นิพนธ์ต้นฉบับ | Original Article

ศึกษาปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี ด้วยเทคนิคลดปริมาณรังสี เพื่อการวินิจฉัยนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะ

Radiation Doses Evaluation in Reduced-dose Technique Non-contrast CT KUB for Urinary Tract Stone Diagnosis

*ชนากานต์ สุวานิช, พ.บ.**
*Chanakan Suwanit, M.D. **
**กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ประเทศไทย 32140*
**Department of Radiology, Prasat Hospital, Surin Province, Thailand, 32140*
Corresponding author. Email address : imochimochiz@gmail.com
Received: 08 Feb 2021. Revised: 17 Feb 2021. Accepted: 5 Mar 2021

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล : นิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะจัดเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ เนื่องจากมีอัตราการเกิดโรค และอัตราการเป็นซ้ำสูงขึ้นทุกปี ปัจจุบันได้มีแนวทางปฏิบัติ กำหนดให้การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะแบบไม่ฉีดสารทึบรังสีเป็นมาตรฐานในการตรวจหานิ่วระบบทางเดินปัสสาวะ แต่วิธีนี้จะทำให้ผู้ป่วยได้รับรังสีในปริมาณที่สูงกว่าการตรวจด้วยวิธีอื่น

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสีในการวินิจฉัยนิ่วระบบทางเดินปัสสาวะ

วิธีการ : ศึกษาเชิงทดลอง โดยเก็บข้อมูลทั่วไปและปริมาณรังสีที่ได้รับในผู้ป่วย 15 ราย ที่ตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี (30-100 mA) เปรียบเทียบกับข้อมูลย้อนหลังของผู้ป่วย 47 ราย ที่ตรวจ โดยใช้ปริมาณรังสีปกติ (50-300 mA) ณ โรงพยาบาลปราสาท จังหวัดสุรินทร์

ผลการศึกษา : การตรวจด้วยเทคนิคลดปริมาณรังสีจะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีลดลง ในทุกกลุ่มดัชนีมวลกาย โดยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p-value<0.001) ในกลุ่มน้ำหนักสมส่วน กลุ่มน้ำหนักเกิน และกลุ่มอ้วนระดับ 1 โดยผู้ป่วยจะได้รับ $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลลดลงร้อยละ 41.7-54.1, 49.2-56.4 และ 49.2-56.4 ตามลำดับสามารถให้ผลการวินิจฉัยนิ่วได้ตรงกับการตรวจ ด้วยปริมาณรังสีปกติมี Intra- และ Inter-rater reliability อยู่ในระดับสอดคล้องมากที่สุด ขนาดของนิ่วที่เล็กที่สุดที่ตรวจพบคือ 1 มิลลิเมตร

สรุป : การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี โดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี (30-100 mA) จะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสี ลดลงสูงสุดประมาณร้อยละ 50 โดยภาพที่ได้ยังคงมีคุณภาพดีและสามารถให้ผลการวินิจฉัยนิ่วในทางเดินปัสสาวะได้ตรงกับการตรวจด้วยปริมาณรังสีปกติ

คำสำคัญ : นิ่วระบบทางเดินปัสสาวะ เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เทคนิคลดปริมาณรังสี

ABSTRACT

Background : Urinary tract stone is a common health problem by the increasing incidence and recurrence rates. Currently non-contrast computed tomography of the KUB system (CT KUB) has become the investigation of choice in the evaluation of KUB stone, but patients will receive high radiation exposure than another radiologic methods.

Objective : To assess the average radiation doses obtained from reduced-dose technique CT KUB for KUB stone evaluation.

Methods : An experimental study of 15 patients who underwent reduced-dose technique CT KUB (30-100 mA) from Jun 2020-Oct 2020 and 47 patients who underwent standard-dose technique CT KUB (50-300 mA) from Jan 2016 - May 2020 at Prasat Hospital. The general and radiological data were collected and compared between two radiologic techniques.

Results : By using reduced-dose technique, patients will receive lower radiation doses in every BMI groups, which significantly lower in normal weight, overweight and obesity groups (p-value <0.001). The $CTDI_{vol}$, DLP and effective dose were maximally decreased up to 41.7-54.1%, 49.2-56.4% and 49.2-56.4%, respectively, compared with standard-dose technique. The smallest stone was detected at 1 millimetre size. It also had the diagnostic result consistent with standard-dose technique, which Intraand Inter-rater reliability were almost perfect.

Conclusion : Patients will receive the lower radiation dose up to 50% by using reduced-dose non-contrast CT KUB (30-100 mA) with still remaining good image quality and had the diagnostic result consistent with standard-dose technique.

Keywords : KUB stone, Urinary tract stone, Urolithiasis, Low dose CT, Reduced-dose CT

หลักการและเหตุผล

นิ่วระบบทางเดินปัสสาวะ คือ ตะกอนจำพวกแคลเซียมออกซาเลต กรดยูริก หรือฟอสเฟต ที่รวมตัวกันเป็นผลึกหรือก้อนอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินปัสสาวะ[1] จัดเป็นหนึ่งในปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ เนื่องจากมีอุบัติการณ์การเกิดนิ่วและอัตราการเกิดเป็นนิ่วซ้ำในประชากรทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นทุกปี[2,3,4] ในประเทศไทยพบอุบัติการณ์การเกิดนิ่วระบบทางเดินปัสสาวะสูงมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณร้อยละ 10-16[5] หรือสูงสุด 4.2 ต่อประชากร 1000 คน[6] ช่วงอายุที่พบได้บ่อยคือกลุ่มประชากรวัยกลางคนและวัยสูงอายุ[2,5,6] มักพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง[2,7] และมีอัตราการเกิดเป็นซ้ำประมาณร้อยละ 47[5]

ปัจจุบันเทคโนโลยีของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ได้พัฒนาไปมาก The European Association of Urology and the American Urological Association จึงได้แนะนำให้ใช้การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะแบบไม่ฉีดสารทึบรังสีเป็นมาตรฐานในการวินิจฉัยผู้ป่วยที่สงสัยนิ่วในทางเดินปัสสาวะ[8] เนื่องจากเป็นการตรวจที่ให้รายละเอียดของภาพได้ดี (high spatial resolution)[9] มีความไวและความจำเพาะในการวินิจฉัยสูง[10] มีความแม่นยำกว่าการตรวจทางรังสีวิทยาอื่นและผู้ป่วยไม่ต้องได้รับการฉีดสารทึบรังสี

เหมือนกับการตรวจพิเศษทางรังสีของระบบทางเดินปัสสาวะ (Intravenous pyelography : IVP) จึงทำให้ลดโอกาสในการเกิดอาการอันไม่พึงประสงค์หรือภาวะแทรกซ้อนจากการได้รับสารทึบรังสีเข้าร่างกาย

แต่การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก็มีข้อเสียคือทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีมากกว่าการตรวจทางรังสีวิทยาวิธีอื่น และจากการที่นิ่วระบบทางเดินปัสสาวะมีแนวโน้มอุบัติการณ์เกิดใหม่และเป็นซ้ำเพิ่มสูงขึ้นทุกปี จึงทำให้ผู้ป่วยมีโอกาสที่จะได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ซ้ำหลายครั้งในช่วงชีวิต ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีสะสมที่สูงขึ้น และมีความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งที่เกิดจากการได้รับรังสีเอกซเรย์ซ้ำๆ มากขึ้นตามไปด้วย[10] ดังนั้นแนวคิดของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี จึงเริ่มมีการคิดค้นและทดลองใช้กันมากขึ้นในปัจจุบัน[11,12,13] โดยมุ่งหวังเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับรังสีในปริมาณที่น้อยที่สุดตามหลักการสากลในการป้องกันอันตรายจากรังสี (ALARA : As low as reasonably achievable) ลดปริมาณรังสีสะสมในผู้ป่วย และลดโอกาสเกิดมะเร็งเนื่องจากการได้รับรังสีจากการตรวจทางรังสีวิทยา[10]

ซึ่งโดยหลักการแล้วปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับสองปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยด้านเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (equipment-related factors) เช่น ลำรังสีที่ปล่อยจากเครื่อง หัววัดรังสี อุปกรณ์ควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ เป็นต้น และปัจจัยทางด้านโปรแกรม (application-related factors) เช่น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดเอกซเรย์ ความต่างศักย์ไฟฟ้า ค่าระยะทางที่เตียงเคลื่อนที่ไปตามแนวยาวของเตียงในช่วงเวลาที่หลอดเอกซเรย์หมุนได้ 1 รอบ (pitch) ขนาดตัวของผู้ป่วยหรือส่วนตรวจ ความยาวของส่วนตรวจ จำนวนครั้ง (phases) ของการตรวจ ความหนาของภาพ เป็นต้น[14] สำหรับเทคนิคการลดปริมาณรังสีให้แก่ผู้ป่วยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลดค่ากระแสหรือความต่างศักย์ไฟฟ้า การใช้เครื่องปรับค่ากระแสอัตโนมัติ (automatic tube current modulation) การใช้เทคโนโลยี iterative reconstruction การเพิ่มค่า pitch การเพิ่มความหนาของภาพ เป็นต้น[6] แต่ทั้งนี้การลดปริมาณรังสีในการตรวจจะทำให้ภาพที่ได้มีสัญญาณรบกวน (noise) มากขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของภาพลดลงและอาจมีผลต่อการให้การวินิจฉัย จึงทำให้การตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสียังไม่เป็นที่นิยมมากนัก[15]

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสีในการวินิจฉัยนิ่วระบบทางเดินปัสสาวะ

วิธีการศึกษา

เป็นการศึกษาเชิงทดลองโดยใช้ historical control ทำการศึกษาในผู้ป่วยทุกรายที่อายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไปที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะทั้งแบบที่ฉีดและไม่ฉีดสารทึบรังสี เนื่องจากสงสัยนิ่วในทางเดินปัสสาวะ ณ โรงพยาบาลปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ตั้งแต่ 1 มิถุนายน - 31 ตุลาคม พ.ศ.2563 ร่วมกับเก็บข้อมูลย้อนหลังในผู้ป่วยที่อายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไปทุกรายที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะในช่วง 1 มกราคม พ.ศ.2559-31 พฤษภาคม พ.ศ.2563 (ซึ่งเป็นการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ) โดยมีเกณฑ์การคัดออก คือ ผู้ป่วยที่กำลังตั้งครรภ์ เนื่องจากรังสีเอ็กซ์อาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติหรือความพิการของทารกในครรภ์ได้[16]

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ Poletti, et al.[11] เรื่อง Low-dose versus standard-dose CT protocol in patients with clinically suspected renal colic พบว่า sensitivity ของ low-dose CT (30 mAs) ในการวินิจฉัยนิ่วขนาด 0-2.9 mm ในผู้ที่มีดัชนีมวลกาย < 30 kg/m^2 อยู่ที่ร้อยละ 63 (p1) และนิ่วขนาด >5 mm อยู่ที่ร้อยละ 100.0 (p2) ซึ่งสามารถนำมาคำนวณขนาดตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

