

Л. І. Асламова¹, Н. В. Меленевська¹, Є. В. Куліч¹,
Н. С. Мірошніченко^{1,2}, С. І. Мірошніченко²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
навчально-науковий центр радіаційної безпеки, Київ

² Науково-виробниче об'єднання «Телеоптик», Київ

ВИБІР ДЕТЕКТОРА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДОЗОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПАЦІЄНТА ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕНТГЕНОГРАФІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ

Робота присвячена пошуку шляхів оптимізації дозового навантаження на пацієнта при проходженні щорічних процедур флюорографічного обстеження органів грудної клітки з урахуванням необхідності забезпечення великої кількості процедур для населення в цілому. Представлено порівняльний аналіз коефіцієнтів поглинання та експозиційних доз для гадолінієвих, покращених гадолінієвих та цезій-йодних детекторів. Запропоновано використання в ході рентгенодіагностичних процедур покращених гадолінієвих детекторів у поєднанні з програмною обробкою отриманих рентгенівських зображень органів грудної клітки.

Ключові слова: флюорографія, детектор рентгенівського випромінювання, експозиційна доза.

Вступ

Високі показники захворюваності українського населення на туберкульоз та рак легень вимагають проведення щорічного флюорографічного скринінгу з метою виявлення або профілактики небезпечних для життя патологій. У складних економічних умовах особливо актуальним постає питання забезпечення можливості проведення масових рентгенографічних діагностичних обстежень органів грудної клітки та забезпечення необхідного парку рентгенівських апаратів з обов'язковим дотриманням принципів оптимального дозового навантаження на пацієнтів [1]. На сьогоднішній день у клінічній практиці широко застосовуються рентгенодіагностичні комплекси, складовою частиною яких є високовартісні енергоінтегруючі детектори [2 - 6]. Такі детектори є непрямими перетворювачами, що складаються із сцинтилятора, розташованого в оптичному контакті з великою за площею пластиною аморфного силікону. У сцинтиляторі внаслідок збудження рентгенівськими променями електрони з валентної зони переходять у зону провідності. При поверненні із зони провідності у валентну зону, завдяки активатору, електрони випромінюють фотони з енергією, пропорційною енергії рентгенівського випромінювання. Такими сцинтиляторами є цезій-йод, активований талієм – CsI(Tl). На відміну від CsI(Tl) гадолінієві сцинтилятори, що являють собою кристали оксисульфідів гадолінію, активовані тербієм – Gd₂O₂S(Tb), мають значно нижчу вартість (приблизно у 10 разів), хоча й поступаються величиною показника просторової роздільної здатності, оскільки CsI(Tl) мінімізує латеральну складову розсіювання видимого світла [3, 6].

Метою даного дослідження є пошук шляхів оптимізації дозового навантаження на пацієнта та вартості обладнання з використанням трьох типів детекторів – CsI(Tl), Gd₂O₂S(Tb), покращених гадолінієвих Gd DRZ(Tb) – та програмної обробки отриманого цифрового рентгенівського зображення.

Методи та матеріали досліджень

Дослідження проводили на цифровому рентгенівському флюорографі в лабораторії НВО «Телеоптик» (Київ, Україна). Флюорограф складався з рентгенівської трубки (Toshiba), цифрового рентгенівського приймача Iona-R4000. У ході вимірювань використовувався рентгенівський дозиметр (Radcal Corporation, type 2026 Radiation Monitor) з іонізуючою камерою (20X-60). Критерієм ефективності перетворення зображення вважали контраст отриманого зображення тест-об'єкта (алюмінієві диски товщиною 0,5 та 15 мм у діаметрі). Відстань фокусування становила 125 см. У ході вимірювань використовувались три типи рентгенопоглинаючих детекторів: Gd₂O₂S(Tb), Gd DRZ(Tb) та CsI(Tl). Наступна обробка зображення виконувалась за допомогою програмного забезпечення ContextVision CVIE-teleoptic-XR2-ADI, яке використовує принцип нелінійної фільтрації сигналу. ContextVision сертифіковано для використання в клініках країн Європейського Союзу та України. Робота експонетра імітувалась шляхом стабілізації яскравості на отриманих знімках. Вимірювання проводились при напрузі на рентгенівській трубці 50 - 120 кВ.

