

Організація охорони здоров'я

УДК: 616-073:615.849.1

ІНТЕГРАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІКУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ НА ПРИКЛАДІ ДОСВІДУ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ВІДДІЛЕННЯ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ ДУ «ІНСТИТУТ МЕДИЧНОЇ РАДІОЛОГІЇ ІМЕНІ С. П. ГРИГОР'ЄВА НАМН УКРАЇНИ»

В. П. Старенький

ДУ «Інститут медичної радіології імені С. П. Григор'єва НАМН України», м. Харків, Україна

Проаналізовані особливості застосування сучасних інформаційних технологій як засобу інтегративної оптимізації процесів підготовки та проведення променевої терапії. Проведено обґрунтування принципів організаційно-технічної модернізації відділення променевої терапії, пов'язаної з впровадженням новітніх радіотерапевтичних комплексів. Визначені нові чинники підвищення якості променевого лікування, обумовлені застосуванням інтегративних інформаційних технологій на прикладі відділення променевої терапії ДУ «Інститут медичної радіології імені С. П. Григор'єва НАМН України».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: контроль якості променевої терапії, радіотерапевтичний комплекс, комп'ютерно-комунікаційна система, віртуальне інтелектуальне середовище

ИНТЕГРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕЧЕБНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ГУ «ИНСТИТУТ МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ ИМЕНИ С. П. ГРИГОРЬЕВА НАМН УКРАИНЫ»

В. П. Старенький

ГУ «Институт медицинской радиологии имени С. П. Григорьева НАМН Украины», г. Харьков, Украина

Проанализированы возможности применения современных информационных технологий как средства интегративной оптимизации процессов подготовки и проведения лучевой терапии. Осуществлено обоснование принципов организационно-технической модернизации отделения лучевой терапии, связанной с внедрением новейших радиотерапевтических комплексов. Определены новые факторы повышения качества лучевого лечения, обусловленные применением интегративных информационных технологий на примере отделения лучевой терапии ДУ «Институт медицинской радиологии имени С. П. Григорьева НАМН Украины».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: контроль качества лучевой терапии, радиотерапевтический комплекс, компьютерно-коммуникационная система, виртуальная интеллектуальная среда

INTEGRATIVE TECHNOLOGIES OF TREATMENT PROCESS OPTIMIZATION SUR EXERSICE ORGANISATION WORK OF DEPARNAMENT RADIOTHERAPIE STATE ESTABLISHMENT «KHARKIV S. P. GRIGORIEV FOR MEDICAL RADIOLOGY OF THE NATIONAL ACADEMY OF MEDICAL SCIENCES OF UKRAINE»

V. P. Starenkiy

State Establishment «Kharkiv S. P. Grigoriev Institute for Medical Radiology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

The possibilities of up-to-date information technologies use as a means of integrative optimization processes of the radiation treatment preparation and carrying out are analyzed. The justification of principles

of radiotherapy department organizational and technical modernization related to the installation of innovative treatment equipment is performed. The new factors of improving the quality of radiation treatment due to the application of integrative information technology are identified for example radiotherapy department State Establishment «Kharkiv S. P. Grigoriev Institute for Medical Radiology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine».

KEY WORDS: radiation therapy quality control, radiotherapeutic complex, computing & communications system, virtual intellectual environment

