

СОЗДАНИЕ И ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ

Т.Ю. АНТРОПОВА¹, К.Д. ДАТБАЕВ^{1,2}, Е.И. ИШКИНИН¹, Б.Г. ЛАТЫПОВА¹,
О.К. СЕЙТОВ^{1,2}, Ж.Т. ХУДАЙБЕРГЕНОВ^{1,2}

¹КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр», Алматы, Республика Казахстан;

²АО «Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии», Алматы, Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

Актуальность: В статье рассматриваются современные проблемы в области обеспечения качества проводимых услуг на линейных ускорителях с точки зрения нормативно-правовой базы, а также с точки зрения частоты проведения процедур контроля. Научная новизна заключается в разработке программы контроля качества линейного ускорителя с подробным описанием самих процедур и с рекомендациями по частоте проведения тестов.

Цель исследования – разработка и апробация набора достаточно простых методик контроля механических и дозиметрических параметров аппарата, которые, тем не менее, соответствовали бы минимальным требованиям для проведения высокотехнологичной лучевой терапии согласно международным рекомендациям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Американского общества медицинских физиков (AAPM).

Методы: При разработке программы контроля качества для линейного ускорителя TrueBeamSTx (Varian, США), установленного в Алматинском онкологическом центре (Казахстан), мы опирались на рекомендации МАГАТЭ и AAPM с учетом того, что на ускорителе будет выполняться лучевая терапия с модуляцией интенсивности (IMRT, VMAT), стереотаксическая радиохирургия и стереотаксическая лучевая терапия (SRS, SRT) с использованием контроля по изображениям (IGRT), что предъявляет более жесткие требования к контролю как механических, так и дозиметрических характеристик.

Результаты: За трехлетний период эксплуатации ускоритель TrueBeamSTx показывает хорошую стабильность механических и дозиметрических характеристик, что проверяется с помощью систематических тестов по разработанной авторами статьи программе контроля качества. Участие в программе почтового контроля доз МАГАТЭ/ВОЗ с помощью радиофотолюминесцентных детекторов в 2019-2022 гг. показало высокую точность дозиметрических измерений и расчетов: 0,1-1,7% при допуске 5%.

Заключение: Была разработана программа контроля качества для высокоэнергетического линейного ускорителя; полученные результаты по всем характеристикам соответствуют допустимым значениям. Для эффективного и безопасного использования лучевой терапии необходима разработка программы контроля качества, для всех видов оборудования лучевой терапии конкретно для каждого учреждения, а также независимая проверка выполнения этой программы.

Ключевые слова: лучевая терапия, линейный ускоритель, контроль качества, дозиметрическое оборудование.

Введение: Одной из важнейших составляющих программы обеспечения качества лучевой терапии является контроль физико-технических параметров используемого оборудования. По общепринятым рекомендациям Международной Комиссии по Радиационным Единицам и Измерениям (МКРЕ) [1] в лучевой терапии подведенная к пациенту доза должна находиться в пределах $\pm 5\%$ от предписанной дозы. Каждый этап лучевой терапии должен быть выполнен с погрешностью меньшей 5%.

Дозиметрические и механические характеристики лучевого аппарата должны обеспечивать точное осуществление рассчитанного дозиметрического плана лучевого лечения для каждого пациента. Для этого на каждый радиотерапевтический аппарат должна быть разработана программа контроля качества, включающая периодический контроль механических и дозиметрических характеристик аппарата, влияющих на точность подведения дозы к очагу. В настоящее время существует ряд международных рекомендаций по периодическому контролю механических и дозиметрических характеристик аппаратов лучевой терапии, в том числе линейных ускорителей [2, 3]. Однако они являются именно рекомендациями, которые надо адапти-

ровать к конкретному аппарату и учреждению, проводящему лучевую терапию, применяемым методикам лучевого лечения, имеющемуся дозиметрическому и другому вспомогательному оборудованию. Программа контроля качества базируется на данных, полученных при приемке лучевого аппарата и подготовке его к клинической эксплуатации (commissioning), которые имеют свои особенности для каждого типа аппарата и системы дозиметрического планирования. Разработка программы контроля качества является одной из важнейших обязанностей медицинских физиков отделения лучевой терапии.