© Л. І. Асламова, Н. В. Меленевська, Є. В. Куліч,
Н. С. Мірошніченко С. І. Мірошніченко, 2014

В експериментах грудна клітка пацієнта імітувалась за допомогою водного фантома [7]. Фантом являв собою бокс з поліметилметакрилату 7,6 см (товщина стінок до 25,4 см), який заповнювали водою з розрахунку, що товщині грудної клітки «середнього» пацієнта відповідає 9 - 12-сантиметровий шар води у фантомі.

Результати та обговорення

Під час досліджень проводились вимірювання коефіцієнта поглинання ($K_{\text{погл}}$) різними типами детекторів при різних робочих параметрах рентгенографічної системи (без використання водного фантома). Метою даної серії експериментів було отримання зображення тест-об'єктів з 5 %-ним контрастом (порогова величина візуального контрасту). Виявлено, що при величинах напруги на рентгенівській трубці 50, 70, 90 та 120 кВ значення $K_{\text{погл}}$ для CsI(Tl) детекторів становили відповідно 0,72, 0,48, 0,35 та 0,27 см^{-1} . Для $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S(Tb)}$ такі показники становили 0,59,

0,39, 0,29 та 0,22 см^{-1} відповідно. Отримані дані вказують на значну перевагу CsI(Tl) детекторів у формуванні 5 %-ного контрастного зображення тест-об'єктів за мінімальних доз опромінення відповідно до обраних режимів.

Виміряні значення коефіцієнтів поглинання покращених Gd DRZ(Tb) детекторів, при тих же робочих параметрах рентгенографічної системи, становили 0,45, 0,30, 0,22 та 0,17 см^{-1} відповідно. Отже, покращені гадолінієві детектори мають суттєву перевагу над звичайними гадолінієвими за показниками просторової роздільної здатності.

Наступним етапом досліджень було оцінювання величини експозиційних доз опромінення залежно від типу детектора за умов формування 5 %-ного контрасту зображення тест-об'єктів при напрузі на рентгенівській трубці 50, 70, 90 та 120 кВ. Експозиційні дози вимірювали з використанням водного фантома грудної клітки (шар води товщиною 9 см), що є еквівалентним, згідно з санітарними нормами, пацієнту з масою 70 - 90 кг. Дані експерименту наведено в таблиці.

Величини мінімальних експозиційних доз, необхідних для досягнення порога візуального сприйняття тест-об'єктів, за умови виконання обробки зображення математично-програмними засобами

U, кВ	Експозиція, мАс	d, см	D, мР		
			CsI(Tl)	$\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S(Tb)}$	Gd DRZ(Tb)
50	95	0	5,6	7,8	6,5
70	22	0	7,1	8,6	7,4
90	9	0	7,7	9,2	8,2
120	4	0	8,4	9,3	8,4
81	11	9	27,0	45,0	27,0

Примітка. U – напруга на рентгенівській трубці; d – товщина шару води у фантомі.

Наступна обробка рентгенівського зображення, отриманого з використанням Gd DRZ(Tb) детектора, за допомогою математично-програмних засобів покращувала його контраст з 2,2 до 5,0 %.

Висновки

1. За результатами досліджень виявлено, що найкращими за своїми характеристиками є CsI(Tl) детектори.
2. Установлено, що покращені гадолінієві детектори мають значну перевагу за показником просторової роздільної здатності порівняно з гадолінієвими детекторами і за своїми параметрами близькі до CsI(Tl), хоча мають меншу вартість, ніж останні.

3. Значення експозиційної дози опромінення (33,0 мР) для покращених гадолінієвих детекторів при досягненні мінімальних значень контрасту зображення тест-об'єктів з метою подальшої обробки їх математично-програмними засобами значно менше за цей показник для гадолінієвих детекторів (45,0 мР).

4. Виходячи з отриманих даних, використання покращених гадолінієвих рентгенівських детекторів у поєднанні з наступною програмною обробкою отриманого зображення дає змогу суттєво знизити дозові навантаження на пацієнтів, що є особливо важливим при проведенні масових скринінгових обстежень населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стадник Л.Л. Повышение качества лучевой терапии за счет внедрения системы квалификационной подготовки медицинских физиков: результаты ТЛД-аудита МАГАТЭ/ВОЗ и проведение курсов МАГАТЭ // 36. наук. праць Третього міжнар. семінару «Медична фізика - сучасний стан, проблеми, шляхи розвитку. Новітні технології». - К.: ТОВ «СПТ «Бавок», 2013. - С. 19 - 23.