Променева терапія (ПТ) злоякісних новоутворень є невід'ємною складовою системи онкологічної допомоги, що застосовується у понад 60 % випадків самостійно чи у поєднанні з іншими методами лікування [1]. Проте променеве лікування, порівняно з іншими видами медичного опромінення, відрізняється високим значенням поглинених доз, здатним спричинити місцеві променеві реакції та ускладнення [2]. Тому вимога радіаційного захисту пацієнтів при опроміненні передбачає забезпечення максимально можливого зниження дози на нормальні тканини та органи, які оточують мішень. Підходи до розв'язання цієї проблеми полягають у постійному удосконаленні процесів, що забезпечують виконання кожної ланки комплексу лікувальних процедур. З позиції поточного етапу, це удосконалення відбувається за рахунок впровадження високоінтелектуальних інформаційно-аналітичних систем, які забезпечують точність, надійність, гнучкість такого складного технологічного процесу, як променеве лікування [3]. Проте, з іншого боку, всі ці переваги досягаються ціною значного ускладнення процесів управління радіотерапевтичним обладнанням, методик аналізу медичної інформації, алгоритмів планування променевого лікування, що вимагає від фахівців відділення ПТ високого професіоналізму та відповідальності, чіткої та злагодженої колективної роботи.

Метою роботи є всебічний аналіз досвіду практичної роботи відділення ПТ з метою виявлення нових чинників забезпечення якості ПТ, пов'язаних із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

Тенденції технологічного розвитку променевої терапії

В нинішній час променева терапія являє собою складний клініко-технологічний процес, що увібрав у себе останні досягнення у галузі фізики високих енергій, новітніх інформаційних технологій (ІТ), завдяки яким відбулись якісні зміни на всіх етапах процесу променевого лікування [4]. Задача швид-

кої та коректної передачі даних як на етапі збору первинної діагностичної інформації, так і на етапі планування та реалізації опромінення нині вирішується із застосуванням багатокомпонентних радіотерапевтичних комплексів, які функціонують у єдиному інформаційному середовищі. Радіотерапевтичні комплекси останньої генерації неможливо уявити без потужного інформаційно-комп'ютерного забезпечення. Завдяки його застосуванню у радіотерапії забезпечуються такі технічні можливості:

- повна інформаційна інтеграція систем діагностики, передпроменевої підготовки та опромінення;
- функціональна сумісність комп'ютерно-комунікаційного обладнання та апаратних засобів ПТ;
- швидкісний обмін даними між окремими компонентами радіотерапевтичного комплексу в режимі on-line;
- інтелектуалізація процесу обробки та аналізу клінічної інформації;
- високий рівень автоматизації управління радіотерапевтичним обладнанням.

Всі ці нові інформаційні та технічні можливості дозволяють створити у радіотерапевтичному відділенні якісно нове робоче середовище — віртуальний інтелектуальний простір, який реалізується як мережева комп'ютерно-інтегрована організаційна структура. У реальних клінічних умовах ця структура передбачає інтенсивну взаємодію спеціалістів та підрозділів відділень у віртуальному просторі за допомогою сучасних інформаційних та комунікаційних технологій. Ця взаємодія забезпечує високий рівень співробітництва та координації дій медичного персоналу, що врешті-решт підвищує клінічну та економічну ефективність сучасних медичних технологій. Проте реалізація всіх зазначених переваг можлива лише за умов суттєвого перегляду існуючої нормативної бази, яка стосується забезпечення роботи відділення променевої терапії як щодо кадрового складу, так і щодо інженерно-

технічного облаштування приміщень для розміщення основних елементів радіотерапевтичного комплексу.

Якісні зміни, які нині спостерігаються у променевій терапії, неминуче прискорять інформаційну інтеграцію всіх складових лікувального процесу. При цьому необхідно враховувати, що створюване інформаційне середовище має вливатись у загальнодержавну інформаційну систему охорони здоров'я, передбачати можливість обміну інформацією для наукових досліджень.

На сучасному етапі в більшості онкологічних клінік України успішно застосовуються лише окремі ІТ-новації:

- електронні історії хвороби, які дозволяють документувати у часі інформацію щодо розвитку онкологічного захворювання та його змін під дією лікувальних факторів;
- локальні інформаційно-діагностичні системи, які дають лікарю інтелектуальний інструмент для прийняття рішень з урахуванням усіх розділів аналізованої інформації. Лікар отримує можливість на різних етапах роботи візуалізувати інформацію, створювати і підтримувати банк даних, пов'язаний з іншими медичними інформаційними системами, мати доступ до експертних систем постановки діагнозу. Успішно вирішуються також окремі завдання з об'єктивізації і формалізації рутинних процедур (вимірювання, дослідження).

