

การตรวจ ultrasound ในผู้ป่วยอุบัติเหตุ

พญ.ปิยฉัตร ศศิภัทรพงศ์

เวชศาสตร์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลขอนแก่น

Emergency Ultrasound

ultrasound ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินผู้ป่วยอุบัติเหตุครั้งแรกช่วงปีค.ศ. 1970 จากนั้นในช่วงปีค.ศ. 1980 ได้มีการใช้ ultrasound ในการประเมินผู้ป่วยอุบัติเหตุอย่างแพร่หลายมากขึ้นในห้องฉุกเฉินในหลายประเทศ ในปีค.ศ. 1997 Focused assessment with sonography in trauma (FAST) ได้ถูกนำมาเป็นส่วนหนึ่งของ Advanced trauma life support¹ และในปีค.ศ. 2018 ได้มีการแนะนำให้ใช้ extended focused assessment with sonography in trauma (e-FAST) ในการดูแลผู้ป่วยอุบัติเหตุ² เพื่อช่วยในการระบุภาวะอันตรายหรือจุดบาดเจ็บในช่องท้องและทรวงอกได้เร็วและสามารถใช้ในการตัดสินใจดูแลผู้ป่วยได้รวดเร็วขึ้น

การตรวจ e-FAST มีส่วนที่เพิ่มเติมมาจาก FAST คือการตรวจหา hemothorax และ pneumothorax ร่วมด้วย จุดประสงค์ของการทำ e-FAST คือการตรวจหาภาวะเลือดออกในช่องท้อง เลือดออกในทรวงอก และเลือดออกในช่องเยื่อหุ้มหัวใจ ถึงแม้การตรวจ computed tomography (CT) นั้นจะมีความแม่นยำและให้รายละเอียดในเรื่องของอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บได้สูง แต่การทำ CT นั้นจำเป็นต้องย้ายผู้ป่วยเพื่อไปรับการตรวจ CT ในห้องที่มีการตรวจรังสีสัญญาณชีพได้น้อย รวมถึงการทำ CT ผู้ป่วยจะได้รับรังสีและมีราคาแพง การทำ ultrasound นั้นสามารถเริ่มตรวจพบเลือดออกในช่องท้องได้เมื่อมีเลือดออกในช่องท้องเพียงแค่ 250 มิลลิลิตรใน Morison's pouch³ รวมถึงการทำ ultrasound นั้นมีราคาไม่แพง รวดเร็วและสามารถทำซ้ำได้ง่าย การทำ e-FAST นั้นทำเพื่อตรวจหา intraperitoneal bleeding, hemopericardium, hemothorax และ pneumothorax

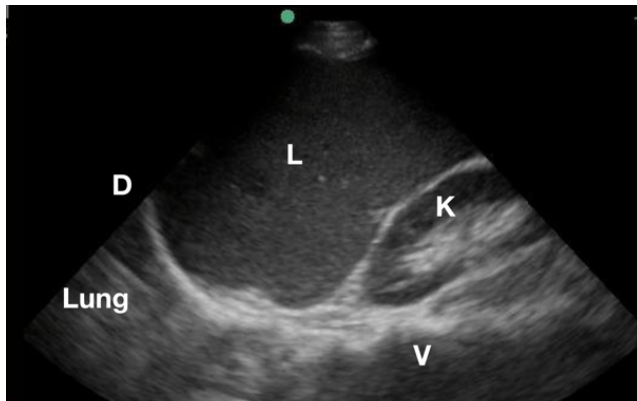
กายวิภาค

เลือดหรือของเหลวในช่องท้องจะตกลงในส่วนล่างสุดในเยื่อหุ้มช่องท้อง โดยทั่วไปผู้ป่วยในห้องฉุกเฉินที่ได้รับบาดเจ็บจะถูกนำส่งพบแพทย์ในท่านอนหงาย (supine) โดยตำแหน่งที่ของเหลวจะไปสะสมคือ paracolic gutter ข้างขวา เริ่มต้นจาก Morison's pouch ลงไปถึงอุ้งเชิงกราน (pelvis) ส่วน paracolic gutter ข้างซ้ายนั้นจะอยู่ตื้นกว่าข้างขวา phrenocolic ligament จะกั้นไม่ให้เลือดไหลลงสู่ paracolic gutter ข้างซ้าย ดังนั้นเลือดจึงไหลลงสู่ paracolic gutter ข้างขวา ได้ง่ายกว่าในท่านอนหงาย⁴

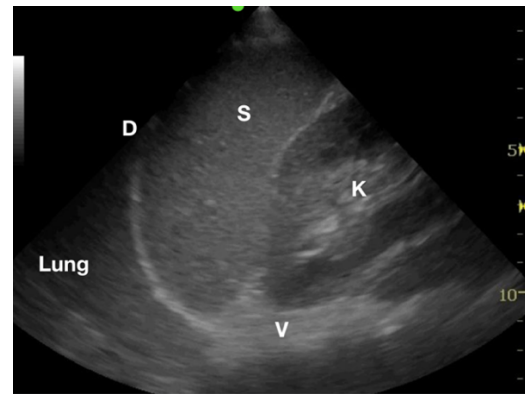
hepatorenal recess (Morison's pouch) คือ potential space บริเวณ right upper quadrant (RUQ) ที่อยู่ระหว่าง Glisson's capsule ของตับและ Gerota's fascia ของไตข้างขวา ในคนปกติบริเวณนี้จะไม่มีการสะสมของเหลวอยู่ และ fascia นั้นจะมีลักษณะเป็นเส้น hyperechoic แยกระหว่างตับและไตข้างขวา ดังภาพที่ 1

splenorenal recess คือ potential space บริเวณ left upper quadrant (LUQ) อยู่ระหว่างม้ามและ Gerota's fascia ของไตข้างซ้าย ในคนปกติบริเวณนี้จะไม่มีการสะสมของเหลวอยู่ และ fascia นั้นจะมีลักษณะเป็นเส้น hyperechoic แยกระหว่างตับและไตข้างซ้าย อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งของ splenocolic ligament และในผู้ป่วย blunt trauma จะมี shearing effect ต่อขั้วม้าม (splenic hilum) ทำให้เลือดมักสะสมอยู่บริเวณใต้กะบังลม (subdiaphragmatic space) ใน LUQ ดังนั้น

การทำ ultrasound ในบริเวณระหว่างม้ามและกะบังลมจะได้พบเลือดได้มากกว่าบริเวณ splenorenal recess ซึ่งแตกต่างจาก RUQ ดังภาพที่ 2

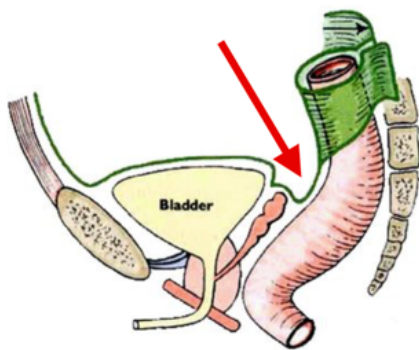


ภาพที่ 1 แสดง RUQ ปกติ; Liver (L), Kidney (K), Vertebra (V), Diaphragm (D)

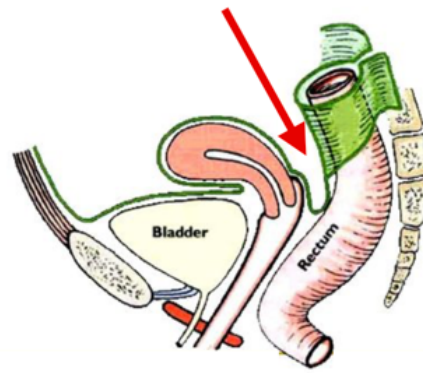


ภาพที่ 2 แสดง LUQ ปกติ; Spleen (S), Kidney (K), Vertebra (V), Diaphragm (D)

rectovesical pouch คือช่องที่เกิดจาก reflection ของเยื่อช่องท้อง (peritoneum) จากตำแหน่ง rectum ไปจนถึง กระเพาะปัสสาวะในผู้ชายและเป็นตำแหน่งที่ต่ำที่สุดในท่านอนหงายในผู้ชายดังภาพที่ 3 ส่วนในผู้หญิง rectouterine pouch (pouch of Douglas) คือช่องที่เกิดจาก reflection of ของเยื่อช่องท้อง (peritoneum) จากตำแหน่ง rectum ไปจนถึงผนัง ด้านหลังของมดลูกและเป็นตำแหน่งที่ต่ำที่สุดในท่านอนหงายในผู้หญิงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แสดง Rectovesical pouch (ลูกศร) ในผู้ชาย



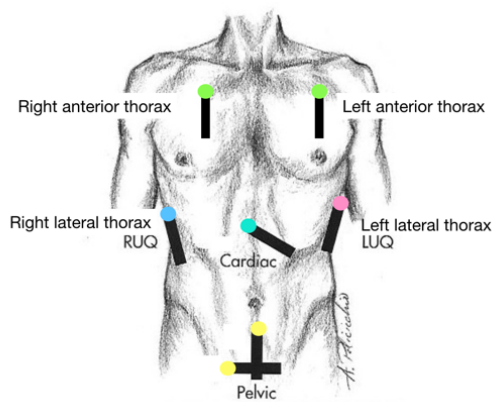
ภาพที่ 4 แสดง Rectouterine pouch (ลูกศร) ในผู้หญิง

วิธีการตรวจ

Probe (หัวตรวจ) curvilinear ที่มีความถี่ 2.5-5 MHz คือ probe ที่เหมาะสมในการตรวจหา hemoperitoneum, hemopericardium และ hemothorax ในขณะที่หัวตรวจ linear ที่มีความถี่ 5-10 MHz เหมาะสมในการใช้ตรวจหา pneumothorax เนื่องจากต้น

การตรวจ e-FAST นั้นประกอบไปด้วย 8 ตำแหน่งดังภาพที่ 5 ได้แก่

- Hepatorenal recess หรือ Morison's pouch (RUQ)
- Splenorenal หรือ perisplenic view (LUQ)
- Pelvic view
- Pericardial หรือ subxiphoid view
- Lateral thorax หรือ costophrenic angle ข้างขวา
- Lateral thorax หรือ costophrenic angle ข้างซ้าย
- Anterior thorax ข้างขวา
- Anterior thorax ข้างซ้าย

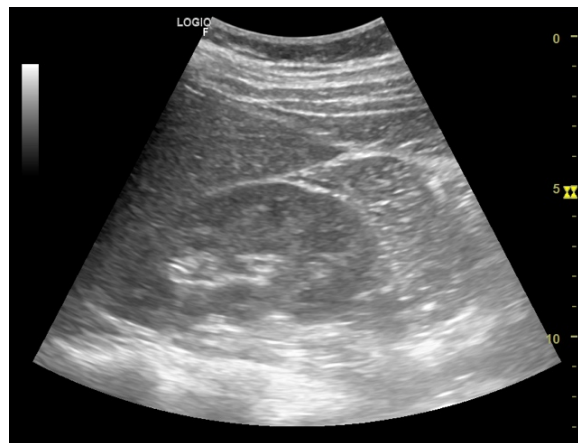


ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งในการตรวจ e-FAST ทิศทางการวาง probe และการหัน marker

1. Hepatorenal recess: ตำแหน่งในการวาง probe คือ anterior axillary line ระหว่าง intercostal space ที่ 7-9 ในแนว sagittal โดย probe marker ชี้ไปด้านศีรษะของผู้ป่วย ดังภาพที่ 5 และ 6 เพื่อการตรวจที่ครบถ้วนควรเลื่อน probe ไปทางด้านศีรษะและทางด้านเท้าของผู้ป่วย หากกระดูกซี่โครงบังการมองเห็นภาพ ให้หมุน (rotate) probe ประมาณ 10-20 องศาจากแนว sagittal ไปแนวเฉียง (oblique) ขนานกับกระดูกซี่โครง ภาพที่ 1 แสดงลักษณะปกติของ hepatorenal recess



ภาพที่ 6 แสดงการวาง probe RUQ

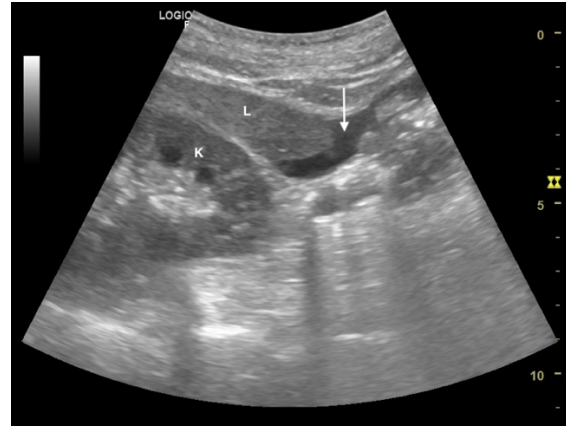


ภาพที่ 7 แสดง inferior pole kidney และ liver tip ปกติ

การทำ e-FAST นั้นต้องครอบคลุมถึง inferior pole ของไตด้วยเสมอ ดังภาพที่ 7 เนื่องจากในท่านอนหงาย inferior pole ของไตทั้งข้างขวาและข้างซ้ายคือตำแหน่งที่ posterior และต่ำที่สุดของ peritoneal cavity สามารถทำได้โดยการเลื่อน probe ไปทางด้านเท้าของผู้ป่วยตามแนว axillary line และควร fan probe ไปด้าน anterior และ posterior ในทุกตำแหน่ง เพื่อให้มั่นใจว่าได้ทำการตรวจครบถ้วน ภาพที่ 8 และ 9 แสดงลักษณะของ free fluid ที่ RUQ



