ความไวและความจำเพาะของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบจำกัดระยะสแกนสำหรับการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน

ธีรารัตน์ มั่นมณี พ.บ.
กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลกระบี่

บทคัดย่อ

ที่มา: การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีบทบาทสำคัญในการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันมากขึ้น การจำกัดระยะสแกนให้ครอบคลุมเฉพาะส่วนที่สนใจ เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับ ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาว่า การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบจำกัดระยะสแกน สามารถให้ผลการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันได้ดีหรือไม่

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความไวและความจำเพาะของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบจำกัดระยะสแกนสำหรับการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน

วิธีการศึกษา: เป็นการศึกษาย้อนหลังในผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่โรงพยาบาลกระบี่ ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2566 ถึง 30 กันยายน 2566 ด้วยอาการที่สงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน จำนวน 270 ราย โดยนำภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของผู้ป่วยมาจำกัดระยะสแกนให้จุดสูงสุดอยู่ที่ระดับขอบบนของกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อที่ 3 และจุดต่ำสุดอยู่ที่ระดับขอบบนของจุดเชื่อมกระดูกหัวหน่าว แล้วแปลผลภาพดังกล่าวเปรียบเทียบกับการวินิจฉัยขั้นสุดท้าย

ผลการศึกษา: การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบจำกัดระยะสแกนสามารถครอบคลุมไส้ติ่งหรือลำไส้ใหญ่ส่วนต้นได้ทั้งหมดในผู้ป่วย 269 ราย (99.63%) ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยว่ามีภาวะไส้ติ่งอักเสบ 94 ราย (34.81%) มีโรคอื่น 73 ราย (27.04%) และไม่พบความผิดปกติหรือไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่ชัด 103 ราย (38.15%) ซึ่งการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันด้วยการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบจำกัดระยะสแกน มีค่าความไว 92.86% ความจำเพาะ 98.26% ค่าทำนายผลบวก 96.81% และ ค่าทำนายผลลบ 96.02%

สรุป: การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ให้ครอบคลุมจากระดับขอบบนของกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อที่ 3 ถึงระดับขอบบนของจุดเชื่อมกระดูกหัวหน่าว เพียงพอต่อการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน

คำสำคัญ: ไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน, เอกซเรย์คอมพิวเตอร์, การจำกัดระยะสแกน

รับบทความ: 3 มกราคม 2567
ปรับแก้บทความ: 14 พฤษภาคม 2567
ตอบรับการตีพิมพ์: 28 พฤษภาคม 2567

Sensitivity and specificity of focused CT for the diagnosis of acute appendicitis

Theerarat Manmanee MD.
Department of Radiology, Krabi Hospital

Abstract

Background: Contrast-enhanced CT abdomen and pelvis plays the key role in the workup of acute appendicitis. With increasing rates of CT scans, concerns about the risks from radiation exposure are also increased. Focused CT is one of alternative protocols that has been suggested considering to radiation dosage. Therefore, accuracy of focused CT for the diagnosis of acute appendicitis was studied.

Objective: To determine accuracy of focused CT for the diagnosis of acute appendicitis

Method: Retrospective review of 270 patients with CT scans for evaluation of suspected appendicitis in Krabi hospital from April 2023 to September 2023 were included in this study. From those CTs, we reconstructed images with limited scan range from superior border of L3 to superior border of pubic symphysis which served as the focused CT. These focused CTs were reviewed, assessing for appendix visualization and diagnosis of acute appendicitis or other diseases. The reference standard was obtained from medical records, intra-operative findings, and/or histopathology.

Results: The appendix was completely covered by focused CT in 269 cases and partially covered in 1 case. 94 cases (34.81%) showed acute appendicitis, 73 cases (27.04%) showed other diseases, whereas 103 cases (38.15%) showed no relevant findings. The sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value of focused CT were 92.86%, 98.26%, 96.81%, and 96.02%, respectively.

Conclusion: For the diagnosis of acute appendicitis, CT scan range can be limited to cover from superior border of L3 to superior border of pubic symphysis.

Keywords: Acute appendicitis, Computed tomography, Focused CT

Received: January 3, 2024.
Revised: May 14, 2024.
Accepted: May 28, 2024.

บทนำ

ไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน เป็นสาเหตุของอาการปวดท้องด้านขวาล่างแบบเฉียบพลันที่เป็นข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดช่องท้องฉุกเฉินที่พบได้บ่อยที่สุด[1] มีการศึกษาในปี 2562 พบว่า ประเทศไทยมีผู้ป่วยภาวะไส้ติ่งอักเสบ 163,025 ราย หรือคิดเป็น 246.1 ต่อประชากร 100,000 คน โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของโรค ประมาณ 8.4% ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา[2]

เดิมที การวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันจะประเมินผู้ป่วยจากลักษณะอาการ อาการแสดง และการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งพบว่าการประเมินจากลักษณะดังกล่าว ไม่มีทั้งความไว และความจำเพาะ ที่เพียงพอสำหรับการวินิจฉัย มีผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการรักษาที่ล่าช้า และเกิดการผ่าตัดโดยไม่จำเป็น[3] การส่งตรวจทางรังสีวิทยา จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการวินิจฉัยผู้ป่วยที่สงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน และผู้ป่วยที่มีอาการปวดท้องน้อยด้านขวาแบบไม่จำเพาะอื่น ๆ[4] ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มความมั่นใจในการวินิจฉัยไส้ติ่งอักเสบหรือโรคอื่นที่ทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการแล้ว ยังช่วยแยกระหว่างผู้ป่วยที่มีความซับซ้อนและผู้ป่วยที่ไม่มีความซับซ้อนในกรณีที่พบภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันได้อีกด้วย ใน American College of Radiology (ACR) Appropriateness Criteria ฉบับล่าสุด[5] ระบุว่าการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computed tomography; CT) บริเวณช่องท้องและอุ้งเชิงกรานร่วมกับการฉีดสารทึบรังสีทางหลอดเลือดดำ ถือเป็นวิธีการตรวจหลัก และเหมาะสมที่สุด สำหรับผู้ป่วยที่สงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบ ไม่ว่าจะมีอาการที่จำเพาะหรือไม่จำเพาะกับภาวะนี้ก็ตาม

