А.С. РАХИМОВ¹, М.Д. ЗЕКЕБАЕВ², А. КУАТБЕК³, В.В. ДЬЯЧКОВ¹

¹Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан;

²Казахский Национальный Медицинский Университет им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, Республика Казахстан;

³АО «Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии», Алматы, Республика Казахстан

Сравнение дозиметрических параметров трехмерной конформной лучевой терапии и ротационного объемно-модулированного облучения на примере плана лечения пациента с аденокарциномой слюнной железы

Актуальность: Оптимальный выбор метода лучевой терапии является основным вопросом успешного прохождения лечебного курса. Непрерывный анализ преимуществ существующих методов лучевой терапии, сравнение их параметров и дозовой нагрузки для типичных случаев и их совокупностей позволит повысить эффективность лечения и снизить неизбежные нагрузки на критические органы.

Цель исследования: на примере расчетного плана пациента дневного стационара лучевой терапии Казахского научно-исследовательского института онкологии и радиологии (Алматы, Казахстан) осуществить проверку лечебных планов, выполненных методом ротационного объемно-модулированного облучения (VMAT) и трехмерной конформной лучевой терапии (3D-CRT), провести их последующее сравнение и выявления преимуществ того или иного метода.

Результаты: Представленные иллюстрации процесса планирования и численный анализ дозовой нагрузки на критические органы показывают преимущества VMAT для лучевой терапии рака слюнных желез: оптимальное покрытие, щадящая нагрузка на критические органы и здоровые ткани, градиентный спад на границах новообразования.

Закключение: Вариативность методов лучевой терапии позволяет осуществлять наиболее приемлемое покрытие, позволяющее удерживать дозовую нагрузку в диапазонах международных нормативов. Профессиональное владение этими методами позволит повысить эффективность лучевой терапии для различных онкологических заболеваний.

Ключевые слова: ротационное объемно-модулированное облучение (VMAT), трехмерная конформная лучевая терапия (3D-CRT), лучевая терапия (ЛТ).

Введение: Современная лучевая терапия (ЛТ) – научная дисциплина, основанная на фундаментальном физико-техническом, радиобиологическом, биофизическом и медицинском обосновании. ЛТ может быть эффективна только при соблюдении ряда условий: корректное подведение предписанной дозы излучения к очагу опухоли; сведения к минимуму лучевого

воздействия на окружающие критические органы и здоровые ткани; наиболее оптимального подбора пространственного распределения дозы с учетом неоднородности среды организма; учет и количественная оценка влияния распределения доз на вероятность лучевых осложнений в нормальных органах и тканях (Таблица 1) [1].

Таблица 1 – Тolerантные дозы для некоторых тканей и органов (QUANTEC).

Орган	DT 5/5* (Гр)			Радиобиологические параметры (для V 3/3)		DT 50/5** (Гр)			Радиобиологические параметры (для V 3/3)	
	V 3/3	V 2/3	V 1/3	BED***	ESD****	V 3/3	V 2/3	V 1/3	BED***	ESD****
Спинальный мозг	47	50	50	91,7	46,0	---	70	70	139,0	70,0
Пищевод	55	58	60	99,7	56,0	68	70	72	117,0	66,0
Гортань	44	45	---	78,6	44,0	80	---	---	---	---
Трахея	70	70	70	125,0	70,3	80	80	80	143,0	80,3

*DT 5/5 (minimum tolerance dose) – минимальная переносимая доза, при которой в течении пяти лет после окончания курса лучевой терапии вероятность развития поздних лучевых повреждений равна 5%.

**DT50/5 (maximum tolerance dose) – максимальная переносимая доза, при которой в течении пяти лет после окончания лучевой терапии вероятность развития поздних лучевых повреждений равна 50%.

***Биологически эффективная доза (BED) – доза, которую необходимо было бы подвести, чтобы произвести тот же эффект, как если бы доза подвигалась бесконечно большим количеством бесконечно малых разовых доз.

****Суммарная эквивалентная доза (ESD) – доза эквивалентного по эффекту стандартного курса с учетом пролиферации опухоли.