ภาพที่ 8 แสดง Free fluid at hepatorenal recess

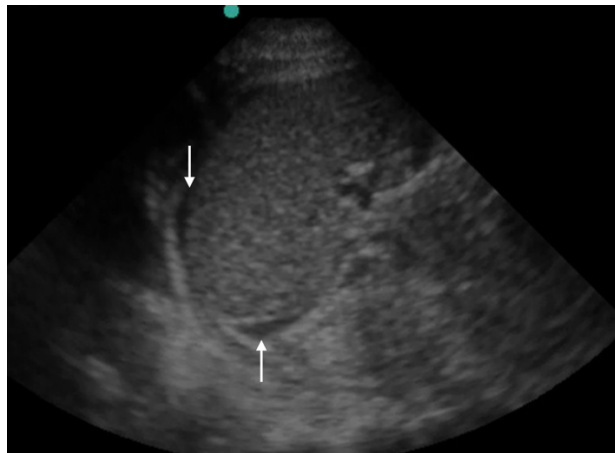


ภาพที่ 9 แสดง free fluid ที่ liver tip; Liver (L), Kidney (K)

2. Perisplenic space: เนื่องจากม้ามมีขนาดเล็กกว่าตับ ไตซ้ายจึงอยู่ posterior และ superior กว่าไตขวา ดังนั้นการตรวจ LUQ จึงต้องวาง probe ในตำแหน่ง posterior axillary line ระหว่าง intercostal space ที่ 5-7 ในแนว sagittal โดย probe marker ชี้ไปด้านศีรษะของผู้ป่วย ดังภาพที่ 5 และ 10 หากกระดูกซี่โครงบังการมองเห็นภาพ ให้หมุน (rotate) probe ประมาณ 10-20 องศาจากแนว sagittal ไปแนวเฉียง (oblique) ขนานกับกระดูกซี่โครง จำเป็นต้องเลื่อน probe ไปทาง superior เพื่อตรวจดู subdiaphragmatic space ด้วยเสมอเนื่องจากเป็นตำแหน่งแรกที่เลือดมักสะสมอยู่ ดังภาพที่ 2 และควร fan probe ไปทาง anterior และ posterior ด้วยเสมอในระหว่างที่เลื่อน probe จาก superior ไปทาง inferior เพื่อให้มั่นใจว่าได้ทำการตรวจครบถ้วน ภาพที่ 11 แสดง free fluid ที่ left subdiaphragmatic space และ perisplenic space



ภาพที่ 10 แสดงการวาง probe LUQ



ภาพที่ 11 แสดง free fluid ที่ left subdiaphragmatic space และ perisplenic space (ลูกศร)

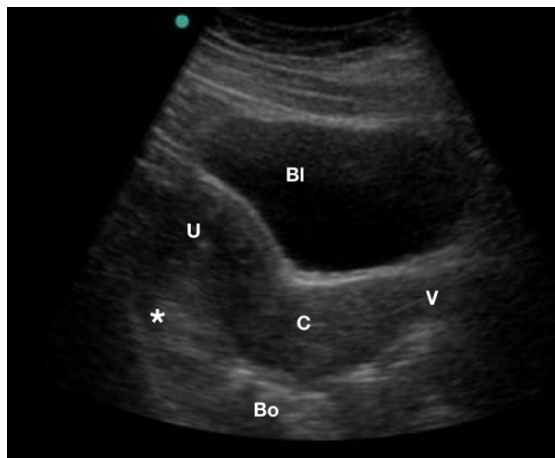
3. Pelvis: สมควรทำการ ultrasound ก่อนจะทำการใส่ Foley catheter ควรทำการตรวจทั้งในแนว sagittal และ transverse โดยในแนว sagittal นั้น probe marker ชี้ไปทางด้านศีรษะของผู้ป่วยดังภาพที่ 12 และในแนว transverse probe marker ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วย โดยวาง probe บน pubic symphysis ดังภาพที่ 13 ตรวจหา free fluid บริเวณ posterior ต่อกระเพาะปัสสาวะ posterior ต่อมดลูก และระหว่าง bowel loops แนว sagittal นั้นจะตรวจพบ free fluid ได้มากกว่าเนื่องจากสามารถมองเห็น free fluid ที่อยู่ posterior ต่อกระเพาะปัสสาวะได้ง่ายกว่า และควร fan probe ไปทาง anterior และ posterior ในแนว transverse และ fan probe ไปทางซ้ายและขวาในแนว longitudinal เพื่อให้มั่นใจว่าได้ทำการตรวจครบถ้วน ลักษณะปกติของ pelvis แสดงในภาพที่ 14, 15 และ 16 และลักษณะของ free fluid แสดงในภาพที่ 17, 18 และ 19



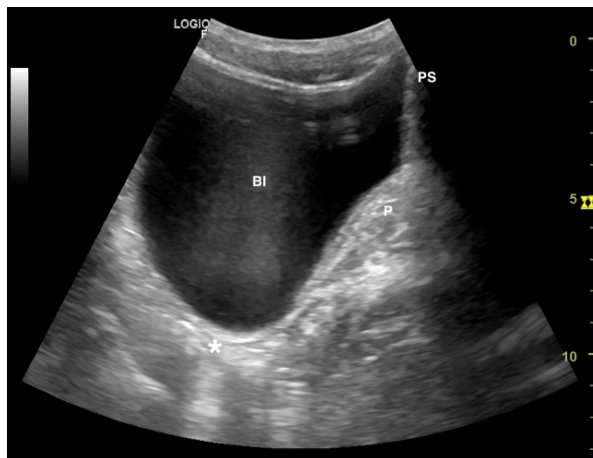
ภาพที่ 12 แสดงการวาง probe เพื่อตรวจ pelvis ในแนว sagittal⁵



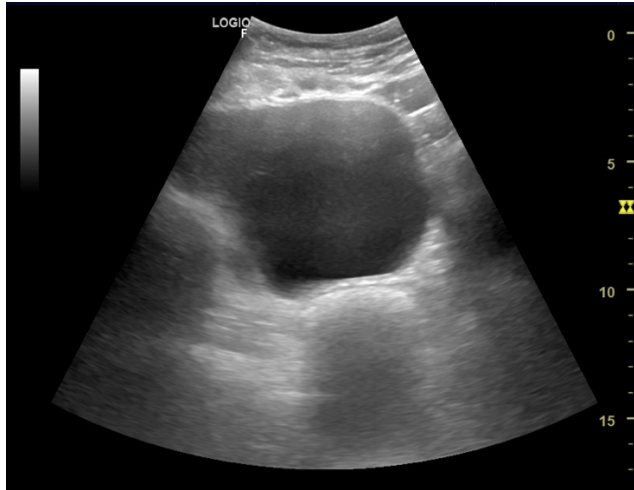
ภาพที่ 13 แสดงการวาง probe เพื่อตรวจ pelvis ในแนว transverse⁵



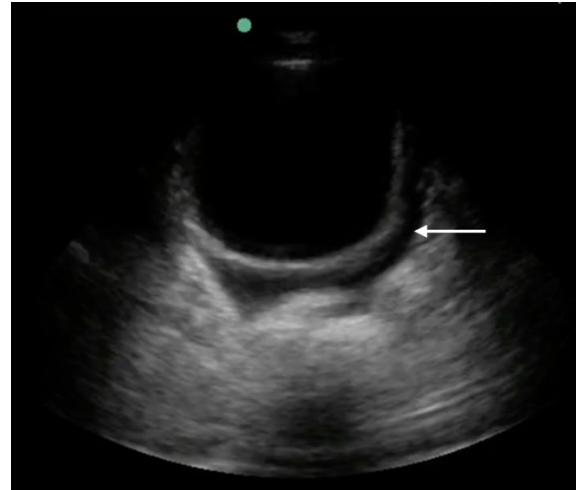
ภาพที่ 14 แสดง Pelvis ปกติในผู้หญิงในการตรวจในแนว sagittal; Bladder (BI), Uterus (U), Cervix (C), Vagina (V), Bowel (Bo), Rectouterine pouch (*)



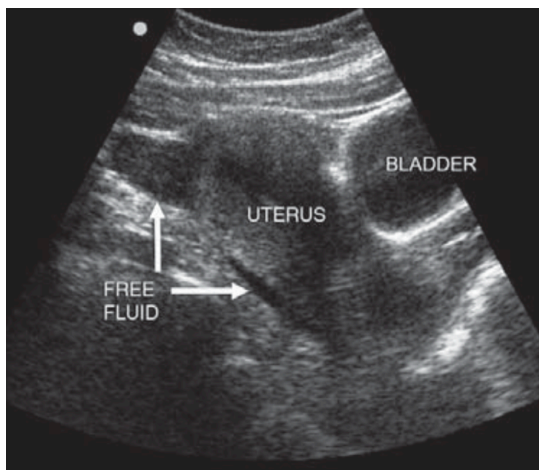
ภาพที่ 15 แสดง Pelvis ปกติในผู้ชายในการตรวจในแนว sagittal; Bladder (BI), Prostate (P), Pubic symphysis (PS), Rectovesical pouch (*)



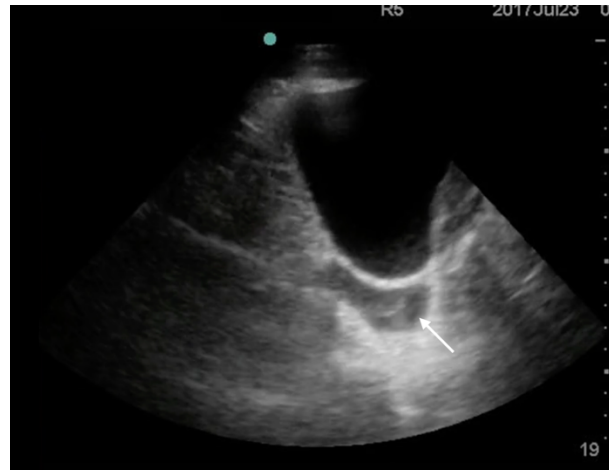
ภาพที่ 16 แสดง pelvis ปกติในแนว transverse
ไม่มี free fluid ระหว่าง bladder และ rectum



ภาพที่ 17 แสดง free fluid ในแนว transverse (ลูกศร)



ภาพที่ 18 แสดง free fluid ในผู้หญิงจากการตรวจใน
แนว sagittal โดย free fluid (ลูกศร) อยู่ที่ rectouterine
pouch หลังต่อ uterus

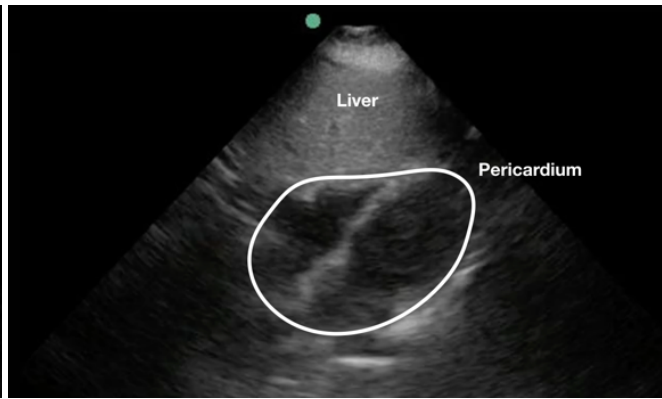
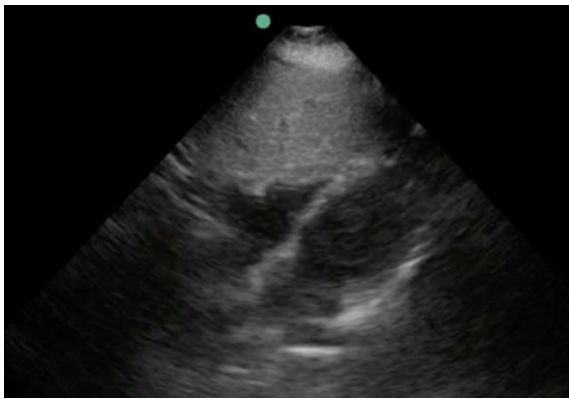


ภาพที่ 19 แสดง free fluid ในผู้ชายจากการตรวจในแนว
sagittal โดย free fluid (ลูกศร) อยู่ที่ rectovesical pouch หลังต่อ
bladder และอยู่ superior ต่อ prostate gland

3.Subxyphoid: ควรวาง probe ในแนวเกือบขนานกับท้องของผู้ป่วย โดย probe marker ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วย และ angle probe ไปทางไหล่ซ้ายของผู้ป่วย ดังภาพที่ 20 ปรับ depth ให้มากที่สุดเสมอเพื่อให้มองเห็น pericardium ได้ครบถ้วน หากกระเพาะอาหารของผู้ป่วยซึ่งมี air อยู่ข้างในบดบังการมองเห็นของภาพ ให้ทำการเลื่อน probe ไปทางด้านขวาของผู้ป่วย เพื่อให้ left lobe ของตับเป็น acoustic window ภาพที่ 21 และ 22 แสดง normal subxyphoid view ภาพที่ 23 แสดง hemopericardium



ภาพที่ 20 แสดงการวาง probe ในการตรวจ subxyphoid



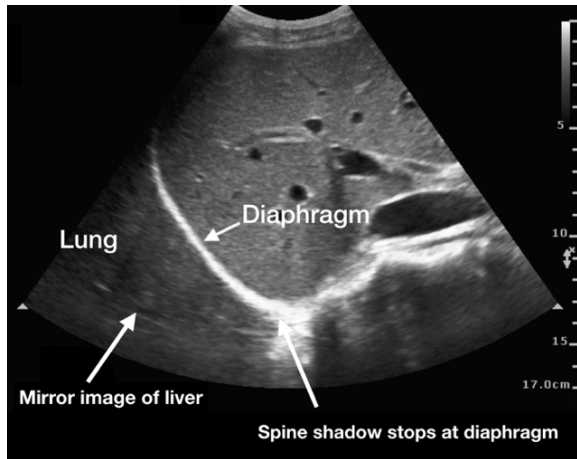
ภาพที่ 21 และ 22 แสดง normal subxyphoid view ไม่มี fluid