สูตร[17]

$$n_1 = \left[\frac{z_{1-\alpha/2}* \sqrt{\bar{p}\bar{q} * (1+\frac{1}{r})} + z_{1-\beta}* \sqrt{p1*q1 +(\frac{p2 * q2}{r})}}{\Delta}\right]^2$$

p_1 = P(outcome|treatmemt), - p_2 = P(outcome|control)

r = n_2/ n_1, q_1 = 1 - p_1 , q_2 = 1 - p_2

$\bar{p}$= $\frac{p1 + rp2}{1+r}$, $\bar{q}$ = 1 - $\bar{p}$

โดยที่

$z_{1-\alpha/2}$ = probability of type I error (α = 0.05)หรือZ(0.975) จะได้ 1.96

$z_{1-\beta}$ = probability of type II error (β = 0.10) หรือ Z(0.90) จะได้ 1.28

r = สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้เท่ากันจะเท่ากับ 1

p_1 = 0.63, q_1 = 1 - 0.63 = 0.37

p_2 = 1.000, q_2 = 1 – 1.000 = 0

$\bar{p}$ = 0.815, $\bar{q}$ = 1 - 0.815 = 0.185

Δ = ค่าผลต่างระหว่าง p_1 กับ p_2 0.63 – 1.00 = 0.37

จะได้

$$n_1 = \left[\frac{1.96 * \sqrt{(0.815)(0.185) * (1+\frac{1}{1})} + 1.28 * \sqrt{0.63*0.37+(\frac{1.00 * 0}{1})}}{0.37}\right]^2$$

n_1 = 20

n_2 = r * n_1 = 20

ดังนั้นจำนวนขนาดตัวอย่างอย่างน้อยกลุ่มละ 20 ราย หรือจำนวนทั้งหมด 40 ราย

ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย ได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย (BMI) และข้อมูลด้านปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ ได้แก่ ดัชนีปริมาณรังสีเชิงปริมาตร (Volume computed tomography dose index : $CTDI_{vol}$) ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (Dose length product : DLP) และค่าปริมาณรังสียังผล (Effective dose) แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจทั้งสองเทคนิคมาเปรียบเทียบกันโดยข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยถูกจัดเก็บไว้ในระบบเวชระเบียนและข้อมูลด้านปริมาณรังสีถูกจัดเก็บไว้ในระบบจัดเก็บข้อมูลภาพดิจิตอลทางการแพทย์ของโรงพยาบาล (Picture archiving and communication system : PACS) มีรังสีแพทย์หนึ่งคนเป็นผู้แปรผลการตรวจและได้ทำการตรวจสอบความเที่ยงในการวินิจฉัยนิ่วของรังสีแพทย์ (intra-rater reliability) และระหว่างรังสีแพทย์กับแพทย์เจ้าของไข้ (inter-rater reliability) ร่วมด้วย

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ คือ 16-slice Toshiba Alexion มีค่า pitch อยู่ที่ 0.9 มิลลิเมตร เวลาที่ใช้ในการหมุนของหลอดเอกซเรย์และหัววัดรังสีรอบตัวผู้ป่วยครบ 360 องศา (rotation time) อยู่ที่ 0.75 วินาที

ในการตรวจ ผู้วิจัยจะกำหนดให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่ ที่ 120 kVp ตัวเครื่องจะมีการปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดเอกซเรย์ให้เหมาะสมกับความหนาของส่วนตรวจของผู้ป่วยแต่ละรายโดยอัตโนมัติ (Automatic tube current modulation) โดยอยู่ภายในช่วงกระแสที่กำหนด สำหรับการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ (Standard-dose technique)

ค่ากระแสจะอยู่ในช่วง 50-300 mA คิดเป็นปริมาณรังสีที่ผลิตออกมาจากหลอดเอกซเรย์ในช่วงระยะเวลาหนึ่งสูงสุดไม่เกิน 225 mAs (คำนวณจากค่ากระแสสูงสุด 300 mA คูณด้วย rotation time คือ 0.75 sec) แต่สำหรับการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี (Reduced-dose technique) ผู้วิจัยจะทำการลดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดเอกซเรย์ให้อยู่ในช่วง 30-100 mA ซึ่งคิดเป็นปริมาณรังสีที่ผลิตออกมาจากหลอดเอกซเรย์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง สูงสุดไม่เกิน 75 mAs (คำนวณจากค่ากระแสสูงสุด 100 mA คูณด้วย rotation time คือ 0.75 sec) ทำการตรวจผู้ป่วยในท่านอนหงาย ตัดภาพโดยมีขอบเขตของภาพ (field of view) ตั้งแต่ขอบบนของกระบังลม (diaphragm) ถึงขอบล่างของกระดูกหัวหน่าว (pubic symphysis) กำหนดความหนาของภาพ (slice thickness) ที่ใช้ในการแปรผลอยู่ที่ 1 มิลลิเมตร

สำหรับผู้ป่วยที่ตรวจโดยไม่ฉีดสารทึบรังสี หากตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี (30-100 mA) แล้วพบว่ามีนิ่วในทางเดินปัสสาวะ ผู้วิจัยจะไม่ทำการตรวจซ้ำ แต่หากไม่พบนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะจะทำการตรวจซ้ำโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ (50-300 mA) และสำหรับผู้ป่วยที่ตรวจโดยมีการฉีดสารทึบรังสี ผู้วิจัยจะทำการตรวจก่อนฉีดสารทึบรังสี (pre-contrast phase) โดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี (30-100 mA) และหลังฉีดสารทึบรังสี (post contrast phase) จะตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ (50-300 mA)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (IBM SPSS Statistics 26.0.0.0) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลด้านปริมาณรังสีด้วยสถิติเชิงพรรณนา คือ ค่าเฉลี่ย และร้อยละเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ลดลงจากการตรวจทั้งสองเทคนิค ด้วย independent t-test เปรียบเทียบข้อมูลเชิงคุณภาพระหว่างสองกลุ่มศึกษาโดยใช้ Fisher exact test และ chi-square test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value<0.05 และทำการประเมิน intra- and inter-rater reliability โดยใช้สถิติ Kappa งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการงานวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลปราสาท จังหวัดสุรินทร์แล้ว (PSH REC No.005/2563 และฉบับแก้ไข No.001/2564)