ด้วยความแพร่หลายของการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน รวมถึงประโยชน์ของการตรวจทางรังสีวิทยาที่ได้กล่าวมา ทำให้การส่งตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพื่อวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้การตระหนักถึงอันตรายจากการได้รับรังสีและอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้สารทึบรังสีของผู้ป่วยมากขึ้นตามมาด้วยเช่นกัน จึงได้เกิดความพยายามในการคิดเทคนิคการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบอื่น ๆ เพื่อที่จะช่วยลดความเสี่ยงจากอันตรายดังกล่าว เช่น การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบใช้ปริมาณรังสีต่ำ (Low-dose CT)[6-8] หรือ การจำกัดระยะสแกนในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ให้ครอบคลุมเฉพาะส่วนที่สนใจ (Focused CT)[9-12] ซึ่งทั้งสองวิธีนี้มีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับจากการตรวจ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวยังไม่ได้ถูกนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติมากนัก

Focused CT คือวิธีการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ลดระยะของการสแกนลงให้ครอบคลุมเฉพาะบริเวณหรืออวัยวะที่สงสัยว่ามีความผิดปกติ ส่งผลให้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับจากการตรวจลดลงและยังสามารถลดความเสี่ยงจากการรับรังสีของอวัยวะข้างเคียงที่อยู่นอกบริเวณที่ทำการตรวจได้ด้วย โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ Focused CT สำหรับการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันก่อนหน้านี้ พบว่า สามารถให้ผลการวินิจฉัยได้ดี มีค่าความไวอยู่ในช่วง 93%-100% ค่าความจำเพาะอยู่ในช่วง 93%-99% และมีค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 95%-100%[5,11,12]

จากข้อมูลของโรงพยาบาลกระบี่ พบว่าแผนการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT protocol) ในผู้ป่วยที่สงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ การวินิจฉัยแยกโรค สภาพของผู้ป่วย รวมไปถึงดุลยพินิจของรังสีแพทย์และแพทย์ที่ทำการตรวจรักษาแต่ละท่าน ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาว่าการใช้ Focused CT ในผู้ป่วยกลุ่มนี้ สามารถให้ผลการตรวจที่เทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับการตรวจด้วย

แผนการตรวจปกติของโรงพยาบาลหรือไม่ เพื่อช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับรังสีแพทย์และแพทย์ที่ทำการตรวจรักษาในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีตรวจนี้ และเพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณรังสีให้กับผู้ป่วย โดยที่ไม่มีการลดทอนความถูกต้องในการวินิจฉัยโรค

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความไวและความจำเพาะของ Focused CT สำหรับการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน

วัสดุและวิธีการศึกษา

จริยธรรมวิจัย

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลสุราษฎร์ธานี COA 127/2566 เลขที่โครงการวิจัย REC 66-0095

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ศึกษา คือผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาลกระบี่ ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2566 ถึง 30 กันยายน 2566 โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก ดังนี้

- เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มประชากร (Inclusion criteria)

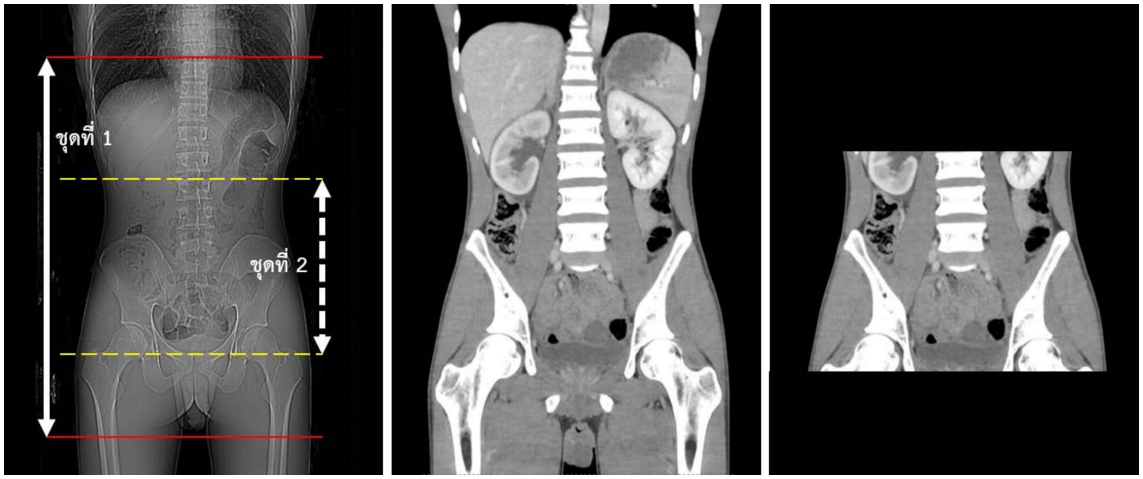
เป็นผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจวินิจฉัยด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์บริเวณช่องท้อง เนื่องจากมีอาการที่สงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน หรืออาการปวดท้องลักษณะอื่นที่ไม่สามารถแยกภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันออกไปได้

- เกณฑ์การคัดออกกลุ่มประชากร (Exclusion criteria)

1. ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพื่อติดตามอาการหลังจากรับการรักษาด้วยยาแล้ว
2. ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยไม่มีการฉีดสารทึบรังสีเข้าทางหลอดเลือดดำ
3. ผู้ป่วยที่มีภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ไม่ครอบคลุมส่วนที่ต้องการศึกษา