ภาพที่ 23 แสดง hemopericardium (ดอกจัน)

4. Lateral thorax หรือ costophrenic angle ข้างขวาและซ้าย: ในการ ultrasound RUQ และ LUQ นั้น กระบังลมจะเป็นตัวสะท้อน ultrasound beam ภาพที่เกิดขึ้นจึงเสมือนว่ามีตับและม้ามอยู่ด้าน superior ต่อกระบังลม เรียกว่า mirror image และ vertebra ที่อยู่ด้านหลังช่องท้องจะมองเห็นเส้นสีดำที่กระบังลม เนื่องจาก ultrasound beam ถูกทำให้กระจัดกระจาย (scatter) โดย air ในปอด จึงไม่สามารถมองเห็น vertebra ที่อยู่ด้านหลังช่องอกได้ในคนปกติ ดังภาพที่ 24 การทำ ultrasound นั้นมีความไวในการตรวจหา hemothorax ได้ใกล้เคียงกับการทำ CT^{6,7} หากมี pleural fluid หรือ hemothorax อยู่ในช่องเยื่อหุ้ม

ปอดด้านขวาหรือซ้าย จะตรวจไม่พบ mirror image ด้าน superior ต่อกะบังลมและจะเห็น fluid สีดำเข้ามาแทนที่ และเนื่องจากเมื่อมี fluid ในช่องอก ultrasound beam สามารถผ่านลงไปได้ถึง thoracic vertebra ได้เราจึงตรวจเห็น vertebral shadow ที่อยู่หลังช่องอกเหนือต่อกะบังลมเรียกว่า “spine sign” ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 24 แสดง lateral thorax ปกติ

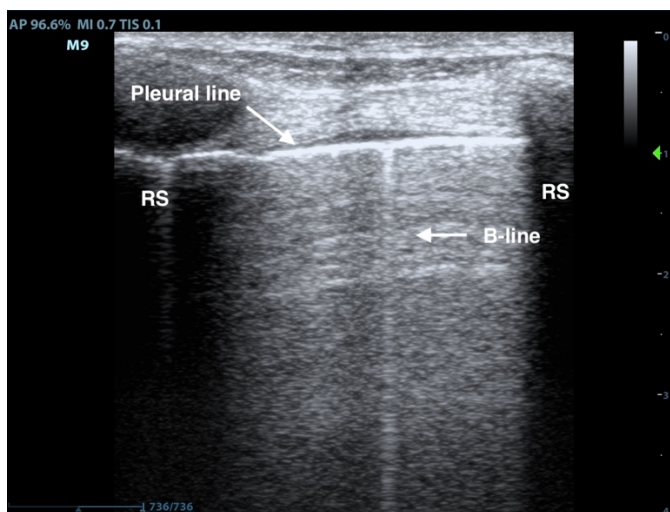


ภาพที่ 25 แสดง hemothorax ตรวจพบ spine sign (ลูกศร). และตรวจไม่พบ mirror image (ดอกจัน)

5. Anterior thorax ข้างขวาและซ้าย: ในการตรวจหา pneumothorax นั้น การทำ chest x-ray ในท่า supine มีความไวค่อนข้างต่ำในการตรวจหา air ที่อยู่ด้าน anterior thorax ของผู้ป่วย การทำ ultrasound มีความไวสูงกว่าในการตรวจหา pneumothorax⁸

การตรวจ anterior thorax นั้น ควรใช้ linear probe วาง probe ในแนว sagittal บน anterior chest wall ระหว่าง intercostal space ที่ 2-4 ดังภาพที่ 26 หรืออาจใช้ curvilinear probe ได้เช่นกันแต่รายละเอียดภาพที่ได้อาจไม่ละเอียดเท่า linear probe การทำ ultrasound เพื่อตรวจหา pneumothorax นั้นเริ่มต้นจากการตรวจหา rib shadow เพื่อระบุตำแหน่ง intercostal plane จากนั้นตรวจหา pleural line ซึ่งจะเห็นเป็นเส้น hyperechoic อยู่ระหว่างและใต้ต่อกระดูกซี่โครง 2 อัน การตรวจ lung ultrasound ในคนปกติจะเห็นภาพ lung sliding และอาจเห็น B-line artifacts ได้ lung sliding คือการเคลื่อนที่ไปมาของ visceral pleura ในขณะที่ผู้ป่วยหายใจ ส่วน B-line artifact เกิดขึ้นเมื่อ ultrasound beam เคลื่อนที่ขึ้นลงระหว่างการเชื่อมต่อของ interface 2 ชั้นที่อยู่ใกล้กัน เกิดการ reverberation และเกิดเป็น B-line artifact ดังภาพที่ 27

ในคนปกติจะเห็น pleural line ในลักษณะของ lung sliding ควรตรวจหา B-line ด้วย B-line เป็น vertical echogenic line เกิดจาก trapped fluid ที่สะท้อนลงในแนวตั้งไปถึงสุดขอบของจอภาพ โดยในปอดที่ปกติจะตรวจพบ B-line น้อยกว่า 2 เส้นในแต่ละ intercostal space⁹ หากพบ lung sliding ปกติและมี B-line สามารถบอกได้ว่าผู้ป่วยไม่มีภาวะ pneumothorax โดยมี negative predictive value 100% ในภาวะ pneumothorax นั้น air ที่อยู่ใน pleural space จะบดบังการเคลื่อนที่ของ ultrasound wave ทำให้ lung sliding และ B-line artifact หายไป เราสามารถใช้ anterior thorax อีกข้างหนึ่งเป็นตัวเปรียบเทียบได้ รวมถึงการใช้ M-mode เพื่อช่วยในการวินิจฉัย



ภาพที่ 26 แสดงการวาง probe ในการตรวจ
anterior thorax เพื่อตรวจหา pneumothorax

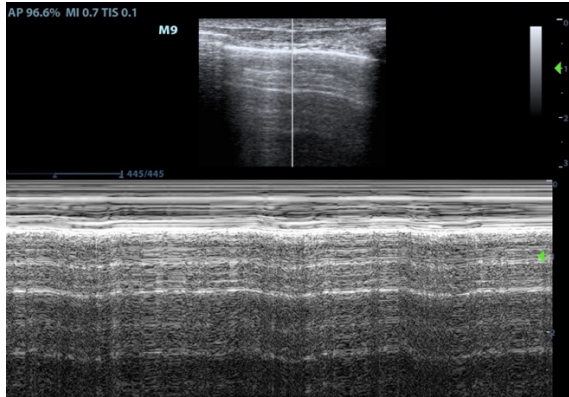
ภาพที่ 27 แสดง B-line

ในการประเมิน lung sliding นั้นสามารถทำได้โดยการสังเกตจาก two-dimensional ultrasound (2-D) และการใช้ M-mode วางบนตำแหน่ง pleural line ในคนปกติ ภาพที่ได้ในตำแหน่ง superficial จะเห็นเป็นเส้นตรงเรียบเนื่องจาก chest wall ไม่มีการเคลื่อนที่มากเมื่อผู้ป่วยหายใจ และในตำแหน่งที่ลึกลงไปจาก pleura ปอดที่มีการขยับจะทำให้เกิด artifact ที่เป็นภาพที่หยาบและลักษณะคล้ายเป็นเม็ดเล็กๆ ตำแหน่งที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างเส้นตรงเรียบและภาพที่มีลักษณะหยาบมากขึ้นจากปอดที่มีการขยับคล้ายคลื่นกระทบฝั่งเรียกว่า seashore sign ดังภาพที่ 28 ในกรณีที่มี pneumothorax จะตรวจไม่พบการขยับของทั้งตำแหน่ง chest wall และปอด ดังนั้นใน M-mode จะเห็นเป็นเส้นตรงเรียบตลอดทั้งภาพเรียกว่า barcode sign¹⁰ ดังภาพที่ 29 อย่างไรก็ตามการตรวจไม่พบ lung sliding sign สามารถพบได้ในภาวะอื่นๆ ได้เช่นกันดังตารางที่

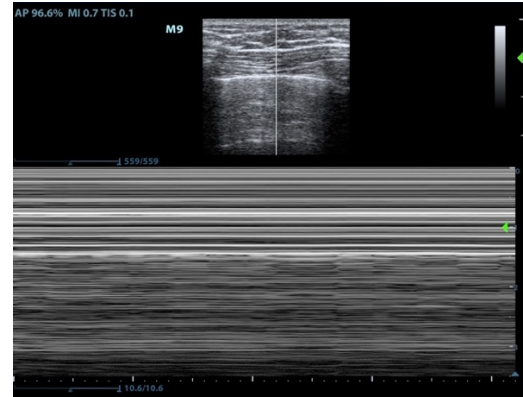
ตารางที่ 1 แสดงสาเหตุของ negative lung sliding sign¹¹

Inflammatory adhesences
Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS)
Atelectasis (ภาวะปอดแฟบ)
Apnea (ภาวะหยุดหายใจ)
Post pneumonectomy (ภายหลังการผ่าตัดเนื้อปอด)
Post pleurodesis (ภายหลังหัตถการเพื่อขจัดช่องว่างในช่องเยื่อหุ้มปอด)
Mainstem intubation (การใส่ท่อช่วยหายใจเข้าหลอดลมเพียงหนึ่งข้าง)
Esophageal intubation (การใส่ท่อช่วยหายใจเข้าหลอดอาหาร)

ลักษณะใน ultrasound ที่จำเพาะกับ pneumothorax คือ lung point sign ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างเยื่อหุ้มปอดที่มี air และเยื่อหุ้มปอดปกติ ภาพที่เห็นใน ultrasound คือภาพที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างจุดที่ไม่มี lung sliding และจุดที่มี lung sliding¹⁰ ภาพที่ได้จาก M-mode จะมีลักษณะที่เป็น seashore ครึ่งหนึ่งและ barcode อีกครึ่งหนึ่งของภาพดังภาพที่ 30



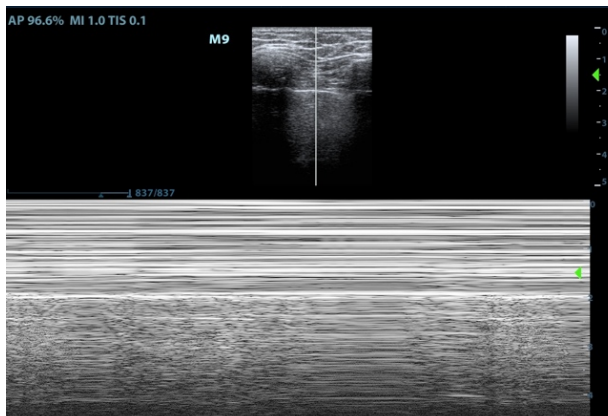
ภาพที่ 28 แสดง seashore sign ในการตรวจ M-mode



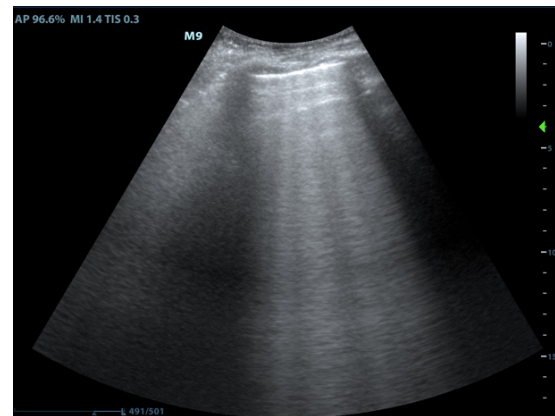
ภาพที่ 29 แสดง barcode sign ในการตรวจ M-mode

ลักษณะอื่นๆ ที่พบได้ใน ultrasound ของปอดได้แก่

- A-line เป็น Horizon echogenic line ที่มีขนาดระยะห่างเท่าๆ กัน เกิดจากการสะท้อนของ Pleura โดยระยะห่างระหว่าง A-line แต่ละเส้นจะเท่ากับระยะห่างระหว่าง probe และ pleura พบได้ในปอดที่ปกติและในภาวะ pneumothorax^{9,12}
- B-line หากพบ B-line ตั้งแต่ 3 เส้นขึ้นไปในแต่ละ intercostal space แสดงถึงการมี interstitial syndrome¹³ ดังภาพที่ 31

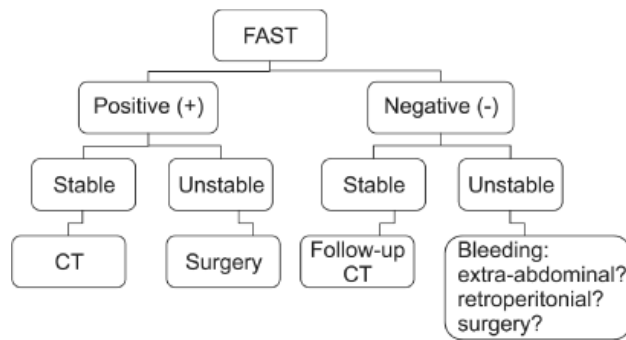


ภาพที่ 30 แสดง lung point ในการตรวจ M-mode



ภาพที่ 31 แสดง multiple B-line

การทำ e-FAST นั้นในปัจจุบันถูกนำมาใช้ในการตรวจผู้ป่วย blunt trauma เป็นหลัก แต่สามารถนำมาใช้ในผู้ป่วย penetrating trauma ได้เช่นกัน โดยเฉพาะการตรวจหา hemopericardium ในผู้ป่วยที่มี penetrating thoracic trauma หรือ cardiac trauma^{14,15} และสามารถตรวจหาเลือดออกในช่องท้องในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บ penetrating abdominal trauma หากการตรวจ FAST ให้ผลบวกใน penetrating trauma สามารถให้การรักษาโดยใช้ algorithms เดียวกับ blunt trauma ดังภาพที่ 32 อย่างไรก็ตาม การตรวจ FAST นั้นมีความไวต่ำในการระบุจำเพาะอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บประเภท penetrating รวมถึงผู้ป่วยที่อาจได้รับบาดเจ็บที่ลำไส้หรือกระบังลมอาจจำเป็นต้องได้รับการทำ CT หรือ exploratory laparotomy เพื่อประเมินการบาดเจ็บ รวมถึงการตรวจ e-FAST สามารถใช้ในการประเมินผู้ป่วย non-trauma ที่สงสัยภาวะเลือดออกในช่องท้อง, pleural effusion และ spontaneous pneumothorax ได้เช่นกัน



