
การหาค่าแก้พลังงานสำหรับการวัดปริมาณรังสี บุคคลจากรังสีบีตาด้วยแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight[®] nanoDot

ประพัฒน์ ลากเจริญกิจ

สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

E-mail: praphat.l@dmsc.mail.go.th

บทคัดย่อ อุปกรณ์วัดรังสีประจำบุคคลเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านรังสี เพื่อตรวจจับปริมาณรังสีที่ได้รับจากการปฏิบัติงานประจำ โดยอุปกรณ์วัดรังสีประจำบุคคลชนิดแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight[®] nanoDot ได้ถูกนำมาให้บริการสำหรับประเมินค่าปริมาณรังสีบุคคลเฉพาะตำแหน่ง เพื่อความถูกต้องของการประเมินปริมาณรังสีบุคคลที่รังสีบีตาจำเป็นต้องมีการหาค่าแก้พลังงาน (Correction factor) จึงได้ศึกษาโดยนำแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight[®] nanoDot มาฉายรังสีบีตาด้วยสารกัมมันตรังสี Sr-90 ที่ปริมาณรังสี 0, 5, 10, 15 และ 20 millisievert (mSv) พบว่าค่าแก้พลังงานของรังสีบีตาจากการศึกษานี้เท่ากับ 2.90 และทำให้ค่าความแตกต่างปริมาณรังสีลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 0.20 ถึง 2.93 การศึกษานี้แสดงว่าการประเมินปริมาณรังสีบุคคลควรดำเนินการหาค่าแก้พลังงานสำหรับการตรวจวัดปริมาณรังสี เพื่อความถูกต้องและได้ค่าที่ใกล้เคียงกับปริมาณรังสีที่ได้รับก่อนนำไปใช้ในงานบริการต่อไป

บทนำ

ตามข้อบังคับทางกฎหมายและเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีจำเป็นต้องมีอุปกรณ์วัดรังสีประจำบุคคลเพื่อใช้สำหรับวัดปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับจากการทำงาน แผ่นวัดรังสีไอเอสแอลเป็นแผ่นวัดรังสีที่ทำจากผลึกสารประกอบอะลูมิเนียมออกไซด์เจือด้วยธาตุคาร์บอน (Aluminium oxide doped with carbon - $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$) เมื่อผลึกได้รับรังสีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในชั้นพลังงาน การกระตุ้นด้วยแสงสีเขียวทำให้เกิดผลึกคายพลังงานออกมาในรูปของแสง คุณสมบัตินี้เรียกว่า Optically Stimulated Luminescence หรือ OSL โดยปริมาณแสงที่ได้สามารถคำนวณเป็นปริมาณรังสีได้ ผลึกอะลูมิเนียมออกไซด์เจือด้วยธาตุคาร์บอน นอกจากนำมาใช้วัดปริมาณรังสีบุคคล ยังประยุกต์ใช้ในการวัดปริมาณรังสีที่คนไข้ได้รับ และการวัดรังสีในสิ่งแวดล้อมได้⁽¹⁾

สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ ได้ให้บริการประเมินปริมาณรังสีบุคคลของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล 3 ชนิด ได้แก่ 1) InLight® Basic XA สำหรับประเมินปริมาณรังสีบุคคลจากรังสีเอกซ์ แกมมา และบีตา 2) InLight® Basic LA สำหรับประเมินปริมาณรังสีบุคคลจากรังสีเอกซ์ แกมมา และนิวตรอน และ 3) InLight® nanoDot สำหรับประเมินปริมาณรังสีบุคคลเฉพาะตำแหน่ง เช่น ข้อมือ นิ้วมือ เป็นต้น

การประเมินค่าปริมาณรังสีจากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ใช้โปรแกรม InLight microStar Reader Version 3.6.3761.32835 ที่ได้รับการยอมรับจาก National Voluntary Laboratory Accreditation Program: NVLAP USA⁽²⁾ ซึ่งสามารถประเมินปริมาณรังสีในช่วงพลังงาน 5 keV ถึง 20 MeV และประเมินปริมาณรังสีได้ตั้งแต่ 10 μSv ถึง 20,000,000 μSv (หรือ 20 Sv) แผ่นวัดรังสี InLight® nanoDot ใช้ค่าการสอบเทียบที่รังสีเอกซ์ L-80 พลังงานเฉลี่ย 40 keV จากการทำงานของโปรแกรม InLight microStar Reader แต่ไม่มีการใช้ค่าการสอบเทียบที่พลังงานรังสีบีตา ดังนั้นในการประเมินปริมาณรังสีบุคคลที่รังสีบีตา จึงต้องมีการหาค่าแก้พลังงาน (Correction factor) เพื่อให้เกิดความถูกต้องมากขึ้นจากโปรแกรมประเมินผล การปรับแก้ค่านี้อาศัยการตอบสนองต่อพลังงานของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ในสนามรังสี L-80 และ Sr-90 เทียบกับสนามรังสีที่ได้ทำการสอบเทียบเพิ่มเติมซึ่งค่าการตอบสนองต่อพลังงานของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ต่อสนามรังสี L-80 และ Sr-90 พลังงานเฉลี่ย 546 keV มีค่า 3.73 และ 1.08 ตามลำดับ⁽³⁾

