

Summary. The outcomes of combination and multimodality treatment, depending on different total target doses (TTD) and prognostic factors, were evaluated in 434 glioblastoma patients. The analysis demonstrated improvement in survival with TTD 54–56 Gy radiotherapy (median 16 months) and TTD 58–60 Gy (median 15 months) vs TTD 50–52 Gy (median 11 months; $p = 0.038$ and 0.020 , respectively).

Keywords: glioblastoma, radiotherapy, total target dose.

Т. Г. ПІДЛУБНА, Я. В. КМЕТЮК, Т. В. УДАТОВА, Г. О. КУРИЛО, О. С. СІЛАЄВА
Ю. М. КІСІЛЬ, Б. О. БОТВИНОВСЬКИЙ, Л. О. ПІДГОРНА, Н. В. ЧЕРЕНЬКО

Клінічна лікарня «Феофанія» ДУС, Всеукраїнський центр радіохірургії, Київ

ПРОВЕДЕННЯ СТЕРЕОТАКСИЧНОЇ РАДІОХІРУРГІЇ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ NOVALIS У ВСЕУКРАЇНСЬКОМУ ЦЕНТРІ РАДІОХІРУРГІЇ

REALIZATION OF STEREOTACTIC RADIOSURGERY ON A LINEAR ACCELERATOR NOVALIS IN ALL-UKRAINIAN RADIOSURGERY CENTER

Стереотаксична радіохірургія (СРХ) є методом лікування злоякісних та доброякісних новоутворень, в результаті якого досягається висока біологічно ефективна доза на мішень шляхом підведення однієї чи кількох фракцій. Особливості застосування СРХ полягають у тому, що розміри пухлини-мішені не повинні перевищувати 3,5–4,0 см у діаметрі. За рахунок різкого спаду дози СРХ зберігає здорові тканини та критичні органи від надмірного опромінення. Методика СРХ потребує ретельної уваги до виконання кожної процедури на всіх етапах підготовки та проведення лікування [1,2].

Важливим критерієм при високих дозах опромінення є точність у підведенні запланованої дози. Ця точність забезпечується рядом технічних можливостей лінійного прискорювача Novalis Tx (Varian) та додаткового обладнання для позиціонування ExacTrac (BrainLab) [3].

Починаючи з січня 2013 р. у Всеукраїнському центрі радіохірургії (ВЦРХ) була впроваджена методика безрамкової (неінвазивної) фіксації голови при проведенні СРХ первинних та метастатичних пухлин головного мозку [4]. Безрамкова методика є комфортною та безболісною для пацієнта у порівнянні з інвазивною методикою фіксації голови, яка пов'язана із ризиком кровотечі та інфікування, і вимагає додаткового знеболення. Можливості неінвазивної іммобілізації також дозволяють чітко відтворити наступний сеанс опромінення, якщо заплановану дозу треба підвести за декілька фракцій.

Основними показаннями до застосування безрамкової методики СРХ є наявність у пацієнта первинних злоякісних та доброякісних (невриноми, менінгіоми, гемангіоми, аденоми гіпофіза та ін.) пухлин, а також вторинних процесів пухлин ділянки голови та шиї.

Крім вищеперелічених локалізацій, методикою СРХ опромінюються первинні та метастатичні новоутворення легень та печінки. З вересня 2013 р. для лікування цих локалізацій у ВЦРХ впроваджена методика контролю із врахуванням фаз дихання — гейтинг.

Для проведення СРХ необхідна топографічна підготовка, яка складається з кількох етапів. Для іммобілізації пацієнта з пухлинами, локалізованими в ділянці голови та шиї, на першому етапі використовуються індивідуальні тришарові щільні термопластичні маски. Після цього проводиться сканування зони інтересу томографом Biograph64 (Siemens) на плоскій деці. Крок сканування не перевищує 0,6 мм. Сканування проводиться зі спеціальною референтною рамкою-локалайзером, яка розміщується над маскою. Рамка-локалайзер дозволяє «прив'язати» анатомію зони інтересу до системи координат комп'ютерної системи дозиметричного планування (КДСП).