Современный этап развития ЛТ характеризуется интенсивным поиском количественных соотношений между способами радиационного воздействия на облучаемый

организм и радиационными эффектами облучения, использованием этих соотношений для оптимизации физических условий облучения злокачественных опухолей [2].

Материалы и методы: В каждый срез серии томографических снимков пациента вводятся контуры определяемой опухоли – GTV (Gross Tumor Volume, измеряемый объем опухоли) и критических органов. CTV – объем, к которому подводится планируемая доза с расчетом клинического распространения опухоли, PTV – запланированный объем мишени [3]. Основным критерием оптимального плана является равномерное облучение опухоли в предписанной дозе и создание высокого градиента доз сразу за пределами границ объема PTV [4] (Рисунок 1).

Рисунок 1 – Иллюстрация объемов облучения

При трехмерной конформной лучевой терапии (3D-CRT) оси всех пучков направлены в одну точку изоцентра. Сложная форма пучка, соответствующая контуру мишени, на современных линейных ускорителях достигается применением многолепестковых коллиматоров [5]. Методика IMRT заключается в том, что за счет движения лепестков многолепесткового коллиматора создается сложное по конфигурации дозное распределение, соответствующее форме мишени. Для создания большего градиента дозы за пределами мишени применяется большое количество полей. Чем больше количество полей, тем больший градиент дозы можно достичь [6]. Условно бесконечное количество полей реализуется при вращении гентри (подвижная часть аппарата ЛТ) ускорителя во время облучения [7].

Высокую конформность дозных распределений можно получить, применяя множество статических полей либо динамических арок [8]. Одной из таких методик является ротационное объемно-модулированное облучение (VMAT) [9]. VMAT представляет собой методику лечения с использованием одной или нескольких арок вращения гентри с постоянно изменяющейся апертурой коллиматора MLC, скоростью движения гентри и интенсивностью отпускаемой дозы. [10-12]. Одно из преимуществ VMAT по сравнению с томотера-

пией – это возможность проведения такой обработки на обычных линейных ускорителях, имеющих подходящую конфигурацию [13, 14].

Главное преимущество VMAT перед 3D-CRT – это повышение эффективности терапии в результате сокращения времени облучения и количества мониторинговых единиц с последующим снижением интегральной дозы облучения на весь организм [15, 16]. Мониторные единицы – это единицы измерения выходной мощности клинического ускорителя для лучевой терапии [17].

Дополнительное время, сэкономленное эргономичностью метода, дает возможность использовать современные инструменты визуального контроля (IGRT). Данная система включает в себя включение изображения до и/или во время лечения, чтобы обеспечить более точную проверку доставки лечения и позволяют применять адаптивные стратегии для повышения точности лечения [18, 19]. Главный недостаток других методов – требуется больше времени на лечебной кушетке и увеличение общей дозы облучения пациента. Эти недостатки менее значимы для дуговой терапии, которые имеют более короткие сроки доставки и меньшее количество мониторинговых единиц [20].

Информация о пациенте:

Пациент А.

Диагноз: Аденокарцинома слюнной железы, с очагами некроза, инвазивным ростом, и метастазом в 5 из 7 лимфатических узлах. Рекомендовано проведение послеоперационного курса лучевой терапии на первичный очаг и зоны регионарного метастазирования.

Клинические данные: Суммарная доза: 54 Грей. После оконтуривания послойных срезов КТ-снимков, проводилось разграничение объемов последующего облучения и органов риска [21] (Рисунок 2). Пристального внимания требовали описанные выше объемы CTV, на КТ-снимке помеченные для опухоли и пораженных лимфоузлов темно-зеленым и красным цветами, соответственно. В места их локализации проводилась предписанная доза облучения. Органами риска на данных срезах выступали спинной мозг (фиолетовая область), гортань (синяя), трахея (желтая), пищевод (голубая). Кости изображались светло-зеленым цветом. Как можно заметить, органы риска, перечисленные на рисунке 2, неизбежно попадали в области поля лучевой терапии [22, 23]. Поэтому задача в этом случае сводилась к допущению дозовой нагрузки на критические органы в диапазоны значений толерантных доз для каждого из органов и тканей, предписанные нормативами (Таблица 1).

