

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.

Точність дозного розподілу і стабільність потужності дози забезпечує вбудована система дозиметричного контролю. Багатопелюстковий коліатор Millennium MLC80 (кількість пелюсток 80) дозволяє з високою точністю формувати задану конфігурацію лікувального поля.

Лінійні прискорювачі спроектовані із застосуванням новітніх технологій у частині контролю і виключення ситуацій, які запобігають лікуванню пацієнтів на несправному апараті або з помилково введеними параметрами.

Несправності у процесі роботи прискорювачів, що виникають, відображаються на моніторі у вигляді «інтерлоків», які дозволяють встановити і локалізувати місцезнаходження передбачуваної причини виникнення несправності.

Вбудована система глобального контролю працездатності апаратури, що відображає чисельні значення введених і отриманих значень необхідних параметрів окремих систем, полегшує оперативний пошук і усунення несправностей, сприяє мінімізації часу простою апаратури.

Проаналізувавши шестирічний досвід експлуатації лінійних прискорювачів, ми дійшли висновку, що у процесі роботи можуть виникати несправності, які призводять до тривалого простою устаткування і негативно позначаються на проведенні променевої терапії.

Отже, невід'ємною частиною якісного променевого лікування і своєчасного запобігання виникненню незначних несправностей у роботі лінійних прискорювачів є періодичне проведення ряду калібрувальних тестів і дозиметричних перевірок.

Усі ці тести можна умовно розділити на кілька груп:

#### Щоденні

Такі параметри, як радіаційний розмір поля, осьова симетрія пучка, його поперечна симетрія, однорідність пучка випромінювання, доза.

#### Щотижневі

Перевірки світлового поля, руху процедурної кушетки, руху штатива прискорювача (гентрі), руху коліатора, перевірка формування фігурного поля пелюстками багатопелюсткового коліатора (MLC), відповідності радіаційного поля світловому і перевірка точності установки пристрою для портальної візуалізації (EPID) у задану позицію. Всі ці параметри забезпечують механічну точність проведення процедури лікування. Керівництвом користувача для лінійних прискорювачів фірми Varian допускається максимальне відхилення різних параметрів у межах 1–2 мм. При перевищенні допустимих меж відхилення будь-якого з параметрів перевірки інженерною службою проводиться оцінка отриманих значень, при необхідності, калібрування даного параметра.

#### Щомісячні

Перевірки ротації коліатора, його дзеркал, перевірка (калібрування) діафрагми при використанні On-Board Imager (ОВІ). У даних перевірках допустиме відхилення від нульового значення і відповідності розміру поля від заданого не більше 1 мм.

#### Щоквартальні

У щоквартальних перевірках оцінюється якість роботи випромінювачів і детекторів систем ОВІ та EPID. Такі перевірки проводяться з використанням відповідного програмного забезпечення, певних фантомів і половинних або повних фільтрів, що дозволяє виявити наявність «артефактів» на отриманих зображеннях, а отже, вчасно знайти причину їх появи і усунути цю несправність.

#### Щорічні

Параметри річного обстеження медичного прискорювача електронів повторюють такі процедури приймання прискорювача у клінічну практику після його установки в клініці.

Деякі перевірки, калібрування або вимірювання можуть проводитися позачергово і не в повному обсязі, що зумовлено виникненням різних несправностей або проведенням профілактичних сервісних робіт.

Так, наприклад, при заміні джерела випромінювання, генератора НВЧ-потужності, моніторних іонізаційних камер та їх керуючої електроніки, й інших пристроїв, які впливають на характеристики полів опромінення, необхідно проводити перевірку таких дозиметричних характеристик пучків фотонів і електронів, як-от:

симетрія радіаційного поля відносно покажчиків центру поля;

збіг меж світлового і радіаційного полів;

калібрування моніторів пульта управління прискорювачем за дозою фотонів і електронів;

потужність поглиненої дози фотонів і електронів у стандартних умовах;

всі значення енергії фотонів і електронів.

Після закінчення вимірювань складають протокол передачі прискорювача у клінічну практику.

Таким чином, для запобігання поломкам устаткування, мінімізації часу простою і проведення конформного променевого лікування необхідно своєчасно проводити всі перевірки. При кожній лікувальній установі має бути інженерна служба, що складається з таких кваліфікованих фахівців: інженера з експлуатації — для проведення профілактичних робіт з метою запобігання несправностям; медичного фізика — для проведення високоточного планування лікування і контролю радіаційних параметрів лінійного прискорювача; техника-дозиметриста — для контролю радіаційної обстановки на робочих місцях персоналу.

<sup>2</sup>В.М. Демченко, <sup>1</sup>А.В. Свиноренко,

<sup>2</sup>І.В. Сокур

<sup>1</sup>ДУ Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України, Харків,

<sup>2</sup>КУ Херсонської обласної ради «Херсонський обласний онкологічний диспансер»

## Передопераційна радіохемотерапія місцевопоширеного раку прямої кишки низької локалізації

### Pre-operative radiochemotherapy for low local rectal cancer

**Summary.** The results of neoadjuvant combination radiation therapy were analyzed in the group of patients with inoperable T3-T4N0-N1M0 rectal cancer depending on various chemoradiosensibilizers used during the irradiation. The best tumor response and achievement of the tumor resectability were observed in case of irradiation sensibilization with Capecitabine 1500 mg/m<sup>2</sup> per day.

**Key words:** rectal cancer, radiation therapy, radiosensibilization.

**Резюме.** В групі больних нерезектабельним раком прямої кишки T3-T4N0-N1M0 проаналізовані результати неoad'ювантної сочетанної лучевої терапії в залежності від різних химиорадіосенсибілізаторів, які приймали во время облучения. Оказалось, что наилучший ответ опухоли и достижение хирургической резектабельности наблюдались в случае сенсибилизации облучения капецитабином 1500 мг/м<sup>2</sup> в сутки.

**Ключевые слова:** рак прямой кишки, лучевая терапия, радиосенсибилизация.

**Ключові слова:** рак прямої кишки, променева терапія, радіосенсибілізація.