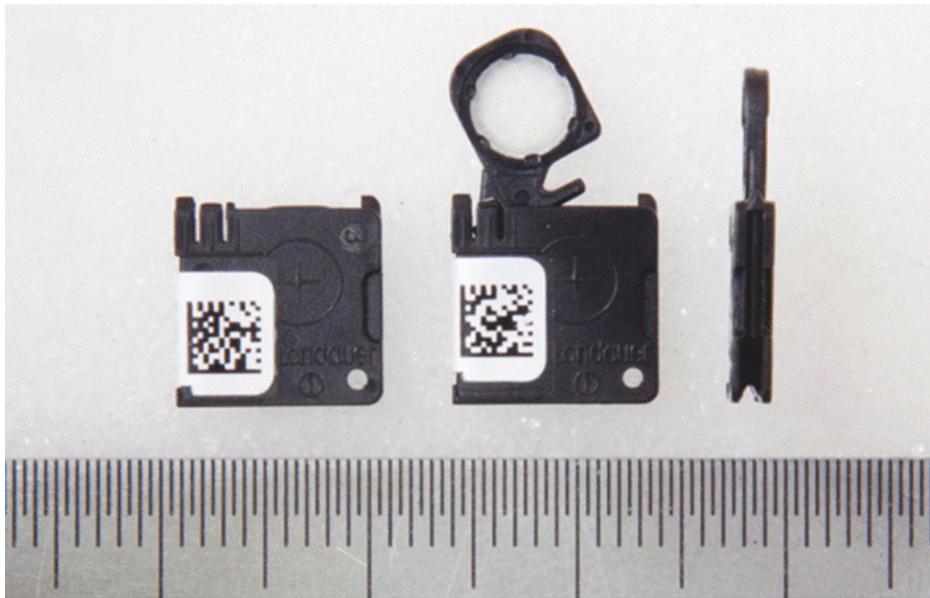
การศึกษานี้ได้ทบทวนวิธีการประเมินปริมาณรังสี จากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ที่ใช้ประเมินปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose) ที่ผิวหนัง (Skin dose : $H_p(0.07)$) โดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าปริมาณรังสีจากโปรแกรมประเมินผลของบริษัทผู้ผลิต และค่าปริมาณรังสีจากการใช้ค่าแก้พลังงานที่ได้จากผลการศึกษา เพื่อนำไปใช้สำหรับการบริการตรวจประเมินปริมาณรังสีที่มีความสอดคล้องกับพลังงานที่ทำการวัด