Рисунок 2 – Пациент А., 58 лет, аденокарцинома слюнной железы. Контуринг органов риска и объемов облучения на отдельных срезах КТ

План облучения, подготовленный для трехмерной конформной лучевой терапии и VMAT в программе Eclipse, отправляется на базу данных серверов онкологического отделения. Как видно из планов, на CTV и PTV приходится максимум дозовой нагрузки

(Рисунок 3), на их границах идет резкий обрыв (градиент) полученного облучения для минимизации повреждения критических органов. Выводя оба плана на экран, можно провести сравнение покрытий обоих методов. (Рисунок 4).

Рисунок 3 – Пациент А., 58 лет, аденокарцинома слюнной железы. Сравнение покрытий VMAT и 3D-CRT (1 слой)

Рисунок 4 – Пациент А., 58 лет, аденокарцинома слюнной железы. Сравнение покрытий VMAT и 3D-CRT (2 слой)

Обсуждение и результаты.

Исходя из изображений можно сделать вывод, что VMAT проводит более щадящее покрытие, на здоровые ткани и органы проводится меньшей нагрузке в сравнении с 3D конформной терапией, а некритические органы как трахея по всему объему облучения

не испытывают значительного влияния облучения.

На рисунках 5 и 6 показаны особенности для каждого метода: их мониторные единицы, градусы ротации (для VMAT), параметры и количество полей (для 3D), для оборудования. Численные данные о дозовом распределении показаны на рисунках 7 и 8.

Field ID	Machine/Energy	MLC	Gantry Rtn [deg]	MU	Field X [cm]	Field Y [cm]
KV 270	Clinac 2100CD - 6X		270.0		22.7	19.9
KV 0	Clinac 2100CD - 6X		0.0		22.7	19.9
CBCT	Clinac 2100CD - 6X		0.0		22.7	19.9
Field 1	Clinac 2100CD - 6X	Static	211.0	73	17.2	9.2
Field 7	Clinac 2100CD - 6X	Static	290.0	14	17.5	16.4
Field 4	Clinac 2100CD - 6X	Static	316.0	40	17.1	11.2
Field 6	Clinac 2100CD - 6X	Static	0.0	105	23.2	6.8
Field 5	Clinac 2100CD - 6X	Static	0.0	98	18.7	9.7
Field 3	Clinac 2100CD - 6X	Static	31.0	39	17.1	12.2
Field 8	Clinac 2100CD - 6X	Static	75.0	14	17.4	16.4
Field 2	Clinac 2100CD - 6X	Static	136.0	70	17.3	7.7

Рисунок 5 - Параметры полей для 3D-CRT

Field ID	Machine/Energy	MLC	Gantry Rtn [deg]	Coll Rtn [deg]	Field X [cm]	Field Y [cm]	MU
KV 270	TrueBeamSN2059 - 6X		270.0	0.0	22.7	19.9	
KV 0	TrueBeamSN2059 - 6X		0.0	0.0	22.7	19.9	
CBCT	TrueBeamSN2059 - 6X		0.0	0.0	22.7	19.9	
Field 1	TrueBeamSN2059 - 6X	VMAT	181.0 CW 179.0	30.0	22.7	19.9	191
Field 2	TrueBeamSN2059 - 6X	VMAT	179.0 CCW 181.0	330.0	22.7	19.9	216

Рисунок 6 - Параметры полей для VMAT

Structure	Volume [cm ³]	Min Dose [Gy]	Max Dose [Gy]	Mean Dose [Gy]
BODY	15433.5	0.000	54.190	9.319
Bones of Skull	1720.3	0.000	54.112	9.519
Trachea	26.7	2.003	54.193	29.904
CTV	34.2	43.608	53.203	50.779
PTV total lymph	700.5	0.000	54.041	48.864
PTV calc	678.5	34.086	54.034	49.725
CTV total	304.0	39.490	53.203	50.015
Nodi Lymph IV	40.2	46.014	53.125	50.148
Nodi Lymph V	48.7	39.578	51.830	48.073
nodi lymph III	50.9	46.564	52.481	50.691
nodi lymph II	80.2	47.385	52.033	49.866
nodi lymph I	75.9	42.438	53.203	50.807
paritid I	22.7	2.303	51.302	29.965
paritid r	21.4	3.662	52.873	34.861
Thyroid	8.1	49.792	53.372	51.890
Cochlea L	3.3	1.305	2.235	1.682
Mandibulae	80.6	1.484	54.112	41.168
Brain	1476.5	0.000	27.103	0.897
Cochlea R	3.4	1.320	2.259	1.703
Larynx	52.2	42.717	54.061	51.042
Esophagus	6.0	1.746	50.073	26.547
Spinal Cord	16.5	14.656	41.239	37.628
PTV	79.5	0.018	53.520	50.334
ring	14318.0	0.000	54.190	6.298
PTV calc loca	76.3	40.625	53.520	50.674