Останнім часом в області діагностичної радіології отримали широке застосування інформаційні системи PACS та RIS (англ. *Picture Archiving and Communication System* — Система передачі та архівації зображень, *Radiology Information System* — радіологічна інформаційна система). PACS-система — сучасний високотехнологічний центр зберігання і цифрової обробки медичних зображень, який дозволяє реалізувати швидкий доступ для пошуку та перегляду візуальної інформації. Централізоване зберігання зображень за допомогою об'єднання всього діагностичного обладнання в єдину мережу системою PACS призводить до істотної оптимізації процесу передачі та обробки медичних зображень. Застосування PACS-систем ставить роботу медичної установи на принципово новий якісний рівень, що відповідає сучасним поглядам на організацію лікувально-діагностичного процесу.

Система PACS сприяє консолідації відділень медичної установи в єдиний робочий механізм.

Всі сучасні технології променевої діагностики ґрунтуються на концепції цифрової обробки та зберігання інформації, передачі її на робочі місця фахівців. У свою чергу реалізація програми ІТ також базується на обробці зображень (топографічних даних) з розрахунками і відображенням ізодоз для ІТ. Комплексне застосування PACS особливо важливе в радіологічних корпусах (блоках), до складу яких входять: відділення променевої терапії (ВПТ), відділення променевої діагностики (ВПД), відділ медичної фізики (ВМФ), функціонування яких забезпечується спеціалізованими комп'ютерними системами в ідеології PACS. Проте, в наших умовах застосування PACS в галузі ІТ є дуже обмеженим, незважаючи на те, що сучасні системи ІТ застосовують виключно цифрові зображення та засоби телекомунікації на основі стандарту DICOM.

Отже, особливий науково-практичний інтерес викликає аналіз механізмів впровадження спеціалізованих онкологічних інформаційно-комунікаційних систем, що надають необхідний інструментарій для забезпечення якісно нових стандартів ІТ [4, 5]. Для цього необхідно проаналізувати існуючу систему організації клінічного процесу онкологічного центру та побудувати модель його комплексної інформаційно-технологічної модернізації.

Розглянемо цей процес, користуючись досвідом організації роботи відділення променевої терапії ДУ «Інститут медичної радіології імені С. П. Григор'єва НАМН України».

Структура онкоцентру та функціональні зв'язки підрозділів

Особливості структурної організації онкоцентру та його функціональні можливості у значній мірі визначають обсяг, зміст та порядок застосування необхідної медичної інформації. Проаналізуємо типову схему структурної підпорядкованості окремих клінічних підрозділів онкоцентру на прикладі клініки ДУ «Інститут медичної радіології імені С. П. Григор'єва НАМН України» (рис. 1).

Зовнішніми керуючими структурами, які впливають на роботу установи, є Національна академія медичних наук України, Міні-



Рис. 1. Структура клініки Інституту медичної радіології імені С. П. Григор'єва

стерство охорони здоров'я України, інші відомчі організації. Безпосереднє керівництво клінікою покладене на головного лікаря.

Робота основних структурних підрозділів клініки потребує синхронного доступу до медичної документації. Проте, як правило, всі медичні документи існують в паперовому вигляді, у єдиному екземплярі та не повинні видаватись на руки пацієнту. Це призводить до зайвого завантаження персоналу (кур'єрська доставка документації) та затримок у роботі з пацієнтами. Такі проблеми можуть бути вирішені шляхом впровадження системи електронного документообігу в межах всієї установи.