ภาพที่ 32 แสดงFAST concensus¹⁶

References

1. American College of Surgeons (ACS). In: Advanced Trauma Life Support for Physicians. 6th edition. Chicago, IL: ACS; 1997.
2. American College of Surgeons (ACS). In: Advanced Trauma Life Support; student course manual. 10th edition. Chicago, IL: ACS; 2018.
3. Branney SW, Wolfe RE, Moore EE, et al. Quantitative sensitivity of ultrasound in detecting free intraperitoneal fluid. J Trauma. 1995; 39: 375–80.
4. Noble VE, Nelson BP. In: Manual of Emergency and Critical Care Ultrasound. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2011.
5. Creditt A, Tozer J, Vitto M, et al. In: Clinical ultrasound Angela. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2018.
6. Sisley AC, Rozycki GS, Ballard RB, et al. Rapid detection of traumatic effusion using surgeon-performed ultrasonography. J Trauma. 1998; 44: 291–6.
7. Ma OJ, Mateer JR. Trauma ultrasound examination vs chest radiography in the detection of hemothorax. Ann Emerg Med. 1997; 29: 312–15.
8. Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, et al. Traumatic pneumothorax detection with US: correlation with chest radiography and CT – initial experience. Radiology. 2002; 225: 210–14.
9. Lee FCY. Lung ultrasound—a primary survey of the acutely dyspneic patient. Journal of Intensive Care. 2016;4(1):57. doi:10.1186/s40560-016-0180-1.
10. Lichtenstein DA. In: General Ultrasound in the Critically Ill. New York, NY; Springer: 2004.
11. Flato UAP, Guimaraes HP, Lopes RD, et al. Usefulness of Extended-FAST (EFAST-Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma) in critical care setting. Rev Bras Ter Intensiva. 2010 Sep;22(3):291–9.
12. Husain LF, Hagopian L, Wayman D, et al. Sonographic diagnosis of pneumothorax. J Emerg Trauma Shock. 2012 Jan;5(1):76–81.
13. Bataille B, Rao G, Cocquet P, et al. Accuracy of ultrasound B-lines score and E/Ea ratio to estimate extravascular lung water and its variations in patients with acute respiratory distress syndrome. J Clin Monit Comput. 2015. 29;1:169-76.

14. Plummer D, Brunette D, Asinger R, et al. Emergency department echocardiography improves outcome in penetrating cardiac injury. *Ann Emerg Med.* 1992; 21: 709–12.
15. Rozycki GS, Feliciano DV, Ochsner MG, et al. The role of ultrasound in patients with possible penetrating cardiac wounds: a prospective multicenter study. *J Trauma.* 1999; 46: 543–51.
16. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, et al. Focused assessment with sonography for trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma.* 1999; 46: 466–72.

Gallbladder and biliary system ultrasound

พญ.ปิยฉัตร ศศิภัทรพงศ์

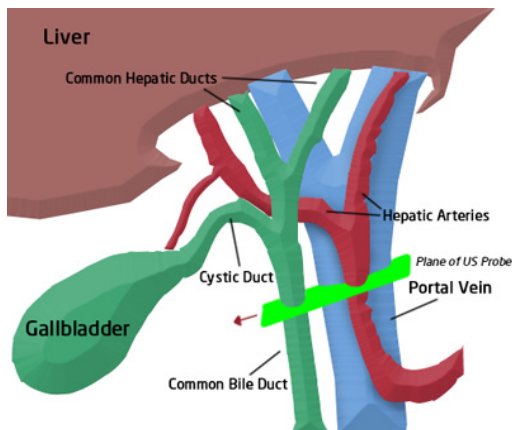
เวชศาสตร์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลขอนแก่น

Emergency Ultrasound

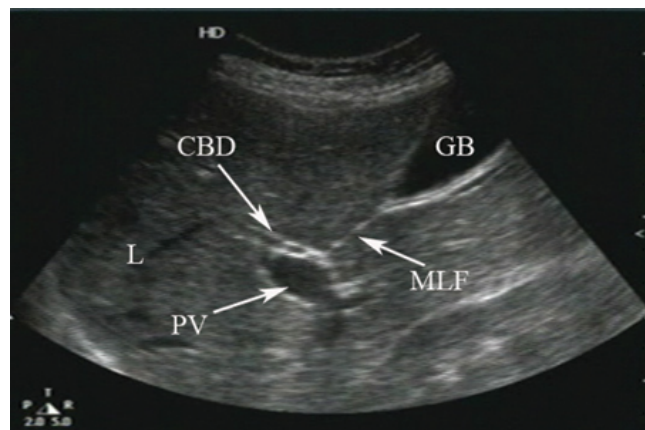
โดยปกติในการตรวจวินิจฉัยโรคของถุงน้ำดีในห้องฉุกเฉิน มักจะพิจารณาเลือกการตรวจด้วย Ultrasound เป็นอันดับแรกเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงในการวินิจฉัย สิ่งสำคัญในการ ultrasound ของถุงน้ำดีและท่อน้ำดีคือการตรวจหา gallstone (นิ่วในถุงน้ำดี) ตรวจหา sonographic Murphy sign ตรวจหา common bile duct dilatation (การขยายขนาดของท่อน้ำดีของตับ) ตรวจหา thickened anterior gallbladder wall (การหนาตัวของผนังถุงน้ำดีด้านหน้า) และตรวจหา pericholecystic fluid (น้ำรอบถุงน้ำดี)

กายวิภาค

ถุงน้ำดีนั้นสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ภายใน right upper quadrant แต่บริเวณ gallbladder neck (ส่วนคอของถุงน้ำดี) จะอยู่นิ่งติดกับ main lobar fissure และ portal vein โดย main lobar fissure จะเป็นตัวเชื่อมต่อ right portal vein และ gallbladder neck มี common bile duct วางอยู่หน้าต่อ portal vein ดังภาพที่ 1 ลักษณะของ common bile duct ใน ultrasound คือจะมีผนังสีขาว echogenic เมื่อเทียบกับ vein หรือ artery เนื่องจากผนังของ common bile duct นั้นหนาและมีลักษณะ fibrous มากกว่าผนังของเส้นเลือดที่บางกว่า¹ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดง portal triad



ภาพที่ 2 แสดง Main lobar fissure (MLF), Gallbladder (GB), Common bile duct (CBD), Portal vein (PV) และ Liver (L)

วิธีการตรวจ

การทำ ultrasound ของถุงน้ำดีนั้นนิยมใช้ curvilinear probe ที่มีความถี่ระหว่าง 2.5–5.0 MHz โดยทั่วไปการทำ ultrasound ทำในท่าผู้ป่วยนอนหงาย วาง probe ได้ต่อชายโครงด้านขวา probe marker ชี้ไปทางด้านไหล่ขวาและศีรษะของผู้ป่วยดังภาพที่ 3 ทำการตรวจหาตามแนวชายโครงจนพบถุงน้ำดี การให้ผู้ป่วยหายใจเข้าลึกจะช่วยในการดันถุงน้ำดีให้ลงไปอยู่ใต้ชายโครง รวมถึงการให้ผู้ป่วยนอนตะแคงซ้ายอาจช่วยให้การมองเห็นถุงน้ำดีชัดขึ้นในผู้ป่วยบางราย หรืออาจวาง probe

ในรูปแบบ subcostal ในแนว transverse โดย marker ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วยที่ได้ต่อสายโครงในแนว mid-clavicular line ดังภาพที่ 4 หลังจากนั้น tilt ตัว probe ไปทางด้านศีรษะและทางด้านเท้าของผู้ป่วยเพื่อหาถุงน้ำดี หรืออาจวาง probe ระหว่างกระดูกซี่โครงเพื่อใช้ตับเป็น acoustic window และหลีกเลี่ยงลมในลำไส้

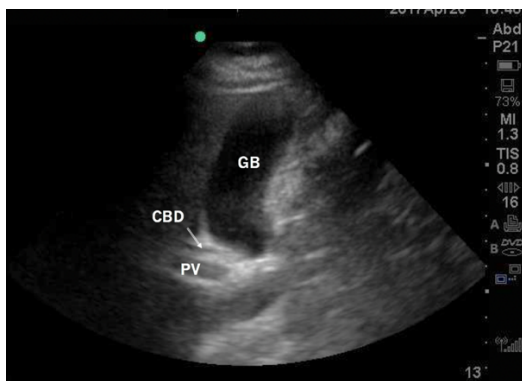
จากนั้นตรวจหาแกนแนวยาวของถุงน้ำดี โดยการหมุน probe ไปตามแนวแกนของถุงน้ำดี ในแกนแนวยาวของถุงน้ำดีนั้น จะเห็น portal triad มีลักษณะคล้ายเครื่องหมายอัศเจรีย์ ดังภาพที่ 5 การพบ portal triad นั้นจะทำให้มั่นใจได้ว่าสิ่งที่เราเห็นคือถุงน้ำดี เนื่องจากอาจสับสนกับลำไส้ หรือเส้นเลือด inferior vena cava ได้หากไม่พบ portal triad ในตำแหน่งของเครื่องหมายอัศเจรีย์นี้ เราจะเห็น common bile duct เป็นอวัยวะที่มีผนังหนาสีขาว hyperechoic อยู่หน้าต่อ portal vein และพบ hepatic artery ดังภาพที่ 6 การใช้ color-flow doppler อาจช่วยแยกแยะระหว่าง common bile duct ซึ่งจะไม่พบ color-flow ภายในท่อ ในขณะที่ภายในเส้นเลือดนั้นจะพบมี color-flow อยู่ภายในเส้นเลือด



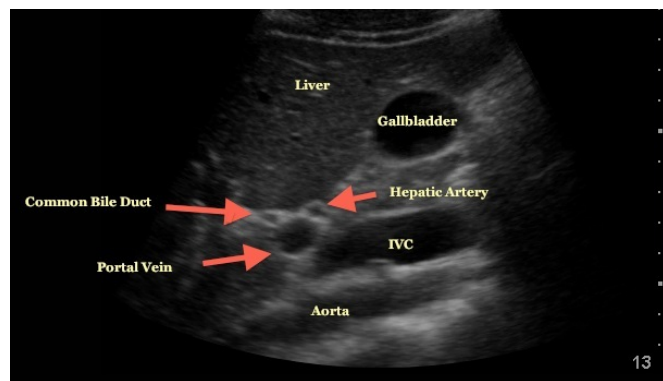
ภาพที่ 3 แสดงการวาง probe ในการตรวจถุงน้ำดี



ภาพที่ 4 แสดงการวาง probe ในแนว subcostal



ภาพที่ 5 แสดงแกนแนวยาวของ Gallbladder (GB) ซึ่งเห็นอวัยวะที่เป็นส่วนประกอบของ portal triad ได้แก่ Common bile duct (CBD) และ Portal vein (PV) มีรูปร่างคล้ายเครื่องหมายอัศเจรีย์



ภาพที่ 6 แสดง portal triad ได้แก่ Common bile duct, Portal vein และ Hepatic artery

จากนั้นให้ทำการตรวจดูน้ำดีทั้งในแกนแนวยาวและแนวตัดขวาง สมควรตรวจให้ทั่วทั้งถุงน้ำดีเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีนิ่วในถุงน้ำดี ในการตรวจภาวะ acute cholecystitis (โรคถุงน้ำดีอักเสบเฉียบพลัน) ตรวจจากตัวถุงน้ำดีและใช้ probe ในการกดตัวถุงน้ำดีเพื่อประเมิน sonographic Murphy sign ซึ่งเป็นการตรวจพบที่จำเพาะต่อการอักเสบของถุงน้ำดีมากที่สุด และควรตรวจได้ต่อชายโครงของผู้ป่วยเพื่อให้มั่นใจได้แรงกดกระทำกับถุงน้ำดี ไม่ใช่ที่กระดูกซี่โครง การตรวจ sonographic Murphy sign ที่ถูกต้องนั้นจะต้องพบการเปลี่ยนรูปร่างของตัวถุงน้ำดีเมื่อได้รับแรงกด

การวัดขนาดที่จำเป็นคือการวัดขนาดของ anterior gallbladder wall และ common bile duct โดย anterior gallbladder wall ที่หนาตัวขึ้นคือลักษณะที่แสดงถึงการอักเสบ อย่างไรก็ตามสามารถพบลักษณะนี้ได้ภาวะอื่นเช่นกันดังตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการวัดขนาดเพื่อการตรวจที่ครบถ้วน และสมควรวัดผนังด้าน anterior เนื่องจากผนังด้าน posterior จะมี artifact จากลำไส้ด้านหลังทำให้การวัดขนาดไม่แม่นยำ ภาพที่ 7 แสดงการวัดขนาดของ anterior gallbladder wall ที่ปกติ โดยขนาดของ anterior gallbladder wall ที่ผิดปกติคือหนามากกว่า 3 มิลลิเมตร^{2,3}

