

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЛИСТ

ПРО НОВОВВЕДЕННЯ В СИСТЕМІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Підстава: рішення експертної проблемної комісії «Радіаційна медицина» МОЗ та НАМН України, протокол №3 від 12 грудня 2019	КЕРІВНИКАМ СТРУКТУРНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ЗА ПРОФІЛЕМ «ПРОМЕНЕВА ТЕРАПІЯ» ТА «ПРОМЕНЕВА ДІАГНОСТИКА», ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ, НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ УСТАНОВ
---	---

ВИКОРИСТАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ АНТРОПОМОРФНИХ ФІЗИЧНИХ ФАНТОМІВ, ЩО РЕПРЕЗЕНТУЮТЬ ОСІБ РІЗНОГО ВІКУ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗ НА ОРГАНИ ПРИ ПРОМЕНЕВІЙ ТЕРАПІЇ ТА ДІАГНОСТИЧНОМУ ОПРОМІНЕННІ

УСТАНОВА-РОЗРОБНИК ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР РАДІАЦІЙНОЇ МЕДИЦИНИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»	А В Т О Р И: д-р біол. наук, ст. наук. співр. Чумак В.В. мол. наук. співр. Петренко Н.П. канд. фіз.-мат. наук, ст. досл. Баханова О.В. канд. біол. наук Волоський В.М. канд. мед. наук, ст. наук. співр. Трескунова Т.В.
---	--

Суть впровадження: експериментальне визначення доз на органи при діагностичному та терапевтичному опроміненні пацієнтів різного віку.

Пропонується для впровадження у закладах охорони здоров'я за профілем «променева терапія» та «променева діагностика», у вищих навчальних закладах, науково-дослідних установах при проведенні фантомних вимірювань для визначення доз та встановлення закономірностей опромінення, зокрема при здійсненні променевої терапії (контроль якості та верифікація планування опромінення) і найбільш дозовитратних процедурах променевої діагностики – інтервенційній радіології, КТ всього тіла чи окремих ділянок, конусно-променевої КТ голови й шиї (визначення доз діагностичного опромінення) у тканинах та органах, що перебувають у промені (цільових) та таких, що зазнають ненавмисного опромінення.

Фантоми широко використовуються в дозиметрії іонізуючого випромінювання як заміна (модель) тіла людини. В радіотерапії антропоморфні гетерогенні фантоми слугують для верифікації доз (у поєднанні з алгоритмами системи планування), для визначення доз на критичні органи і тканини, для контролю якості.

Окрім використання у радіотерапії, вони себе добре зарекомендували також у променевої діагностиці, інтервенційній радіології, радіаційному захисті. Сьогодні фантомні дослідження широко використовуються для валідації розрахунків, які здійснюються методом Монте-Карло - експериментально оцінені за допомогою термолюмінесцентних (ТЛ) детекторів дози на органи, порівнюються з дозами, розрахованими для математичних фантомів.

Антропоморфний гетерогенний фантом типу RANDO ALDERSON складається з тканинно-еквівалентних матеріалів: скелет складають високодеталізовані полімерні лиття, які відтворюють форму, масову щільність та коефіцієнти ослаблення кісток. М'які тканини та легенева тканина представлені полімерними матеріалами відповідної щільності й атомарного складу та чітко відтворюють анатомію стандартної людини (рисунок).

Сам фантом складається з окремих шарів товщиною від 2,5 см, в кожному з яких є лунки для розміщення детекторів випромінювання. Ці лунки пронумеровані й розміщені таким чином, що за їх номерами можна встановити однозначну відповідність органам. Розмір тіла людини та анатомічні особливості мають важливе значення для формування доз, тому, поряд з дорослими (чоловічим та жіночим) існує ціла лінійка педіатричних фантомів різного віку (новонароджений, 1 рік, 5 років, 15 років).

Для визначення доз використовують ТЛ детектори з матеріалу LiF: Mg, Ti. Зчитування та калібрування детекторів здійснюється за допомогою автоматичної ТЛД системи ALNOR Dosacus у складі автоматичного зчитувача ALNOR RE-1, автоматичного опромінювача (калібратора) ALNOR IR-1 та керуючого комп'ютера.