Были выявлены пробелы в имеющейся нормативно-правовой базе в области предоставления онкологической помощи пациентам Республики Казахстан и описаны способы их корректировки, с точки зрения обеспечения качественного предоставления услуг высокотехнологичной лучевой терапии на линейных ускорителях. Для эффективного и безопасного проведения лучевой терапии необходима разработка программы контроля качества для всех видов оборудования лучевой терапии конкретно для каждого учреждения и независимая проверка выполнения этой программы.

Цель исследования – разработка и апробация набора достаточно простых методик контроля механических и дозиметрических параметров аппарата, которые, тем не менее, соответствовали бы минимальным требованиям для проведения высокотехнологичной лучевой терапии согласно международным рекомендациям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Американского общества медицинских физиков (AAPM).

Материалы и методы: При разработке программы контроля качества для линейного ускорителя TrueBeamSTx (Varian, CA, США), установленного в Алматинском онкологическом центре (Казахстан), мы опирались на рекомендации Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) [2] и Американского общества медицинских физиков (American Association of Physicists in Medicine, AAPM) [3-5] с учетом того, что на ускорителе будет выполняться лучевая терапия с модуляцией интенсивности (IMRT, VMAT), стереотаксическая радиохирургия и стереотаксическая лучевая терапия (SRS, SRT) с использованием контроля по изображениям (IGRT), что предъявляет более жесткие требования к контролю как механических, так и дозиметрических характеристик. Дозиметрическое оборудование фирмы IBA-Dosimetry (Шварценбрюк, Германия), а также поставленные в комплекте с ускорителем фантомы и принадлежности, планы по контролю качества, заложенные в программное обеспечение ускорителя, позволяют выполнять многие, но не все необходимые тесты, поэтому было приобретено также некоторое дополнительное оборудование, например устройство Iso-Align (CIVCO, США) и радиохромная пленка RTQA2 (Gafchromic, NJ, США).

Протоколы всех дозиметрических и механических тестов ведутся по программе контроля качества, раз-

работанной авторами статьи и утвержденной руководителем АОЦ. Ведется статистика всех проведенных измерений с анализом отклонений от базовых данных.

Результаты: В процессе создания программы контроля качества методики выполнения некоторых тестов пришлось разрабатывать самостоятельно, так как не всегда в литературе можно найти достаточно подробную информацию. Частота проведения тестов нами устанавливалась таким образом, чтобы обеспечить необходимые контрольные процедуры за небольшое время в связи с большой лечебной нагрузкой аппарата, а также с учетом имеющегося дозиметрического оборудования. Так, необходимо ежедневно до начала лечебной работы проверять ряд характеристик ускорителя, таких как точность размеров светового поля, точность лазеров и оптического дальномера, постоянство радиационного выхода каждого пучка (на ускорителе TrueBeamSTx имеется 6 фотонных пучков: 4, 6, 10, 15 МВ и пучки 6 и 10 МВ с высокой мощностью дозы без выравнивающего фильтра). Программа Machine Performance Check (MPC), входящая в программное обеспечение ускорителя TrueBeam, с использованием специального фантома IsoCal позволяет за 30 минут проверить основные геометрические и радиационные характеристики.

За трехлетний период эксплуатации ускоритель TrueBeamSTx показывает хорошую стабильность механических и дозиметрических характеристик, что проверяется с помощью систематических тестов по программе контроля качества, разработанной в Отделении лучевой терапии АОЦ. Участие в программе почтового контроля доз МАГАТЭ/ВОЗ с помощью радиофотolumинесцентных детекторов в 2019-2022 гг. показало высокую точность дозиметрических измерений и расчетов: 0,1 -1,7% при допуске 5% [6] (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты ежедневного контроля геометрических и радиационных характеристик по данным программы Machine Performance Check (MPC) за период 2019-2022 гг.