Структура та режим роботи відділення ПТ

Відділення ПТ є структурним клінічно-дослідницьким підрозділом Інституту медичної радіології. У відділенні працюють 3 лікарів-наукових співробітників, 5 лікарів-радіологів, 6 інженерів (медичні фізики, електроніки, дозиметристи), 8 лаборантів, 15 медсестер. У відділенні застосовуються технології дистанційного променевого лікування фотонним випроміненням низької та високої енергії (гамма-апарати, ікс-променеві апарати). Кількість пацієнтів, які щоденно відвідують відділення, становить не менше 100 чол., з них променеве лікування отримують 40–50 пацієнтів за зміну (6 годин). При такій завантаженості необхідно забезпечити пропускну здатність блоку ПТ не менше 7 хвилин на одного пацієнта. Враховуючи затрати часу на укладку пацієнта,

його позиціонування, паузи для програмування режимів та переорієнтації апарату на інші поля опромінення, а також регламентні перерви для перевірки працездатності обладнання, один апарат для ПТ не може забезпечити необхідного обсягу лікування, а у разі технічного збою виникає ризик повної зупинки лікувального процесу.

Проблеми забезпечення безперебійної роботи відділення, розробки більш досконалих та ефективних методів променевого лікування, мінімізації променевих ускладнень спричинили необхідність переходу на нові технології ПТ, які базуються на застосуванні апаратно-програмного комплексу на базі лінійного прискорювача електронів. Впровадження такого високотехнологічного обладнання потребує розробки принципово нового технологічного та інформаційного забезпечення процесу променевого лікування.

Визначення апаратної конфігурації комплексу ПТ

У процесі технічної модернізації відділення ПТ були визначені принципи реалізації нової технології променевого лікування, відповідно до яких була обрана конфігурація апаратних засобів, які забезпечували б виконання сучасних клінічних вимог до якості променевого лікування. Враховуючи стандартні схеми побудови комплексів ПТ, потреби даного клінічно-дослідницького підрозділу, а також наявні кадрові, технічні та фінансові ресурси, була спроектована наступна конфігурація апаратного забезпечення (рис. 2). Для реалізації повного техноло-

гічного циклу сучасної ПТ був обраний лінійний прискорювач електронів Varian Clinac 600C у комплексі з іншими апаратними засобами: ікс-променевим симулятором ПТ Acuity, комплексом фантомної дозиметрії РТW, спеціалізованими комп'ютерними робочими станціями, автоматизованими робочими місцями персоналу (АРМ), сервером та мережевим обладнанням.

Всі основні апаратні засоби поєднані зі спеціалізованими комп'ютерами, мають системи візуального відображення інформації та засоби зберігання, обробки та обміну дани-

ми, які поєднані у єдину локальну комп'ютерну мережу за допомогою комунікаційних пристроїв. До цієї ж мережі можуть під'єднуватись комп'ютери АРМ персоналу відділення, для яких доступ до даних по локальній мережі дозволяється відповідно до статусу кожного працівника. Конкретна апаратна конфігурація комплексу ПТ спроектована за участі представників фірми-виробника спільно з фахівцями відділення та реалізує повний комплекс технічних процедур з підготовки та проведення променевого лікування на лінійному прискорювачі електронів.