2. Farman T.T, Vandre R.H., Pajak J.C. et al. Effects of scintillator on the detective quantum efficiency (DQE) of a digital imaging system // Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. - 2006. - № 101 (2). - P. 219 - 223.
3. Acciavatti R.J., Maidmenta A.D.A. A comparative analysis of OTF, NPS, and DQE in energy integrating and photon counting digital x-ray detectors // Medical Physics. - 2010. - No. 37(12). - P. 6480 - 6495.
4. Kandarakis I., Cavouras D., Prassopoulos P. et al. Evaluating scintillators used in radiation detectors of medical imaging systems by the effective fidelity index method // European J. of Radiology. - 1999. - No. 30(1). - P. 61 - 66.
5. Cowen A.R., Davies A.G., Sivananthan M.U. The design and imaging characteristics of dynamic, solid-state, flat-panel x-ray image detectors for digital fluoroscopy and fluorography // Clinical Radiology. - 2008. - No. 63(10). - P. 1073 - 85.
6. Samei E. Image quality in two phosphor-based flat panel digital radiographic detectors // Medical Physics. - 2003. - No. 30(7). - P.1747 - 1757.
7. AAMP Report No. 31. Standardized methods for measuring diagnostics X-ray exposures, Report of task group 8 diagnostic X-ray imaging committee. - New York: The American Institute of Physics, 1990. - P. 5 - 6.

Л. І. Асламова¹, Н. В. Меленева¹, Е. В. Кулич¹,
Н. С. Мирошніченко^{1,2}, С. І. Мирошніченко²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
учебно-научний центр радіаційної безпеки, Київ
² Научно-виробничий об'єднання «Телеоптик», Київ

ВЫБОР ДЕТЕКТОРА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ПАЦИЕНТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа посвящена поиску путей оптимизации дозовой нагрузки на пациента при прохождении ежегодных процедур флюорографического обследования органов грудной клетки с учетом необходимости обеспечения большого количества процедур для населения в целом. Представлен сравнительный анализ характеристик гадолиниевых, улучшенных гадолиниевых и цезий-йодных детекторов. Предложено использование во время диагностических процедур улучшенных гадолиниевых детекторов с последующей обработкой программным обеспечением полученных рентгеновских изображений органов грудной клетки.

Ключевые слова: флюорография, детектор рентгеновского излучения, экспозиционная доза.

L. I. Aslamova¹, N. V. Melenevska¹, I. V. Kulich¹, N. S. Miroshnichenko^{1,2}, S. I. Miroshnichenko²

¹ Taras Shevchenko National University, Educational and Scientific Center for Radiation Safety, Kyiv
² Production-Research Association "Teleoptic", Kyiv

SELECTION OF DETECTOR TO OPTIMIZE THE EXPOSURE DOSE DELIVERED TO THE PATIENT DURING THE RADIOGRAPHY EXAMINATION

The aim of the research was to find the approach to optimize the exposure dose delivered to the patient during the annual fluorography chest organs examination, considering the needs to perform a large amount of procedures for population. The comparative analysis of gadolinium, improved gadolinium and cesium iodide was performed. The improved gadolinium screens combined with the next software X-ray test-object image processing are proposed for such X-ray diagnostic procedures.

Keywords: fluorography, x-ray detector, exposure dose.

REFERENCES

1. Stadnyk L.L. // Zb. nauk. prats' Tret'ogo mizhnar. seminaru "Medychna fizyka - suchasnyj stan, problemy, shlyakhy rozvytku. Novitni tekhnologiyi". - Kyiv: TOV «SPT «Bavok», 2013. - P. 19 - 23. (Ukr)
2. Farman T.T, Vandre R.H., Pajak J.C. et al. // Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. - 2006. - No.101 (2). - P. 219 - 223.
3. Acciavatti R.J., Maidmenta A.D.A. // Medical Physics. - 2010. - No. 37(12). - P. 6480 - 6495.
4. Kandarakis I., Cavouras D., Prassopoulos P. et al. // European J. of Radiology. - 1999. - No. 30(1). - P. 61 - 66.
5. Cowen A.R., Davies A.G., Sivananthan M.U. // Clinical Radiology. - 2008. - No. 63(10). - P. 1073 - 85.
6. Samei E. // Medical Physics. - 2003. - No. 30(7). - P.1747 - 1757.
7. AAMP Report No. 31. Standardized methods for measuring diagnostics X-ray exposures, Report of task group 8 diagnostic X-ray imaging committee. - New York: The American Institute of Physics, 1990. - P. 5 - 6.

Надійшла 05.02.2014
Received 05.02.2014