วัสดุและวิธีการ

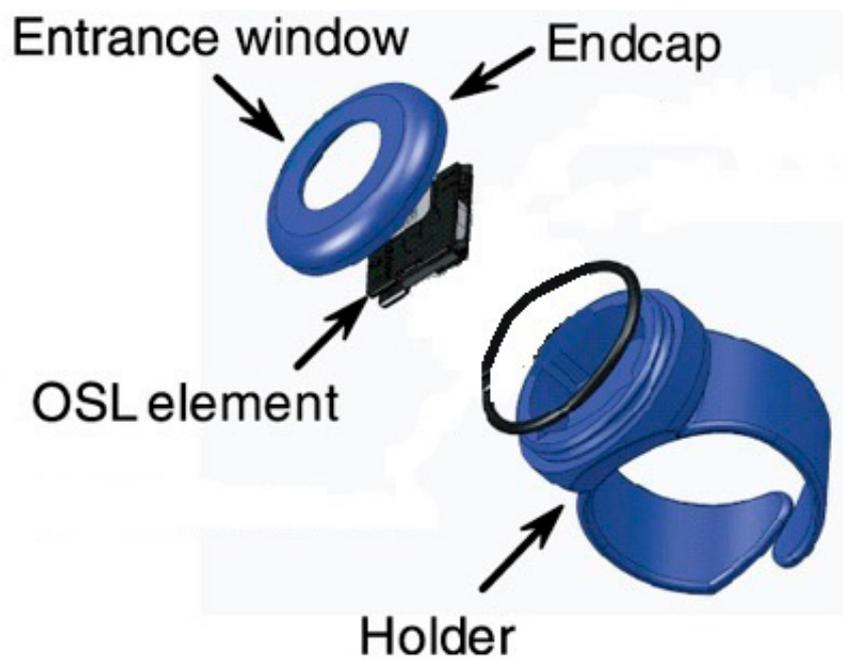
การฉายรังสีบนแผ่นวัดรังสี

นำแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot (Landauer, สหรัฐอเมริกา) ตามภาพที่ 1 ใส่ในแหวนแบบไม่มีแผ่นกรองอะลูมิเนียม/ทองแดง (Landauer, สหรัฐอเมริกา) (ภาพที่ 2) มาฉายด้วยสารกัมมันตรังสี Sr-90 (ต้นกำเนิดรังสี Sr-90, ห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ) บนหุ่นจำลอง ISO PMMA rod⁽⁴⁾ (ภาพที่ 3) ที่ใช้แทนนิ้วมือในการสอบเทียบค่าทำจากวัสดุ polymethyl methacrylate (PMMA) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร

ด้วยปริมาณรังสี $H_p(0.07)$ 5, 10, 15 และ 20 mSv โดยฉายปริมาณรังสีละ 4 แผ่น ตั้งระยะห่างจากต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสี Sr-90 ถึงแผ่นวัดรังสี เท่ากับ 30 เซนติเมตร และใช้ Beam diameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.6 เซนติเมตร ณ ตำแหน่งแผ่นวัดรังสี



ภาพที่ 1 แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight®nanoDot



ภาพที่ 2 แหวนแบบไม่มีแผ่นกรองอะลูมิเนียม/ทองแดง (Al/Cu) ใช้ในการใส่แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight®nanoDot ในการวัดปริมาณรังสีที่บริเวณนิ้วมือ



ภาพที่ 3 หุ่นจำลอง ISO PMMA rod ที่ใช้แทนนิ้วมือในการศึกษา

การอ่านค่าปริมาณรังสีบนแผ่นวัดและการวิเคราะห์ผล

นำแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ที่ฉายรังสีแล้วมาอ่านค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล microStar และโปรแกรมการประเมินผล Version 3.6.3761.32835 (Landauer, สหรัฐอเมริกา) โดยแต่ละแผ่นอ่าน 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของการอ่านที่ปริมาณรังสีต่างๆ จากค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่อ่านได้ของทุกแผ่น



ภาพที่ 4 เครื่องอ่านแผ่นวัดรังสี microStar และโปรแกรมประเมินผลปริมาณรังสี microStar

ประเมินค่าปริมาณรังสี ของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot และปรับแก้ค่าพลังงานจากสารกัมมันตรังสี Sr-90 โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ค่าปริมาณรังสี } H_p(0.07) = \text{Measured dose} \times CF_{Sr-90}$$

สำหรับการคำนวณค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 จากโปรแกรมประเมินผล (CF_{Sr-90}) คำนวณได้ตามสมการ

$$\begin{aligned} CF_{Sr-90} &= \frac{\text{ค่าการตอบสนองต่อพลังงานของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ต่อสนามรังสี L-80}}{\text{ค่าการตอบสนองต่อพลังงานของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ต่อสนามรังสี Sr-90}} \\ &= \frac{3.73}{1.08} = 3.45 \end{aligned}$$

ส่วนการหาค่าแก้พลังงานจากการสอบเทียบโดยตรง (CF_{cal}) คำนวณได้ตามสมการ

$$CF_{cal} = \frac{\text{Exposed dose}}{\text{Measured dose}}$$

เมื่อ Exposed dose คือ ค่าปริมาณรังสีที่กำหนดในการฉายแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ในหน่วย mSv และ Measured dose คือ ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล microStar ในหน่วย mSv

ผล

จากการศึกษาค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล microStar และค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงานจากโปรแกรมประเมินผล (Corrected dose) ของแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ที่ฉายรังสีด้วยสารกัมมันตรังสี Sr-90 ที่ปริมาณรังสี 0, 5, 10, 15 และ 20 mSv พบว่าค่าปริมาณรังสีเมื่อได้รับการแก้ค่าพลังงานจากโปรแกรมประเมินผล มีค่าความแตกต่างจากค่าปริมาณรังสีที่กำหนดในการฉายแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot ไว้อยู่ในช่วงร้อยละ 15.46 ถึง 21.40 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสี (Measured dose) ค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงานจากโปรแกรมประเมินผล (Corrected dose) และร้อยละความแตกต่างของค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงานจากโปรแกรมประเมินผลกับค่าปริมาณรังสีที่กำหนด (Exposed dose) ในการฉายรังสีจากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot

ค่าปริมาณรังสีที่กำหนดในการฉายแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot (mSv) (A)	ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากเครื่องอ่านแผ่นวัดรังสี (Measured Dose) (mSv)	ค่าปริมาณรังสีที่ปรับแก้ค่าพลังงานจากโปรแกรมประเมินผล (Corrected Dose) (mSv) (B)	ร้อยละความแตกต่างของค่าปริมาณรังสีที่กำหนดกับค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงาน*
0	0.04	0.14	-
5	1.76	6.07	21.40
10	3.48	12.01	20.06
15	5.02	17.32	15.46
20	6.91	23.84	19.20

*ร้อยละความแตกต่างของค่าปริมาณรังสีที่กำหนดกับค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงาน = $\left(\frac{B-A}{A}\right) \times 100$

เมื่อคำนวณค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 จากการสอบเทียบโดยตรงพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.90 ซึ่งแตกต่างจากค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 จากโปรแกรมประเมินผลที่มีค่าเท่ากับ 3.45 และเมื่อนำค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 ที่ได้จากการสอบเทียบโดยตรง มาแก้ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล พบว่าได้ค่าปริมาณรังสีที่ถูกต้อง โดยที่ร้อยละความแตกต่างของค่าปริมาณรังสีที่กำหนดในการฉายกับค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงานแล้วมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.20 ถึง 2.93 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 ที่ได้จากการสอบเทียบโดยตรง (CF_{cal}) กับค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ด้วยค่าพลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90

ค่าปริมาณรังสีที่กำหนดในการฉายแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot (mSv) (A)	ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้ (mSv)	ค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 ที่ได้จากการสอบเทียบโดยตรง (CF_{cal})	ค่าปริมาณรังสีที่ปรับแก้ค่าพลังงาน* (mSv) (B)	ร้อยละความแตกต่างของค่าปริมาณรังสีที่กำหนดกับค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงาน**
0	0.04	N/A	-	-
5	1.76	2.84	5.10	2.00
10	3.48	2.87	10.09	0.90
15	5.02	2.99	14.56	2.93
20	6.91	2.89	20.04	0.20

*ค่าปริมาณรังสีที่ปรับแก้ค่าพลังงาน (mSv) = ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้ (mSv) X ค่าแก้พลังงานเฉลี่ย (2.90)

**ร้อยละความแตกต่างของค่าปริมาณรังสีที่กำหนดกับค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงาน = $\left(\frac{B-A}{A}\right) \times 100$

ตารางที่ 3 แสดงค่าปริมาณรังสีที่ได้ปรับแก้ค่าพลังงานจากการสอบเทียบโดยตรง และค่าปริมาณรังสีที่ปรับแก้พลังงานจากโปรแกรมประเมินผลมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่กำหนดในการฉายแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot และค่าร้อยละความแตกต่างเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ประเมินจากการแก้ค่าพลังงานที่ได้จากการสอบเทียบโดยตรงมีค่าลดลงจากร้อยละ 19.03 เป็นร้อยละ 1.51

ตารางที่ 3 ร้อยละความแตกต่างค่าปริมาณรังสีที่ได้หลังการปรับแก้จากผลการวิจัยเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่ได้หลังการปรับแก้ตามโปรแกรมประเมินผลเดิม

ค่าปริมาณรังสีที่กำหนดในการฉายแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot (mSv)	ค่าปริมาณรังสีที่ได้หลังการปรับแก้ตามโปรแกรมประเมินผลเดิม		ค่าปริมาณรังสีที่ได้หลังการปรับแก้จากผลการวิจัย	
	mSv	ร้อยละความแตกต่าง	mSv	ร้อยละความแตกต่าง
0	0.14	-	0.12	-
5	6.07	21.40	5.10	2.00
10	12.01	20.06	10.09	0.90
15	17.32	15.46	14.56	2.93
20	23.84	19.20	20.04	0.20