Характеристика	Допуск по MPC	Среднее фактическое значение
Положение гентри	0,3°	0,23
Положение коллиматора	0,5°	0,13
Положение лепестков многолепесткового коллиматора	0,5 мм	0,25
Положение лечебного стола		
продольное	0,7 мм	0,17 мм
поперечное	0,7 мм	0,12 мм
вертикальное	1,9 мм	0,07 мм
поворот	0,4°	0,06°
Постоянство радиационного выхода	2%	0,65%
Однородность пучка	2%	0,35%
Положение изоцентра MV визуализации	0,5 мм	0,19 мм
Положение изоцентра KV визуализации	0,5 мм	0,23 мм

После нескольких месяцев ежедневного выполнения MPC мы убедились в стабильности всех контролируемых характеристик и уменьшили частоту проведения этого теста до трех раз в неделю. Однако, так как не допустимо полагаться только на один метод контроля, еженедельно нами проводится проверка механических и дозиметрических характеристик с помощью матрицы детекторов StarTrack, контролируется постоянство радиационного выхода, энергии, симметрии и равномерности пучков, а также точность лазеров, дальномера, размеров светового поля.

Ежемесячная проверка радиационного выхода фотонных пучков нами выполняется посредством измерений ионизационной камерой в водном фантоме по дозиметрическому протоколу МАГАТЭ TRS-398 [7]. Если отклонение мощности дозы на глубине максимума превышает 1% от требуемой величины (1 сГр на 1 мониторинг единицу), то производится калибровка пучка.

Ежеквартально проводится контроль глубинных дозных распределений и профилей пучков на системе сканирования пучков с большим водным фан-

томом Blue Phantom 2. Ежеквартально выполняется контроль совпадения радиационного и механического изоцентра ускорителя с помощью радиохромной пленки RTQA2, Ashland (тест Star shot). Анализ выполняется по программе IsoCheck. Величина расхождения всегда меньше 1 мм, что соответствует допуску для стереотаксиса.

Ежегодный контроль включает также проверку стабильности зависимости радиационного выхода от размера поля (output factors), коэффициентов всех динамических клиньев, линейность и постоянство выхода мониторных единиц. За 3 года эксплуатации ускорителя TrueBeamSTx наши измерения показали высокую стабильность этих характеристик (Таблица 2).

Таблица 2 – Стабильность дозиметрических характеристик фотонных пучков ускорителя TrueBeamSTx за 2019-2022 гг.

Характеристика	Доза в опорной точке	Энергия пучка (индекс качества)	Коэффициенты радиационного выхода	Коэффициенты динамических клиньев
Расхождение с базовыми данными	0,1-0,9%	0,1-0,6%	0,1 -0,8%	0-0,5%
Допуск	1 %	1%	2 %	2%

Лучевая терапия с модуляцией интенсивности требует высокой точности позиционирования пациента, что достигается применением методики IGRT. Ускоритель TrueBeamSTx имеет киловольтную рентгеновскую (в режимах снимков, флюороскопии и компьютерной томографии конусным пучком) и мегавольтную (портальная визуализация) системы получения изображений. Портальная дозиметрия с использованием системы мегавольтной визуализации EPID применяется также для верификации дозиметрических лечебных планов с модуляцией интенсивности. Поэтому точность систем визуализации требует систематического контроля. Ускорители Varian имеют программы калибровки всех режимов систем визуализации (PVA Calibration). Эти калибровки выполняются ежемесячно, после калибровки радиационного выхода (абсолютной дозиметрии). Однако, поскольку для стереотаксической терапии требуется более высокая точность, мы стали проводить калибровку и верификацию изоцентра (т.е. проверку точности совпадения изоцентра систем визуализации с изоцентром ускорителя) еженедельно. Еженедельное расхождение не превышает 0,2 см, а после калибровки и верификации не превышает 0,02 см. Так как для выполнения стереотаксической радиохирургии требуется совмещение изоцентров визуализации и аппарата в пределах 1 мм, перед каждым сеансом SRS проводим дополнительную калибровку и верификацию.

Еженедельно проводится проверка точности перемещения лечебного стола по изображениям с помощью кубического пластикового фантома с контрастным шариком в центре (Cubic Phantom). Коррекция позиционирования по СВСТ-изображениям выполняется с точностью менее 1 мм.

