Original Article

Correlations among Entrance Surface Air KERMA, KERMA-Area Product and Exposure Index in Chest Digital Radiography at Phramongkutklao Hospital

Pichan Kaewpookum[1], Napapong Pongnapang[2] and Supakajee Saengruang-Orn[3]

[1]Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol University; [2]Faculty of Medical Technology, Mahidol University; [3]Department of Radiology, Phramongkutklao Hospital

Background: *Currently, Department of Radiology, Phramongkutklao Hospital is using digital radiological techniques instead of film-screen technique. Digital radiological techniques offer the higher image quality and better data managing compared with film. In practice, however, higher radiation doses are correspondingly possible because of a broader dynamic range of digital image receptors than film-screen system. According to protection against ionizing radiation exposure, as low as reasonably achievable (ALARA) concept, patients undergoing medical X-ray should be treated under diagnostic reference level (DRL) of radiation exposed. The local diagnostic reference level such as entrance surface air kerma, kerma area product and exposure index can be established at Phramongkutklao Hospital as one of tool for patients care management.* ***Objective:*** *To determine the correlation among entrance surface air kerma, kerma-area product, and exposure index of patient who underwent chest digital radiography prior to establish a diagnostic reference level at Phramongkutklao Hospital.* ***Methodology:*** *A retrospective study of 215 chest digital radiographs data tags from April 2012 to June 2012 at Phramongkutklao Hospital and calibration of a built-in Kerma Area Product (KAP) meter were done to determine the correlation among entrance surface air kerma, kerma-area product, and exposure index.* ***Result:*** *Mean entrance surface air kerma using KAP- meter was 0.1196 mGy, mean kerma-area product was 0.12 Gycm^2, and mean exposure index was 1,209 mbels. There was a strong correlation between entrance surface air kerma and kerma-area product (r = 0.983). Correlation between exposure index and entrance surface air kerma was not significant (r = -0.2). Correlation between exposure index and kerma area product was not significant (r = -0.101).* ***Conclusion:*** *KAP-meter is a reliable dose monitoring tool if calibrated properly. In case of insufficient of KAP-meter, Entrance surface air kerma can be calculated by X-ray output in the range of clinical beam quality. Exposure index has shown a poor correlation to either kerma area product or entrance surface air kerma due to the improper collimation. The local diagnostic reference level (DRL) of each digital imaging procedure in Phramongkutklao Hospital should be established by radiologist and medical physicist.*

Key Words: ● *Digital radiography* ● *Entrance surface air kerma* ● *Kerma area product* ● *Exposure index* ● *KAP meter*

RTA Med J 2012;66:103-8.

Received July 30th, 2013. Accepted August 15th, 2013.

Requests for reprints should be addressed to Supakajee Saengruanorn, M.D., Department of Radiology, Phramongkutklao Hospital, Bangkok 10400, Thailand

Introduction

Currently, some radiology departments are using digital radiological techniques instead of film-screen technique[1] Digital radiological techniques offer the potential for improved image quality and, given the higher sensitivity of its image receptors compared with film. It is also provides key advantages in the manipulation, storage and transmission of images. In practice, however, since image receptors also have a broader dynamic range than film, higher doses are correspondingly possible. The use of X-ray can cause two types of health effects. The first is the tissues injury which can be identified clinically to be the result of radiation exposure, called "Deterministic effect". The second is the risk of cell mutation by radiation exposed called "Stochastic effect". Radiation induced cancer is the most important effect of stochastic effect occur in diagnostic radiology. According to protection against ionizing radiation exposure, as low as reasonably achievable (ALARA) concept, patients undergoing medical X-ray should be treated under diagnostic reference level (DRL) of radiation exposed[2,3,5,6]. DRL are means dose levels in medical radio- diagnostic practices or, in the case of radio-pharmaceuticals, levels of activity, for typical examinations for groups of standard-sized patients or standard phantoms for broadly defined types of equipment. These levels are expected not to be exceeded for standard procedures when good and normal practice regarding diagnostic and technical performance is applied. In 2008, SizeThailand project, first Thailand's National size survey of Thai people using 3D body scanning technology[8], collect body sizes and shapes from 13,442 subjects. The project contributed the average male and female body weight were 68.9 kg and 57 kg respectively for Thai people. The entrance surface air kerma is the kerma to air measured on the central beam axis at the position of the patient or phantom surface. The radiation incident on the patient or phantom and the backscattered radiations are included. The air kerma–area product is the integral of the air kerma over the area of the x-ray beam in a plane perpendicular to the beam axis. Exposure index is an indicator which indicated relative air kerma incident on digital image receptor and the pixel value of an original image[7]. The index also indicated an image quality and patient exposure. KAP meter is used to measure the radiation dose to air, time and area of the X-ray field of the patient skin. It is placed beyond X-ray collimator. KAP-meter is a reliable but expensive dose monitoring tool. In case of insufficient of KAP-meter, entrance surface air kerma can be calculated by X-ray output in the range of clinical beam quality. To evaluate these calculated quantities, the correlation between entrance surface air kerma and kerma-area product must be determined and exposure index may be considered as a quantity of choice.