Рисунок 7 - Дозовая нагрузка на критические органы при 3D конформной терапии

Structure	Volume [cm ³]	Min Dose [Gy]	Max Dose [Gy]	Mean Dose [Gy]
BODY	15433.5	0.000	53.558	8.827
Bones of Skull	1720.3	0.004	52.584	8.819
Trachea	26.7	2.504	50.532	24.469
CTV	34.2	44.636	53.265	50.064
PTV total lymph	700.5	0.000	53.558	49.252
PTV calc	678.5	40.257	53.558	50.000
CTV total	304.0	43.872	53.558	50.568
Nodi Lymph IV	40.2	48.397	53.509	50.557
Nodi Lymph V	48.7	44.189	53.509	50.562
nodi lymph III	50.9	47.549	53.371	50.593
nodi lymph II	80.2	48.013	52.847	50.583
nodi lymph I	75.9	43.858	53.558	50.533
paritid I	22.7	2.903	50.924	27.922
paritid r	21.4	3.280	51.280	27.909
Thyroid	8.1	39.682	52.115	47.970
Cochlea L	3.3	1.411	2.324	1.799
Mandibulae	80.6	1.716	52.584	35.457
Brain	1476.5	0.132	13.639	0.766
Cochlea R	3.4	1.340	2.312	1.793
Larynx	52.2	26.580	51.760	43.359
Esophagus	6.0	2.038	45.112	22.184
Spinal Cord	16.5	7.121	41.658	34.682
PTV	79.5	0.009	53.443	49.531
ring	14318.0	0.000	48.232	5.837
PTV calc loca	76.3	40.973	53.443	49.877

Рисунок 8 - Дозовая нагрузка на критические органы при VMAT

Две таблицы информируют об объемах критических органов, диапазон доз, и среднюю дозу. Сравнивая с международными нормативами QUANTEC, оба метода удовлетворяют требованиям к облучению. Однако, исходя из численного анализа, можно сделать вывод, что, как визуально показано на планах облучения, VMAT проводит более оптимальную терапию, кри-

тические органы и здоровые ткани испытывают меньшую нагрузку, а клинические объемы получают дозу в рамках предписанных нормативов (допущение в 5% отклонение). Исходя из графика видно, что пик дозы наблюдаются в необходимых для терапии объемах, линии распределения критических органов же остаются в пределах норматива (Рисунок 9) [20, 24].

Рисунок 9 - График распределения доз PTV для двух планов

Выводы:

В работе рассматривается расчетный план пациента дневного стационара лучевой терапии Казахского научно-исследовательского института онкологии и радиологии. Осуществлялась проверка лечебных планов, выполненных методом ротационного объемно-модулированного облучения и трехмерной конформной лучевой терапии. Проведен обзор методов и обсуждение их преимуществ и недостатков на примере реального клинического случая. Рассмотрена текущая тенденция использования метода VMAT на практике и проанализированы имеющиеся данные исследований планирования и клинических исходов в различных участках опухоли. Этот метод является современным и передовым, его преимущества в сравнении с другими методами очевидны, однако есть ряд ограничений его применения, требующие новых практических медико-физических и технологических исследований. Тем не менее оба метода повсеместно успешно практикуются для терапии в медицинских учреждениях. Профессиональное владение этими и другими методами лучевой терапии позволит повысить эффективность лечения обширного диапазона онкологических заболеваний.