Методика фантомних вимірювань має кілька етапів.

Першим етапом проведення фантомних досліджень є **підготовка термолюмінесцентних детекторів** LiF: Mg, Ti. Для цього вони відпалюються (стирається інформація про попередньо отриману дозу) та піддаються індивідуальному калібруванню з метою врахування варіацій індивідуальної чутливості окремих детекторів. Для цього

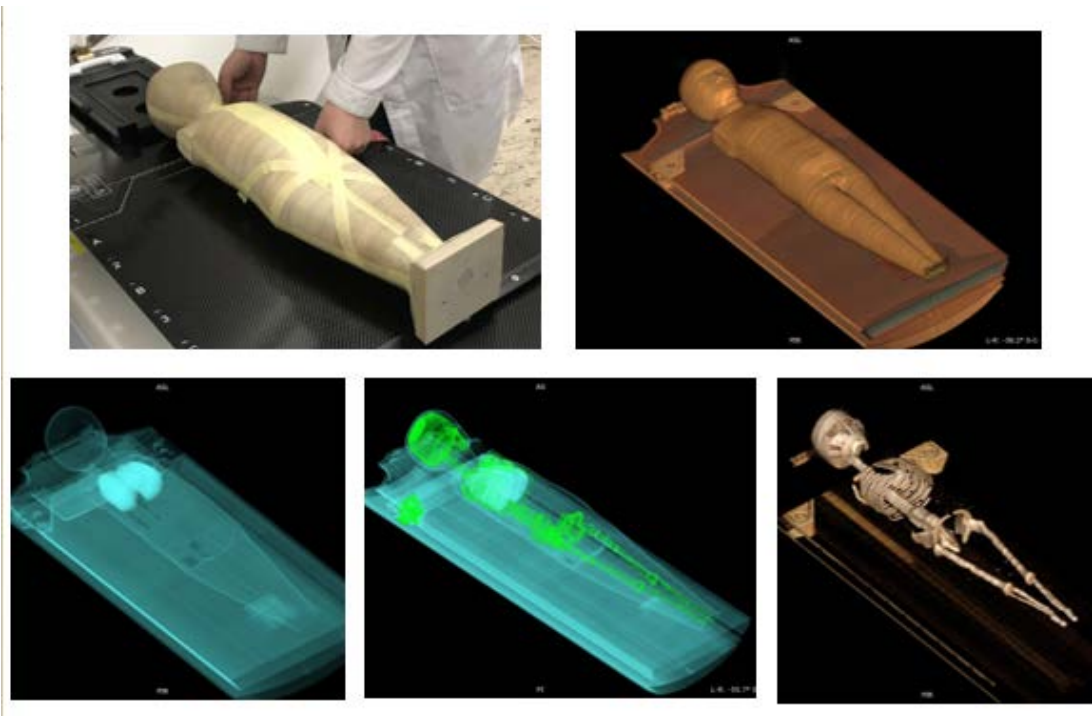


Рисунок – Зовнішній вигляд та внутрішня структура (проекції КТ) дитячого гетерогенного антропоморфного фантома (дитина віком 5 років)

детектори поміщаються в слайди дозиметрів автоматичної ТЛД системи ALNOR по одному детектору та нумеруються. Далі дозиметри піддаються каліброваному опроміненню визначеною дозою 2,6 мГр на контрольному джерелі $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, вбудованому до штатного калібратора ALNOR IR-1. Через добу після опромінення ці зразки зчитуються на автоматичному зчитувачі ALNOR RE-1 та визначаються індивідуальні калібрувальні коефіцієнти, які зберігаються у пам'яті (базі даних) автоматичної ТЛД системи.