На основании рекомендаций AAPM [4] нами были разработаны тесты для контроля мегавольтной и киловольтной систем визуализации с использованием фантомов CatPhan 604, Las Vegas phantom, Leeds TOR 18FG, выполняемые 2 раза в год. Контролируемые характеристики включают масштабирование, пространственное разрешение, контраст, однородность и шум изображения, постоянство единиц Хаунсфилда для СВСТ-изображений.

Программа контроля качества включает также тесты для многолепесткового коллиматора (МЛК). Это еженедельные проверки точности позиционирования лепестков и воспроизводимости позиций в статиче-

ском режиме (тестовые планы имеются в программном обеспечении ускорителя), а также тесты для проверки МЛК в динамическом режиме, которые проводятся по планам и методам анализа, разработанным Varian для всех типов МЛК. Один раз в год проводится проверка соответствия светового и радиационного полей, создаваемых МЛК, с помощью радиохромной пленки RTQA2, измерение величины дозиметрического зазора и коэффициента пропуска МЛК.

Измерения дозиметрических характеристик проводятся после выполнения проверок механических параметров. Большинство механических тестов (проверка положения изоцентра, точности перемещений гентри, коллиматора и лечебного стола, положение шторок коллиматора, показаний оптического дальномера и др.) удобно и быстро выполняются с помощью устройства Iso-Align, CIRS (многоцелевое устройство для точного выравнивания).

Поскольку ежеквартальные и ежегодные измерения занимают много времени, мы проводим их по вечерам и в выходные дни, чтобы не останавливать процесс лечения пациентов.

Обсуждение: Проведение систематических проверок характеристик аппарата лучевой терапии совершенно необходимо для обеспечения точности и эффективности лучевого лечения. Это комплекс, складывающийся из ежедневных, еженедельных, ежемесячных, ежеквартальных и годовых проверок, и осуществлять их должны физики и инженеры отделения лучевой терапии, как и установлено «Стандартом оказания онкологической помощи населению Республики Казахстан», параграф 2, п. 79 [8], что соответствует международной практике. Это необходимый и обязательный аспект использования медицинских ускорителей заряженных частиц, на которое оформляется лицензия Комитета атомного и энергетического надзора и контроля Республики Казахстан (ПК) («Обращение с приборами и установками, генерирующими ионизирующее излучение»). К сожалению, в настоящее время разрешение на проведение операций по контролю качества работы источников ионизирующего излучения, а также приборов, оборудования, установок, содержащих такие источники или генерирующих ионизирующее излучение, оформляется лицензией на Предоставление услуг в области использования атомной энергии. Это делается по аналогии с контролем эксплуатацион-

ных параметров рентгенодиагностических аппаратов, ежегодное проведение которого регламентируется «Санитарно-эпидемиологическими требованиями к радиационно-опасным объектам» [9] без учета различия в проведении контроля качества для рентгенодиагностических аппаратов и медицинских ускорителей. Если для первых достаточно проведение контроля эксплуатационных характеристик 1 раз в год, то для аппаратов лучевой терапии этого не может быть достаточно. Такой подход приводит к тому, что осуществляемая физиками и инженерами клиники программа контроля качества не учитывается при оформлении лицензий. Необходимо внести коррективы в нормативные документы Министерства здравоохранения РК и Комитета атомного и энергетического надзора и контроля МАЭ РК (КАЭНК) и включить Программу контроля качества в комплект документов на оформление лицензии на обращение с приборами и установками, генерирующими ионизирующее излучение. К сожалению, не во всех отделениях лучевой терапии лечебных учреждений РК имеются и выполняются программы контроля качества, включающие все необходимые аспекты и соответствующие современному уровню требований. По нашему мнению, независимый контроль могла бы осуществлять экспертная группа из квалифицированных специалистов, физиков и инженеров, утвержденная МЗ РК. Эксперты, включенные в эту группу, систематически проводили бы такие проверки и оказывали бы помощь специалистам лечебного учреждения в создании программ контроля качества и разработке методов выполнения тестов, что способствовало бы повышению точности осуществления лучевой терапии. Для обеспечения качества и безопасности лучевой терапии очень важен независимый контроль выполнения дозиметрических измерений и других процедур, входящих в программу контроля качества радиотерапевтического аппарата [10].