Данный разбор клинического случая позволяет сделать вывод, что для терапии рака слюнных желез наиболее оптимальным является метод ротационно-объемно-модулированного облучения, что подтверждает целесообразность его использования в медицинских учреждениях.

Список источников:

1. Кузнецов А.Ф., Москвина Н.А., Москалева Т.И., Мухачев Ю.С. Аппаратно-программные разработки для клинической дозиметрии внутрисполостной гамма-терапии // Тезисы докладов Пленума Правления Всероссийского научно-медицинского общества онкологов. – 1999. – С. 340-342 [Kuznecov A.F., Moskvina N.A., Moskaleva T.I., Muxachev Yu.S. Apparato-programmnye razrabotki dlya klinicheskoy dozimetrii vnutripolostnoj gamma-terapii // Tezisy dokladov Plenuma Pravleniya Vserossiyskogo nauchno-medicinskogo obshhestva onkologov. – 1999. – S. 340-342];
2. Сидоренко Ю.С., Чиссов В.И. Высокие медицинские технологии в лучевой терапии злокачественных опухолей // Тезисы докладов Пленума Правления Всероссийского научно-медицинского общества онкологов. – 1999. – С. 382 [Sidorenko Yu.S., Chissov V.I. Vysokie medicinskie tehnologii v luchevoj terapii zlokachestvennykh opuxolej // Tezisy dokladov Plenuma Pravleniya Vserossiyskogo nauchno-medicinskogo obshhestva onkologov. – 1999. – S. 382];
3. Нечеснюк А.В., Виллих Н.А. Стандартизация в современной лучевой терапии пациентов детского возраста // Российский журнал детской гематологии и онкологии. – 2016. – № 3(2). – С. 46-49 [Nechesnyuk A.V., Villix N.A. Standartizatsiya v sovremennoj luchevoj terapii pacientov detskogo vozrasta // Rossijskij zhurnal detskoj gematologii i onkologii. – 2016. – № 3(2). – S. 46-49];
4. Alcorn S.R., Chen M.J., Claude L. Practice patterns of photon and proton pediatric image guided radiation treatment: Results from an International Pediatric Research Consortium // Pract. Radiat. Oncol. – 2014. – Vol. 4(5). – P. 336-341. doi: 10.1016/j.prro.2014.03.014;
5. Cozzi L., Fogliata A., Lomax A., Bolsi A. A treatment planning comparison of 3D conformal therapy, intensity modulated photon therapy and proton therapy for treatment of advanced head and neck tumors // Radiother.