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาย้อนหลังโดยใช้ข้อมูลจากเวชระเบียนผ่านระบบสารสนเทศของโรงพยาบาล (Hospital Information System; HIS) และ ระบบการจัดเก็บและแสดงข้อมูลภาพทางรังสีวิทยา (Picture Archive and Communication System; PACS) โดยผู้วิจัยทำการรวบรวมกลุ่มประชากรที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์บริเวณช่องท้อง โดยการค้นหาผู้ป่วยผ่านระบบ PACS ด้วยการใช้คำค้นหาว่า “appendicitis” ในช่องค้นหาหมวด Study Comment ซึ่งแสดงถึงข้อมูลในใบส่งตรวจจากแพทย์ผู้ทำการตรวจรักษา และ ช่องค้นหาหมวด Report Text ซึ่งแสดงถึงข้อมูลในผลการอ่านภาพจากรังสีแพทย์ จากนั้นนำภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หลังฉีดสารทึบรังสีเข้าทางหลอดเลือดดำ (Portovenous phase) ของผู้ป่วยแต่ละรายเตรียมเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 เป็นภาพทั้งหมดจากการตรวจตามแผนการตรวจปกติ (Full-length CT) และ ชุดที่ 2 เป็นภาพ Focused CT ซึ่งสร้างขึ้นใหม่จากภาพชุดที่ 1 โดยกำหนดให้จุดสูงสุดของการสแกนภาพอยู่ที่ระดับขอบบนของกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อที่ 3 (L3) และจุดต่ำสุดของการสแกนภาพอยู่ที่ระดับขอบบนของจุดเชื่อมกระดูกหัวหน่าว (Pubic symphysis) (ภาพที่ 1)



ก. ข. ค.

ภาพที่ 1 แสดงขอบเขตภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์: ก. ภาพบอกตำแหน่ง (Scout image) ที่ใช้ในการกำหนดจุดสูงสุดและต่ำสุดของการสแกนภาพสำหรับแผนการตรวจปกติ (เส้นทึบสีแดง) และสำหรับ Focused CT (เส้นประสีเหลือง), ข. ตัวอย่างขอบเขตของภาพที่ได้จากแผนการตรวจปกติ (ภาพชุดที่ 1), ค. ตัวอย่างขอบเขตของภาพที่ได้จากการจำกัดระยะสแกน (ภาพชุดที่ 2)

รังสีแพทย์ผู้วิจัย จะทำการแปลผลภาพทางรังสีวิทยา โดยอ่านผลภาพชุดที่ 2 ก่อน เพื่อประเมินว่ามีภาวะไส้ติ่งอักเสบหรือมีโรคอื่นที่ทำให้ผู้ป่วยมีอาการหรือไม่ โดยลักษณะภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันประกอบด้วย ขนาดของไส้ติ่งขยายขึ้นมากกว่า 6 มิลลิเมตร ผนังไส้ติ่งหนาขึ้นมากกว่า 2 มิลลิเมตร และมีการอักเสบของเนื้อเยื่อไขมันที่อยู่โดยรอบไส้ติ่ง รวมถึงลักษณะอื่น ๆ ที่ช่วยบอกความซับซ้อนของโรค เช่น การพบหนองที่บริเวณท้องน้อยด้านขวา และการพบหินปูนที่อุดกั้นภายในไส้ติ่ง[13] หลังจากนั้นจึงอ่านผลภาพชุดที่ 1 เพื่อประเมินว่าผลการวินิจฉัยสอดคล้องกับภาพชุดที่ 2 หรือไม่ และพบความผิดปกติอื่น ๆ ที่พลาดการวินิจฉัยไปจากภาพชุดที่ 2 หรือไม่ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะต้องไม่ทราบผลการวินิจฉัยขั้นสุดท้ายของผู้ป่วยแต่ละรายในขณะที่ทำการแปลผล

หลังจากนั้น ผู้วิจัยจะทำการรวบรวมข้อมูลการรักษา ผลการผ่าตัด และ/หรือ ผลทางพยาธิวิทยาของผู้ป่วยแต่ละราย โดยการค้นหาข้อมูลจากระบบ HIS เพื่อสรุปเป็นผลการวินิจฉัยขั้นสุดท้ายของผู้ป่วย ซึ่งจะใช้เป็นตัวอ้างอิงว่า การแปลผลภาพทางรังสีวิทยามีความถูกต้องหรือไม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความไว (Sensitivity), ความจำเพาะ (Specificity), ค่าทำนายผลบวก (Positive Predictive Value), และ ค่าทำนายผลลบ (Negative Predictive Value) จากผลการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบด้วย Focused CT เปรียบเทียบกับผลวินิจฉัยขั้นสุดท้าย โดยแสดงข้อมูลในรูปแบบร้อยละ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Confidence Interval; CI) ซึ่งการคำนวณ 95% CI สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 23

ผลการศึกษา

ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

จากการรวบรวมข้อมูล มีผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 279 ราย ในจำนวน

นี้มีผู้ป่วยถูกคัดออก 9 ราย ได้แก่ ผู้ที่ได้รับการตรวจเพื่อติดตามอาการ 3 ราย ผู้ที่ได้รับการตรวจโดยไม่มีการฉีดสารทึบรังสีเข้าทางหลอดเลือดดำ 5 ราย และผู้ป่วยที่มีภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ไม่ครอบคลุมส่วนที่ต้องการศึกษา 1 ราย เหลือจำนวนผู้ป่วยทั้งสิ้น 270 ราย โดยแบ่งเป็น เพศชาย 95 ราย (35.19%) เพศหญิง 175 ราย (64.81%) และมีช่วงอายุระหว่าง 3 – 89 ปี (เฉลี่ย 32.51 ± 20.65 ปี)

