора количества PTV и органов риска, для которых модель будет генерировать предсказания гистограммы доза-объем (DVH). Для области головы и шеи было решено создать три разных PTV и разделить их по размеру и локализации: PTV50 – двухсторонняя мишень, т.е. область облучения расположена слева и справа относительно сагиттальной плоскости, проходящей через спинной мозг, PTV60 – односторонняя мишень, т.е. мишень расположена с одной стороны относительно сагиттальной плоскости, проходящей через спинной мозг, PTV70 – небольшая центральная мишень. Было добавлено 20 структур критических органов, некоторые добавлены в двух вариантах: оригинальный объем и только часть

органа, находящаяся вне PTV. Модель создана на основе 204 планов. На рис. 1 приведена расстановка целей оптимизации в модели области головы и шеи (ОГШ) для некоторых структур. В клинике используется следующее фракционирование: разовая доза 2 Гр, 25 сеансов, суммарная доза 50 Гр, с двумя последовательными очагами по 2 Гр 5 раз, суммарно до 60 Гр и 70 Гр соответственно. Поскольку в модели учитываются дозы в процентах, ее можно применять для любого фракционирования.

В модели для рака прямой кишки имеется один PTV, так как сильного разброса по размерам PTV в данной локализации не наблюдалось, и 4 критических структуры. Всего в модель добавлено 87 планов. Предписание составляет 2 Гр 25 раз, суммарно 50 Гр на PTV.

## Результаты

### Модель для области головы и шеи

Модель была протестирована на 60 лечебных планах. На рис. 2 показано сравнение оригинального плана и плана, полученного с помощью RapidPlan. Из сравнения видно, что покрытие почти не изменилось, объем мишени, который получает 95 % предписанной дозы, равен 98,5 % ( $V_{95\%}=98,5\%$ ) для обоих планов. В табл. 1 представлены средние дозы на критические органы. Все ограничения на органы выполнены во всех тестовых планах. Из таблицы видно, что средние дозы меньше для некоторых органов у плана, рассчитанного с помощью RapidPlan. Похожие соотношения доз наблюдались и в других случаях. В 42 тестовых планах покрытие мишени 95 % дозой оказалось лучше у варианта плана RapidPlan, при этом в 7 случаях покрытие мишени было одинаковым. Количество планов, в которых сред-

Target ID	Vol (%)	Dose	Priority	gEUD a
PTV_50(54) PTV_Low, PTV_Intermediate	100.0	100.0 %	300	X
None	0.0	100.0 %	300	X
PTV_60 (54) PTV_Low, PTV_Intermediate	100.0	100.0 %	300	X
None	0.0	100.0 %	300	X
PTV_70 (54) PTV_Low, PTV_Intermediate	100.0	100.0 %	300	X
None	0.0	100.0 %	300	X
PTV_70(50) PTV_Intermediate, PTV_Low	100.0	100.0 %	300	X
None	0.0	100.0 %	300	X
BrainStem (79876)	Generated	Generated	40.0	X
Upper gEUD	63.000 Gy	Generated	40.0	X
BrainStem (79876)	Generated	Generated	40.0	X
Upper gEUD	51.000 Gy	Generated	40.0	X
Esophagus (7131)	Generated	Generated	Generated	X
Upper	0.0	100.0 %	Generated	X
Larynx (55267)	Generated	Generated	Generated	X
Mean	Generated	Generated	Generated	X
Liver(protecting target)	Generated	Generated	Generated	X
Liver_L (7210)	Generated	Generated	Generated	X
Liver(protecting target)	Generated	Generated	Generated	X
Liver_R (7209)	Generated	Generated	Generated	X

Рис. 1. Цели оптимизации для некоторых структур в модели для ОГШ

Таблица 1

## Сравнение средних доз на критические органы для ОГШ

Орган	$D_{\text{mean}}$ , клинический план, %	$D_{\text{mean}}$ , RapidPlan, %
Esophagus	12,96	13,59
Larynx	38,9	32,5
Brainstem	4,5	3,7
Parotid R	29,7	30,7
Parotid L	27,7	29,1
Brachial Plexus	20,3	14,8

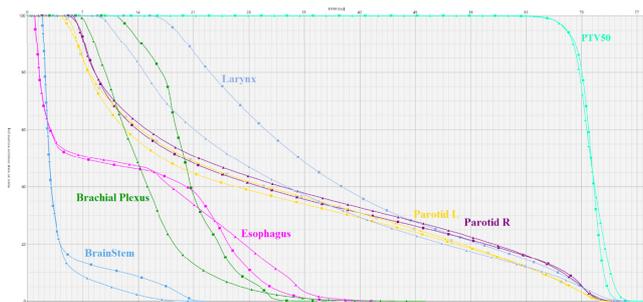


Рис. 2. Сравнение гистограмм доза–объем для ОГШ: оригинальный план (■), план RapidPlan (▲)