ผลการศึกษา

มีผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะทั้งสิ้นจำนวน 62 ราย (เป็นการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ 47 ราย และตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี 15 ราย) ตรวจพบนิ่วจำนวน 45 ราย ไม่พบนิ่ว 17 ราย ข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยอันได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย อาการและอาการแสดงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการตรวจทั้งสองเทคนิค (ตารางที่ 1)

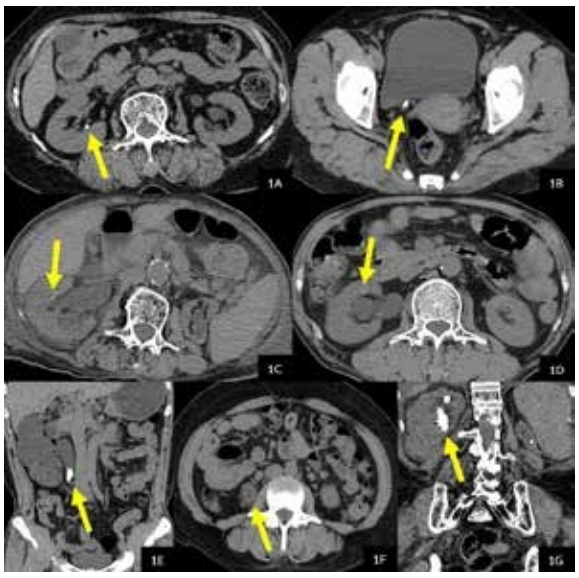
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยทั้งหมดที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะ ณ แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลปราสาท จังหวัดสุรินทร์ (มกราคม พ.ศ.2559 ถึง ตุลาคม พ.ศ.2563)

ข้อมูลทั่วไป	ผู้ป่วยทั้งหมดที่เข้ารับการตรวจ CT KUB (N = 62)			ผู้ป่วยทั้งหมดที่ตรวจพบนิ่ว		
	Standard (N = 47)	Low-dose (N = 15)	p-value	Standard (N = 33)	Low-dose (N = 12)	รวม (N = 45)
เพศ (จำนวน (ร้อยละ))						
ชาย	25 (53.2%)	7 (46.7%)	0.770	18 (54.5%)	6 (50%)	24 (53.3%)
หญิง	22 (46.8%)	8 (53.3%)		15 (45.5%)	6 (50%)	21 (46.7%)
อายุเฉลี่ย (ปี) (Mean ± SD)	60.6 ± 15.9	58.1 ± 9.9	0.569	60.9 ± 14.0	60.8 ± 8.6	60.9 ± 12.7
กลุ่มอายุ (ปี) (จำนวน (ร้อยละ))						
15-29	1 (2.1%)	0 (0%)	0.125	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
30-49	12 (25.5%)	2 (13.3%)		8 (24.2%)	0 (0%)	8 (17.8%)
50-69	18 (38.3%)	11 (73.3%)		14 (42.4%)	10 (83.3%)	24 (53.3%)
70-89	16 (34.0%)	2 (13.3%)		11 (33.3%)	2 (16.7%)	13 (28.9%)
ดัชนีมวลกายเฉลี่ย (kg/m²) (Mean ± SD)	22.6 ± 4.5	22.0 ± 4.1	0.628	22.8 ± 4.7	21.5 ± 3.9	22.5 ± 4.5
กลุ่มดัชนีมวลกาย (จำนวน (ร้อยละ))						
ต่ำกว่าเกณฑ์ (BMI < 18.5)	6 (12.8%)	3 (20.0%)	0.715	3 (9.1%)	3 (25.0%)	6 (13.3%)
สมส่วน (BMI 18.5-22.9)	17 (36.2%)	4 (26.7%)		14 (42.4%)	3 (25.0%)	17 (37.8%)
น้ำหนักเกิน (BMI 23.0-24.9)	11 (23.4%)	5 (33.3%)		7 (21.2%)	4 (33.3%)	11 (24.4%)
อ้วนระดับ 1 (BMI 25.0-29.9)	10 (21.3%)	3 (20.0%)		6 (18.2%)	2 (16.7%)	8 (17.8%)
อ้วนระดับ 2 (BMI ≥ 30)	3 (6.4%)	0 (0%)		3 (9.1%)	0 (0%)	3 (6.7%)
อาการ (จำนวน (ร้อยละ))						
Flank pain	13 (27.7%)	3 (20.0%)	0.747	10 (30.3%)	2 (16.7%)	12 (26.7%)
Urinary tract infection	15 (31.9%)	5 (33.3%)		9 (27.3%)	3 (25.0%)	12 (26.7%)
Hematuria	7 (14.9%)	4 (26.7%)		3 (9.1%)	4 (33.3%)	7 (15.6%)
Chronic kidney disease	3 (6.4%)	0 (0%)		2 (6.1%)	0 (0%)	2 (4.4%)
Obstructive uropathy	2 (4.3%)	0 (0%)		2 (6.1%)	0 (0%)	2 (4.4%)
Incidental findings	6 (12.8%)	2 (13.3%)		6 (18.2%)	2 (16.7%)	8 (17.8%)
Palpable abdominal mass	1 (2.1%)	1 (6.7%)		1 (3.0%)	1 (8.3%)	2 (4.4%)
ตำแหน่งนิ่ว (จำนวน (ร้อยละ))						
Renal calyx and pelvis				14 (42.4%)	3 (25.0%)	17 (37.8%)
Ureter				4 (12.1%)	3 (25.0%)	7 (15.6%)
Urinary bladder	-	-	-	1 (3.0%)	0 (0%)	1 (2.2%)
Both renal and ureter				12 (36.4%)	6 (50.0%)	18 (40.0%)
Renal, ureter and bladder				1 (3.0%)	0 (0%)	1 (2.2%)
Urethra				1 (3.0%)	0 (0%)	1 (2.2%)

