

Г.В. Гацкевич, И.Г. Тарутин, Е.В.Титович

ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», Минск, Республика Беларусь

## Дозиметрическое обеспечение стереотаксического облучения пациентов

### Dosimetry of stereotaxic patient irradiation

**Summary.** A list of the tests for quality assurance of an accelerator necessary to perform stereotaxic irradiation of the patients is given. The tests are described briefly, their frequency is given. A technique of assessment of beam axis targeting accuracy at the isocenter of the accelerator, developed at N.N. Alexandrov National Cancer Center, is described.

**Key words:** radiation therapy, stereotaxic irradiation, clinical dosimetry, isocenter deviation.

**Резюме.** Наведено перелік тестів контролю якості прискорювача, необхідних при проведенні сеансів стереотаксичного опромінення пацієнтів. Подано їх короткий опис і періодичність проведення. Описано методику оцінки точності наведення осі пучка випромінювання на ізоцентр прискорювача, розроблену в ДУ «РНПЦ онкології і медичної радіології ім. М.М. Александрова».

**Ключові слова:** променева терапія, стереотаксичне опромінення, клінічна дозиметрія, девіація ізоцентру.

**Ключевые слова:** лучевая терапия, стереотаксическое облучение, клиническая дозиметрия, девиация изоцентра.

Дозиметрическое обеспечение современных методик облучения онкологических больных является необходимым элементом лучевой терапии.

В Республиканском научно-практическом центре онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова сеансы стереотаксического облучения опухолей головного мозга проводятся на ускорителе Clinac 2300C/D. Используемая энергия фотонного излучения 6 МВ. Узкие пучки излучения формируются с помощью металлических тубусов фирмы BrainLab, имеющих цилиндрические отверстия различного диаметра. Диаметр пучков излучения в изоцентре может составлять от 7,5 до 30 мм.

Качество процесса стереотаксического облучения обеспечивается в том числе и регулярной проверкой технических параметров ускорителя и дозиметрических характеристик пучков излучения. Периодичность проверок ряда параметров определена разработанной в нашем Центре инструкцией «Контроль качества медицинских ускорителей электронов».

Следует отметить, что контроля размеров формируемых полей облучения и совпадения границ светового и радиационного полей не требуется. Размер (диаметр) поля облучения однозначно определяется диаметром отверстия в тубусе. Световое и радиационное поля также формируются цилиндрическим отверстием тубуса и поэтому границы этих полей не могут не совпадать.

Рассмотрим контролируемые параметры.

1. Контроль энергии фотонного излучения.

Энергия фотонного излучения определяется по глубинному распределению мощности поглощенной дозы в воде. Проверку значения данного параметра проводят во время годового контроля технических параметров ускорителя. Такой периодичности вполне достаточно. За весь период эксплуатации ускорителя Clinac 2300C/D (с 2005 года) не было зафиксировано изменения энергии фотонного излучения более 2%.

2. Контроль цены мониторинговой единицы.

Контроль цены мониторинговой единицы проводится ежедневно с помощью прибора LINACHECK фирмы PTW Freiburg. В случае отклонения этого параметра от требуемого значения (1 сГр/МЕ) более чем на 1,5%, проводится настройка цены мониторинговой единицы.

3. Контроль девиации изоцентра.

Данный параметр контролируют ежеквартально. Гарантированный фирмой-изготовителем радиус девиации изоцентра для ускорителя Clinac 2300C/D не превышает 1 мм (для ускорителя Trilogy не более 0,5 мм).

4. Контроль точности наведения центраторов (лазеров) на изоцентр.

Проверку данного параметра целесообразно проводить 1 раз в неделю, так как укладка пациента проводится по перекрестию лазеров. Погрешность наведения лазеров на изоцентр не должна превышать 1 мм.

5. Контроль точности наведения оси пучка излучения на изоцентр.

Контроль данного параметра проводится в день проведения сеанса стереотаксического облучения. Для его проведения мы используем:

- специальное устройство фирмы BrainLab со сферическим датчиком;
- рентгеновскую пленку X-Omat V;
- сканер-денситометр для рентгеновских пленок;
- программное обеспечение VeriSoft 3.1 фирмы PTW Freiburg.

На описании этого теста остановимся более подробно. Углы поворота гентри и коллиматора ускорителя устанавливаются в 0°, размер поля облучения — 5 × 5 см.

К коллиматору ускорителя прикрепляется металлический тубус, формирующий пучок излучения диаметром 7,5 мм на уровне изоцентра ускорителя.

К терапевтическому столу прикрепляется устройство для закрепления инвазивной маски с устройством, содержащим сферический датчик (шарик из вольфрама диаметром 4 мм). На устройстве, содержащем сферический датчик, нарисована окружность с перекрестием, которое определяет направление на центр сферического датчика.

Наведение оси пучка излучения на центр сферического датчика производится следующим образом. С помощью электрических приводов терапевтический стол устанавливается в такое положение, чтобы граница светового пучка (окружность) установилась симметрично относительно нарисованной окружности на устройстве, содержащем сферический датчик. Симметричность должна сохраняться и при угле поворота гентри в 90°. Следует сказать, что на перекрестии данного устройства должно попадать и перекрестие лазеров.

В зажим специального держателя, крепящегося к коллиматору, вставляется рентгеновская пленка типа X-Omat. Производится облучение пленки экспозицией 300 мониторинговых единиц для углов гентри 0° и 90° (при необходимости — и для других углов).

На проявленной пленке должно получиться изображение черного круга со светлым пятном (тень от вольфрамового шарика), также в форме круга, внутри.

Проводится сканирование рентгеновской пленки с целью получения изображения в цифровом формате. С помощью программного пакета VeriSoft изображение с рентгеновской пленки вызывается на экран монитора.