ตารางที่ 1 แสดงสาเหตุของ anterior gallbladder wall ที่หนาตัวผิดปกติ

หลังรับประทานอาหาร
ผู้ป่วยโรคไต renal failure
Ascites (ภาวะมีน้ำในเยื่อช่องท้อง)
Hepatitis (โรคตับอักเสบ)
Hypoalbuminemia (ภาวะอัลบูมินในเลือดต่ำ)
HIV/AIDS โรคภูมิคุ้มกันบกพร่องจากเชื้อเอชไอวี
Adenomyomatosis (ติ่งเนื้อถุงน้ำดีจากกล้ามเนื้อถุงน้ำดีเจริญผิดปกติ)
มะเร็งเม็ดเลือดขาว Multiple myeloma
Cholecystitis (ถุงน้ำดีอักเสบ)
Congestive heart failure (ภาวะหัวใจวาย)

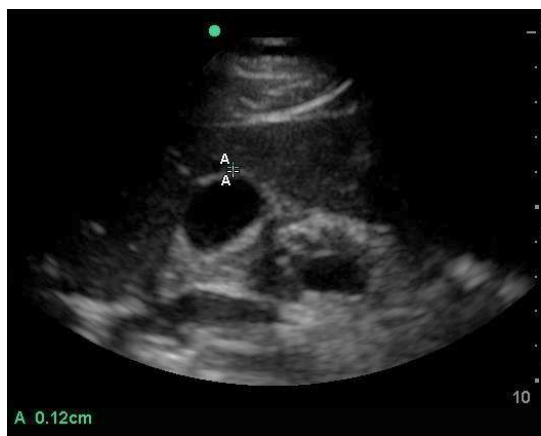
ท่อน้ำดีที่มีการขยายตัวบ่งชี้ถึงการอุดตันของท่อน้ำดี เส้นผ่านศูนย์กลางปกติของท่อน้ำดี common bile duct คือน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร⁴ การวัดขนาดของท่อน้ำดีควรวัดจากผนังด้านในถึงผนังด้านใน เส้นผ่านศูนย์กลางอาจมีการเพิ่มขึ้นตามอายุ และเมื่ออายุมากกว่า 60 ปีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำดี common bile duct อาจเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตรทุก 10 ปี ในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดนิ่วในถุงน้ำดี ท่อน้ำดี common bile duct อาจมีขนาดปกติได้ถึง 1 เซนติเมตร⁵

เมื่อมีการอุดตันของท่อน้ำดีจะส่งผลให้มีการขยายขนาดของท่อน้ำดีในตับ โดยการขยายขนาดของท่อน้ำดีส่วน extrahepatic duct บ่งชี้ถึงการอุดตันของ common bile duct ซึ่งอาจส่งผลต่อการขยายขนาดของ intrahepatic duct ตามมาได้ แต่หากมีการขยายขนาดของท่อน้ำดีส่วน intrahepatic duct เพียงอย่างเดียวมักเกิดจากการอุดตันของท่อน้ำดีส่วน common hepatic duct¹

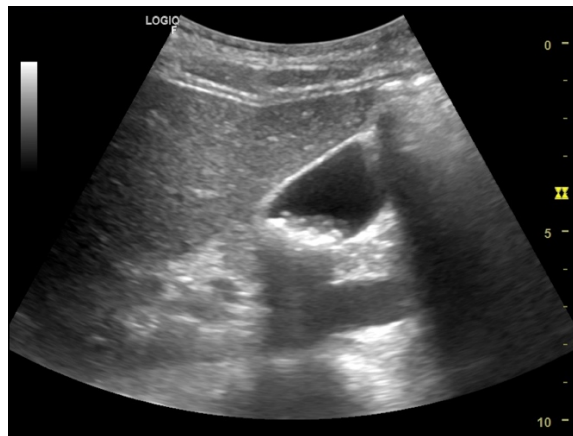
พยาธิสภาพ

1. นิ่วในถุงน้ำดี (Cholelithiasis)

นิ่วในถุงน้ำดีมีลักษณะ echogenic และมี posterior acoustic shadowing อย่างไรก็ตามหากนิ่วในถุงน้ำดีมีขนาดน้อยกว่า 4 มิลลิเมตรอาจตรวจไม่พบ posterior acoustic shadowing โดยทั่วไปนิ่วในถุงน้ำดีจะตกลงส่วนด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงของโลกและเคลื่อนที่เมื่อผู้ป่วยเปลี่ยนท่าทาง ยกเว้นในกรณีที่นิ่วมีการอัดแน่นอยู่ในถุงน้ำดีหรือมีส่วนประกอบของคอเลสเตอรอล สูงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แสดงการวัดขนาดของ anterior gallbladder wall ปกติ

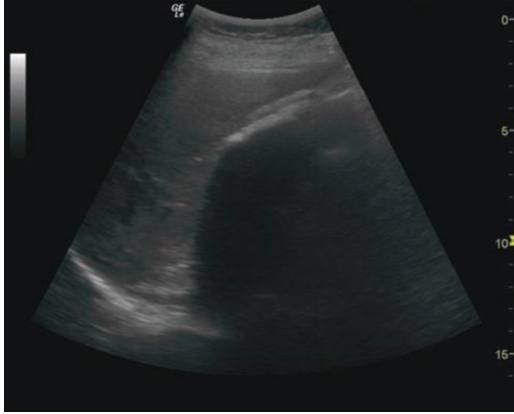


ภาพที่ 8 แสดง multiple dependent gallstones มีลักษณะ echogenic และมี posterior acoustic shadowing

ลักษณะหนึ่งของนิ่วในถุงน้ำดีคือ wall-echo-shadow (WES) sign ซึ่งพบได้ในถุงน้ำดีที่มีนิ่วอยู่เต็ม ซึ่งประกอบด้วยผนังด้านหน้าของถุงน้ำดีที่มีลักษณะ echogenic (wall: W), anechoic stripe ซึ่งเป็นส่วนของน้ำดี, เส้น hyperechoic ซึ่งเกิดจากนิ่วในถุงน้ำดี (echo: E) และเงาดำด้านหลังนิ่ว (shadow: S)⁶ ดังภาพที่ 9

2. โรคถุงน้ำดีอักเสบ (Cholecystitis)

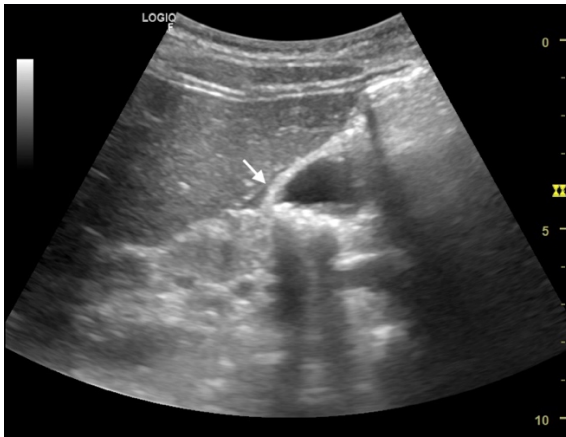
โรคถุงน้ำดีอักเสบคือการอักเสบของถุงน้ำดีที่เกิดจากการอุดตันของท่อระบายน้ำดี สาเหตุสำคัญคือนิ่วในถุงน้ำดี สาเหตุอื่นๆ ได้แก่ sludge (กากตะกอนในถุงน้ำดี) และ tumor ลักษณะที่พบใน ultrasound ของโรคถุงน้ำดีอักเสบคือ ผนังถุงน้ำดีหนากว่าปกติและมีน้ำรอบถุงน้ำดี ดังภาพที่ 10, 11 และ 12 อย่างไรก็ตามภาวะ ascites อาจทำให้พบลักษณะของการมีน้ำรอบถุงน้ำดีและผนังถุงน้ำดีหนากว่าปกติได้เช่นกัน การตรวจพบนิ่วในถุงน้ำดีร่วมกับ sonographic Murphy sign มี positive predictive value ต่อการวินิจฉัยโรคถุงน้ำดีอักเสบ 92.2%⁸ แต่หากตรวจไม่พบนิ่วในถุงน้ำดีร่วมกับไม่พบ sonographic Murphy sign มี negative predictive value 95.2% ลักษณะทาง ultrasound ของโรคถุงน้ำดีอักเสบที่พบได้คือ biliary sludge ซึ่งมีลักษณะเป็นชั้นของเหลวในถุงน้ำดีและไม่มี posterior acoustic shadowing อย่างไรก็ตามสามารถตรวจพบ biliary sludge ในภาวะ biliary stasis เช่นการได้รับประทานอาหารที่น้อยลงได้ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการอุดตันของถุงน้ำดีและเกิดโรคถุงน้ำดีอักเสบตามมาได้เช่นกัน



ภาพที่ 9 แสดง WES sign⁷



ภาพที่ 10 แสดงนิ่วในถุงน้ำดีและ gallbladder wall thickening



ภาพที่ 11 แสดง pericholecystic fluid (ลูกศร)



ภาพที่ 12 แสดง Biliary sludge (*) ร่วมกับ Gallbladder wall thickening(ลูกศร)

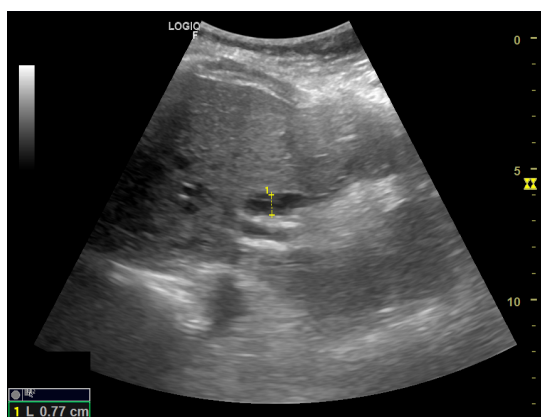
3. โรคถุงน้ำดีอักเสบเฉียบพลันที่ไม่ได้เกิดจากนิ่วในถุงน้ำดี (Acute acalculous cholecystitis)

Acute acalculous cholecystitis คือโรคถุงน้ำดีอักเสบเฉียบพลันโดยที่ไม่มีนิ่วในถุงน้ำดี โดยทั่วไปพบในผู้ป่วยวิกฤต เช่น ผู้ป่วยบาดแผลไฟไหม้รุนแรง ผู้ป่วยที่ได้รับการดูแลรักษาต่อเนื่องเป็นเวลานานหลังผ่าตัด ผู้ป่วยที่ได้รับการดูแลรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตเป็นเวลานาน สาเหตุเกิดจากการขาดเลือดของถุงน้ำดี เป็นภาวะที่ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนและเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยตามมาได้มากขึ้น⁹ ลักษณะทาง ultrasound ที่ตรวจพบใน acalculous cholecystitis มีลักษณะเช่นเดียวกับโรคถุงน้ำดีอักเสบทั่วไป ได้แก่ sonographic Murphy sign, ผนังถุงน้ำดีหนาตัวขึ้น, ท่อน้ำดีมีการขยายขนาดดังภาพที่ 13 และมีน้ำรอบถุงน้ำดี โดยการที่ท่อน้ำดีมีการขยายขนาดนั้นอาจเกิดจากการอุดตันจากนิ่วในท่อน้ำดีหรือก้อนเนื้อในท่อน้ำดีได้เช่นกัน ซึ่งอาจก่อให้เกิดภาวะ ascending cholangitis ตามมาได้

โรคถุงน้ำดีอักเสบชนิด emphysematous โดยทั่วไปเกิดจากการติดเชื้อ clostridium และมีการอุดตันของ cystic artery ที่เกิดจาก atherosclerosis และโรคเบาหวาน ผู้ป่วยจะมีลมในผนังของถุงน้ำดี การตรวจทาง ultrasound จะพบมี speckled scattering ของ ultrasound wave และ distal reverberation artifacts ผู้ป่วยมักจะมีอาการที่รุนแรงและมีอัตราการเสียชีวิตที่สูง¹⁰

ผลภาพลวงที่ควรรู้

การตรวจ ultrasound ของถุงน้ำดีนั้นอาจพบผลภาพลวงได้จากลำไส้เล็กส่วน duodenum เนื่องจาก duodenum นั้นมีลักษณะคล้ายถุงน้ำดีที่ผิดปกติดังภาพที่ 14 การแยกแยะระหว่างถุงน้ำดีและ duodenum อาศัยกายวิภาคและลักษณะทาง ultrasound ดังตารางที่ 2 ผนังถุงน้ำดีมีลักษณะหนาและ echogenic ในขณะที่ผนัง duodenum จะมีสีดำ duodenum อยู่หลังตับแต่จะไม่ถูกล้อมรอบด้วยตับเช่นที่พบในถุงน้ำดี middle hepatic ligament เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่าง portal vein และถุงน้ำดี ในขณะที่ duodenum จะไม่มีตัวเชื่อมต่อ duodenum จะมีการบีบตัว peristalsis แต่ถุงน้ำดีจะไม่มีการบีบตัว ถุงน้ำดีจะมีผนังชัดเจนและมีจุดสิ้นสุดเมื่อขยับ probe จากบนลงล่าง ในขณะที่ duodenum ส่วนต้นจะเชื่อมต่อกับกระเพาะอาหารและส่วนปลายจะเชื่อมต่อกับลำไส้เล็กส่วน jejunum



ภาพที่ 13 แสดง CBD dilation โดย CBD วางอยู่ anterior ต่อ portal vein และ portal vein มีผนังหนากว่า CBD