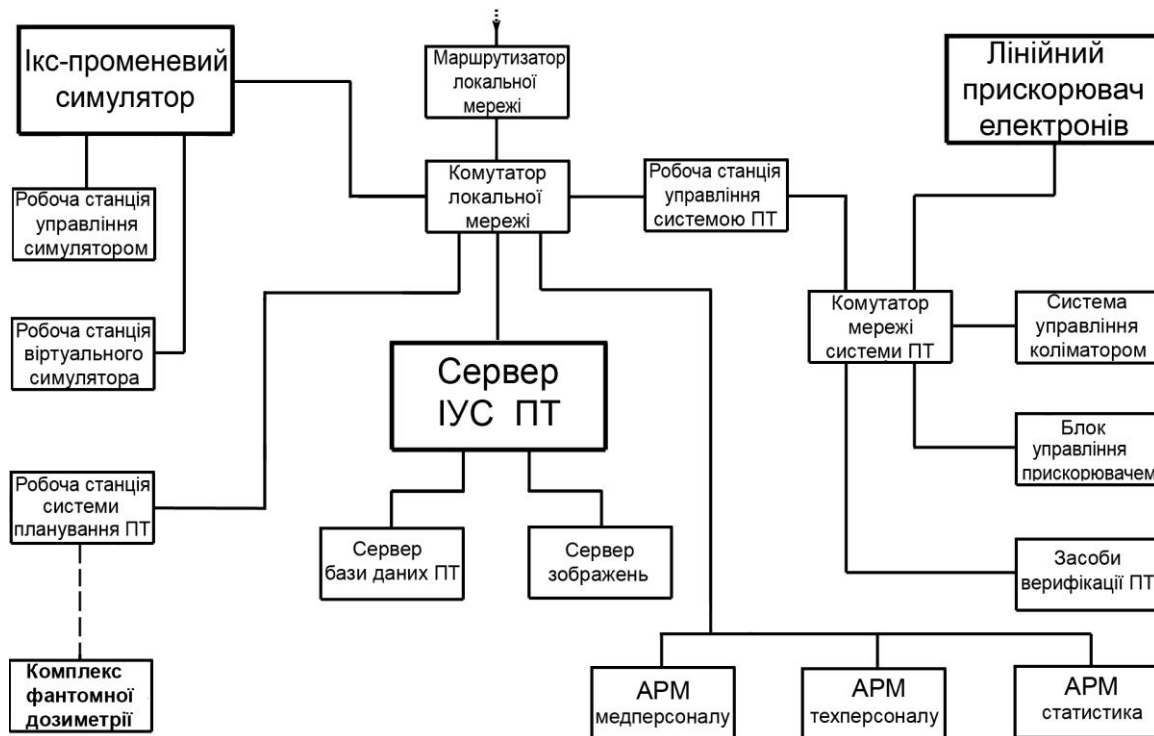


Рис. 2. Структурна схема апаратного забезпечення ПТ

Схема інформаційно-комунікаційного забезпечення ПТ

Застосування новітніх інформаційно-комунікаційних засобів дозволяє реалізувати якісно нові, більш ефективні методики ПТ. Відповідно до схеми апаратного забезпечення ПТ (рис. 2) реалізується схема інформаційно-комунікаційної системи (ІКС) відділення ПТ (рис. 3). ІКС ПТ реалізована на основі мережевої технології «клієнт-сервер» та має під'єднуватись до загальноклінічної (госпітальної) інформаційної мережі ГІС.

Основою ІКС ПТ є онкологічна інформаційна управляюча система (ІУС), яка реалізує не тільки задачі глобального управління адміністративною та клінічною інформа-

цією, але й надає можливість планування та керування процесом лікування та інтелектуального аналізу медичної інформації.

Спільно з обраним для ПТ апаратним комплексом на основі прискорювача Varian Clinac 600C застосовується онкологічна ІУС нового покоління ARIA. У проєктованому комплексі ІУС ARIA здійснює управління потоками даних при реалізації наступних завдань:

- мультимодальна реєстрація та обробка зображень;
- керування роботою системами планування та верифікації ПТ;
- управління апаратним комплексом ПТ;
- ведення електронних історій хвороби і поточної службової документації.

