

Academic article

เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดระดับและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบไฮบริด
เพื่อใช้ในการตรวจระบบหลอดเลือดและการทำหัตถการของรังสีร่วมรักษาในประเทศไทย
The Hybrid Angiography-Computed Tomography in Thailand:
The integration between angiography with computed tomography
in hybrid system for vascular angiography and interventional radiology

อติญา เฟื่องสุวรรณ^{1*}, อธิรัตน์ ศิริพงษ์เสถียร², รุจิรา พัฒนวิชกุล¹, ชนิสา โชติพานิช²
Atiya Faungsuwan^{1*}, Dheeratama Siripongsatian²,
Rujira Patanawanitkul¹, Chanisa Chotipanich²

¹ศูนย์ภาพวินิจฉัยและร่วมรักษาเพื่อปวงชน โรงพยาบาลจุฬาภรณ์

²ศูนย์ใช้โคตรอนและเพทสแกนแห่งชาติ โรงพยาบาลจุฬาภรณ์

¹*Diagnosis imaging and image-guided therapy center
for people, Chulabhorn Hospital*

²*National Cyclotron and PET Centre, Chulabhorn Hospital*

*Corresponding author, email : atiya.fau@cra.ac.th

Received: 31 January 2022; Revised: 22 May 2023; Accepted: 23 May 2023

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การรักษาด้วยรังสีร่วมรักษาต้องพบเจอกับความท้าทาย จากการเพิ่มขึ้นของโรคที่มีความซับซ้อน อันเนื่องจากการเติบโตของจำนวนประชากร ที่มีความจำเป็นต้องเข้ารับการรักษาโรคที่มีความรุนแรงและเรื้อรัง ไม่ว่าจะเป็น โรคมะเร็งตับ ภาวะเลือดออกในทางเดินอาหารและภาวะเลือดออกจากการบาดเจ็บ ในช่วงระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา ได้มีการพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อรองรับความก้าวหน้าของการสร้างภาพทางรังสีวิทยา ในขณะเดียวกันมี การคิดค้นความรู้ทางรังสีวิทยา เพื่อตอบสนองต่อการรักษาที่ทันสมัยและมีความซับซ้อน

เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดระดับและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบไฮบริด(hybrid angiography-CT) เป็นนวัตกรรมที่รวมภาพจากทั้งเอกซเรย์ระบบหลอดเลือดระดับและภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ไว้ในเครื่องเดียวกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใน การทำหัตถการทางรังสีร่วมรักษาและเพิ่มความมั่นใจให้กับรังสีแพทย์ นอกจากนี้ ยังส่งผลให้การรักษามีความปลอดภัยและให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการรักษาโรคมะเร็งและการรักษาในภาวะฉุกเฉิน โดยเป็นทางเลือกในการรักษาที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย และมีการนำนวัตกรรมนี้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปใช้ในการวินิจฉัยและรักษาต่อไปอีกด้วย

คำสำคัญ: เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดระดับและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบไฮบริด, การตรวจวินิจฉัยหลอดเลือด, มะเร็งตับ, ภาวะเลือดออก, รังสีร่วมรักษามะเร็ง

Abstract

Nowadays, interventional radiology takes on new challenges, increasingly with complex cases due to a growing number of populations which require hospitalization to treat severe and acute health problems, such as liver malignancy, gastrointestinal bleeding and trauma bleedings. In recent years, technological innovations help support the development of radiological imaging, while knowledge have been generated towards advanced treatment and more complicated procedures. Hybrid angiography-CT (angio-CT) integrates fluoroscopic angiography with CT scan in a single room. The combined unit increases efficiency of common interventional procedure workflow and clinical confidence. Moreover, it offers more possibilities to deliver safer and better results to all patients. In particular, can be applied for various interventional oncologic procedures and in emergency care by giving a chance for patients to receive minimally invasive procedure. Whilst, hybrid CT/angiography system is also being developed for further diagnosis and treatment.