ภาพที่ 14 แสดง duodenum (D) และ liver (L)

ตารางที่ 2 แสดงความแตกต่างระหว่างถุงน้ำดีและลำไส้เล็กส่วน duodenum

ถุงน้ำดี	ลำไส้เล็กส่วน duodenum
ผนังสีขาว echogenic	ผนังสีดำ
ล้อมรอบด้วยตับ	อยู่ด้านหลังและติดกับตับ
มีการเชื่อมต่อกับ portal vein โดย Middle hepatic ligament	ไม่มีการเชื่อมต่อ
อยู่นิ่ง	มีการบีบตัว peristalsis
มีจุดสิ้นสุดเมื่อขยับ probe จากบนลงล่าง	มีลักษณะเป็นท่อยาวเชื่อมต่อกับกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กส่วน jejunum

ผลภาพลวงของนิ่วถุงน้ำดีที่อาจพบได้คือ polyp (ติ่งเนื้อในถุงน้ำดี) ดังภาพที่ 15 โดย polyp นั้นจะไม่มี posterior acoustic shadowing และจะไม่มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งเมื่อผู้ป่วยเปลี่ยนท่าทาง แต่การเปลี่ยนท่าทางนั้นจะทำให้นิ่วในถุงน้ำดีเปลี่ยนตำแหน่งตามแรงโน้มถ่วง



ภาพที่ 15 แสดง Biliary polyp¹¹

Reference

1. Noble VE, Nelson BP. In: Manual of Emergency and Critical Care Ultrasound. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2011.
2. Finberg HJ, Birnholz JC. Ultrasound evaluation of the gallbladder wall. Radiology. 1979; 133: 693–8.
3. Engel JM, Deitch EA, Sikkema W. Gallbladder wall thickness: sonographic accuracy and relation to disease. AJR Am J Roentgenol. 1980; 134: 907–9.
4. Parulekar SG. Ultrasound evaluation of common bile duct size. Radiology. 1979; 133: 703–7.
5. Wu CC, Ho YH, Chen CY. Effect of aging on common bile duct diameter: a real time sonographic study. J Clin Ultrasound. 1984; 12: 473.
6. MacDonald FR, Cooperberg PL, Cohen MM. The WES triad: a specific sonographic sign of gallstones in the contracted gallbladder. Gastrointest Radiol. 1981; 6: 39–41.
7. Cosby KS, Kendall JL. In: Practical guide to Emergency Ultrasound, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.
8. Ralls PW, Colletti PM, Lapin SA, et al. Real-time sonography in suspected acute cholecystitis: prospective evaluation of primary and secondary signs. Radiology. 1985; 155: 767–71.
9. Johnston DE, Kaplan MM. Pathogenesis and treatment of gallstones. N Engl J Med. 1993; 328: 412–21.
10. Blaquiére RM, Dewbury KC. The ultrasound diagnosis of emphysematous cholecystitis. Br J Radiol. 1982; 55: 114–16.
11. Fox JC. In: Atlas of Emergency Ultrasound. New York: Cambridge University Press, 2011.

Abdominal Aorta Ultrasound

พญ.ปิยฉัตร ศศิภัทรพงศ์
เวชศาสตร์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลขอนแก่น
Emergency Ultrasound

การทำ ultrasound ในผู้ป่วยฉุกเฉินเพื่อการวินิจฉัยภาวะ abdominal aortic aneurysm (AAA) นั้นสามารถทำได้รวดเร็ว สามารถทำให้การช่วยเหลือผู้ป่วยความเสี่ยงสูงทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากช่วยลดเวลาในการย้ายผู้ป่วยไปตรวจวินิจฉัยโดยใช้วิธีการอื่น¹ อาการของผู้ป่วย AAA มีหลากหลาย ได้แก่ ปวดท้อง ปวดหลัง ปวดเอวซึ่งอาจมีอาการคล้ายกับโรคหัวใจในทางเดินปัสสาวะ หดสติขั้วครู หรือเลือดออกในทางเดินอาหาร ดังนั้นผู้ป่วยทุกรายที่มีความเสี่ยงต่อการเกิด AAA และมาด้วยอาการดังกล่าวควรได้รับการตรวจ ultrasound รวมถึงผู้ป่วยที่ตรวจพบว่ามี unilateral hydronephrosis เนื่องจาก AAA ที่ขยายขนาดใหญ่ขึ้นอาจกดทับท่อไตทำให้เกิด hydronephrosis ตามมาได้

การทำ ultrasound aorta นั้นเพื่อตรวจดูว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของ abdominal aorta มากกว่า 3 เซนติเมตรหรือไม่ และเส้นผ่านศูนย์กลางของ iliac artery มากกว่า 1.5 เซนติเมตรหรือไม่ และควรตรวจโดยทั่วตลอดความยาวของ abdominal aorta ทั้งในแนว transverse และ longitudinal หากตรวจพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าค่าปกติดังกล่าวแสดงถึงการมีภาวะ aneurysm

กายวิภาค

abdominal aorta ปกติจะมีเส้นผ่านลดลงจาก proximal ไปถึง distal ดังภาพที่ 1 หากไม่มีการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางและการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้มากกว่า 3 เซนติเมตรแสดงถึงการมี AAA หากเส้นผ่านศูนย์กลางของ iliac artery มากกว่า 1.5 เซนติเมตรบ่งชี้ถึงการมี iliac aneurysm การวัดขนาดควรวัดจากผนังด้านนอกไปจนถึงผนังด้านนอกอีกด้าน AAA ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตรและมีรูปร่าง fusiform มีความเสี่ยงต่อการแตก³ โดยหากเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 4 เซนติเมตรมีความเสี่ยงต่อการแตกร้อยละ 2 ต่อปี หากเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-5 เซนติเมตรมีความเสี่ยงต่อการแตกร้อยละ 3-12 ต่อปี และหากเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตรมีความเสี่ยงต่อการแตกร้อยละ 25-41 ต่อปี⁴

วิธีการตรวจ

ควรใช้ probe curvilinear ที่มีความถี่ 3.5 MHz เนื่องจากมี penetration ที่เหมาะสมและสามารถตรวจเห็นได้ตลอดแนวของ aorta โดยควรตรวจ 5 ตำแหน่งต่อไปนี้

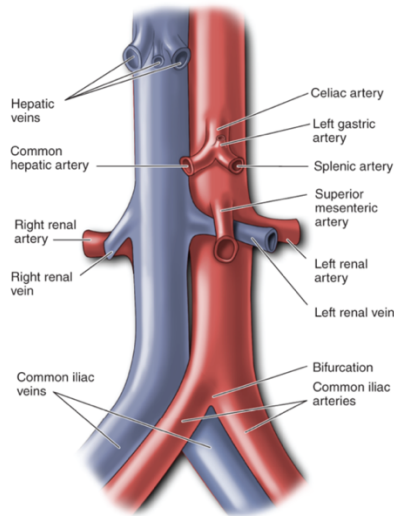
1. แนว transverse ของ proximal aorta
2. แนว transverse ของ mid aorta
3. แนว transverse ของ distal aorta
4. แนว transverse ของ bifurcation ของ distal aorta ต่อเนื่องลงไปเป็น iliac artery 2 ข้าง
5. แนว sagittal ของ aorta

Landmark ที่ช่วยในการระบุตำแหน่งของ aorta คือ vertebral body shadow เมื่อวาง probe ในแนว transverse โดย marker ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วย จะพบ aorta มีลักษณะวงกลมที่มีผนังสีขาว ภายในมีสีดำ วางอยู่บน vertebra เยื้องไป

ทางด้านขวาของจอภาพ และ IVC จะวางอยู่บน vertebra เยื้องไปทางด้านซ้ายของจอภาพ เนื่องจาก IVC มีแรงดันต่ำ จึงมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมหรือคล้ายหยดน้ำ อาจตรวจพบว่า IVC มี pulsation ได้เนื่องจากตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับ aorta ดังนั้นการใช้ลักษณะของการมี pulsation อาจไม่ได้ช่วยในการแยกระหว่าง aorta และ IVC วิธีการในการแยกระหว่าง aorta และ IVC ได้แก่ การดูลักษณะรูปร่างโดย IVC จะมีผนังบางและ echogenic น้อยกว่า หรืออาจใช้ Doppler waveform ช่วยในการแยกได้เช่นกัน⁵

Proximal aorta

ควรเริ่มตรวจในตำแหน่ง proximal ก่อน ณ ตำแหน่ง epigastric ได้ต่อ xiphoid process วาง probe ในแนว transverse ตั้งฉากกับผนังหน้าท้องผู้ป่วยโดย marker ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วย ดังภาพที่ 2 ในการตรวจ proximal aorta นั้น เราจะมองเห็นกลีบซ้ายของตับ และ celiac trunk ซึ่งเป็น branch แรกของ abdominal aorta โดยมี branch ย่อย คือ hepatic artery และ splenic artery ออกมาจาก celiac trunk รูปร่างคล้ายนกนางนวล จึงมีชื่อเรียกว่า “seagull sign” ดังภาพที่ 3 โดยทั่วไปมักไม่เห็น gastric artery ในการ ultrasound อย่างไรก็ตามในผู้ป่วยบางรายการมองเห็น celiac trunk อาจทำได้ยาก

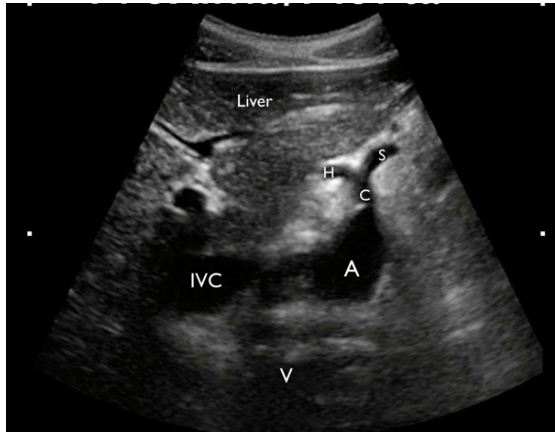


ภาพที่ 1 แสดงแขนงของ aorta และ inferior vena cava (IVC)²

ภาพที่ 2 แสดงการวาง probe เพื่อตรวจ aorta ในแนว transverse

branch ต่อมาของ abdominal aorta คือ superior mesenteric artery (SMA) ซึ่งจะมีผนังสีขาว echogenic อยู่ด้านหน้าต่อ aorta มี splenic vein เชื่อมต่อกับ portal vein พาดผ่านด้านหน้าต่อ SMA ดังภาพที่ 4 และ SMA เมื่อออกจาก aorta จะอยู่ในแนวขนานกับ aorta ในการตรวจแนว transverse จะมีลักษณะคล้ายนาฬิกา หรือเรียกว่า “mantle clock sign” และบางครั้งอาจพบ renal vein อยู่ด้านหลังต่อ SMA เชื่อมต่อกับ IVC ดังภาพที่ 5

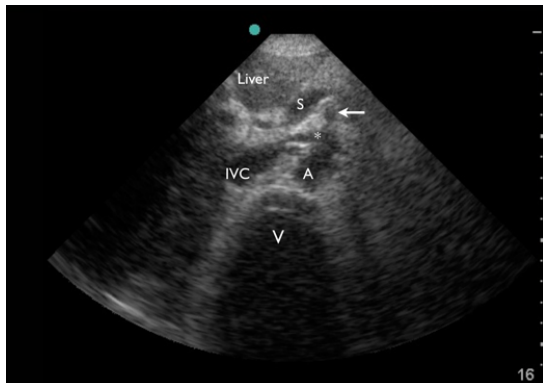
ตำแหน่ง distal จาก ภาพ SMA เล็กน้อย อาจพบ renal artery ดังภาพที่ 6 และ 7 ออกมาจาก aorta โดยส่วนมากจะไม่สามารถมองเห็น renal artery จากการทำ bedside ultrasound ศัลยแพทย์ส่วนมากจึงใช้การทำ CT เพื่อวางแผนการผ่าตัด



ภาพที่ 3 แสดง proximal aorta ในแนว transverse aorta (A) วางอยู่บน vertebra (V) เยื้องไปทางด้านซ้ายของผู้ป่วยและ IVC วางอยู่ด้านขวาของผู้ป่วย โดย aorta มี branch คือ celiac trunk (C) ซึ่งมี branch ย่อยคือ Hepatic artery (H) และ Splenic artery (S) มีลักษณะ seagull sign



ภาพที่ 4 แสดง proximal aorta (A) โดยมี branch คือ SMA (ลูกศร) และพบ splenic v (S) อยู่หน้าต่อ IVC



ภาพที่ 5 แสดง proximal aorta (A) โดย branch คือ SMA (ลูกศร) มีลักษณะคล้ายนาฬิกา ดังลักษณะ mantle clock sign โดย SMA อยู่ด้านหน้าของ aorta มีผนังสีขาว echogenic และมี IVC วางอยู่ด้านซ้ายของภาพ (ด้านขวาของผู้ป่วย) โดยมี vertebral shadow (V) อยู่ด้านหลัง และพบ Splenic v (S) วางอยู่หน้าต่อ SMA และ Renal v (*) วางอยู่หลังต่อ SMA เชื่อมกับ IVC



ภาพที่ 6 แสดง branch ของ aorta คือ renal artery ข้างซ้ายขวา (ลูกศร)