Заключение: Нами была разработана программа контроля качества для высокоэнергетического линейного ускорителя, полученные результаты которой по всем характеристикам соответствуют допустимым значениям. Для эффективного и безопасного использования лучевой терапии необходима разработка программы контроля качества для всех видов оборудования лучевой терапии конкретно для каждого учреждения и независимая проверка выполнения этой программы.

Список использованных источников:

1. Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures. ICRU report 24. US: International Commission on Radiation Units and Measurements. – 1987. <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=25005992>
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). Setting Up a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects. – Vienna, 2008. https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1296_web.pdf
3. Klein E.E., Hanley J., Bayouth J., Yin F.F., Simon W., Dresser S., Serago C., Aguirre F., Ma L., Arjomandy B., Liu C., Sandin C., Holmes T. American Association of Physicists in Medicine. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators // Med. Phys. – 2009. – Vol. 36. – P. 4197-4212. <https://doi.org/10.1118/1.3190392>
4. Bissnonette J.P., Balter P.A., Dong L., Langen K.M., Lovelock D.M., Miften M., Moseley D.J., Pouliot J., Sonke J.J., Yoo S. Quality assurance for image-guided radiation therapy utilizing CT-based technologies: a report of the AAPM TG-179 // Med. Phys. – 2012. – Vol. 39. – P. 1946-1963. <https://doi.org/10.1118/1.3690466>
5. Hanley J., Dresser S., Simon W., Flinn R., Klein E., Letourneau D., Liu C., Yin F.F., Arjomandy B., Ma L., Aguirre F., Jones J., Bayouth J., Holmes T. AAPM Task Group 198 Report: An implementation guide for TG 142 quality assurance of medical accelerators // Med. Phys. – 2021. – Vol. 48(10). – P. e830-e885. <https://doi.org/10.1002/mp.14992>
6. Ижевская И. Принципы предоставления услуги МАГАТЭ/ВОЗ по почтовой ТЛД-проверке калибровки пучков для радиотерапевтических центров. – Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Лаборатории МАГАТЭ в Зайберсдорфе, Австрия, 2012. [Izhevskaya I. Principy predostavleniya uslugi MAGATE'/VOZ po pochtovoj TLD-proverke kalibrovki puchkov dlya radioterapevticheskix centrov. – Mezhdunarodnoe agentstvo po atomnoj energii (MAGATE'), Laboratorii MAGATE' v Zajbersdorfe, Avstriya, 2012]. [http://www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/documents/Principles_of_Operation_\(Russian.pdf](http://www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/documents/Principles_of_Operation_(Russian.pdf)
7. International Atomic Energy Agency (IAEA). Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy // Technical Reports Series. – 2000. – No. 398. https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/trs398_scr.pdf
8. Об утверждении стандарта организации оказания онкологической помощи населению Республики Казахстан. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 12 ноября 2021 года, №ҚР ДСМ-112 [Ob utverzhdenii standarta organizatsyi okazanya onkologicheskoi pomoshchi naseleniyu Respubliki Kazakhstan. Prikaz Ministra zdorvoohroneniya Respubliki Kazakhstan ot 12 noyabrya 2021 goda, №QR DSM-112 (in Russ.)]. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100025167>
9. Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам». Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 25 августа 2022 года, № ҚР ДСМ-90 [Ob utverzhdenii Sanitarnyx pravil «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k radiacionno-opasnym ob'ektam». Prikaz Ministra zdorvoohroneniya Respubliki Kazaxstan ot 25 avgusta 2022 goda, № QR DSM-90 (in Russ.)]. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V22000>
10. Требования к точности и факторы неопределенности в лучевой терапии // . – 2022. – No. 31 [Trebovaniya k tochnosti i faktory neopredelennosti v luchevoj terapii // . – 2022. – No. 31] https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1679_HH31_web.pdf

АНДАТПА

СЫЗЫҚТЫҚ ҮДЕТКІШТІҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ БАҒДАРЛАМАСЫН ҚҰРУ ЖӘНЕ ОРЫНДАУ

Т.Ю. Антропова¹, К.Д. Датбаев^{1,2}, Е.И. Ишкенин¹, Б.Ф. Латыпова¹, О.Қ. Сеитов^{1,2}, Ж.Т. Худайберген^{1,2}