Keywords: Hybrid angiography-CT, Angiography, Liver malignancy, Bleedings, Interventional oncology

บทนำ (Introduction)

ความเป็นมาของเครื่อง Hybrid Angiography-Computed Tomography (hybrid angio-CT)

Angiography คือการตรวจวินิจฉัยทางกายวิภาคและให้รายละเอียดโครงสร้างของระบบหลอดเลือดโดยการฉีดสารทึบรังสีผ่านทางหลอดเลือด และการเอกซเรย์ดูหลอดเลือดแดงหรือหลอดเลือดดำที่ได้ผ่านการฉีดสารทึบรังสีเพื่อแสดงภาพของหลอดเลือดและ การไหลเวียนเลือดภายในหลอดเลือด โดยเริ่มจากการใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจวินิจฉัยความผิดปกติของหลอดเลือดบริเวณต่างๆของ

ร่างกาย นำไปสู่การการรักษาโรคด้วยรังสี ร่วมรักษาได้มีการพัฒนาระบบมาอย่างต่อเนื่อง

ระบบHybrid Angio-CT ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1992 โดย Yasuaki Arai จาก National Cancer Center โตเกียว ประเทศญี่ปุ่นเป็นระบบที่รวมภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์และเครื่องตรวจหลอดเลือดไว้ในเครื่องเดียวกัน ทำให้ลดความเสี่ยงจากการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยระหว่างเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์กับเครื่องตรวจหลอดเลือด ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา รวมทั้งลดระยะเวลาในการทำหัตถการ¹ ระบบไฮบริดสามารถสร้างภาพที่มีคุณภาพเหนือกว่า เห็นภาพที่แม่นยำกว่าระบบถ่ายภาพแบบเดิม ด้วยเหตุนี้จึงถูกนำมาใช้มากขึ้นทั้งในด้านการตรวจวินิจฉัยและการรักษาโรคทางมะเร็งวิทยา รวมไปถึงการรักษาในภาวะฉุกเฉินต่างๆ²

ในช่วงแรก Hybrid Angio-CT ใช้ในการวินิจฉัยและรักษาโรคมะเร็งตับและท่อน้ำดี โดยการนำภาพระบบหลอดเลือดของตับและระบบทางเดินน้ำดีมาประกอบกับภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการตรวจวินิจฉัยก่อนในต้นอย่างมีประสิทธิภาพรวมทั้งสามารถแสดงภาพหลอดเลือดแดงที่มาเลี้ยงก้อนมะเร็งได้อย่างละเอียดและเพิ่มความแม่นยำให้การรักษาโดยการให้ยาเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงเฉพาะที่และให้สารอุดหลอดเลือดแดงที่ตับ(transarterial chemoembolization; TACE) ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราการอยู่รอดและคุณภาพชีวิตให้กับผู้ป่วยมะเร็งตับ²

การทำงานของระบบ Hybrid Angio-CT

เป็นการนำภาพที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ความละเอียดสูงกับเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปี (fluoroscopy)ซึ่งเป็นเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ในการตรวจทางรังสีเพื่อให้เห็นภาพอวัยวะภายในร่างกายที่เป็นภาพจริง ณ ขณะที่ทำการรักษา(real-time)³ มาประกอบกับภาพระบบหลอดเลือดจากเครื่องตรวจเอกซเรย์ระบบหลอดเลือด เข้าด้วยกันในครั้งเดียวเพื่อแสดงภาพสามมิติของระบบหลอดเลือดและอวัยวะข้างเคียง โดยไม่ต้องทำการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยเจ้าหน้าที่และแพทย์ รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากการเคลื่อนของสายสวนหรือเข็มจากตัวผู้ป่วย นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวินิจฉัย และการวางแผนรักษาได้อย่างถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

ความสำคัญของ Hybrid Angio-CT

เนื่องจาก Hybrid Angio-CT มีประสิทธิภาพในการสร้างภาพหลอดเลือดและอวัยวะต่างๆ ในร่างกายได้อย่างชัดเจนและแม่นยำ จึงถูกนำมาใช้เพื่อการวินิจฉัยและการรักษา ได้แก่