อาการแสดงทางคลินิกที่พบ ได้แก่ ปวดท้องน้อยด้านขวาเฉพาะที่ จำนวน 197 ราย (72.96%) ปวดท้องน้อยด้านขวาร่วมกับบริเวณอื่น จำนวน 58 ราย (21.48%) และ ปวดบริเวณอื่นนอกเหนือจากท้องน้อยด้านขวา จำนวน 15 ราย (5.56%)

ข้อมูลเทคนิคทางรังสีวิทยา (ตารางที่ 1)

ผู้ป่วยทุกรายได้รับการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน (Aquilion Lightning 160 slice / 80 detector row Ultras Helical CT, Canon Medical Systems Corporation, Japan) แบ่งเป็นการตรวจช่องท้องส่วนล่าง (CT lower abdomen) 193 ราย (71.48%) และช่องท้องทั้งหมด (CT whole abdomen) 77 ราย (28.52%) โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวของการสแกน (Scan length) เท่ากับ 36.77 ± 5.10 เซนติเมตร และ 45.88 ± 6.66 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนชุดภาพ Focused CT นั้น มีค่าเฉลี่ยความยาวของการสแกน เท่ากับ 20.99 ± 2.35 เซนติเมตร

มีการบันทึกข้อมูลปริมาณรังสีในระบบ PACS จำนวน 246 ราย พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีตลอดช่วงความยาวของการสแกน (Dose Length Product; DLP) สำหรับภาพ Portovenous phase ของผู้ป่วยกลุ่มที่ตรวจช่องท้องส่วนล่าง (176 ราย) เท่ากับ 373.47 ± 224.09 มิลลิเกรย์เซนติเมตร และกลุ่มที่ตรวจช่องท้องทั้งหมด (70 ราย) เท่ากับ 372.14 ± 241.85 มิลลิเกรย์เซนติเมตร ส่วนชุดภาพ Focused CT (246 ราย) นั้น ใช้วิธีการคำนวณค่า DLP จากผลคูณระหว่าง ค่าปริมาณรังสีต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (Volume Computed Tomography Dose Index; $CTDI_{vol}$) ที่มีการบันทึกไว้ในระบบ กับความยาวของการสแกน พบว่ามีค่าเฉลี่ย DLP เท่ากับ 166.40 ± 102.69 มิลลิเกรย์เซนติเมตร

ตารางที่ 1 ข้อมูลเทคนิคทางรังสีวิทยา

ข้อมูล	แผนการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์		
	ช่องท้องส่วนล่าง	ช่องท้องทั้งหมด	Focused CT
จำนวนผู้ป่วย (ราย)	193 (71.48%)	77 (28.52%)	-
Scan length (cm)	36.77 ± 5.10	45.88 ± 6.66	20.99 ± 2.35
DLP (mGy.cm)	373.47 ± 224.09	372.14 ± 241.85	166.40 ± 102.69

การแปลผลภาพทางรังสีวิทยา

จากภาพ Focused CT สามารถมองเห็นไส้ติ่งได้ครบทุกส่วน 258 ราย (95.56%) เห็นเพียงบางส่วน 1 ราย (0.37%) อีก 11 ราย (4.07%) นั้น ไม่เห็นไส้ติ่งแต่ภาพครอบคลุมลำไส้ใหญ่ส่วนต้น (Cecum) จนครบทุกส่วน โดยจากจำนวนผู้ป่วยทั้งหมดนี้ ได้รับการวินิจฉัยว่ามีภาวะไส้ติ่งอักเสบ 94 ราย (34.81%) มีโรคอื่นที่ทำให้มีอาการปวดท้อง 73 ราย (27.04%) และไม่พบความผิดปกติที่อธิบายอาการปวดท้อง 91 ราย (33.70%) ส่วนอีก 12 ราย (4.44%) นั้น ให้ผลคลุมเครือไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่ชัด ซึ่งในการศึกษานี้จะถือว่าผู้ป่วยกลุ่มนี้ไม่มีภาวะไส้ติ่งอักเสบหรือโรคอื่น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวินิจฉัยจากภาพ Focused CT

การวินิจฉัย	จำนวนผู้ป่วย (ราย)
ไส้ติ่งอักเสบ	94 (34.81%)
โรคอื่นที่สัมพันธ์กับอาการปวดท้อง	73 (27.04%)
- โรคระบบทางเดินปัสสาวะ เช่น นิ่วและการอุดกั้นของทางเดินปัสสาวะ กรวยไตอักเสบ (Acute pyelonephritis)	25
- โรคระบบทางเดินอาหาร เช่น ลำไส้อักเสบ (Entero-colitis) ถุงผนังลำไส้อักเสบ (Diverticulitis)	22
- โรคทางสูตินรีเวช	11
- โรคตับและระบบทางเดินน้ำดี เช่น ถุงน้ำดีอักเสบเฉียบพลัน (Acute cholecystitis) ตับอ่อนอักเสบ (Acute pancreatitis)	2
- โรคในช่องท้องอื่น ๆ	13
ไม่พบความผิดปกติ หรือ ไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่ชัด	103 (38.15%)

ผู้ป่วยที่ถูกวินิจฉัยว่ามีภาวะไส้ติ่งอักเสบจากภาพ Focused CT ได้รับการรักษาโดยการผ่าตัด 87 ราย ซึ่งพบว่าผลการผ่าตัด และ/หรือ ผลตรวจทางพยาธิวิทยา พิสูจน์ว่าเป็นไส้ติ่งอักเสบจริง 85 ราย เป็นโรคอื่นของไส้ติ่ง (Acute peri appendicitis) 1 ราย และไม่พบการอักเสบของไส้ติ่ง 1 ราย ส่วนผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการผ่าตัดนั้น มี 6 ราย เป็นไส้ติ่งอักเสบที่คลำได้เป็นก้อน (Appendiceal abscess or phlegmon) ซึ่งรักษาโดยการให้ยาปฏิชีวนะ และอีก 1 ราย แพทย์ผู้รักษามีความเห็นว่าการวินิจฉัยไม่สัมพันธ์กับอาการของผู้ป่วย จึงไม่ได้ให้การรักษาที่เกี่ยวกับไส้ติ่งอักเสบแต่อย่างใด และผู้ป่วยสามารถกลับบ้านได้โดยไม่มีภาวะแทรกซ้อน