Objective

To determine the correlations among entrance surface air kerma, kerma-area product, and exposure index of patient who underwent chest digital radiography prior to establish a diagnostic reference level at Phramongkutklao Hospital.

Methodology

Chest digital radiographs data tags from April 2012 to June 2012 at Phramongkutklao Hospital were derived using correcting factors from calibrated KAP-meter to determine the mean value of surface air kerma, kerma-area product, and exposure index and their correlations.

Inclusion criteria were chest digital radiograph of Thai standard size patient at Phramongkutklao Hospital from April 2012 to June 2012. The sample size was calculated using one mean comparison method[9]to compare the difference between recommended national reference

doses for radiographs on adults in UK population[3] and this study. Therefore 0.2 mGy entrance surface air kerma was supposed to be reference mean. According to TRS 457, the uncertainty of measurement 25% of KAP-meter can be act as estimated standard deviations. Then the common variant of measurement for both study assume to be 0.05 mGy. In this study 8% of reference mean was set to be different point.

$$n_0 = \frac{([Z_{\alpha/2} + Z_{\beta}]^2\ \sigma^2)}{d^2}$$

$$n_0 = \frac{([1.96+1.28]^2 \text{ x } 0.0025\ mGy^2)}{0.000256\ mGy^2}$$

Thus, the minimum number of radiographs requires in this study within 95%CI: 90% power, and 8% difference is 103. In this study there are 104 male and 111 female (some patients had experience more than one radiograph).

Accu-Pro™ was used for air-kerma area product meter calibrated based on Technical Report Series no. 457. The calibration 6 cc. ionization chamber (model 10 x 6-6, serial number 03-0395) and dosimeter (model *radcalaccupro*, serial number 96-0164) has been approved by SSDL since 26th May 2012 (certificate number 455001329). All digital radiographs data tags (DICOM 3.0 formation) were review using UniWeb (EMB®) image viewer. Data tags such as sex, age, body weight, chest thickness and technical parameter such as tube voltage, tube current, exposure time, beam field size were record and analyzed.

Results

Mean entrance surface air kerma using KAP meter was 0.1196 mGy, mean kerma-area product was 0.12 $Gycm^2$, and mean exposure index was 1,209 mbels. There was a strong correlation between entrance surface air kerma and kerma-area product (r = 0.983). Correlation between exposure index and entrance surface air kerma was not significant (r = -0.2). Correlation between exposure index and kerma area product was not significant (r = -0.101).

Discussion

Mean entrance surface air kerma in this study (0.1196 mGy) is relatively low compare to that of UK population. This may result from the better sensitivity of digital radiography. Exposure index indicated a relationship between air-kerma incidents on image receptor and correspond pixel value. In practice, the segmentation pixel value was varying depend on the purpose of radiographs. For example, the primary anatomic region of interest in a chest radiograph is the lung parenchyma, the pixel value within the range of lung parenchyma were included. In this study, most of patients were exposed using 43 cm x 43 cm field size. If the beam was relatively too large compared to the body part, then non attenuated X-ray may incident on image receptor. This may result in error of exposure index**.**

Conclusion

The advance technology such as digital radiography, with broader dynamic range may result in higher patient doses. However, with Automatics exposure control (AEC), and proper dose monitoring tool, the dose to patient might be kept consistent reproducibility across wide range of anatomical thickness. KAP-meter is a reliable dose monitoring tool if calibrated properly. In case of insufficient of KAP- meter, Entrance surface air kerma can be calculated by X-ray output in the range of clinical beam quality. Exposure index has shown a poor correlation to either kerma area product or entrance surface air kerma due to the improper collimation. The local diagnostic reference level (DRL) of each digital imaging procedure other than chest digital radiography at Phramongkutklao Hospital should be established by radiologist and medical physicist.