- **การตรวจวินิจฉัย** โดยภาพจาก Computed tomography during arterial portography (CTAP) และ Computed tomography during hepatic portography (CTHA) ที่สร้างขึ้นจากระบบ Hybrid Angio-CT สามารถใช้ในการตรวจหาและระดับรวมทั้งใช้เพื่อยืนยันตำแหน่งและขอบเขตของก้อนมะเร็งในตับก่อนการทำการรักษาโดยการให้เคมีบำบัดเฉพาะที่ผ่านทางหลอดเลือดแดง (transarterial chemoembolization; TACE) เนื่องจากภาพที่ได้มาจากการฉีดสีของหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงร่วมกับเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีความคมชัดและระบบ embolization guidance ที่สามารถแสดงเส้นเลือดเป้าหมายที่เป็นเส้นเลือดหลักที่ไปเลี้ยงก้อนมะเร็ง แบบ 3 มิติได้ทำให้ลดระยะเวลาในการไปถึงเส้นเลือดเป้าหมายที่เลี้ยงก้อนมะเร็งตับและถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
- **Transarterial chemoembolization (TACE)** เป็นการรักษาโรคมะเร็งตับโดยการให้ เคมีบำบัดเฉพาะที่ผ่านทางหลอดเลือดแดงเข้าไปสู่ตับในบริเวณที่มีก้อนมะเร็งโดยตรง หลังจากนั้นจะทำการอุดหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงก้อนมะเร็งด้วยสารอุดหลอดเลือด ทำให้ก้อนมะเร็งขาดเลือดไปเลี้ยง เป็นวิธีการรักษามะเร็งตับแบบประคับประคอง ในผู้ป่วยที่ไม่สามารถผ่าตัดเอาก้อนมะเร็งออกได้ โดยมีข้อบ่งชี้คือ ก้อนมีขนาดใหญ่ ลุกถามหรือมีหลายก้อน ไม่สามารถรับการผ่าตัดได้ เนื่องจากเหลือเนื้อตับที่ปกติน้อยกว่าที่จะทำงานได้หลังจากผ่าตัดหรือต้องการลดขนาดของก้อนเนื้อเพื่อรอทำการผ่าตัดตับหรือปลูกถ่ายตับหรือเพื่อการรักษาแบบประคับประคองอาการ
- **Tumor ablation** หรือการจี้ก้อนเนื้องอก เป็นวิธีการรักษาที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บน้อย ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการรักษาก้อน

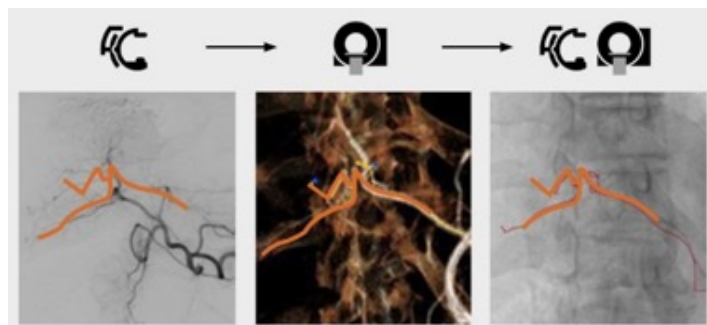
เนื้องอกที่มีขนาดเล็กก้อนที่อยู่ในตำแหน่งที่ผ่าตัดออกได้ยากหรือผู้ป่วยที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาโดยใช้เคมีบำบัดหรือการฉายแสงซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีในปัจจุบันที่นิยมใช้คือการใช้เข็มความร้อนส่งผ่านความร้อนผ่านเข็มไปยังเนื้อเยื่อเป้าหมายทำให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อบริเวณนั้นซึ่งกลไกการสร้างความร้อนของแต่ละเครื่องมือมีความแตกต่างกันไป ได้แก่ เข็มที่ผลิตความร้อนจากคลื่นวิทยุ (radiofrequency ablation: RFA) หรือเข็มที่ผลิตความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ (microwave ablation: MWA) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีวิธีการจี้ด้วยความเย็น (cryoablation) โดยใช้อุณหภูมิติดลบถึง 40 องศาเซลเซียสในการทำลายเซลล์มะเร็ง 4 ข้อจำกัดในการรักษาโดยวิธีนี้คือกรณีเนื้องอกอยู่ชิดกับหลอดเลือดหรือท่อน้ำดีความร้อนที่เกิดขึ้นอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บแก่หลอดเลือดหรือท่อน้ำดีได้จึงมีการพัฒนานวัตกรรมใหม่เพื่อลดข้อจำกัดคือการจี้ก้อนเนื้องอกด้วยกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูง (irreversible electroporation: IRE) เป็นการจี้ก้อนเนื้องอกโดยใช้เข็มอย่างน้อยสองเล่มสอดเข้าไปในตำแหน่งของเนื้องอกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงไหลผ่านเซลล์เนื้องอก เกิดเป็นรูขนาดเล็กๆ จำนวนมากที่เยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เซลล์มะเร็งตายแบบ apoptosis โดยเกิดความร้อนน้อยมาก ออกมาทำลายเนื้อเยื่อข้างเคียง วิธีนี้จึงสามารถใช้ในการรักษาก้อนเนื้องอกที่อยู่ใกล้กับหลอดเลือดหรือ ท่อน้ำดีได้อย่างปลอดภัย