Наступний етап — оконтурювання пухлини-мішені та критичних структур. Для візуалізації пухлини та інших анатомічних структур, залежно від локалізації пухлини, застосовуються додаткові діагностичні зображення: МРТ СТ із контрастним підсиленням, ПЕТ-КТ та ін.

Розробка плану лікування здійснюється медичним фізиком і проводиться за допомогою КДСП iPlan. Система дає можливість суміщувати зображення, отримані при КТ-топометрії, із зображеннями, отриманими при діагностичних дослідженнях. iPlan містить бібліотеку анатомічних структур, яка допомагає радіаційному онкологу (променевому терапевту) оконтурити критичні структури. Розробка плану опромінення включає підбір кількості конформних полів або вибір динамічних арок та кутів їх розташування. Завдяки багатопелюстковому коліматору HD MLC120 форма кожного поля опромінення максимально повторює форму пухлини. Для планування також може застосовуватись методика IMRT. Для

© Т. Г. Підлубна, Я. В. Кметюк, Т. В. Удатова,
Г. О. Курило, О. С. Сілаєва, Ю. М. Кісіль,
Б. О. Ботвиновський, Л. О. Підгорна, Н. В. Черенько, 2015

розрахунку дози опромінення використовується алгоритм MonteCarlo. Наприкінці розробки плану опромінення точні координати ізоцентру передаються у систему EхасTrac для автоматичного позиціонування пацієнта.

Важливе місце у процесі підготовки до сеансу CPX займають процедури гарантії якості обладнання та верифікація плану опромінення [5, 6]. Розроблені процедури перевірки плану складаються із трьох частин. Абсолютна доза вимірюється камерою PinPoint (PTW) у пластинчастому RW фантомі (матеріал ПММА) з пластиною-адаптером для іонізаційної камери або у гейтинг-фантомі (набірний фантом, який імітує фази дихання пацієнта). Розподіл дози перевіряється за допомогою радіографічної плівки GAFCHROMIC EBТ2-Custom (ISP Technologies), яка сама проявляється. Кінцева частина верифікації плану — Winston-Lutz тест [7], який здійснюється на портальній матриці аSi детекторів (EPID) і перевіряє співпадіння геометричного та радіаційного ізоцентру лінійного прискорювача з кожного лікувального поля.

Опромінення методом CPX проводиться на медичному лінійному прискорювачі Novalis Tx. Для цього використовується енергія фотонів 6SRS, при якій потужність дози становить 10 Гр/хв, що дозволяє за короткий час підвести заплановану дозу. Однією з особливостей Novalis Tx є багатопелюстковий коліматор HD 120 MLC, який містить 120 пластин, із шириною внутрішніх пластин 2,5 мм. Завдяки цьому форма пучка опромінення максимально повторює контур мішені та максимально захищає оточуючі здорові тканини та критичні органи.

Ще однією особливістю опромінення методикою CPX на лінійному прискорювачі Novalis є система EхасTrac. Це незалежна система моніторингу на основі некопланарної рентгенографії, яка дозволяє проводити променеву терапію під контролем зображень (IGRT) із точністю до 1 мм. EхасTrac складається з 2 інтегрованих підсистем: системи попереднього позиціонування на основі інфрачервоних (ІЧ) камер та рентгенівської системи візуалізації для точного позиціонування, з'єднаної з роботизованим

столом Robotic Couchtop спеціальним програмним забезпеченням.

Інфрачервона система складається із двох ІЧ-камер, які використовуються для моніторингу маркерів, що відбивають інфрачервоне світло. Маркери розміщуються на шкірі пацієнта або на спеціальній опорній рамі для попереднього позиціонування. Після аналізу даних із системи дозиметричного планування, система автоматично переміщає пацієнта в положення ізоцентру.