สำหรับผู้ป่วยที่ตรวจพบนิ่วระบบทางเดินปัสสาวะ (45 ราย) พบว่าเป็นผู้ป่วยเพศชายมากกว่าเพศหญิงเล็กน้อย (ร้อยละ 53.3 : 46.7) ผู้ป่วยส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มอายุ 50-69 ปี (ร้อยละ 53.3) รองลงมาคือกลุ่มอายุ 70-89 ปี (ร้อยละ 28.9) และกลุ่มอายุ 30-49 ปี (ร้อยละ 17.8) ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีดัชนีมวลกายอยู่ในกลุ่มน้ำหนักสมส่วน (ร้อยละ 37.8) รองลงมาคือ กลุ่มน้ำหนักเกิน (ร้อยละ 24.4) กลุ่มอ้วนระดับ 1 (ร้อยละ 17.8) กลุ่มน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 13.3) และกลุ่มอ้วนระดับ 2 (ร้อยละ 6.7) อาการและอาการแสดงที่สำคัญ

สี่อันดับแรกคือ ติดเชื้อในทางเดินปัสสาวะ (ร้อยละ 26.7) ปวดบริเวณเอวหรือสีข้าง (ร้อยละ 26.7) ตรวจพบโดยบังเอิญจากการอัลตราซาวด์ (ร้อยละ 17.8) และปัสสาวะเป็นเลือด (ร้อยละ 17.7)

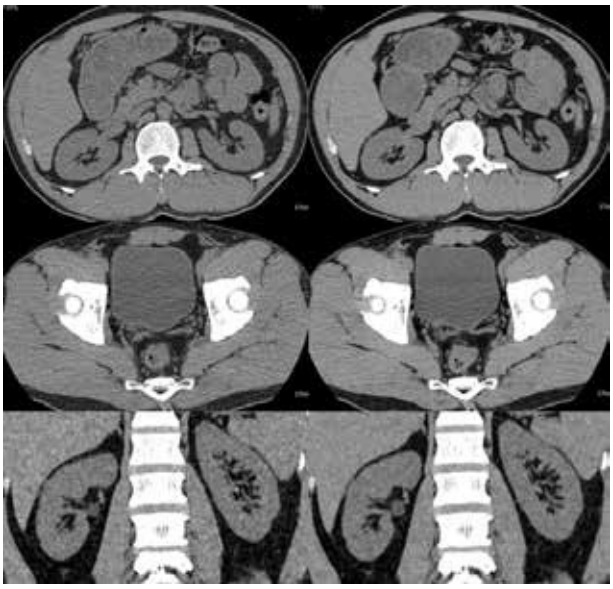
สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี (15 ราย) พบว่ามีผู้ป่วยที่ตรวจพบนิ่วจำนวน 12 ราย (แบ่งเป็นพบนิ่วในกรวยไตเพียงตำแหน่งเดียว 3 ราย พบนิ่วในท่อไตเพียงตำแหน่งเดียว 3 ราย และพบนิ่วทั้งในกรวยไตและท่อไต 6 ราย ตารางที่ 1) และไม่พบนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะจำนวน 3 ราย โดยขนาดของนิ่วที่เล็กที่สุดที่ให้การวินิจฉัยได้อยู่ที่ 1 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังสามารถให้การวินิจฉัยความผิดปกติอื่นที่เกี่ยวข้องกับการมีนิ่วหรือภาวะอุดกั้นทางเดินปัสสาวะร่วมด้วยได้เช่น ภาวะไตบวมน้ำ (hydronephrosis) ภาวะท่อไตโป่งพอง (hydroureter) และ perinephric หรือ periureteric fat stranding โดยพบภาวะไตบวมน้ำหรือภาวะไตบวมน้ำร่วมกับภาวะท่อไตโป่งพองในผู้ป่วยทุกรายที่มีนิ่วอุดกั้นในท่อทางเดินปัสสาวะ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 (A-G) ภาพนิ่วที่ตำแหน่งต่างๆ ในระบบทางเดินปัสสาวะและความผิดปกติที่พบร่วม
1A, 1G : แสดงนิ่วในไตขวา (caliceal stone)
1B : แสดงนิ่วตรงรอยต่อของท่อไตขวากับกระเพาะปัสสาวะ (ureterovesical junction stone)
1C, 1D : แสดงขนาดของนิ่วที่เล็กที่สุดที่สามารถวินิจฉัยได้ (1 มิลลิเมตร) ร่วมกับมีภาวะไตขวาบวมน้ำ (hydronephrosis)
1E : แสดงนิ่วที่ท่อไตขวาส่วนต้น (ureteric stone) ร่วมกับมีภาวะไตบวมน้ำและท่อไตโป่งพอง
1F : แสดงภาวะท่อไตขวาโป่งพอง (hydroureter) ร่วมกับมี periureteric fat stranding