- **การอุดหลอดเลือดแดง (embolization)** เพื่อลดการไหลเวียนของโลหิตในหลอดเลือดเป้าหมาย เพื่อใช้ในการรักษาภาวะเลือดออกไม่หยุด ภาวะหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำที่มีการเชื่อมต่อกัน อย่างผิดปกติ (arteriovenous malformation: AVM) ภาวะการมีรูรั่วระหว่างหลอดเลือดดำ และหลอดเลือดแดง (arteriovenous fistula: AVF) และเส้นเลือดโป่งพอง (aneurysm) เป็นต้น โดยจะใส่สารอุดหลอดเลือดผ่านทางสายสวนหลอดเลือดเพื่อไปอุดหลอดเลือดแดงในตำแหน่งที่ต้องการรักษา

คุณสมบัติพิเศษของเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดระบบเดียวและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบไฮบริด (hybrid angio-CT)

เครื่องเอกซเรย์ระบบหลอดเลือดระบบเดียวพร้อมแผ่นรับสัญญาณภาพระบบดิจิทัลชนิดมีระบบการทำงานประสานกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดmulti-detector CT scan ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้งานในการตรวจรักษา การตรวจทางรังสีวิทยาของระบบหลอดเลือดและการทำหัตถการทางรังสีร่วมรักษา โดยมีคุณสมบัติพิเศษดังนี้

- Seamless integration Angio-CTสามารถนำข้อมูลภาพรังสีที่ได้จากเครื่องทั้งเครื่องเอกซเรย์ระบบหลอดเลือดระบบเดียวและเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ มาเชื่อมต่อกันจนเกิดการสร้างภาพโครงสร้างสามมิติของหลอดเลือดและ อวัยวะข้างเคียงได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว



รูปภาพที่ 1 การนำข้อมูลจากเครื่องเอกซเรย์ระบบหลอดเลือดระบบเดียวและเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มาผสานกัน

ที่มา: Siemens Healthcare GmbH.(2020). Nexaris Angio-CT At the nexus of treatment innovation [Brochure]. Germany.

- Quick switching 2 with smart collision protection สามารถใช้เตียงเอกซเรย์ร่วมกันโดยไม่ต้องเปลี่ยนเตียงหรือเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ทำให้การตรวจ รักษาเสร็จสิ้นภายในห้องตรวจเดียวสามารถลดการเกิดความเสี่ยงจากการขยับหรือเลื่อนหลุดของสายสวนและเข็มเจาะขณะเคลื่อนย้ายผู้ป่วย จึงเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบและ ยืนยันตำแหน่งของอุปกรณ์สายสวนและเข็มเจาะ สามารถลดขั้นตอนการวินิจฉัยและร่วมรักษา สามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างรวดเร็วปลอดภัยและแม่นยำในการวินิจฉัยและทำหัตถการ รังสีร่วมรักษาได้ด้วยภาพสามมิติของหลอดเลือดและอวัยวะข้างเคียงทั่วร่างกายที่มีรายละเอียดสูง