ผู้ป่วยที่ถูกวินิจฉัยว่ามีโรคอื่นที่ทำให้มีอาการปวดท้อง ส่วนใหญ่รับการรักษาด้วยยาตามโรคที่เป็น ซึ่งให้ผลการรักษาที่ดีและไม่พบว่ามีอาการแย่ลงในภายหลัง มีเพียง 11 ราย ที่ได้รับการรักษาโดยการผ่าตัด ซึ่งในกลุ่มนี้ มี 2 ราย ที่ผลการวินิจฉัยขั้นสุดท้ายกลับพบว่าเป็นไส้ติ่งอักเสบ

สำหรับผู้ป่วยที่ไม่พบความผิดปกติหรือไม่สามารถให้การวินิจฉัยได้แน่ชัดจากภาพ Focused CT นั้น มี 11 ราย ที่ได้รับการรักษาโดยการผ่าตัด

เนื่องจากอาการไม่ดีขึ้นหลังสังเกตอาการ โดยผลการวินิจฉัยขั้นสุดท้ายพบว่า เป็นไส้ติ่งอักเสบ 5 ราย และไม่พบการอักเสบของไส้ติ่ง 6 ราย

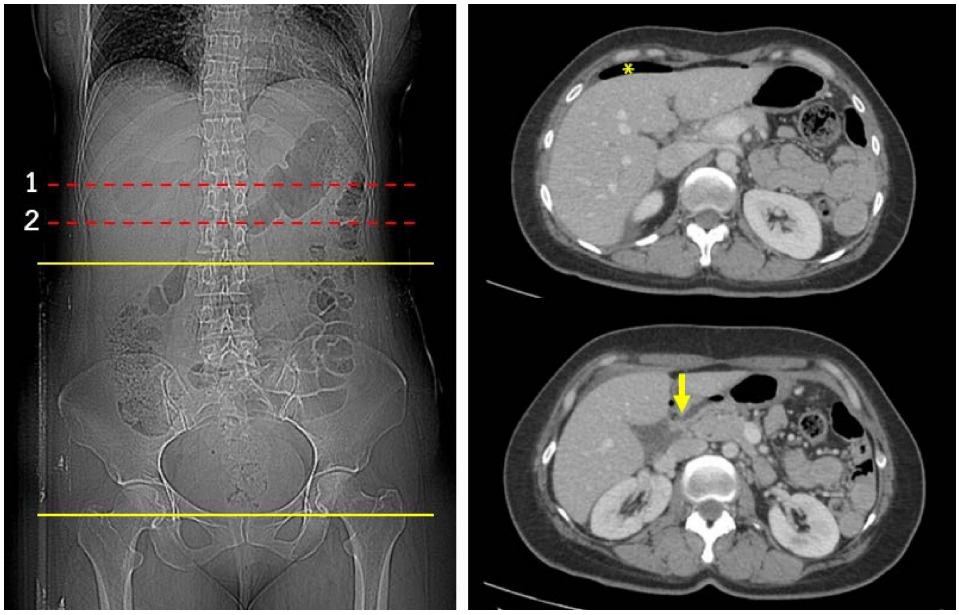
ข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปเป็นตารางเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันด้วย Focused CT กับ ผลวินิจฉัยขั้นสุดท้าย และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบด้วย Focused CT กับ ผลวินิจฉัยขั้นสุดท้ายและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวินิจฉัยจากภาพ Focused CT	ผลการวินิจฉัยขั้นสุดท้าย	
	มีภาวะไส้ติ่งอักเสบ	ไม่มีภาวะไส้ติ่งอักเสบ
พบภาวะไส้ติ่งอักเสบ	91	3
ไม่พบภาวะไส้ติ่งอักเสบ	7	169

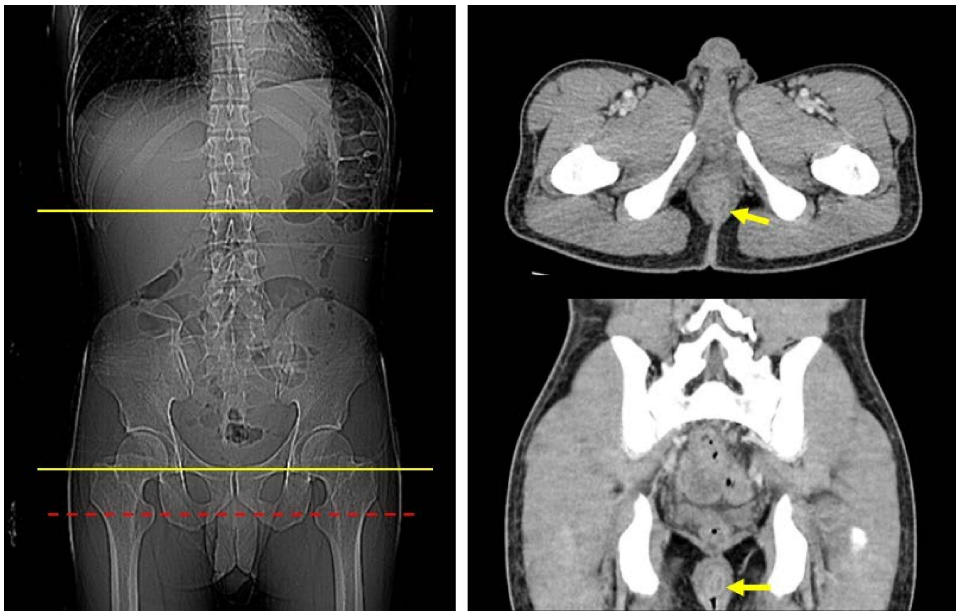
ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	ค่าทางสถิติ	ระดับความเชื่อมั่น 95%
ความไว (Sensitivity)	92.86%	85.84% - 97.08%
ความจำเพาะ (Specificity)	98.26%	94.99% - 99.64%
ค่าทำนายผลบวก (Positive Predictive Value)	96.81%	90.80% - 98.94%
ค่าทำนายผลลบ (Negative Predictive Value)	96.02%	92.20% - 98.01%