สำหรับผู้ป่วยจำนวน 3 ราย ที่ไม่พบนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะจากการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี ทางผู้วิจัยได้ทำการตรวจซ้ำโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ เมื่อทำการแปรผลก็ไม่พบนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะในผู้ป่วยทั้ง 3 รายเช่นกัน ซึ่งผลการวินิจฉัยที่ได้นั้นตรงกันในการตรวจทั้งสองเทคนิค (ภาพที่ 2) โดยพบว่า 1 ราย มีภาวะไตบวมน้ำและท่อไตโป่งพองอันมีสาเหตุ มาจากท่อไตส่วนปลายตีบ (distal ureteric stenosis) ส่วนอีก 1 ราย มีภาวะไตบวมน้ำและท่อไตโป่งพองจากการที่มีก้อนอยู่ในกระเพาะปัสสาวะและอุดกั้นตรงจุดที่ท่อไตต่อเข้ากับกระเพาะปัสสาวะ (ureterovesical junction) และอีก 1 ราย ไม่พบว่ามีก้อนหรือนิ่วการอุดกั้นท่อทางเดินปัสสาวะ

นอกจากนี้ในจำนวนผู้ป่วย 4 ใน 15 ราย ที่ตรวจด้วยเทคนิคลดปริมาณรังสีได้รับการตรวจโดยมีการฉีดสารทึบรังสีร่วมด้วย (ก่อนฉีดสารทึบรังสี เป็นการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี และหลังการฉีดสารทึบรังสี เป็นการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ) เมื่อแปรผลพบว่าทั้ง 4 ราย มีนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะ ซึ่งให้ผลการวินิจฉัยที่ตรงกันในการตรวจทั้งสองเทคนิค



ภาพที่ 2 ภาพ axial และ coronal planes บริเวณไตและอุ้งเชิงกราน ที่ได้จากการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี (ภาพซ้าย) เทียบกับการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ (ภาพขวา) ซึ่งไม่พบนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะจากการตรวจทั้งสองเทคนิค โดยพบว่ารูปด้านซ้ายจะมีภาพที่หยาบกว่าหรือมีสัญญาณรบกวนในภาพ (noise) มากกว่ารูปด้านขวาแต่ยังมีคุณภาพดีเพียงพอสามารถที่จะให้การวินิจฉัยนิ่วได้

ในส่วนของผลการวินิจฉัยนิ่วระบบทางเดินปัสสาวะ ได้มีการตรวจสอบความเที่ยงภายในผู้ประเมิน (intra-rater reliability) คือรังสีแพทย์ และความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) คือรังสีแพทย์และแพทย์เจ้าของไข้ด้วยสถิติ Kappa พบว่าค่า Kappa อยู่ที่ 1.0 (Sig. = 0.000) ทั้ง intra-rater และ inter-rater reliability คือมีระดับความสอดคล้องมากที่สุด (almost perfect) ตามแนวทางของ McHugh (2012) คิดเป็นความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 100

สำหรับข้อมูลด้านปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะ อันได้แก่ $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ลดลงจากการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสีกับการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ (ตารางที่ 2 และแผนภูมิที่ 1-3) จะพบว่าการตรวจด้วยเทคนิคลดปริมาณรังสีจะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณ $CTDI_{vol}$ ลดลงร้อยละ 48.0 (p-value<0.001), DLP ลดลงร้อยละ 51.5 (p-value<0.001) และปริมาณรังสียังผล ลดลงร้อยละ 51.5 (p-value <0.001) และหากจำแนกตามดัชนีมวลกายจะพบว่า $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจโดยใช้เทคนิคการลดปริมาณรังสี จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่มีน้ำหนักสมส่วน กลุ่มที่มีน้ำหนักเกิน และกลุ่มอ้วนระดับ 1 (p-value <0.001, และ p-value ของ $CTDI_{vol}$ ในกลุ่มน้ำหนักสมส่วน = 0.003) โดยผู้ป่วยจะได้รับ $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลลดลงร้อยละ 41.7-54.1, 49.2-56.4 และ 49.2-56.4 ตามลำดับ แต่ปริมาณรังสีดังกล่าวจะลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญในผู้ป่วยกลุ่มที่มีน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ โดย $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลลดลงเพียงร้อยละ 14.9, 13.8 และ 14.0 เท่านั้น (p-value>0.05)

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าเฉลี่ยของ $CTDI_{vol}$, DLP, Effective dose และร้อยละของปริมาณรังสีที่ลดลง จากการตรวจเอกซเรย์ฟคอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะโดยการใช้เทคนิคลดปริมาณรังสีเทียบกับการตรวจด้วยปริมาณรังสีปกติ

BMI (kg/m^2)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ (หน่วย)											
	$CTDI_{vol}$ (mGy)				DLP ($Gy.cm^2$)				Effective dose (Sv)			
	STD*	LD†	% ลด‡	p§	STD*	LD†	% ลด‡	p§	STD*	LD†	% ลด‡	p§
ไม่แบ่งตาม BMI	15.8	8.2	48.0	<0.001	623.7	302.4	51.5	<0.001	9.4	4.5	51.5	<0.001
แบ่งตาม BMI												
< 18.5	9.5	8.1	14.9	0.441	351.1	302.7	13.8	0.564	5.3	4.5	14.0	0.564
18.5-22.9	14.0	8.2	41.7	0.003	552.4	280.8	49.2	<0.001	8.3	4.2	49.2	<0.001
23.0-24.9	18.0	8.3	53.6	<0.001	703.0	306.9	56.4	<0.001	10.6	4.6	56.4	<0.001
25.0-29.9	18.2	8.4	54.1	<0.001	724.4	323.5	55.4	<0.001	10.9	4.9	55.3	<0.001
> 30	23.2	-	-	-	947.1	-	-	-	14.2	-	-	-