Наступним етапом є **спорядження фантома детекторами** (255 позицій для дорослого фантома, від 134 до 235 для дитячих фантомів залежно від віку). Для більш детального дослідження розподілу доз у голові (структури головного мозку, очі, слинні залози) рекомендується задіяти додаткові 20 позицій у голові фантому. Ці додаткові позиції нумеруються окремо (H1-H20), щоб не залежати від штатної (заводської) нумерації детекторів. Усі процедури спорядження та розрядження фантому слід проводити в червоному світлі для уникнення спотворення результатів за рахунок небажаної оптико-стимульованої люмінесценції детекторів.

Транспортування та викладка фантомів. Споряджені фантоми фіксуються клейкою стрічкою і спеціальними стяжками для перевезення та експонування. При встановленні (викладці) фантомів відтворюється розташування (орієнтація, положення) пацієнта при медичній процедурі, що досліджується.

Експонування фантому. Експонування здійснюється за умов (геометрія, параметри випромінювання, протокол дослідження тощо), які точно відповідають реальним умовам опромінення пацієнта. При відтворенні діагностичного опромінення може виникнути потреба у кратному застосуванні процедур для того, щоб очікувані дози опромінення детекторів, які розташовані у цільових тканинах, та тканинах, що не

потрапляють у прямий промінь опромінення досягали оптимальних для зчитування ТЛ детекторів значень (0,2-500 мЗв).

Розрядження фантому. Після закінчення сеансу (сеансів) експонування фантоми транспортуються до лабораторії, де ТЛ детектори виймаються з фантому та розміщуються у закріплених за ними слайдах дозиметрів автоматичної ТЛД системи ALNOR.

Зчитування ТЛ детекторів відбувається на автоматичному зчитувачі ALNOR RE-1 в атмосфері азоту високої очистки (99.96%). Результатом зчитування є дози окремих детекторів з урахуванням їх індивідуального калібрування.

Інтерпретація результатів і визначення доз на органи та тканини. Результати зчитування детекторів в одиницях еквівалентної дози (мЗв) вносяться до таблиці відповідності номерів детекторів (закріплених за ними слайдів) та позицій всередині фантому й тканин та органів, які їм відповідають. Подальша оцінка доз на тканини та органи залежить від конкретної потреби. У найбільш загальному випадку дози на органи оцінюються через усереднення доз, визначених ТЛ детекторами, які розміщені в межах цього органу.

Метод фантомних вимірювань дає можливість через прямі вимірювання дослідити розподіли доз у тілі людини та вивчати закономірності опромінення пацієнта залежно від протоколу обстеження чи плану променевої терапії. Зокрема, у випадку конусно-променевої КТ голови й шиї в пацієнтів можна з високою точністю визначити дози не тільки голови в цілому, але й окремих радіо чутливих структур головного мозку (гіпокамп) чи інших критичних органів (кришталік ока, слинні залози, щитовидна залоза).

Використання фантома є інформативним не лише при оцінці доз пацієнта, але й лікаря. Як приклад, можна навести вивчення закономірностей формування доз на органи та ефективної дози в інтервенційних радіологів, які використовують захисні фартухи, та валідацію алгоритмів подвійної дозиметрії для оцінки ефективної дози цієї категорії медичних працівників.

Загалом, закордонний та вітчизняний досвід свідчить, що фантомні вимірювання є ефективним та інформативним методом валідації теоретичних розрахунків доз. Незважаючи на високу трудомісткість процесу вимірювань, антропоморфні дозиметричні фантоми з тканинно-еквівалентних матеріалів вдало використовуються для моделювання опромінення пацієнтів та персоналу у різних дослідженнях.

Інформаційний лист розроблено за матеріалами НДР «Дослідження формування доз та встановлення закономірностей опромінення голови й шиї в пацієнтів і медичного персоналу при використанні конусно-променевої комп'ютерної томографії», що виконується в ННЦРМ, № д.р. 0119U100720. Термін виконання 2019 -2021 рр.

За додатковою інформацією щодо цієї розробки звертатися до авторів листа: ННЦРМ, Наталія Петрівна Петренко. Контактний телефон: (044) 489-34-14.

ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України» пропонує здійснення фантомних вимірювань на комерційній основі чи на підставі двосторонніх договорів про наукове співробітництво.