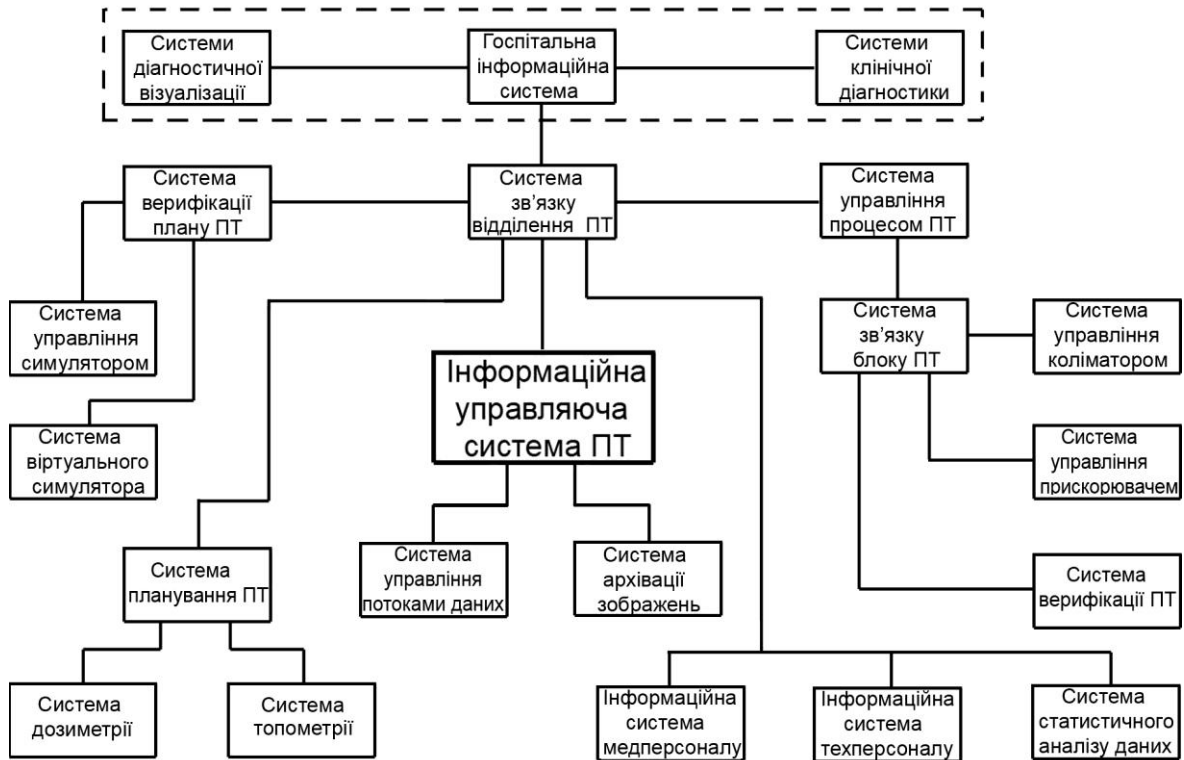


Рис. 3. Схема інформаційно-комунікаційної системи відділення ПТ

ІУС ARIA має відкриту архітектуру, може нарощуватись та консолідуватись до загальноклінічної інформаційної системи та системи PACS.

Робота всіх складових ІКС ПТ направлена на оптимальну реалізацію плану ПТ та самого променевого лікування. При цьому має бути здійснений поглиблений комплексний аналіз даних про сучасні методи візуалізації та ідентифікації пухлинних осередків, фізичні закономірності формування полів опромінення, технічні параметри радіотерапевтичних установок, методи та алгоритми визначення кількісних характеристик лікувального впливу (геометрія, час, доза). При визначенні параметрів ІКС ПТ особливу увагу необхідно зосередити на засобах реалізації предпроменевої підготовки та планування ПТ.

Система планування ПТ

Задача планування ПТ, в силу своєї аналітичної складності та багатофакторності, не може бути успішно вирішена без застосування спеціалізованих засобів обробки інформації — комп'ютерних систем планування променевої терапії (СП ПТ). Основне завдання, яке вирішується цими системами, полягає у визначенні оптимального варіанту опромінення, що забезпечує підведення мак-

симальної дози до пухлини при мінімальному променевому ушкодженні здорових тканин. При цьому найкращий результат досягається за умови забезпечення подібності форми пухлини та пучку (конформності) й точного його позиціонування відносно пухлини.