เมื่อนำภาพจากการตรวจตามแผนปกติมาพิจารณาเปรียบเทียบกับภาพ Focused CT พบว่า ภาพที่อยู่นอกขอบเขตของ Focused CT ในผู้ป่วย 245 ราย (90.74%) ไม่ได้แสดงข้อมูลความผิดปกติที่สัมพันธ์กับอาการของผู้ป่วยเพิ่มเติม มีเพียง 25 ราย (9.26%) ที่แสดงรายละเอียดความผิดปกติที่สัมพันธ์กับอาการของผู้ป่วยได้มากขึ้น โดยเป็นผู้ป่วยที่ถูกวินิจฉัยเป็นโรคอื่นนอกเหนือจากไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันทั้งสิ้น ซึ่งในจำนวนนี้ มี 2 ราย ที่พบว่าความผิดปกติที่แสดงใน Focused CT ไม่สามารถชี้นำไปสู่การวินิจฉัยโรคที่ถูกต้องได้ ต้องอาศัยภาพที่อยู่นอกขอบเขตของ Focused CT เท่านั้น ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีกระเพาะอาหารทะลุร่วมกับมีลมในช่องท้อง และผู้ป่วยที่พบโรคฝีคัณฑสูตร (ภาพที่ 2 และ 3)



ก. ข.

ภาพที่ 2 ผู้ป่วยโรคกระเพาะอาหารทะลุ: ก. แสดงจุดสูงสุดและต่ำสุดของการสแกนภาพสำหรับ Focused CT (เส้นทึบสีเหลือง), ข. แสดงลมในช่องท้อง (*) และรอยรั่วของผนังกระเพาะอาหาร (ลูกศร) ซึ่งพบในตำแหน่งที่เหนือกว่าจุดสูงสุดของการสแกนภาพ Focused CT (แนวเส้นประสีแดงหมายเลข 1 และ 2 ในภาพ ก. ตามลำดับ)



ก. ข.

ภาพที่ 3 ผู้ป่วยโรคฝีคัณฑสูตร: ก. แสดงจุดสูงสุดและต่ำสุดของการสแกนภาพสำหรับ Focused CT (เส้นทึบสีเหลือง), ข. แสดงทางเชื่อมระหว่างทวารหนักและผิวหนังภายนอก (ลูกศร) ซึ่งพบในตำแหน่งล่างกว่าจุดต่ำสุดของการสแกนภาพ Focused CT (แนวเส้นประสีแดง ในภาพ ก.)

วิจารณ์

จากการศึกษาที่ผ่านมา[9-12] พบว่า การกำหนดระยะสแกนสำหรับ Focused CT ในผู้ป่วยที่สงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันนั้นมีความหลากหลายแตกต่างกันออกไปในแต่ละงานวิจัย ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้วิธีอ้างอิงจากตำแหน่งของกระดูก เนื่องจากสามารถระบุตำแหน่งได้ง่ายในภาพบอกตำแหน่ง (Scout image) และเป็นส่วนของร่างกายที่เคลื่อนที่น้อยขณะทำการตรวจ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อย โดยตำแหน่งที่ใช้ในการกำหนดจุดสูงสุดของการสแกนภาพนั้นอ้างอิงมาจากการศึกษาของ Davis J และคณะ[14] ที่พบว่าตำแหน่งของไส้ติ่งที่มีการอักเสบจะอยู่ในระดับเดียวกันกับหรือต่ำกว่าแนวกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อที่ 3 ส่วนตำแหน่งที่ใช้กำหนดจุดต่ำสุดของการสแกนภาพนั้นมีจุดประสงค์เพื่อลดปริมาณรังสีที่กระทบต่ออวัยวะสืบพันธุ์ ซึ่งแม้ว่ารังไข่ในผู้ป่วยเพศหญิงจะยังถูกครอบคลุมในภาพ Focused CT แต่ปริมาณรังสีที่รังไข่ได้รับนั้นจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากการลดลงของปริมาณรังสีกระเจิง (Scatter radiation)[10] ในการศึกษานี้พบว่า ระยะการสแกนภาพจากระดับขอบบนของกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อที่ 3 ไปจนถึงระดับขอบบนของจุดเชื่อมกระดูกหัวหน่าวสามารถครอบคลุมไส้ติ่งหรือลำไส้ใหญ่ส่วนต้นได้ทั้งหมดในผู้ป่วยเกือบทุกราย มีเพียง 1 ราย (0.37%) ที่มองไม่เห็นผนังด้านบนบางส่วนของไส้ติ่ง แต่ไม่ได้ส่งผลต่อการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบแต่อย่างใด