- Oncol. – 2001. – Vol. 61(3). – P. 287-297. doi: 10.1016/s0167-8140(01)00403-0;
6. Bortfeld T. IMRT: a review and preview // Phys. Med. Biol. – 2006. – Vol. 51. – P. 363. doi: 10.1088/0031-9155/51/13/R21;
7. Marks L.B., Ten Haken R.K., Guest editor's introduction to QUANTEC: a user's guide // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2010. – Vol. 76 (3 Suppl). – P. S1-S2. doi: 10.1016/j.ijrobp.2009.08.075;
8. The International commission on radiation units and measurements. Prescribing, recording and reporting photon-beam IMRT // J. ICRU. – 2010. – Vol. 10(1). – Rep. 83. doi:10.1093/jicru/ndq001;
9. Kjaer-Kristoffersen F. RapidArc volumetric modulated therapy planning for prostate cancer patients // Acta Oncol. – 2009. – Vol. 48. – P. 227-232. doi: 10.1080/02841860802266748;
10. Bedford J. L. Treatment of lung cancer using volumetric modulated arc therapy and image guidance. A case study // Acta Oncol. – 2008. – Vol. 47. – P. 1438-1443. doi: 10.1080/02841860802282778;
11. Verbakel W. F. Volumetric intensity-modulated arc therapy vs. conventional IMRT in head and-neck cancer: a comparative planning and dosimetric study // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2009. – Vol. 74. – P. 252-259. doi: 10.1016/j.ijrobp.2008.12.033;
12. Otto K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc // Med. Phys. – 2008. – Vol. 35. – P. 310-317. doi: 10.1118/1.2818738;
13. Yu C.X., Li X.A., Ma L., Chen D., Naqvi S., Shepard D. Clinical implementation of intensity-modulated arc therapy // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2002. – Vol. 53. – P. 453-463. doi: 10.1016/s0360-3016(02)02777-3;
14. Yu C.X. Intensity-modulated arc therapy with dynamic multileaf collimation: an alternative to tomotherapy // Phys. Med. Biol. – 1995. – Vol. 40. – P. 1435-1449. doi: 10.1088/0031-9155/40/9/004;
15. Palma D.A., Verbakel W.F., Otto K., Senan S. New developments in arc radiation therapy: a review // Cancer Treat Rev. – 2010. – Vol. 36. – P. 393-399. doi: 10.1016/j.ctrv.2010.01.004;
16. Fenwick J.D., Tome W.A., Soisson E.T., Mehta M.P., Rock Mackie T. Tomotherapy and other innovative IMRT delivery systems // Semin. Radiat Oncol. – 2006. – Vol. 16(4). – P. 199-208. doi: 10.1016/j.semradonc.2006.04.002;
17. Hotta K., Kohno R., Nagafuchi K., Yamaguchi H., Tansho R., Takada Y., Akimoto T. Evaluation of monitor unit calculation based on measurement and calculation with a simplified Monte Carlo method for passive beam delivery system in proton beam therapy // J. Appl. Clin. Med. Phys. – 2015. – Vol. 10. – P. 228-238. doi: 10.1120/jacmp.v16i5.5419;
18. Verellen D., De Ridder M., Storme G. A (short) history of image-guided radiotherapy // Radiother. Oncol. – 2008. – Vol. 86(1). – P. 4-13. doi: 10.1016/j.radonc.2007.11.023;
19. Verellen D., De Ridder M., Linthout N., Tournel K., Soete G., Storme G. Innovations in image-guided radiotherapy // Nat. Rev. Cancer. – 2007. – Vol. 7(12). – P. 949-960. doi: 10.1038/nrc2288;
20. Rao M., Yang W., Chen F., Sheng K., Ye J., Mehta V. Comparison of Elekta VMAT with helical tomotherapy and fixed field IMRT: plan quality, delivery efficiency and accuracy // Med. Phys. – 2010. – Vol. 37(3). – P. 1350-1359. doi: 10.1118/1.3326965;
21. Jiang X., Li T., Liu Y. Planning analysis for locally advanced lung cancer: dosimetric and efficiency comparisons between intensity-modulated radiotherapy (IMRT), single-arc/partial-arc volumetric modulated arc therapy (SA/PA-VMAT) // Radiat. Oncol. – 2011. – Vol. 6. – P. 140. doi: 10.1186/1748-717X-6-140;

22. Xia W., Liu Z., Yan L., Han F., Hu Z., Tian Y., Cui W., Ren W., Guo C., Miao J., Dai J. A longitudinal evaluation of improvements in treatment plan quality for lung cancer with volumetric modulated arc therapy // J. Appl. Clin. Med. Phys. – 2020. – Vol. 21(6). – P. 33–43. doi: 10.1002/acm2.12863;

23. Jackson A., Marks L.B., Bentzen S.M., Eisbruch A., Yorke E.D., Ten Haken R.K., Constine L.S., Deasy J.O. The Lessons of QUANTEC: Recommendations for Reporting and Gathering

Data on Dose–Volume Dependencies of Treatment Outcome // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2010. – Vol. 76(3). – P. 155–160. doi: 10.1016/j.ijrobp.2009.08.074;

24. Zhang J., Yang F., Li B., Li H., Liu J., Huang W., Wang D., Yi Y., Wang J. Which Is the Optimal Biologically Effective Dose of Stereotactic Body Radiotherapy for Stage I Non–Small-Cell Lung Cancer? A Meta-Analysis // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2011. – Vol. 81(4). – P. 305–316. doi: 10.1016/j.ijrobp.2011.04.034.