Table 1 Average patient dose per radiograph

	Mean	75th Percentile	Std Deviation
$ESAK_{KAP}$ (mGy)	0.119605	0.123545	0.018854
$ESAK_{Y(d)}$ (mGy)	0.122241	0.125659	0.017776
P_{KA} ($Gy.cm^2$)	0.120774	0.123742	0.016471
EI (mbels)	1,209	1,289	113

$ESAK_{KAP}$ is an indirect measurement of entrance surface air kerma using KAP-meter (express in mGy);
$ESAK_{Y(d)}$ is an entrance surface air kerma calculated from X-ray output at distance d (express in mGy);
P_{KA} is corrected kerma area product (express in $mGy.cm^2$); EI is an exposure index (express in mbels).

Table 2 Correlations among chest digital radiographs using Pearson's coefficient

Factors	$ESAK_{KAP}$	$ESAK_{Y(d)}$	P_{KA}	EI
$ESAK_{KAP}$	1	0.838	0.983	-0.200
(p-value)		(<0.001)	(<0.001)	(0.003)
$ESAK_{Y(d)}$	0.838	1	0.802**	-0.295
(p-value)	(<0.001)		(<0.001)	(<0.001)
P_{KA}	0.983	0.802	1	-0.101
(p-value)	(<0.001)	(<0.001)		(0.140)
EI	-0.200	-0.295	-0.101	1
(p-value)	(0.003)	(<0.001)	(-.140)	

$ESAK_{KAP}$ is an indirect measurement of entrance surface air kerma using KAP-meter (express in mGy);
$ESAK_{Y(d)}$ is an entrance surface air kerma calculated from X-ray output at distance d (express in mGy);
P_{KA} is corrected kerma area product (express in $mGy.cm^2$); EI is an exposure index (express in mbels).

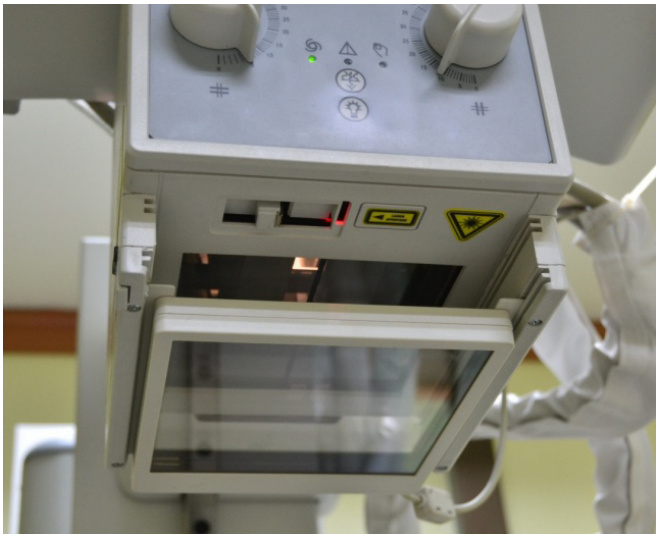

Figure 1. The built-in KAP - meter (VacuDAP 2004).

References

1. *International Atomic Energy Agency. Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice. Technical report series 2007;457:97-100.*
2. *National Council of Radiation Protection. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP 2006;116:21-30.*
3. *Hart D, Wall BF. The UK National Patient Dose Database: now and in the future. The British Journal of Radiology 2003;76:361-5.*
4. *Hetland, Per O Friberg, Eva G Ovrebo, Kirsti M Bjerke, Hans H. Calibration of reference KAP-meters at SSDL and cross calibration of clinical KAP-meters. ActaOncologica, 2009;48:289-94.*
5. *Toroi P. Patient exposure monitoring and radiation qualities in two-dimensional digital X-ray imaging [dissertation]. Helsinki: University of Helsinki; 2009.*
6. *Wilbroad EM, Nada AA, Aziz AL, Jamila SA, Adnan B, Olivera C, et al. Patient Doses in Radiographic Examinations in 12 Countries in Asia, Africa, and Eastern Europe: Initial Results from IAEA Projects. AJR 2008;190:1453-61.*
7. *American Association of Physicists in Medicine. An exposure indicator for digital radiography. Report of AAPM task group 2006;116:51-8.*
8. *SizeThailand.org [Internet]. Bangkok: NECTEC; 2006-9 [update 2012 May 15; cite 2013 Jul 20]. Available from: http://www.sizethailand.org/region_all.html*
9. *Black welder WC. Proving the null hypothesis in clinical trials. Control clinical trials 1982;3:345-53.*