Аналіз методологічних та технічних особливостей застосування сучасних СП ПТ виявив їх найбільш суттєві опції, які дозволяють забезпечити якісно новий рівень променевого лікування (рис. 4). Режим анатомічної 3D-візуалізації дозволяє радіологу більш точно ідентифікувати пухлину та оцінити її співвідношення з іншими тканинами. Цей режим також застосовується при проведенні конформного 3D-планування. Застосування засобів координатної прив'язки при топоμεтричній підготовці дозволяє забезпечити точне позиціонування пацієнта при опроміненні. Використання засобів автоматизованого оконтурювання мішені та критичних органів сприяє об'єктивізації процесу топоμεтричної підготовки. Наявність комп'ютерної моделі джерела опромінення гарантує правильність розрахунку розподілу дози в процесі планування радіотерапії. Використання гістограми «доза-об'єм» (DVH) при плануванні опромінення дозволяє обрати найбільш оптимальні варіанти розподілу доз для проведення ПТ.

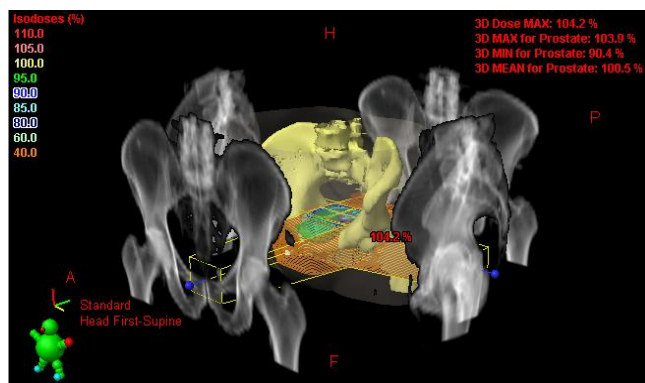


Рис. 4. Результат об'ємного комп'ютерного моделювання поля опромінення та контроль процесу променевого лікування за допомогою комплексу комп'ютерних робочих станцій

Таким чином, можна констатувати, що сучасні інформаційні технології стали своєрідним системоутворюючим чинником сучасної ПТ, внесли значні корективи у суть та методику реалізації кожного етапів променевого лікування [5]. У зв'язку з цим, проблема забезпечення якості ПТ має бути багато в чому переосмислена. Досвід показує, що найменш вивченим є питання забезпечення точності та достовірності даних, отриманих із застосуванням спеціалізованих інформаційних засобів для ПТ. Беззастережне сприйняття результатів комп'ютерної обробки даних, удавана легкість роботи з надскладними програмними засобами можуть спричинити помилки у визначенні режимів опромінення, які досить складно виявити. Лікарі разом з фізиками зобов'язані ретельно аналізувати результати комп'ютерного моделювання дозних полів, співвідносити їх як з фундаментальними фізичними закономірностями, так і з поставленою клінічною задачею [6, 7]. Треба усвідомлювати, що комп'ютерні технології — не панацея, а лише допоміжний інструмент в руках грамотних фахівців, створений заради зменшення рутинної роботи, удосконалення аналізу даних та керування всією технологією ПТ.

Інтелектуальний зміст, вкладений в комп'ютерну програму, сам по собі не дає гарантії правильності кінцевого результату, тому що процес прийняття рішень у ПТ є більш складним та гнучким, ніж будь-яка його комп'ютерна модель. Проте нині обсяг та складність клінічної інформації, різноманіття обчислювальних методів та швидкість обробки даних у ПТ вже подолали межу можливостей людського інтелекту. Лікарі мають усвідомити невідворотність на необхідність перегляду концептуальних підходів до аналізу клінічної інформації. Потрібно

якнайскоріше навчитись використовувати переваги штучних інтелектуальних систем задля нарощення власних професійних можливостей та підвищення ефективності лікувальної роботи.