Рентгенологічна система розташована по обидва боки лікувального столу, складається із двох вмонтованих в підлогу рентгенівських трубок та двох індикаторних панелей із аморфного кремнію (аSi), які розташовані на стелі. Отримані високоякісні зображення порівнюються із цифровими реконструйованими рентгенограмами (DRR), отриманими з комп'ютерної системи дозиметричного планування. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє корегувати положення пухлини на основі аналізу рентгенівських знімків під час лікування відповідно до вказаної точності.

Роботизований стіл Robotic Couchtop має 6 ступенів вільності та дозволяє зміщувати пацієнта не тільки в 4 стандартних напрямках, але й відносно поздовжньої та поперечної осі. Використання системи EхасTrac забезпечує точність позиціонування до 1 мм.

При проведенні CPX пухлин печінки та легень система EхасTrac дає змогу проаналізувати амплітуду дихання пацієнта та вмикати пучок опромінення у заданій фазі дихання. Це дозволяє суттєво зменшити розміри РTV та більш точно підвести дозу опромінення до пухлини, зменшуючи навантаження на здорові тканини.

За два роки у Всеукраїнському центрі радіохірургії методом стереотаксичної радіохірургії було проліковано 35 пацієнтів, 77 % з яких — із застосуванням безрамкової методики та 23 % — за методикою з використанням гейтингу. Чітке виконання всіх запланованих процедур для реалізації методик CPX потребує високої кваліфікації і командної роботи усіх спеціалістів: радіаційного онколога, рентгенолога, медичного фізика, рентгенолаборантів. Розробка протоколів контролю якості для всіх етапів підготовки та проведення CPX є одним із важливих елементів цієї роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101* // Medical Physics. — 2010. — Vol. 37, N 8. — P. 4078–4101.
2. *SRT and SBRT: Current practices for QA dosimetry and 3D* / S. H. Benedict, J. Cai, B. Libby, M. Lovelock et al. // Journal of Physics. — 2010. — Vol. 250, N 1.
3. *Use of the BrainLAB EхасTrac X-Ray 6D system in image-guided radiotherapy* / Jin J. Y., Yin F. F., Tenn S. E. et al. // Medical Dosimetry. — 2008. — Vol. 33, N 2. — P. 124–134.
4. *Clinical implementation of frameless radiosurgery* / T. Gevaert, D. Verellen, B. Engelset et al. // Belgian Journal of Medical Oncology. — 2013. — Vol. 7, N 3. — P. 93–97.
5. *Galvin J. M. Quality Assurance procedures for stereotactic body radiation therapy* / J. M. Galvin, G. Bednarz // Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. — 2008. — Vol. 71, N 1. — P. 122–125.
6. *Need of patient-specific quality assurance and pre-treatment verification program for special plans in radiotherapy* / Ravichandran R., Bhasi S., Binukumar J. P., Davis C. A. // J. Med Phys. — 2011. — Vol. 36, N 3. — P. 181–183.
7. *Isocenter verification for linac-based stereotactic radiation therapy: review of principles and techniques* / P. Rowshanfarzad, M. Sabet, D. O'Connor, P. Greer // Journal of Applied Clinical Medical Physics. — 2011. — Vol. 12, N 4. — P. 185–195.

Резюме. Представлен опыт проведения стереотаксической радиохирургии на линейном ускорителе Novalis Tx. Описана последовательность выполнения процедур, необходимых для проведения стереотаксической радиохирургии: особенности топометрической подготовки, возможности регистрации изображений, локализация мишени облучения, оконтуривание критических органов и структур, дозиметрическое планирование, проведение процедур верификации плана облучения, а также применение системы позиционирования ExacTrac для реализации лучевой терапии под контролем изображений при высокоточном облучении опухоли.

Ключевые слова: стереотаксическая радиохирургия, линейный ускоритель Novalis Tx, дозиметрическое планирование, система позиционирования ExacTrac, лучевая терапия под контролем изображений (IGRT), контроль качества.