สหสัมพันธ์ของปริมาณรังสีที่ผิวหนัง ผลคูณเคอร์มา-แอเรีย และดัชนีเอกโพเชอร์ ในการตรวจเอกซเรย์ปอดระบบดิจิตอล ณ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

พิชาญ แก้วพุกัม[1] นภาพงษ์ พงษ์นภางค์[2] และ ศุภขจี แสงเรืองอ่อน[3]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล [2]คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[3]กองรังสีกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

ความเป็นมา : *ปัจจุบันโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ได้ใช้การถ่ายเอกซเรย์ระบบดิจิตอลแทนการใช้ฟิล์ม ระบบดิจิตอลให้ภาพที่มีคุณภาพสูงและสามารถบริหารจัดการได้ง่ายกว่าฟิล์มอย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติคนไข้อาจได้รับปริมาณรังสีสูงเกินกว่าความจำเป็น เนื่องจากในระบบดิจิตอลมีค่า dynamic range ที่กว้างแม้เจ้าหน้าที่ให้ปริมาณรังสีสูงภาพก็จะไม่ดำเกินไป (õver exposure) จากหลักการป้องกันทางรังสีผู้ป่วยที่ได้รับรังสีทางการแพทย์ควรมีระดับไม่เกินระดับรังสีอ้างอิงของการตรวจทางรังสีแต่ละประเภท (diagnostic reference level) ค่าปริมาณรังสีที่ผิวหนัง ผลคูณเคอร์มา-แอเรีย และดัชนีเอกโพ-เชอร์ เป็นค่าที่สามารถใช้เป็นระดับรังสีอ้างอิงของโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าได้* ***วัตถุประสงค์ :*** *เพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ของปริมาณรังสีที่ผิวหนัง ผลคูณเคอร์มา-แอเรีย และดัชนีเอกโพเชอร์ ในการตรวจเอกซเรย์ปอดระบบดิจิตอล ณ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า สำหรับสร้างระดับรังสีอ้างอิงต่อไป* ***วิธีการศึกษา :*** *ใช้วิธีการศึกษาย้อนหลังข้อมูลประกอบภาพเอกซเรย์ปอดระบบดิจิตอลสองร้อยสิบห้ารายของผู้ที่มาตรวจในช่วงเดือนเมษายน - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ณ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าร่วมกับการสอบเทียบแคพมิเตอร์ (KAP - meter) เพื่อคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ผิวหนัง ผลคูณเคอร์มา - แอเรีย และดัชนีเอกโพเชอร์* ***ผลการศึกษา :*** *ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่ผิวหนังคือ 0.1196 มิลลิเกรย์ ค่าผลคูณเคอร์มา - แอเรีย คือ 0.12 เกรย์ตารางเซนติเมตร และดัชนีเอกโพเชอร์มีค่า 1,209 mbels. ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ผิวหนังและผลคูณเคอร์มา แอเรียค่อนข้างสูง ($r = 0.983$) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีเอกโพเชอร์และค่าอื่นๆ ค่อนข้างต่ำ ($r \leq -0.2$)* ***สรุป :*** *แคพมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่น่าเชื่อถือในการวัดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับหากมีการสอบเทียบเครื่องมือที่เหมาะสมในกรณีที่หน่วยงานใดไม่มีแคพมิเตอร์สามารถใช้ค่าปริมาณรังสีที่ผิวหนังซึ่งได้จากการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ให้แก่ผู้ป่วยเป็นตัวกำหนดระดับรังสีอ้างอิงได้ ค่าดัชนีเอกโพเชอร์ที่ไม่มีสหสัมพันธ์กับค่าอื่นๆ เนื่องจากการเปิดลำรังสีที่ไม่เหมาะสม ระดับรังสีอ้างอิงสำหรับการตรวจทางรังสีทุกประเภทในโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าควรกำหนดขึ้นโดยรังสีแพทย์และนักฟิสิกส์การแพทย์*

Key Words: ● *การตรวจเอกซเรย์ระบบดิจิตอล* ● *ปริมาณรังสีที่ผิวหนัง* ● *ผลคูณเคอร์มา แอเรีย* ● *ดัชนีเอกโพเชอร์* ● *แคพมิเตอร์*

เวชสารแพทย์ทหารบก 2555;65:103-8.