Можна констатувати, що нині розвиток системи гарантування якості ПТ досяг нової фази, коли якість обробки інформації напряму впливає на результат лікування. За умов стрімкого технологічного розвитку радіотерапії вже неможливо розробити та реалізувати жоден новий метод променевого лікування без комплексного застосування потужного інформаційного забезпечення, яке стає все більш важливим чинником забезпечення якості ПТ.

ВИСНОВКИ

1. Тенденції технічного розвитку сучасного лікувально-діагностичного обладнання демонструють чітку спрямованість на створення багатокомпонентних комплексів, елементи яких функціонують у спільному інформаційному полі. Проведений аналіз переконливо доводить, що переваги новітніх технологій ПТ можуть бути сповна використані лише за умов реалізації у відділенні променевої терапії комплексної, «триєдиної» взаємодії клінічної, апаратної та інформаційної складових, кожна з яких є важливим чинником забезпечення якості променевого лікування.

2. Спостерігається динамічне та інтенсивне насичення сучасного медичного обладнання комп'ютерними технологіями, які постійно модернізуються у відповідності з етапами розвитку інформаційно-комп'ютерного забезпечення у світі.

3. Нормативна база відносно комплектації інженерно-технічного складу відділень променевої терапії повинна відповідати

вимогам щодо обслуговування високотехнологічного обладнання. До складу технічного персоналу відділення променевої терапії поряд з інженером-фізиком та інженером з експлуатації повинні залучатись також системні адміністратори, інженери-програмісти, інженери-електроніки.

4. При плануванні монтажу нового радіотерапевтичного обладнання проект побудови нових приміщень або перебудови вже існуючих має враховувати необхідність створення комплексу досить розгалужених

комунікацій для систем електропостачання, охолодження, вентиляції, а також комп'ютерних мереж, каналів відео- та аудіозв'язку, дозиметричного контролю, захисної сигналізації.

5. Впровадження нових інформаційних технологій у лікувальний процес потребує відповідного вдосконалення фахової підготовки персоналу відділення ПТ та контролю результатів застосування спеціалізованого програмного забезпечення з метою забезпечення якості променевого лікування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мардынський Ю. С., Муравська Г. В. Основные направления развития современной лучевой терапии / Ю. С. Мардынський, Г. В. Муравська // Матеріали ІІІ с'їзду онкологів і радіологів СНГ : Минск, 2004. — В 2 ч. Ч. 1. — Минск : ОДО «Тонпик», 2004. — С. 55—58.
2. Пилипенко М. І. Проблеми радіаційних технологій у системі охорони здоров'я України / [М. І. Пилипенко, Л. Л. Стадник, Ю. М. Скалецький, О. А. Федько] // УРЖ. — 2009. — Т. XVII, вип. 4. — С. 430—437.
3. Старенький В. П. Аналіз інформаційних і технічних можливостей сучасних систем планування дистанційної радіотерапії / [В. П. Старенький, Л. О. Авер'янова, Л. Л. Васильєв, Ю. О. Орлова] // Клін. інформат. і телемед. — 2011. — Т. 7, вип. 8. — С. 79—82.
4. Oncology Systems. Network Configuration Guide. — Varian Medical Systems, 2007. — 48 p.
5. Пилипенко М. І. Вибрані лекції з радіології / М. І. Пилипенко. — Харків : Інститут медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України, Харківський національний медичний університет, 2012. — 200 с.
6. Baiotto V. Quality assurance of a record-and-verify system / [V. Baiotto, C. Bracco, S. Bresciani, A. Mastantuoni, P. Gabriele, M. Stasi] // Tumori. — 2009. — № 95 (4). — P. 467—472.
7. Attalla E. M. Overdose Problem Associated with Treatment Planning Software for High Energy Photons in Response of Panama's Accident / E. M. Attalla, M. M. Lotayef, E. M. Khalil [et al.] // Journal of the Egyptian Nat. Cancer Inst. — 2007. — Vol. 19, № 1. — P. 114—120.