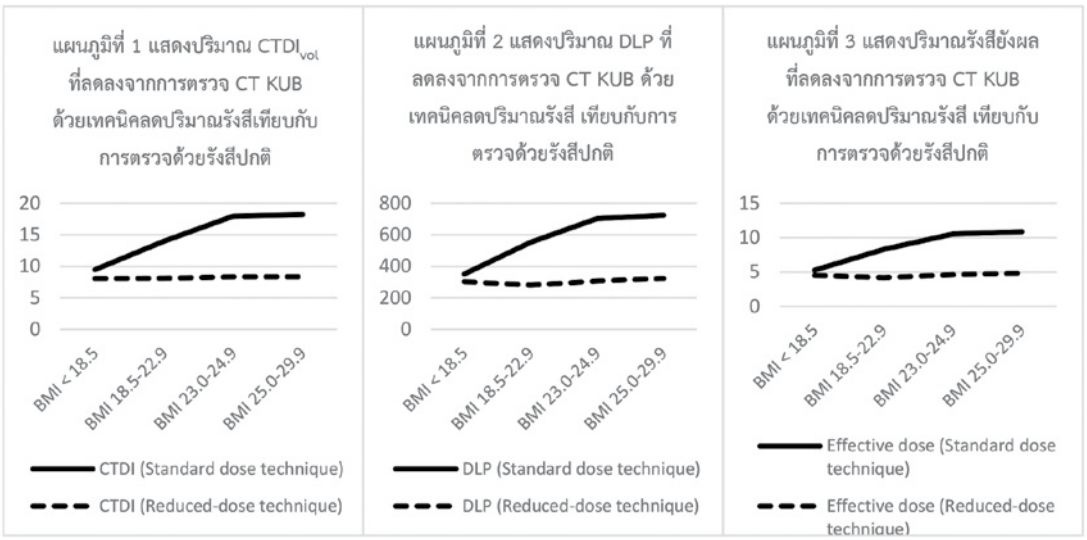
*STD = Standard dose,

†LD = Low dose,

‡% ลด = ร้อยละปริมาณรังสีที่ลดลง,

§p-value at 95%CI (Independent T-Test)

แผนภูมิที่ 1-3 $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผล ที่ลดลงจากการตรวจ CT KUB ด้วยเทคนิคลดปริมาณรังสีเทียบกับการตรวจด้วยรังสีปกติ



จะมีภาวะแคลเซียมและออกซาเลตในปัสสาวะสูงจากกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกาย สำหรับอาการและอาการแสดงในผู้ป่วยแต่ละรายจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตำแหน่งของนิ่วโดยอาจไม่มีอาการเลย แต่ตรวจพบโดยบังเอิญจากการตรวจอื่นๆ ทางรังสีวิทยา ไปจนถึงมีอาการ เช่น ติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ ปัสสาวะแสบขัด ปวดบริเวณสีข้าง ปัสสาวะเป็นเลือด เป็นต้น

จากการศึกษาข้อมูลด้านปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี พบว่าค่า $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผล จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามดัชนีมวลกายของผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการตรวจด้วยเทคนิคลดปริมาณรังสีหรือการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chan et al.[19] แต่การตรวจด้วยเทคนิคลดปริมาณรังสีจะทำให้ผู้ป่วยได้รับ $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลลดลงอย่างมีนัยสำคัญร้อยละ 48.0, 51.5 และ 51.5 ตามลำดับ (กรณีไม่แบ่งตามดัชนีมวลกาย) และหากจำแนกตามดัชนีมวลกายจะพบว่าค่าเฉลี่ยของ $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสี จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในผู้ป่วยที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในกลุ่มน้ำหนักสมส่วน กลุ่มน้ำหนักเกิน และกลุ่มอ้วนระดับ 1 โดย $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลลดลงอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 41.7-54.1, 49.2-56.4 และ 49.2-56.4 ตามลำดับ

แต่ขณะเดียวกันก็พบว่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจะลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญในกลุ่มที่มีน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์คาดว่าเนื่องจากผู้ป่วยในกลุ่มนี้มักมีรูปร่างผอม ร่วมกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ตรวจมีระบบการปรับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดเอกซเรย์ให้เหมาะสมกับความหนาของส่วนตรวจโดยอัตโนมัติ (Automatic tube current modulation) ดังนั้นการตรวจโดยการใช้ปริมาณรังสีปกติจะทำให้ผู้ป่วยได้รับรังสีในปริมาณที่น้อยอยู่เดิมแล้ว ส่งผลให้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจทั้งสองเทคนิควิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (โดยผู้ป่วยได้รับ $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลลดลงเพียงร้อยละ 14) ซึ่งจะเห็นได้ว่ายิ่งผู้ป่วยมีดัชนีมวลกายสูงก็ยิ่งมีแนวโน้มที่จะได้รับประโยชน์จากการตรวจโดยใช้เทคนิคลดปริมาณรังสีมาก โดยมีแนวโน้มที่จะได้รับปริมาณรังสีลดลงเป็นสัดส่วนมากกว่าผู้ป่วยที่มีดัชนีมวลกายน้อย

ส่วนข้อมูลในกลุ่มอ้วนระดับ 2 หรือโรคอ้วนอันตรายนั้น ยังมีข้อจำกัดในการศึกษา เนื่องจากไม่มีผู้ป่วยรายใดที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในกลุ่มนี้

แม้ว่าการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะโดยใช้เทคนิคการลดปริมาณรังสี จะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีลดลง แต่ภาพที่ได้จากการตรวจโดยวิธีนี้จะมีสัญญาณรบกวน (noise) มากกว่า ส่งผลให้มีความคมชัดของภาพ (resolution) น้อยกว่าการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้พบว่าภาพที่ได้ก็ยังคงมีคุณภาพดีใกล้เคียงกับภาพที่ได้จากการตรวจโดยใช้ปริมาณรังสีปกติ สามารถให้การวินิจฉัยนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะและความผิดปกติอื่นๆ ที่พบร่วมกับการมีการอุดกั้นทางเดินปัสสาวะได้ โดยขนาดของนิ่วที่เล็กที่สุดที่สามารถให้การวินิจฉัยได้มีขนาดเพียง 1 มิลลิเมตร และยังสามารถให้ผลการวินิจฉัยนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะได้ตรงกัน จากการตรวจทั้งสองเทคนิคอีกด้วย

การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีจำนวนผู้ป่วยที่แพทย์ส่งตรวจน้อย และผู้วิจัยจำเป็นต้องหยุดเก็บข้อมูลหลังจากเดือนตุลาคมเป็นต้นไป เนื่องจากมีการเปลี่ยนเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ใหม่ซึ่งไม่สามารถปรับตั้งค่าการตรวจให้เหมือนเครื่องเดิมได้ แต่งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางนำไปปรับใช้กับเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เครื่องใหม่ รวมถึงการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบอื่นๆ ต่อไป

สรุป

การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบทางเดินปัสสาวะแบบไม่ฉีดสารทึบรังสีโดยใช้เทคนิคการลดปริมาณรังสี (30-100 mA) จะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีลดลงสูงสุดประมาณร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการตรวจแบบเดิมที่ใช้ปริมาณรังสีปกติ (ค่า $CTDI_{vol}$, DLP และปริมาณรังสียังผลลดลงสูงสุดร้อยละ 54.1, 56.4 และ 56.4 ตามลำดับ) โดยภาพที่ได้ยังคงมีคุณภาพดีและสามารถให้ผลการวินิจฉัยนิ่วในทางเดินปัสสาวะได้ตรงกันกับการตรวจที่ใช้ปริมาณรังสีปกติ

เอกสารอ้างอิง

1. Wells CC, Chandrashekar KB, Jyothirmayi GN. Kidney Stones: Current Diagnosis and Management. Clinician Rev 2012;22(2):31-37.
2. Romero V, Akpinar H, Assimos DG. Kidney stones: a global picture of prevalence, incidence, and associated risk factors Rev Urol 2010;12(2-3):e86-96.
3. Liu Y, Chen Y, Liao B, Luo D, Wang K, Li H, et al. Epidemiology of urolithiasis in Asia. Asian J Urol 2018;5(4):205-14.
4. Leusmann DB, Niggemann H, Roth S, von Ahlen H. Recurrence rates and severity of urinary calculi. Scand J Urol Nephrol 1995;29(3):279-83.
5. ปิยะรัตน์ โตสุโขวงศ์, ฉัตรชัย ยาจันทร์ทา, ทศพล ศศิวงศ์ภักดี, ชาญชัย บุญหล้า, เกรียง ตั้งสง่า. โรคนิ่วไต : พยาธิสรีระวิทยา การรักษาและการสร้างเสริมสุขภาพ. Chula Med J 2006;50(2): 103-26.
6. Gervaise A, Gervaise-Henry C, Pernin M, Naulet P, Junca-Laplace C, Lapierre-Combes M. How to perform low-dose computed tomography for renal colic in clinical practice. Diagn Interv Imaging 2016;97(4): 393-400.
7. Ziemba JB, Matlaga BR. Epidemiology and economics of nephrolithiasis. Investig Clin Urol 2017;58(5):299-306.
8. Rodger F, Roditi G, Aboumarzouk OM. Diagnostic Accuracy of Low and Ultra-Low Dose CT for Identification of Urinary Tract Stones: A Systematic Review Urol Int 2018; 100(4):375-385.
9. Sung MK, Singh S, Kalra MK. Current status of low dose multi-detector CT in the urinary tract. World J Radiol 2011;3(11):256-65.
10. Albert JM. Radiation risk from CT: implications for cancer screening. AJR Am J Roentgenol 2013;201(1):W81-7.
11. Poletti PA, Platon A, Rutschmann OT, Schmidlin FR, Iselin CE, Becker CD. Low-dose versus standard-dose CT protocol in patients with clinically suspected renal colic. AJR Am J Roentgenol 2007;188(4):927-33.
12. Faiq SM, Naz N, Zaidi FB, Rizvi A. Diagnostic accuracy of ultrasound & X-Ray KUB in Ureteric Colic taking CT as gold standard. IJEHSR 2014;2(1):22-7.
13. Weisenthal K, Karthik P, Shaw M, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield M, Burleson J, et al. Evaluation of Kidney Stones with Reduced-Radiation Dose CT: Progress from 2011-2012 to 2015-2016-Not There Yet. Radiology 2018;286(2):581-9.
14. Nagel HD. 3 CT parameters that influence the radiation dose. In: Track D, Gevenois PA,editors. Radiation dose from adult and pediatric multidetector computed tomography. Heidelberg: Springer; 2017: 51-79.

15. Goldman LW. Principles of CT: radiation dose and image quality. J Nucl Med Technol 2007;35(4):213-25.
16. Wang PI, Chong ST, Kielar AZ, Kelly AM, Knoepp UD, Mazza MB, et al. Imaging of pregnant and lactating patients: part 1, evidence-base review and recommendations. AJR Am J Roentgenol 2012;198(4):778-84.
17. Bernard B. Fundamentals of Biostatistics. 5th. ed. Duxbery: Thomson learning; 2000: 384-5.
18. Taylor EN, Stampfer MJ, Curhan GC. Obesity, weight gain, and the risk of kidney stones. JAMA 2005;293(4):455-62.
19. Chan VO, McDermott S, Buckley O, Allen S, Casey M, O'Laoide R, et al. The relationship of body mass index and abdominal fat on the radiation dose received during routine computed tomographic imaging of the abdomen and pelvis. Can Assoc Radiol J 2012;63(4):260-6.