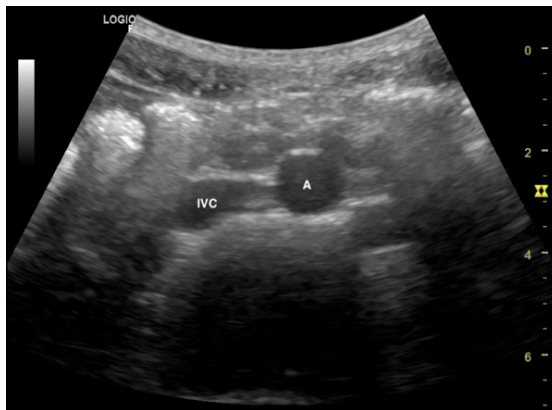
ภาพที่ 7 แสดง branch ของ aorta คือ renal artery ข้างซ้ายขวา (ลูกศร)

Mid aorta

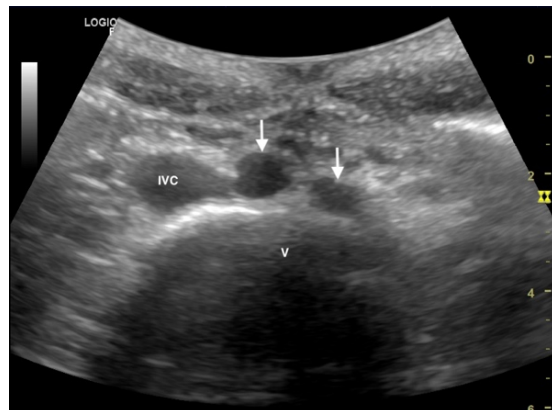
การทำ ultrasound ในแนว transverse ของ mid aorta สามารถทำได้โดยการเลื่อน probe ลงมาด้านล่างตามแนวกลางลำตัวผู้ป่วย โดย probe ยังคงอยู่ในแนว transverse ให้ marker ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วยดังภาพที่ 8 AAA โดยส่วนมากเป็นชนิด infrarenal ดังนั้นควรทำ ultrasound เพื่อดู aorta ในส่วนนี้โดยตลอดแนว

Distal aorta

เมื่อเลื่อน probe ลงมาถึงสะดือตำแหน่งเดียวกับ lumbar vertebra ที่ 4 (L4) จะสามารถเห็น distal aorta ณ ตำแหน่งที่มี bifurcation ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 8 แสดง mid aorta (A)

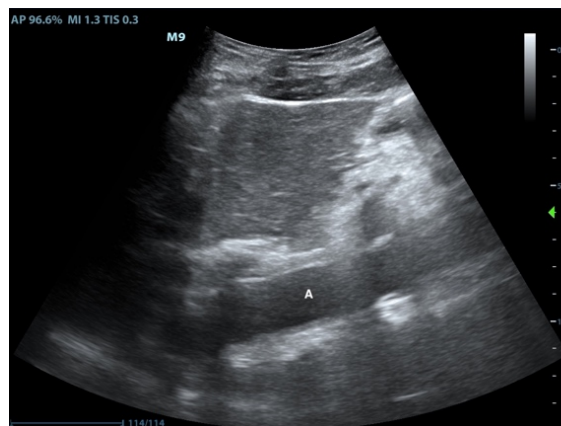


ภาพที่ 9 แสดง bifurcation ของ Aorta เป็น Common iliac artery (ลูกศร)

การตรวจ aorta ในแนว sagittal ทำได้โดยการหมุน probe 90 องศาตามเข็มนาฬิกาจากแนว transverse ให้ marker ชี้ไปทางศีรษะของผู้ป่วย ดังภาพที่ 10, 11 และ 12 โดยจำเป็นต้องดูตลอดแนวจาก proximal ถึง distal เนื่องจากโดยส่วนมาก AAA พบที่ตำแหน่ง distal ต่ renal artery



ภาพที่ 10 แสดงการวาง probe ในแนว sagittal

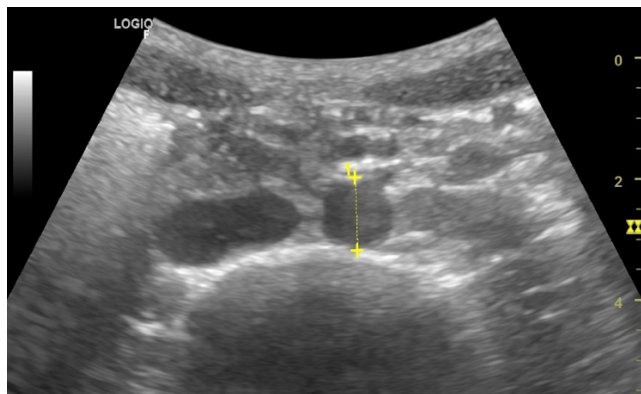


ภาพที่ 11 แสดงภาพ aorta (A) ในแนว sagittal ต่อเนื่องลงมาจาก descending thoracic aorta และวางอยู่บน vertebra

การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ aorta นั้นควรวัดในแนว transverse ดังภาพที่ 13 แสดงการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ proximal aorta เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการวัดในแนว sagittal เนื่องจากการวัดในแนว sagittal นั้นหากตำแหน่งที่วาง probe ไม่ตรงกับตำแหน่งที่กว้างที่สุดของ aorta อาจทำให้ค่าที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง หรือที่เรียกว่า cylinder tangent effect การทำ ultrasound ให้ครบทั้งแนว transverse และ sagittal นั้นเป็นไปเพื่อตรวจดูการโป่งพองของ aorta แบบ saccular



ภาพที่ 12 แสดงภาพ aorta ในแนว sagittal โดยมี branch คือ celiac trunk (C) และ SMA (S)



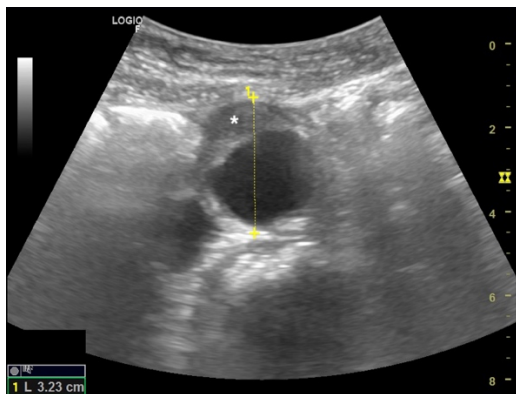
ภาพที่ 13 แสดงการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ proximal aorta จากผนังด้าน outer ถึง outer

การแยกแยะระหว่าง IVC และ aorta สามารถทำได้โดยการดูตำแหน่งที่วางโดยเมื่อตรวจในแนว transverse ให้ marker ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วย aorta จะอยู่ด้านขวาของจอภาพ (ด้านซ้ายของผู้ป่วย) aorta จะมีผนังที่หนากว่า IVC, aorta อาจมี calcification ที่ผนังจาก atherosclerotic plaque ซึ่งอาจทำให้ผนังของ aorta มีผนังที่ขาว echogenic, aorta มีลักษณะกลม ในขณะที่ IVC มีรูปร่างรีหรือรูปร่างหดย่น และจะพบ SMA วางอยู่หน้าต่อ aorta, aorta มีลักษณะ pulsatile อย่างไรก็ตามหากพบลักษณะ pulsatile ใน IVC ได้ด้วยเนื่องจากการส่งผ่าน pulsation จาก aorta เมื่อกดด้วย probe aorta จะไม่สามารถถูกกดทับได้ ในขณะที่ IVC สามารถถูกกดทับได้ด้วย probe, aorta จะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จาก proximal ไป distal แต่ IVC จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อยเมื่อรับเลือดกลับจาก renal veins และเมื่อให้ผู้ป่วยเข้าใจเข้าเร็วและแรงแบบ sniff จะพบว่า IVC มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเล็กน้อย แต่ aorta จะมีขนาดเท่าเดิม

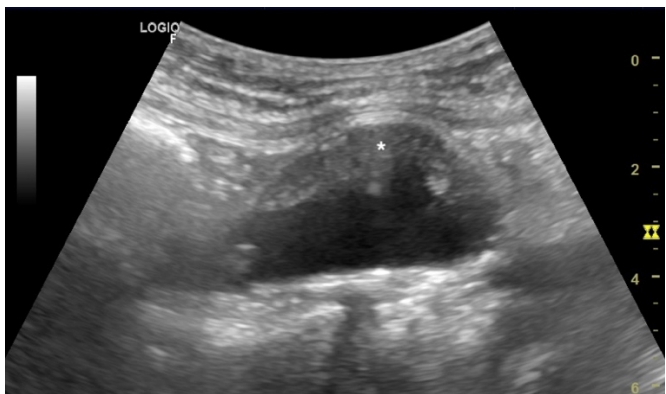
หากทำการตรวจ aorta ตลอดแนว และทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ aorta จากผนังภายนอกถึงผนังภายนอกอยู่ในเกณฑ์ปกติ สามารถบอกได้ว่าผู้ป่วยไม่มีภาวะ AAA โดยมี negative predictive value ร้อยละ 100⁶⁻⁹ แต่สามารถพบผลบวกหลงได้¹⁰ อย่างไรก็ตาม การตรวจ ultrasound aorta นั้นอาจทำได้ยากในบางครั้งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ทำและรูปร่างของผู้ป่วย¹¹ (Hoffmann) ควรตรวจ iliac artery ด้วยเสมอเนื่องจากผู้ป่วยที่มีภาวะ iliac artery aneurysm มีอัตราการทุพพลภาพและเสียชีวิตที่สูง

Abdominal aortic aneurysm

เส้นผ่านศูนย์กลางที่มากกว่า 3 เซนติเมตรแสดงถึงภาวะ AAA (ภาวะโป่งพองของหลอดเลือด aorta) ภายใน lumen ของ aorta สีดำคือเลือดที่ไหลเวียนได้ ตำแหน่งที่ผนังของ aorta คือ clot (ลิ่มเลือด) และ atherosclerotic plaque ที่ติดอยู่กับผนัง โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ aorta นั้นให้วัดโดยรวม clot ใน lumen ของ aorta ด้วย



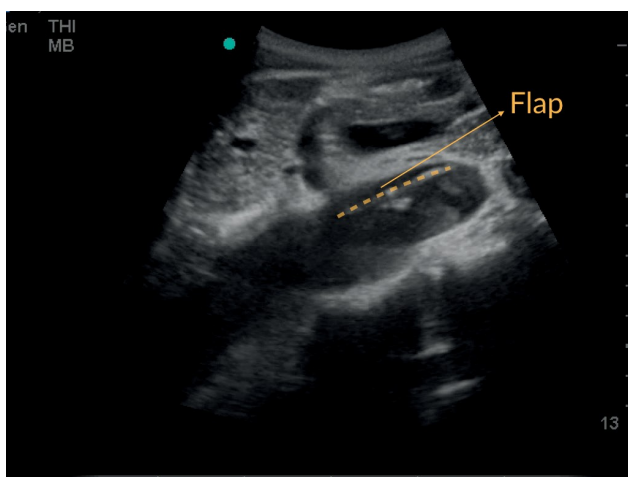
ภาพที่ 13 แสดง AAA โดยมี thrombus (*) อยู่ภายใน lumen จากการตรวจในแนว transverse aorta ได้ชัดเจนในการทำ ultrasound แนวนี้



ภาพที่ 14 แสดงภาพ AAA โดยมี thrombus (*) อยู่ภายใน lumen จากการตรวจในแนว sagittal เราสามารถเห็นรูปร่าง fusiform ของ

Aortic dissection

CT มีความแม่นยำในการตรวจพบ aortic dissection (ภาวะฉีกขาดของหลอดเลือด aorta) มากกว่า ultrasound อย่างไรก็ตามหากทำการตรวจพบ aortic dissection ดังภาพที่ 15 แพทย์ควรสงสัยภาวะ aortic dissection และควรทำการปรึกษาศัลยแพทย์ทันที รวมถึงทำการตรวจภาพรังสีที่ให้ความแม่นยำสูงกว่าเพิ่มเติม



ภาพที่ 15 แสดง long axis ของ abdominal aorta โดยพบ flap อยู่ภายในแสดงถึงภาวะ aortic dissection

Reference

1. Plummer D, Clinton J, Matthew B. Emergency department ultrasound improves time to diagnosis and survival in ruptured abdominal aortic aneurysm. Acad Emerg Med. 1998; 5: 417.
2. Ma OJ, Mateer JR, Blaivas M. In: Emergency Ultrasound. 3rd ed. Beijing: McGraw-Hill Education, 2014.
3. Ouriel K, Green RM, Donayre C, et al. An evaluation of new methods of expressing aortic aneurysm size: relationship to rupture. J Vasc Surg 1992; 15: 12–18.

4. Ernst CB. Abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med*. 1993; 328: 1167–72.
5. Noble VE, Nelson BP. In: *Manual of Emergency and Critical Care Ultrasound*. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2011.
6. Tayal VS, Graf CD, Gibbs MA. Prospective study of accuracy and outcome of emergency ultrasound for abdominal aortic aneurysm over two years. *Acad Emerg Med*. 2003; 10: 867–71.
7. LaRoy LL, Cormier PJ, Matalon TA, et al. Imaging of abdominal aortic aneurysms. *AJR Am J Roentgenol*. 1989; 152: 785–90.
8. Pleumeekers HJ, Hoes AW, Mulder PG, et al. Differences in observer variability of ultrasound measurements of the proximal and distal abdominal aorta. *J Med Screen*. 1998; 5: 104–8.
9. Costantino TG, Bruno EC, Handly N, et al. Accuracy of emergency medicine ultrasound in the evaluation of abdominal aortic aneurysm. *J Emerg Med*. 2005; 29: 455–60.
10. Salen P, Melanson S, Buro D. ED screening to identify abdominal aortic aneurysms in asymptomatic geriatric patients. *Am J Emerg Med*. 2003; 21: 133–5.
11. Hoffmann B, Bessman ES, Um P, et al. Successful sonographic visualisation of the abdominal aorta differs significantly among a diverse group of credentialed emergency department providers. *Emerg Med J*. 2010 Aug 2 [Epub ahead of print].