ТҰЖЫРЫМ

**А.С. Рахимов¹, М.Д. Зекебаев²,
А. Қуатбек³, В.В. Дьячков¹**

¹Эл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан Республикасы;

²С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы;

³«Қазақ онкология және радиология ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы

Сілекей безінің аденокарциномасына шалдыққан науқасты емдеу жоспары мысалында үш өлшемді конформды сәулелік терапия мен айналмалы көлемді-модуляцияланған сәулеленудің дозиметриялық параметрлерін салыстыру

Өзектілігі: емдеу курсының сәтті аяқтаудың негізгі мәселесі – сәулелік терапия әдісін оңтайлы таңдау болып табылады. Сәулелік терапияның қолданыстағы әдістерінің артықшылықтары үздіксіз талдау, әдеттегі жағдайлар мен олардың жиынтықтары үшін олардың параметрлері мен дозалық жүктемесін салыстыру емдеу тиімділігін арттырады және сыни органдарға еріксіз жүктемелерді азайтады.

Зерттеу мақсаты: Қазақ онкология және радиология ғылыми-зерттеу институтының сәулелік терапияның күндізгі стационарындағы науқастың есептеу жоспарының мысалында айналмалы көлемді-модуляцияланған сәулелену (VMAT) және үш өлшемді конформды сәулелік терапия (3D-CRT) әдісімен орындалған емдеу жоспарларын тексеруді жүзеге асыру, оларды кейіннен салыстыру және қандай да бір әдістің артықшылықтарын анықтау.

Нәтижелері: жоспарлау процесінің ұсынылған суреттерінде және сыни органдарға дозалық жүктемені сандық талдауда quantec тіндері мен мүшелеріне арналған толерантты дозалар нормалары шеңберінде жоспарға тексеру жүргізілді. Сілекей бездерінің қатерлі ісігін радиациялық емдеуде VMAT-тың қанағаттанарлық артықшылықтары: оңтайлы кесу, сыни органдар мен сау тіндерге жұмсақ жүктеме, неоплазманың шекарасындағы градиентті төмендеуі.

Қорытынды: сәулелік терапия әдістерінің өзгермелілігі халықаралық нормативтер диапазонында дозалық жүктемені ұстап тұруға мүмкіндік беретін неғұрлым қолайлы жабынды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Осы әдістердің арасында кәсіби бағдарлау әртүрлі онкологиялық аурулар үшін сәулелік терапияның тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: айналмалы көлемді-модуляцияланған сәулелену (VMAT), үш өлшемді конформды сәулелік терапия (3D-CRT), сәулелік терапия.

ABSTRACT

**A.S. Rakhimov¹, M.D. Zekebayev²,
A. Kuatbek³, V.V. Dyachkov¹**

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, the Republic of Kazakhstan;

²Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, the Republic of Kazakhstan;

³JSC «Kazakh Institute of Oncology and Radiology», Almaty, the Republic of Kazakhstan

Comparison of dosimetry parameters of three-dimensional conformal radiation therapy and volumetric modulated arc therapy on the example of treatment of a patient with salivary gland adenocarcinoma

Relevance: An optimal choice of radiation therapy method is the main prerequisite for successful completion of treatment. Continuous analysis of radiation therapy methods' advantages and comparing their parameters and dose load in typical cases will serve to increase the treatment efficacy and reduce the unavoidable load on critical organs.

Purpose: To check the plans of treatment by volumetric modulated arc therapy (VMAT) and three-dimensional conformal radiation therapy (3D-CRT) methods, make their comparison, and identify the advantages using an example of a treatment design for a patient treated at the Daily Radiotherapy Hospital of the Kazakh Institute of Oncology and Radiology (Almaty, Kazakhstan).

Results: The presented illustrations of the process planning and the numerical analysis of the dose load on critical organs show VMAT advantages for radiation therapy of salivary gland cancer: optimal coverage, sparing load on critical organs and healthy tissues, gradient decay at the borders of the neoplasm.

Conclusion: The variability of radiation therapy methods ensures the most acceptable coverage that keeps the dose load within international standards' ranges. Mastering these methods will improve the effectiveness of radiation therapy for various cancer cases.

Keywords: Volumetric modulated arc therapy (VMAT), three-dimensional conformal radiation therapy (3D-CRT), radiation therapy (RT).

автор для корреспонденции:

Рахимов Адиль Серикович, e-mail: adil.s.rakhimov@gmail.com