Summary. We report our experience in realization of stereotactic radiosurgery for linear accelerators Novalis Tx. The sequence of required procedures for stereotactic radiosurgery was described and includes the patient immobilization and CT scanning, image registration, tumor localization, definition of organs at risk, treatment planning, quality control procedures and the use of positioning system ExacTrac for implementation of high precision IGRT.

Keywords: stereotactic radiosurgery, linear accelerator novalis tx, dosimetric planning, positioning system ExacTrac, IGRT, quality control.

Т. В. УДАТОВА¹, О. В. САФРОНОВА^{1,2}, Я. В. КМЕТЮК^{1,2}, Г. О. КУРИЛО¹
К. С. КОСТЮК¹, А. В. АШИХМІН¹

¹Клінічна лікарня «Феофанія» ДУС, Всеукраїнський центр радіохірургії, Київ

²Національна медична академія післядипломної освіти ім. П. Л. Шупика, Київ

ПЕРСОНАЛІЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПРОВЕДЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ ЗА РАДИКАЛЬНОЮ ПРОГРАМОЮ У ПАЦІЄНТІВ, ХВОРИХ НА РАК ПЕРЕДМІХУРОВОЇ ЗАЛОЗИ

OPTIMIZED ACCESS FOR USING OF EXTERNAL BEAM RADIOTHERAPY TREATMENT OF TREATMENT PATIENTS FOR PROSTATE CANCER

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, кожен шостий чоловік у світі хворіє на рак передміхурової залози (РПЗ) (Код за МКХ-10 — С.61). У Сполучених Штатах Америки та в країнах Європейського Союзу ця нозологія займає перше місце серед онкологічних захворювань у чоловіків [6]. За даними бюлетеня Національного канцер-реєстру РПЗ, у структурі онкологічних захворювань населення чоловічої статі в Україні РПЗ посідає третє місце. За 2013–2014 рр. захворюваність на РПЗ склала 37,1 на 100 тис. Слід зазначити, що за останні п'ять років сформувалася негативна тенденція до зростання рівня захворюваності в середньому на 1,9 % на рік [4].

В онкологічній практиці існують три основних методи лікування РПЗ — гормональний, хірургічний та променевий. Дистанційна променева терапія (ДПТ) є основним методом лікування при місцево-поширеному РПЗ та за наявності протипоказань до оперативного втручання — при локалізованому [1, 7]. Однак з появою високотехнологічної ДПТ стало можливим максимальне підведення лікувальної дози на пухлинне

вогнище при мінімальному опроміненні оточуючих здорових тканин [3, 5]. Це дає можливість зменшити прояви місцевої токсичності, мінімізувати ускладнення при досягненні адекватного терапевтичного ефекту. Такий метод лікування є більш економічно вигідним, ніж оперативне втручання. Тому в країнах з розвинутою страховою медициною перевагу надають променевому методу лікування у порівнянні з хірургічним [2].

Метою даної роботи була розробка та впровадження алгоритму підготовки та проведення високо-технологічної променевої терапії (ПТ) з модуляцією інтенсивності дози (методики IMRT) з різними режимами фракціонування при лікуванні хворих на рак передміхурової залози.

У відділенні променевої терапії Всеукраїнського центру радіохірургії (із застосуванням ПЕТ-технологій) КЛ «Феофанія» Державного управління справами в період із жовтня 2011 року до січня 2015 року було проліковано 65 пацієнтів, хворих на РПЗ I–III (T₁₋₃cN₀₋₁M₀) стадій із використанням методики IMRT. Середній вік пацієнтів склав 70,4 ± 8,43 року. В усіх діагностували морфологічно верифіковану аденокарциному різного ступеня

© Т. В. Удатова, О. В. Сафронова, Я. В. Кметюк,
Г. О. Курило, К. С. Костюк, А. В. Ашихмін, 2015