มีข้อมูลของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ช่องท้องทั้งหมดร่วมกับการฉีดสารทึบรังสีเข้าทางหลอดเลือดดำ (CT abdomen and pelvis with IV contrast) ที่ถูกแนะนำให้เป็นการตรวจที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวินิจฉัยผู้ป่วยที่สงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน รายงานไว้ใน ACR Appropriateness Criteria[5] ว่ามีค่าความไวอยู่ในช่วงระหว่าง 85.7% ถึง 100% และมีค่าความจำเพาะอยู่ในช่วงระหว่าง 94.8% ถึง 100% ซึ่งเมื่อนำผลวิเคราะห์ทางสถิติของการตรวจด้วย Focused CT ในการศึกษานี้มาเปรียบเทียบ จะเห็นว่าการตรวจด้วย Focused CT มีค่าความไวและความจำเพาะที่เทียบเท่ากันกับการตรวจช่องท้องทั้งหมด คือ 92.86% และ 98.26% ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าการศึกษาเกี่ยวกับ Focused CT ที่ผ่านมาก็ให้ผลที่สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันด้วย เช่น การศึกษาของ Dowhanik A และคณะ[12] ที่ศึกษาการตรวจโดยจำกัดระยะสแกนจากขอบบนของกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อที่ 2 (L2) ถึงขอบบนของจุดเชื่อมกระดูกหัวหน่าว พบว่า มีค่าความไว 98.2% และความจำเพาะ 99.2 % ผลการศึกษาเหล่านี้ จึงช่วยสนับสนุนว่า การตรวจด้วย Focused CT นั้น สามารถใช้วินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันได้ดีเทียบเท่ากับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ช่องท้องทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษานี้ พบว่ามีผู้ป่วย 10 ราย ที่ผลการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันจาก Focused CT ไม่ตรงกันกับการวินิจฉัยขั้นสุดท้าย โดย 3 ราย ถูกวินิจฉัยจากภาพเอกซเรย์ว่ามีภาวะไส้ติ่งอักเสบ แต่การวินิจฉัยขั้นสุดท้ายไม่พบภาวะไส้ติ่งอักเสบ และ 7 ราย ไม่ได้รับการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบจากภาพเอกซเรย์ แต่ได้พิสูจน์ว่าเป็นไส้ติ่งอักเสบจากผลการผ่าตัด/พยาธิวิทยา ซึ่งเมื่อพิจารณาในรายละเอียดของผู้ป่วยแต่ละราย พบว่า ทั้ง 3 รายที่ถูกวินิจฉัยว่ามีภาวะไส้ติ่งอักเสบจาก Focused CT นั้น แสดงลักษณะทางรังสีที่เข้าได้กับภาวะไส้ติ่งอักเสบจริง โดย 2 รายได้รับการผ่าตัด และ 1 รายไม่ได้รับการผ่าตัดเนื่องจากไม่สัมพันธ์กับอาการของผู้ป่วยที่มาด้วยอาการปวดบริเวณก้นกบ ส่วน 7 ราย ที่ไม่ได้รับการวินิจฉัยนั้น มี 2 ราย ที่ภาพ Focused CT แสดงเฉพาะหนองในอุ้งเชิงกราน ไม่สามารถระบุได้ว่ามีสาเหตุมาจากภาวะไส้ติ่งอักเสบ มี 4 ราย ที่ภาพ Focused CT ให้ผลคลุมเครือ ไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่

ชัด และอีก 1 ราย ที่ไม่พบลักษณะที่เข้ากับภาวะไส้ติ่งอักเสบในภาพ Focused CT เลย แต่ได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดเนื่องจากอาการและผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการของผู้ป่วยเข้าได้กับภาวะไส้ติ่งอักเสบ ดังนั้น แม้ว่าการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันด้วยการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จะมีความน่าเชื่อถือมากเพียงใด แพทย์ผู้ทำการรักษาก็ยังคงต้องอาศัยการซักประวัติ ตรวจร่างกาย และผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ประกอบการพิจารณาด้วยเสมอ

โรคอื่น ๆ ที่ทำให้ผู้ป่วยมีอาการคล้ายไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันในการศึกษานี้ ส่วนใหญ่เป็นโรคระบบทางเดินปัสสาวะ เช่น นิ่วและการอุดกั้นของทางเดินปัสสาวะหรือกรวยไตอักเสบเฉียบพลัน และโรคระบบทางเดินอาหาร เช่น ลำไส้อักเสบหรือถุงผนังลำไส้อักเสบ ซึ่งพบว่า Focused CT สามารถให้การวินิจฉัยโรคเหล่านี้ได้เกือบทั้งหมด มีเพียง 2 ราย (0.74%) ที่พลาดการวินิจฉัยที่ถูกต้องไป คือ ผู้ป่วยที่มีกระเพาะอาหารทะลุร่วมกับมีลมในช่องท้อง และผู้ป่วยที่ตรวจพบโรคฝีคัณฑสูตร อย่างไรก็ตาม ทั้งสองโรคนี้มักมีอาการและอาการแสดงของโรคที่แตกต่างจากภาวะไส้ติ่งเฉียบพลันชัดเจน และ Focused CT ก็ไม่ใช่แผนการตรวจที่จะถูกเลือกมาใช้กับผู้ป่วยที่สงสัยภาวะดังกล่าวนี้ตั้งแต่ต้น ดังนั้น ในทางปฏิบัติจริง เชื่อว่าแพทย์จะสามารถเลือกแผนการตรวจตามอาการของผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม

เป้าหมายหลักในการตรวจด้วย Focused CT คือการลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยการศึกษานี้ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีตลอดช่วงความยาวของการสแกน (Dose Length Product; DLP) ซึ่งแม้ว่าจะไม่ได้บอกปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับโดยตรง แต่ก็เป็นค่าประมาณที่แปรผันตรงกับปริมาณรังสียังผล (Effective dose) ที่ใช้ประเมินความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งจากการตรวจทางรังสีวิทยาได้ โดยจากการเก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ความยาวเฉลี่ยในการสแกนภาพของ Focused CT ลดลงจากการตรวจตามแผนปกติเฉลี่ย 41.70% ถึง 54.86% ขึ้นกับแผนการตรวจเดิม และเมื่อนำมาคำนวณ DLP พบว่า DLP จาก Focused CT ลดลงจากการตรวจตามแผนปกติเฉลี่ย 53.87% ถึง 58.20% ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า Focused CT มีประโยชน์ในการลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับจากการตรวจ โดยที่ยังสามารถให้ผลการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลันได้ดีเทียบเท่ากับการตรวจตามแผนปกติ