¹«Алматы онкология орталығы» ШЖҚ КМК, Алматы, Қазақстан Республикасы;

²«Қазақ онкология және радиология ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы

Өзектілігі: Мақалада көрсетілетін қызметтердің сапасын қамтамасыз ету саласындағы заманауи проблемалар нормативтік-құқықтық база тұрғысынан қарастырылған, сондай-ақ сызықтық үдеткіштерде-тексеру процедураларының жиілігі бойынша бақылау. Ғылыми жаңалық процедуралардың өзін егжей-тегжейлі сипаттайтын және сынақтардың жиілігі бойынша ұсыныстары бар желілік үдеткіштің сапасын бақылау бағдарламасын әзірлеуде жатыр.

Зерттеудің мақсаты – құрылғының механикалық және дозиметриялық параметрлерін бақылаудың қарапайым әдістерінің кешенін әзірлеу және сынау, бірақ олар халықаралық ұсынымдарға сәйкес жоғары технологиялық сәулелік терапияға қойылатын минималды талаптарға жауап береді. Атом энергиясы жөніндегі халықаралық агенттік (МАГАТЭ) және Американдық медициналық физиктер қоғамы (AAPM).

Әдістері: Алматыдағы онкологиялық орталықта (Қазақстан) орнатылған TrueBeamSTx сызықтық үдеткішінің (Varian, АҚШ) сапасын бақылау бағдарламасын жасау кезінде біз МАГАТЭ және ААРМ ұсыныстарына сүйендік. Үдеткіш интензитет модуляцияланған сәулелік терапияны (IMRT, VMAT), стереотактикалық радиохирургияны және кескінді басқаратын стереотактикалық сәулелік терапияны (SRS, SRT) орындайды.

Механикалық және дозиметриялық сипаттамаларды бақылауға қатаң талаптар қойылады.

Нәтижелер: Үш жылдық жұмыс кезеңінде TrueBeamSTx үдеткіші механикалық және дозиметриялық сипаттамалардың жақсы тұрақтылығын көрсетеді, ол мақала авторлары әзірлеген жүйелі сынақтар арқылы тексеріледі. Сапасын бақылау бағдарламасы 2019-2022 жж. радиофотолуминесцентті детекторларды пайдалана отырып, МАГАТЭ/ӘДҰ пошта дозасын бақылау бағдарламасына қатысу. дозиметриялық өлшеулер мен есептеулердің жоғары дәлдігін көрсетті: 0,1-1,7% рұқсат етілген 5%.

Қорытынды: Жоғары энергиялық сызықтық үдеткішке сапасын бақылау бағдарламасы әзірленді; барлық сипаттамалар бойынша алынған нәтижелер рұқсат етілген мәндерге сәйкес келеді. Сәулелік терапияны тиімді және қауіпсіз қолдану үшін сәулелік терапия жабдықтарының барлық түрлерінің сапасын бақылау бағдарламасын әзірлеу қажет. әрбір мекемеге тән, сондай-ақ осы бағдарламаның орындалуын тәуелсіз тексеру

Түйін сөздер: сәулелік терапия, сызықтық үдеткіш, сапаны бақылау, дозиметриялық жабдықтар.

ABSTRACT

DEVELOPING AND IMPLEMENTING THE QUALITY CONTROL PROGRAM ON A LINEAR ACCELERATOR

T.Yu. Antropova¹, K.D. Datbayev^{1,2}, E.I. Ishkinin¹, B.G. Latypova¹, O.K. Seitov^{1,2}, Zh.T. Khudaibergenov^{1,2}

¹«Almaty oncological center» MSE on REM, Almaty, the Republic of Kazakhstan;

²«Kazakh Institute of Oncology and Radiology» JSC, Almaty, the Republic of Kazakhstan

Relevance: The article deals with modern problems in the field of ensuring the quality of services provided on linear accelerators from the point of view of the regulatory framework, as well as from the point of view of the frequency of control procedures. The scientific novelty lies in elaborating a linear accelerator quality control program with detailed procedure descriptions and testing frequency recommendations.