Далее проводится анализ изображения.

Диаметр черного круга (размер поля облучения на пленке) составляет около 8 мм, а диаметр светлого круга 4,3 мм. Расстояние между центрами этих кругов и есть величина смещения оси пучка от изоцентра ускорителя.

Погрешность данного метода определения величины смещения составляет  $\pm (0,2-0,3)$  мм.

Оценку точности наведения пучка излучения на изоцентр и возможность начала проведения сеанса облучения проводят совместно инженер-физик и врач радиационный онколог.

Из опыта нашей работы можно сказать, что на шестом году эксплуатации ускорителя Clinac 2300C/D удается достигать точности наведения оси пучка излучения на изоцентр с погрешностью не более  $\pm 0,5$  мм.

Согласно литературным источникам величина допустимого смещения оси пучка фотонного излучения при подготовке ускорителя к сеансу стереотаксического облучения не должна превышать  $\pm 1$  мм.

В связи с тем, что на проявление, сканирование рентгеновской пленки и анализ полученного изображения уходит около 30 минут (что увеличивает время простоя ускорителя), процедуру оценки полученного изображения можно проводить следующим образом. Отнять тестовую рентгеновскую пленку с несколькими изображениями с различными смещениями оси пучка (например, 0,1; 0,2; 0,5; 0,7; 1 мм). Определить величины смещений в миллиметрах по методике изложенной выше.

Новые полученные изображения на рентгеновской пленке сравнить визуально с тестовой пленкой и определить степень смещения. Учитывая субъективность такого подхода, в оценке изображения могут принимать участие 2–3 сотрудника.

Требование к минимальной погрешности при наведении оси пучка излучения на изоцентр ускорителя объясняется тем, что на точность формирования облучаемого объема в теле пациента влияет целый ряд других факторов.

Так, минимальная неопределенность в обрисовке (контурировании) рентгенологом границ опухоли на рентгеновских изображениях, согласно докладу № 54 Американской ассоциации медицинских физиков Stereotactic Radiosurgery, Report of Task Group 42 Radiation Therapy Committee, составляет  $\pm (1,5-2)$  мм.

Величина этой неопределенности зависит также и от толщины среза при сканировании на компьютерном томографе.

Согласно указанному докладу, неопределенность при привязке координат маски к координатам опухоли при сканировании пациента на компьютерном томографе составляет  $\pm 2$  мм, а неопределенность при закреплении маски пациента на терапевтическом столе  $\pm 0,6$  мм.

Неопределенность при укладке пациента зависит от толщины лазера. Так, если последняя равна 1 мм, неопределенность может доходить до  $\pm 0,5$  мм; при толщине лазера 1,5 мм — до  $\pm 0,75$  мм.

Перечисленные виды контроля следует проводить также и для обеспечения сеансов стереотаксического облучения с помощью MLC (микроколлиматора). Добавляется тест по проверке стабильности и точности формирования поля облучения различного размера.

Р.Є. Горovenko, О.І. Возняк,  
Ю.М. Логвінова, В.В. Ушакевич,  
І.О. Камінський, М.Л. Тараненко

*Комунальний клінічний  
лікувально-профілактичний заклад  
«Донецький обласний протипухлинний центр»,  
Донецький національний медичний університет  
ім. М. Горького*

## **Забезпечення якісного лікування і безперервної роботи лінійних прискорювачів при проведенні променевої терапії**

### **Promotion of high-quality treatment and uninterrupted service of radiation therapy linear accelerators**

**Summary.** The experience of operation of radiotherapy complex at Donetsk Antitumor Center showed that a number of calibration and dosimetry tests were an inevitable part of high-quality radiation treatment and timely prevention of inconsiderable disorders in the work of linear accelerators, therefore the engineering service of this equipment should consist of various specialists.

**Key words:** linear accelerator, tests, calibration tests, engineering service.

**Резюме.** Опыт эксплуатации радиотерапевтического комплекса в Донецком областном противоопухолевом центре показал, что неотъемлемой частью качественного проведения лучевого лечения и своевременного предупреждения возникновения незначительных неисправностей в работе линейных ускорителей является проведение ряда калибровочных тестов и дозиметрических проверок, поэтому для работы с линейными ускорителями инженерная служба должна состоять из специалистов различного профиля.

**Ключевые слова:** линейный ускоритель, проверки, калибровочные тесты, инженерная служба.

**Ключові слова:** лінійний прискорювач, перевірки, калібрувальні тести, інженерна служба.

Лінійні прискорювачі — це високотехнологічне устаткування, яке застосовують для лікування онкозахворювань вже кілька десятиріч. У 2006 році вперше в Україні на базі Донецького обласного протипухлинного центру (ДОПЦ) почали працювати два лінійні прискорювачі виробництва Varian Medical Systems.

Парк радіологічного устаткування в Україні поступово оновлюється. Крім радіотерапевтичного комплексу, який функціонує в ДОПЦ, лінійні прискорювачі впроваджені в Києві, Львові, Харкові, Рівному та інших обласних центрах.

Радіотерапевтичний комплекс становить високотехнологічну і наукоємну апаратуру, що складається з сотень високоточних систем стеження (тільки багатопелюстковий коліматор лінійного прискорювача містить близько 100 прецизійних програмованих систем стеження), схем контролю і керування роботою підсистем усієї апаратури, включаючи установку положення лікувального столу і формування фігурного лікувального поля.

Для забезпечення ідентичності укладання пацієнтів на симуляторі й при лікуванні на прискорювачах, використовуються лазерні цілепоказники. Останні розташовані в трьох площинах і визначають ізоцентр випромінюваного пучка. Лазерними цілепоказниками оснащені прискорювачі і рентгеносимулятор.