ข้อจำกัดในการวิจัย

ข้อจำกัดในการศึกษานี้ ได้แก่ การศึกษานี้ใช้การสร้างภาพ Focused CT ขึ้นใหม่จากภาพเดิม จึงไม่สามารถบอกได้ว่าในการปฏิบัติจริงนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนในการกำหนดระยะสแกนมากน้อยเพียงใด และ การศึกษานี้ทำการแปลผลภาพทางรังสีวิทยาโดยรังสีแพทย์เพียงท่านเดียว จึงอาจจะมีอคติในการแปลผลได้

สรุป

การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยจำกัดระยะสแกนให้ครอบคลุมจากระดับขอบบนของกระดูกสันหลังส่วนเอวข้อที่ 3 (L3) ถึงระดับขอบบนของจุดเชื่อมกระดูกหัวหน่าว (Pubic symphysis) เพียงพอต่อการวินิจฉัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน แต่ยังคงมีความจำเป็นต้องอาศัยอาการแสดงของผู้ป่วยและผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ มาพิจารณาร่วมกันด้วย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษา ทำให้มั่นใจว่าผู้ป่วยที่มีอาการสงสัยภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน สามารถ

พิจารณาให้ใช้การตรวจด้วย Focused CT เพื่อช่วยในการวินิจฉัยได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่มีอาการที่จำเพาะต่อโรค แต่สำหรับผู้ป่วยที่อาการคลุมเครือ รังสีแพทย์และแพทย์ผู้ทำการรักษาจะต้องพิจารณาเพิ่มเติมว่ามีการวินิจฉัยแยกโรคใดที่อาจจะพลาดการวินิจฉัยด้วย Focused CT หรือไม่ เพื่อให้การวางแผนการตรวจนั้นครอบคลุมและเหมาะสมกับผู้ป่วยมากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรให้มีรังสีแพทย์ผู้ร่วมวิจัยมากขึ้นหรือทำการศึกษาไปข้างหน้า (Prospective study) เพื่อศึกษาเพิ่มเติมว่ารังสีแพทย์แต่ละท่านมีการแปลผลภาพแตกต่างกันหรือไม่ และมีปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อผลการวิจัยหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.พญ.นนทพรรณ ผาสุข หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการทำวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Cartwright SL, Knudson MP. Diagnostic imaging of acute abdominal pain in adults. Am Fam Physician. 2015 Apr 1;91(7):452-9.
2. Guan L, Liu Z, Pan G, Zhang B, Wu Y, Gan T, et al. The global, regional, and national burden of appendicitis in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2019. BMC Gastroenterol. 2023 Feb 22;23(1):44.
3. Bom WJ, Scheijmans JCG, Salminen P, Boermeester MA. Diagnosis of Uncomplicated and Complicated Appendicitis in Adults. Scand J Surg. 2021 Jun;110(2):170-179.
4. Kambadakone AR, Santillan CS, Kim DH, Fowler KJ, Birkholz JH, Camacho MA, et al. ACR Appropriateness Criteria® Right Lower Quadrant Pain: 2022 Update. J Am Coll Radiol. 2022 Nov;19(11S):S445-S461.
5. Garcia EM, Camacho MA, Karolyi DR, Kim DH, Cash BD, Chang KJ, et al. ACR Appropriateness Criteria® Right Lower Quadrant Pain-Suspected Appendicitis. J Am Coll Radiol. 2018 Nov;15(11S):S373-S387.
6. Aly NE, McAteer D, Aly EH. Low vs. standard dose computed tomography in suspected acute appendicitis: Is it time for a change? Int J Surg. 2016 Jul;31:71-9.
7. Yun SJ, Ryu CW, Choi NY, Kim HC, Oh JY, Yang DM. Comparison of Low- and Standard-Dose CT for the Diagnosis of Acute Appendicitis: A Meta-Analysis. AJR Am J Roentgenol. 2017 Jun;208(6):W198-W207.
8. Haijanen J, Sippola S, Tammilehto V, Grönroos J, Mäntyoja S, Löyttyniemi E, et al. Diagnostic accuracy using low-dose versus standard radiation dose CT in suspected acute appendicitis:

prospective cohort study. Br J Surg. 2021 Dec 1;108(12):1483-1490.

9. Corwin MT, Chang M, Fananapazir G, Seibert A, Lamba R. Accuracy and radiation dose reduction of a limited abdominopelvic CT in the diagnosis of acute appendicitis. Abdom Imaging. 2015 Jun;40(5):1177-82.
10. Zinsser D, Maurer M, Do PL, Weiß J, Notohamiprodjo M, Bamberg F, et al. Reduced scan range abdominopelvic CT in patients with suspected acute appendicitis - impact on diagnostic accuracy and effective radiation dose. BMC Med Imaging. 2019 Jan 11;19(1):4.
11. Tarulli M, Rezende-Neto J, Vlachou PA. Focused CT for the evaluation of suspected appendicitis. Abdom Radiol (NY). 2019 Jun;44(6):2081-2088.
12. Dowhanik A, Tonkopi E, Crocker CE, Costa AF. Diagnostic performance and radiation dose of reduced vs. standard scan range abdominopelvic CT for evaluation of appendicitis. Eur Radiol. 2021 Oct;31(10):7817-7826.
13. Karul M, Berliner C, Keller S, Tsui TY, Yamamura J. Imaging of appendicitis in adults. Rofo. 2014 Jun;186(6):551-8.
14. Davis J, Roh AT, Petterson MB, Kopelman TR, Matz SL, Gridley DG, et al. Computed tomography localization of the appendix in the pediatric population relative to the lumbar spine. Pediatr Radiol. 2017 Mar;47(3):301-305.