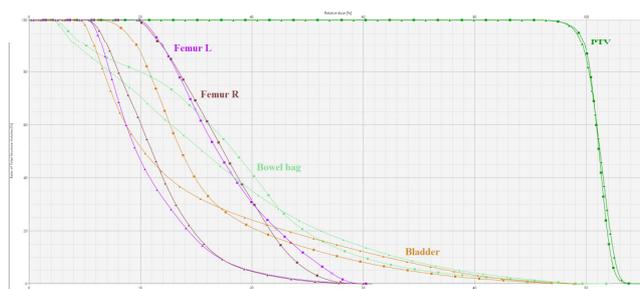


Рис. 3. Сравнение гистограмм доза–объем для области прямой кишки: оригинальный план (■), план RapidPlan (▲)

няя доза в RapidPlan была ниже, чем в оригинальном плане, составляет: для правой околоушной железы (Parotid R) – 46, для левой околоушной железы (Parotid L) – 52, для пищевода (Esophagus) – 13, для спинного мозга (SpinalCord) – 17, для трахеи (Trachea) – 17, для щитовидной железы (Thyroid) – 21. Из сравнения видно, что околоушные железы модель защищает сильнее, чем физик, а для остальных органов риска средняя доза в RapidPlan чаще оказывалась выше, чем в оригинальном плане. При этом дозовое покрытие в большинстве случаев лучше в планах, созданных с использованием модели. Из этого можно сделать вывод об адекватной работе модуля RapidPlan.

### Модель для рака прямой кишки

На рис. 3 показано сравнение гистограмм доза–объем оригинального плана и плана, сделанного с помощью RapidPlan. По гистограмме видно, что мочевой пузырь (Bladder) и кишеч-

ник (Bowel bag) в области низких доз получают меньше дозы в оригинальном плане, а в области высоких доз получают меньше в плане, полученном по модели. Объем мишени, получающий 95 % предписанной дозы, в оригинальном плане составляет 99,4 % ( $V_{95\%}=99,4\%$ ), а в плане RapidPlan 99,5 % ( $V_{95\%}=99,5\%$ ). В табл. 2 приведено сравнение средних доз на критические органы для данного плана.

Эффективность модели была проверена на 20 уже пролеченных пациентах, планы которых не были добавлены в модель. Покрытие мишени 95 % дозы лучше в 6 планах RapidPlan, 2 плана имели одинаковое покрытие. Количество планов, в которых средняя доза в RapidPlan была ниже, чем в оригинальном плане, составляет: для мочевого пузыря (Bladder) – 19, для кишечника (Bowel bag) – 13, для правой бедренной кости (Femur R) – 19, для левой бедренной кости (Femur L) – 19. Ограничения на критические органы выполнялись во всех слу-

Таблица 2

## Сравнение средних доз на критические органы для прямой кишки

Орган	$D_{\text{mean}}$ , клинический план, %	$D_{\text{mean}}$ , RapidPlan, %
Bowel bag	36,6	34,6
Bladder	32,6	29,4
Femur L	35,5	21,9
Femur R	35,3	23,4

чаях. В модуляциях с использованием RapidPlan средняя доза на бедренные кости и мочевого пузыря ниже, чем в оригинальных планах практически во всех случаях. Средняя доза на кишечник оказалась не хуже, чем в плане физика. Разница в покрытии 95 % дозой в большинстве случаев не превышала 1 % объема мишени, максимальная разница составила 2,6 %.

### Выводы

Модели показали себя как удобный и рабочий механизм для планирования ЛТ области головы и шеи и области прямой кишки. Все планы могли быть использованы для лечения и не уступали по качеству оригинальным планам. Время, затрачиваемое на планирование с помощью RapidPlan, уменьшается примерно на 20 % по сравнению с временем, которое тратится на планирование без использования модели. Модель полезно использовать начинающим физикам. А опытным физикам полезно использовать в случаях, когда требуется сделать план быстро, так как это уменьшит веро-

ятность ошибок, связанных со спешкой. Значительных минусов обнаружено не было, модуль RapidPlan может быть использован в клинической практике.

### Список литературы

1. Kamima T, Ueda Y, Fukunaga JI, et al. Multi-institutional evaluation of knowledge-based planning performance of volumetric modulated arc therapy (VMAT) for head and neck cancer. *Phys Med*. 2019 Aug; 64: 174-81.
2. Delaney AR, Verbakel WF, Lindberg J, et al. Evaluation of an Automated Proton Planning Solution. *Cureus*. 2018 Dec 6; 10 (12): e3696.
3. Hirashima H, Nakamura M, Mukumoto N, et al. Reducing variability among treatment machines using knowledge-based planning for head and neck, pancreatic, and rectal cancer. *J Appl Clin Med Phys*. 2021 Jul; 22 (7): 245-54.
4. Castriconi R, Fiorino C, Passoni P, et al. Knowledge-based automatic optimization of adaptive early-regression-guided VMAT for rectal cancer. *Phys Med*. 2020 Feb; 70: 58-64.