Inferior vena cava and volume assessment

พญ.ปิยฉัตร ศศิภัทรพงศ์
เวชศาสตร์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลขอนแก่น
Emergency ultrasound

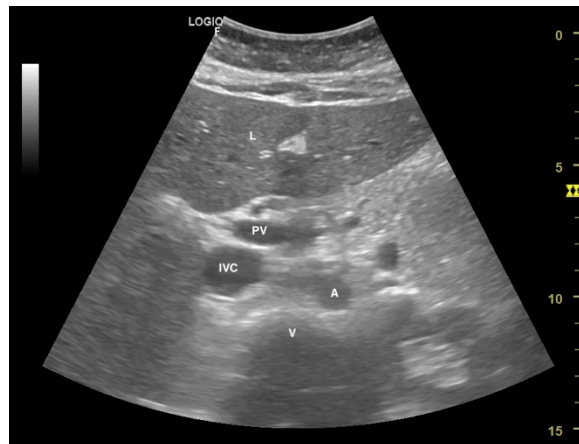
การทำ ultrasound inferior vena cava (IVC) ช่วยในการประเมินปริมาณสารน้ำในร่างกาย โดยการประเมินทั้งขนาดของ IVC และ IVC variation ได้แก่ IVC collapsibility และ IVC distensibility

เทคนิคการตรวจ

การวัดขนาดของ IVC นั้นสามารถวัดได้ทั้งแนว transverse และแนว longitudinal โดยทั่วไปนิยมวัดแนว longitudinal ในผู้ใหญ่และแนว transverse ในเด็ก การตรวจทำในท่าผู้ป่วยนอนหงาย โดยใช้ curvilinear probe หรือ phased array probe ความถี่ 3.5 – 5 MHz วางที่ตำแหน่งใต้ต่อกระดูก xyphoid (Subxiphoid view) ในแนว transverse เพื่อหาหลอดเลือด IVC โดยให้ marker ของ probe ชี้ไปทางด้านขวาของผู้ป่วย ดังภาพที่ 1 เพื่อให้ตับกลีบซ้าย (left lobe of the liver) เป็น acoustic window เมื่อเห็นตับและเส้นเลือด IVC เป็นภาพตัดขวางดังภาพที่ 2 จึงหมุนหัวตรวจ 90 องศาตามเข็มนาฬิกาให้ marker ชี้ขึ้นไปทางศีรษะของผู้ป่วยดังภาพที่ 3 จากนั้นขยับ probe จนหัวใจมาอยู่ด้านซ้ายของหน้าจอ และขยับให้ IVC เห็นเป็นแนวตามยาว เปิดเข้าสู่ right atrium จะเห็น IVC เทเข้าสู่หัวใจเป็นลักษณะคล้าย check mark (เครื่องหมายถูก) และมี hepatic vein เชื่อมต่อกับ IVC ดังภาพที่ 4



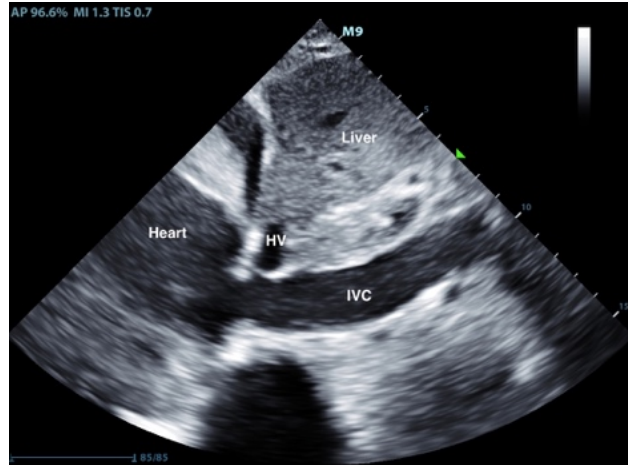
ภาพที่ 1 แสดงการวาง probe ในแนว transverse



ภาพที่ 2 แสดง IVC ในแนว transverse โดย IVC อยู่ด้านหลัง liver (L) และวางอยู่บน vertebra (V) เยื้องไปทางด้านขวาของผู้ป่วย (ด้านซ้ายของจอภาพ) และ Aorta (A) วางอยู่ทางด้านซ้ายของผู้ป่วย (ด้านขวาของจอภาพ) มี Portal vein (PV) อยู่ด้านหน้า IVC



ภาพที่ 3 แสดงการวาง probe ในแนว longitudinal



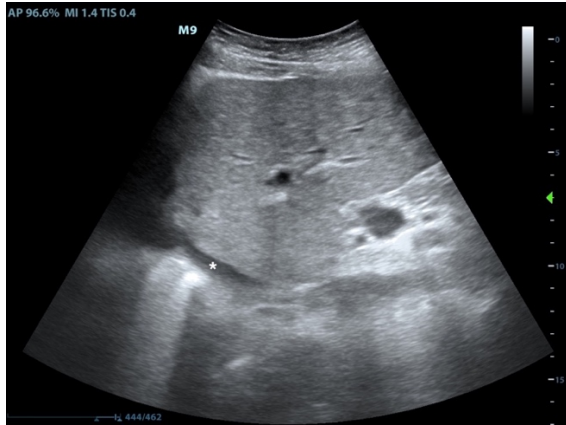
ภาพที่ 4 แสดง IVC เชื่อมต่อกับหัวใจซึ่งมีรูปร่างคล้ายเครื่องหมายถูก (check mark) และมี hepatic vein (HV) เชื่อมต่อกับ IVC

วิธีการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ IVC จะวัดจากความกว้างของ IVC ที่ตำแหน่งห่างจากจุดเชื่อมต่อของ IVC และ right atrium 2 เซนติเมตร หรือ distal ต่อกับ hepatic vein 1 เซนติเมตร ด้วย B-mode

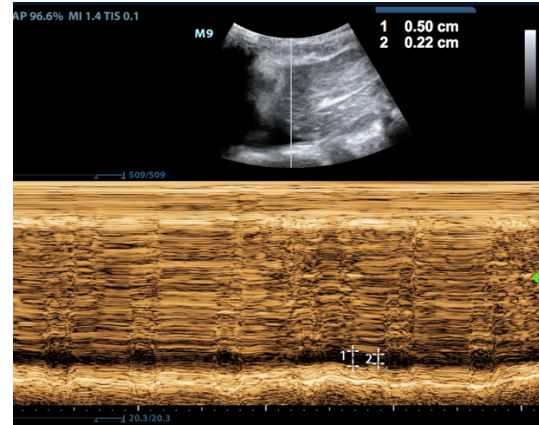
ในขณะหายใจเข้า ความดันในช่องอกที่เป็นลบทำให้เลือดจาก IVC กลับสู่หัวใจมากขึ้น ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของ IVC ลดลง ดังภาพที่ 5 ในผู้ป่วยที่มี intravascular volume น้อย จะมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของ IVC ในช่วงหายใจเข้าและช่วงหายใจออกมากกว่าผู้ป่วยที่มี intravascular volume ปกติหรือมากเกินไป การวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของ IVC นิยมใช้ M-mode เพื่อให้วัดได้สะดวก อาจให้ผู้ป่วยทำการหายใจสั้นและเร็วผ่านจมูกแบบ sniff เพื่อช่วยประเมินการเปลี่ยนแปลงของ IVC ได้ชัดเจนขึ้น ทำการวัดขนาดของ IVC

เปรียบเทียบขนาดระหว่างหายใจเข้ากับหายใจออกและทำการวัดด้วย M-mode ดังภาพที่ 6 จะได้ระยะ 1 ขณะหายใจออก และ 2 ขณะหายใจเข้า โดยสามารถคำนวณ IVC collapsibility index ได้จากสูตร

$$\text{IVC collapsibility index (\%)} = \frac{[\text{IVC expiratory diameter (IVC max)} - \text{IVC inspiratory diameter (IVC min)}]}{\text{IVC expiratory diameter (IVC max)}} \times 100$$



ภาพที่ 5 แสดง IVC collapse ใน B-mode (*)



ภาพที่ 6 แสดงการวัดการเปลี่ยนแปลงของ IVC ตามการหายใจโดยใช้ M-mode โดยผู้ป่วยรายนี้มีภาวะ collapsed IVC จากการเสียน้ำจากร่างกาย IVC collapsibility index คิดเป็น 56%

สามารถแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่มตามระดับ central venous pressure (CVP) ได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของ IVC กับ CVP¹

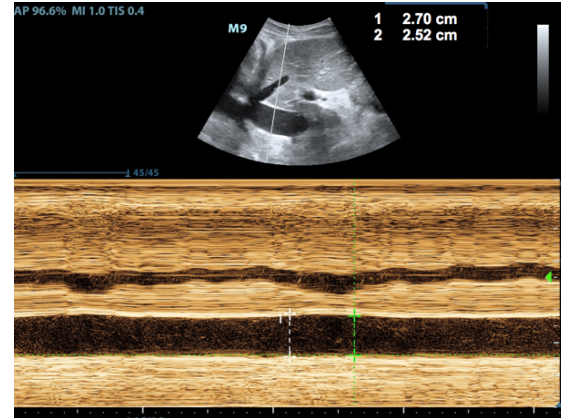
IVC	IVC size (ซม.)	Respiratory change (%)	CVP (ซม.น้ำ)
Normal	<1.5	Total collapse	0-5
Intermediate	1.5-2.5	>50% collapse	6-10
	1.5-2.5	<50% collapse	11-15
High	> 2.5	<50% collapse	16-20
	> 2.5	No change	>20

ในผู้ป่วยที่หายใจได้เอง เส้นผ่านศูนย์กลางของ IVC ที่น้อยกว่า 1.5 เซนติเมตรและมีการ collapse ลงจนสุดสัมพันธ์กับ CVP ที่ต่ำและสัมพันธ์กับการตอบสนองต่อการให้สารน้ำ²⁻⁴

การเปลี่ยนแปลงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ IVC ตามการหายใจจะลดลงในผู้ป่วยที่มีภาวะ congestive heart failure เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะ congestive heart failure⁴ หากผู้ป่วยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของ IVC มากกว่า 2.5 เซนติเมตรและไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดตามการหายใจสัมพันธ์กับการมี CVP ที่สูงมากกว่า 20 เซนติเมตรน้ำและสัมพันธ์กับการไม่ตอบสนองต่อการให้สารน้ำ^{2,4,5} ดังภาพที่ 7 และ 8 ผู้ป่วยเหล่านี้อาจตอบสนองต่อการได้รับ inotropes หรือการลด afterload



ภาพที่ 7 แสดง plethoric IVC ใน B-mode แสดงผู้ป่วย fluid overload ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ IVC เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 8 แสดง plethoric IVC ใน m-mode โดยผู้ป่วยรายนี้มีสารน้ำในร่างกายมากเกินไป IVC collapsibility index คิดเป็น 6.7%

ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่ท่อช่วยหายใจและได้ tidal volume 8-10 mL/kg การเปลี่ยนแปลงของ IVC ตามการหายใจจะตรงข้ามกับผู้ป่วยที่หายใจได้เอง โดยในช่วงที่หายใจเข้า IVC จะมีขนาดใหญ่ขึ้นและในช่วงที่หายใจออก IVC จะมีขนาดเล็กลง เนื่องจากในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่ท่อช่วยหายใจเมื่อหายใจเข้าจะมีความดันในช่องอกที่เป็นบวก การใช้ IVC distensibility index ในการทำนายการตอบสนองต่อสารน้ำจะมีความแม่นยำมากกว่าในผู้ป่วยกลุ่มนี้ โดย IVC distensibility index ที่มากกว่า 18% สัมพันธ์กับการตอบสนองต่อสารน้ำ^{6,7} สามารถคำนวณ IVC distensibility index ได้จากสูตร

$$\text{IVC distensibility index (\%)} = \frac{[\text{IVC inspiratory diameter (IVC max)} - \text{IVC expiratory diameter (IVC min)}]}{\text{IVC expiratory diameter (ICV min)}} \times 100$$

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่ทำให้ค่า IVC size ใหญ่ผิดปกติ ได้แก่ ภาวะ cardiac tamponade, cardiogenic shock, pulmonary hypertension, severe congestive heart failure และ right ventricular dysfunction ยกเว้น กรณีผู้ป่วยมีภาวะ severe sepsis หรือ septic shock ร่วมด้วย ในผู้ป่วยกลุ่มนี้จำเป็นต้องระมัดระวังการแปลผลจากการทำ ultrasound ของ IVC¹

Reference

1. Noble VE, Nelson BP. In: Manual of Emergency and Critical Care Ultrasound. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2011.
2. Adler C, Buttner W, Veh R. Relations of the ultrasonic image of the inferior vena cava and central venous pressure. Aktuelle Gerontol. 1983; 13: 209–13.
3. Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. Am J Cardiol. 1990; 66: 493–6.
4. Simonson JS, Schiller NB. Sonospirometry: a new method for noninvasive estimation of mean right atrial pressure based on two-dimensional echographic measurements of the inferior vena cava during measured inspiration. J Am Coll Cardiol. 1988; 11: 557–64.

5. Minutiello L. Noninvasive evaluation of central venous pressure derived from respiratory variations in the diameter of the inferior vena cava. *Minerva Cardioangiol.* 1993; 41: 433–7.
6. Barbier C, Loubieres Y, Schmit C, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med.* 2004; 30: 1740–6.
7. Feissel M, Michard F, Faller JP, et al. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med.* 2004; 30: 1834–7.