วิจารณ์

แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot มีการตอบสนองต่อพลังงานในแต่ละช่วงแตกต่างกันส่งผลให้การประเมินปริมาณรังสีที่ได้มีความคลาดเคลื่อนหากใช้ค่าแก้พลังงานที่ไม่ถูกต้อง สำหรับรังสีปีตานี้ ผู้ผลิตได้มีการทดสอบและหาค่าการตอบสนองพลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 มีค่า 1.08⁽³⁾ โดยเมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 มีค่า 3.45 แต่จากการศึกษาพบว่าค่าแก้พลังงานของสารกัมมันตรังสี Sr-90 จากการสอบเทียบโดยตรงมีค่า 2.90 (ตารางที่ 2) แสดงว่าค่าปริมาณรังสีที่ได้จากการใช้ค่าแก้พลังงานของผู้ผลิตจะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

สำหรับการศึกษาการวัดปริมาณรังสีปีตาโดยใช้แผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot จากสารกัมมันตรังสี Sr-90 โดยเมื่อใช้ค่าแก้พลังงานจากผู้ผลิตพบว่ามีค่าร้อยละความแตกต่างเฉลี่ย 19.03 และเมื่อปรับเป็นการใช้ค่าแก้ที่วิจัยได้พบว่ามีค่าร้อยละความแตกต่างเฉลี่ยลดลงเป็นร้อยละ 1.51 ซึ่งอยู่ในช่วงความแตกต่างที่ Sudchai W. และคณะ⁽⁵⁾ ได้รายงานไว้ คือร้อยละ 6.32 นอกจากนี้ค่าที่ได้จากผลการศึกษานี้อยู่ในช่วงการยอมรับของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) สำหรับการประเมินผลรังสีปีตาคือไม่เกินร้อยละ -33 ถึง + 50⁽⁶⁾

สรุป

ผลการหาค่าแก้พลังงานสำหรับการวัดปริมาณรังสีปีตาจากแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot โดยใช้สารกัมมันตรังสี Sr-90 ด้วยแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot จากการสอบเทียบโดยตรงสามารถลดความคลาดเคลื่อนจากร้อยละ 19.03 เหลือร้อยละ 1.51 สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณรังสีในงานวัดรังสีบุคคลเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ที่มีการใช้สารเภสัชรังสีที่ปล่อยรังสีปีตาออกมา ได้รับการประเมินผลที่มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ในความอนุเคราะห์การฉายรังสีปีตาแผ่นวัดรังสีไอเอสแอล InLight® nanoDot และขอขอบคุณ นายศิริ ศรีมนโรด ผู้อำนวยการสำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Botter-Jensen L, McKeever SWS, Wintle AG. Optically stimulated luminescence dosimetry. Amsterdam: Elsevier Science B.V.; 2003.
2. Landauer. Personal dosimetry performance testing for InLight dosimetry conducted at Pacific Northwest National Laboratory. Glenwood, IL: Landauer; 2006
3. Whole Body Dose, Algorithm for the Landauer. InLight basic-OSLN dosimeter, Revision: InLight_Basic_OSNNL_N_2008 09/19/08. Gaithersburg, MD: Validated by National Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP); 2008.
4. International Atomic Energy Agency. Calibration of radiation protection monitoring instruments. Vienna: IAEA; 2000.

5. Sudchai W, Thierrattanakul S, Jianklang S, Termsuk C. Nanodot dosimeter for extremity monitoring service in Thailand. Progress in 4th Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection; 2014 May 12-16. Kuala Lumpur, Malaysia: AOCR; 2014.
 6. International Atomic Energy Agency. Assessment of occupational exposure due to external source of radiation: safety guide. Vienna: IAEA; 1999.
-

Determination of A Correction Factor for Measurement of Occupational Dose from Beta Source Using InLight[®] nanoDot OSL

Praphat Lapcharoenkit

Bureau of Radiation and Medical Devices, Department of Medical Sciences, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000, Thailand

Abstract An occupational radiation worker must have a personal dosimeter to monitor occupational exposure dose. InLight[®] nanoDot OSL, is the dosimeter used for detection of exposure at a specific position of the body. Accurate determination of occupational dose of exposure from beta sources needs a correction factor for energy. This study was conducted to obtain the correction factor essential for InLight[®] nanoDot OSL after exposure to Sr-90, the beta source, at 0, 5, 10, 15 and 20 millisievert (mSv). The correction factor was shown to be 2.90 with differences ranging from 0.20% to 2.93%. Using the correction obtained, the amount of beta radiation measured was closed to that radiated from the Sr-90 source. Our study suggested that determination of the correction factor is necessary prior to performing a service on measurement of occupational dose from beta sources using InLight[®] nanoDot OSL.

Keywords: InLight[®] nanoDot OSL, personal dosimeter