The study aimed to develop and test a set of simple methods for controlling the linear accelerator's mechanical and dosimetric parameters, which would meet the minimum requirements for high-tech radiation therapy following IAEA and AAPM international recommendations.

Methods: In developing the quality control program for the TrueBeamSTx linear accelerator (Varian, USA) installed at the Almaty Oncological Center (AOC, Kazakhstan), we relied on the recommendations of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the American Association of Physicists in Medicine (AAPM), taking into account that intensity-modulated radiotherapy (IMRT, VMAT), stereotactic radiosurgery and stereotactic radiotherapy (SRS, SRT), using image-guided radiation therapy (IGRT) will be performed on the accelerator; which imposes more stringent requirements for control of both mechanical and dosimetry characteristics

Results: Over three years of operation, the TrueBeamSTx accelerator shows good stability of mechanical and dosimetric characteristics, verified using systematic tests according to the quality control program developed by the authors of this article. The IAEA/WHO mail dose monitoring program using radiophotoluminescent detectors, implemented in 2019-2022, showed high dosimetric measurements and calculations accuracy of 0.1-1.7%, at a tolerance of 5%.

Conclusion: A quality control program for a high-energy linear accelerator has been developed; the results obtained for all characteristics correspond to the permissible values. The effective and safe use of radiotherapy requires the development of a quality control program for all radiotherapy equipment specifically for each institution and independent verification of the implementation of this program.

Keywords: Radiation therapy, linear accelerator, quality control, dosimetry equipment.

Прозрачность исследования: Авторы несут полную ответственность за содержание данной статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование выполнено на базе КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр».

Вклад авторов: вклад в концепцию – Антропова Т.Ю., Датбаев К.Д.; научный дизайн – Ишкинин Е.И., Латыпова Б.Г., Seitov O.K.; исполнение заявленного научного исследования – Датбаев К.Д., Худайбергенов Ж.Т.; интерпретация заявленного научного исследования – Латыпова Б.Г., Ишкинин Е.И.; создание научной статьи – Антропова Т.Ю., Датбаев К.Д.

Сведения об авторах:

Антропова Т.Ю. – физик, преподаватель физики, медицинский физик отделения лучевой терапии, КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр», Алматы, Республика Казахстан, тел. +77055652245, e-mail: tantropova@mail.ru; ORCID ID: 0009-0007-5324-194X;

Датбаев К.Д. (корреспондирующий автор) – магистр технических наук, инженер по обслуживанию линейных ускорителей, отделение дозиметрии и физико-технического обеспечения лучевой терапии, АО «Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии»; медицинский физик, отделение лучевой терапии, КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр», Алматы, Республика Казахстан, тел. +77718507486, e-mail: kairdatbayev@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0453-2878;

Ишкинин Е.И. – Ph.D., Заведующий отделением лучевой терапии, КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр», Алматы, Республика Казахстан, тел. +7772332963, e-mail: ishkininy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5784-1255;

Латыпова Б.Г. – магистр техники и технологий, медицинский физик отделения лучевой терапии, КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр», Алматы, Республика Казахстан, тел. +77718507487, e-mail: latypova_bota@mail.ru, ORCID ID: 0009-0003-6209-0048;

Seitov O.K. – инженер по обслуживанию линейных ускорителей, отделение дозиметрии и физико-технического обеспечения лучевой терапии, АО «Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии»; инженер, отделение лучевой терапии, КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр», Алматы, Республика Казахстан, тел. +77074857830, e-mail: olzhas_seitov@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-9477-3262;

Худайбергенов Ж.Т. – инженер по обслуживанию линейных ускорителей, отделение дозиметрии и физико-технического обеспечения лучевой терапии, АО «Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии», инженер, отделение лучевой терапии, КГП на ПХВ «Алматинский Онкологический Центр», Алматы, Республика Казахстан, тел. +77077179845, e-mail: zhodi1990@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-1180-8566.

Адрес для корреспонденции: Датбаев К.Д., КГП на ПХВ "Алматинский онкологический центр", ул. Папанина д. 220а, Алматы 050000, Республика Казахстан.