รูปภาพที่ 2 คุณสมบัติพิเศษของเครื่อง Hybrid Angio-CT ที่สามารถใช้เตียงเอกซเรย์ร่วมกันโดยไม่ต้องเปลี่ยนเตียงหรือเคลื่อนย้ายผู้ป่วย

ที่มา: งานรังสีร่วมรักษา ศูนย์ภาพวินิจฉัยและร่วมรักษาเพื่อปวงชน โรงพยาบาลจุฬารัตน์

- Fully connected สามารถเข้าถึงข้อมูลภาพได้จากหน้าจอแสดงภาพขนาดใหญ่ในหนึ่งจอภาพทั้งในส่วนภาพ ของเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดกระแนบเดี่ยว(angiography) เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์(CTscan) และเครื่องตรวจอัลตราซาวด์(ultrasound) รวมทั้งสามารถแสดงข้อมูลเดิมของผู้ป่วยได้นอกจากนี้ ข้อมูลผู้ป่วยจะถูกจัดเก็บอัตโนมัติด้วยการลงทะเบียนเพียงครั้งเดียว



รูปภาพที่ 3 ภาพหน้าจอแสดงภาพขนาดใหญ่ในห้องควบคุม จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดและอัลตราซาวด์ ไว้ในจอเดียวกัน

ที่มา: งานรังสีร่วมรักษา ศูนย์ภาพวินิจฉัยและร่วมรักษาเพื่อปวงชน โรงพยาบาลจุฬารัตน์

- 2-Roomdesign of nexaris Angio-CT มีการออกแบบห้องปฏิบัติการด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงโดยที่เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือด ติดตั้งสองห้องติดกัน และเชื่อมต่อกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ตรงกลาง 1 เครื่องและเครื่องอัลตราซาวด์แบบหัวตรวจไร้สายอีก 1 ชุดโดยเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดสามารถทำงานได้พร้อมกันทั้งสองห้องโดยมีเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์อยู่ตรงกลาง ระหว่างสองห้อง และสามารถเคลื่อนที่ใช้งานได้ตามแนวทางทั้งสองห้องได้อย่างต่อเนื่องและการทำงานของ Hybrid Angio-CT สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างอัตโนมัติช่วยเพิ่มประสิทธิภาพอย่างสูงในการตรวจรักษา นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานเครื่องได้อย่างอิสระจากกันเพื่อรองรับผู้ป่วยที่มีความหลากหลายในการวินิจฉัยและการรักษาที่เพียงพอเพื่อตอบสนองต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วย



รูปภาพที่ 4 การออกแบบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามารถเคลื่อนย้ายไปมาระหว่าง 2 ห้องติดกัน

ที่มา: งานรังสีร่วมรักษา ศูนย์ภาพวินิจฉัยและร่วมรักษาเพื่อปวงชน โรงพยาบาลจุฬารัตน์

มะเร็งตับ

มะเร็งตับเป็นมะเร็งที่พบได้บ่อยและมีอัตราการเสียชีวิตเป็นอันดับต้นๆของโลกมะเร็งเซลล์ตับ (hepatocellular carcinoma) เป็นมะเร็งชนิดปฐมภูมิที่พบได้บ่อยที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 90 ของมะเร็งตับทั้งหมดภาวะตับแข็งไวรัสตับอักเสบบชนิด B และ C การดื่มแอลกอฮอล์ และโรคไขมันพอกตับเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการพัฒนาเป็นมะเร็งตับ⁵⁻⁷

ภาพวินิจฉัยทางรังสีไม่ว่าจะเป็นภาพอัลตราซาวด์ เอกซเรย์คอมพิวเตอร์และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีส่วนสำคัญทั้งในด้านการตรวจวินิจฉัยและประเมินเพื่อวางแผนการรักษาที่เหมาะสมในผู้ป่วยกลุ่มนี้⁸⁻¹⁰

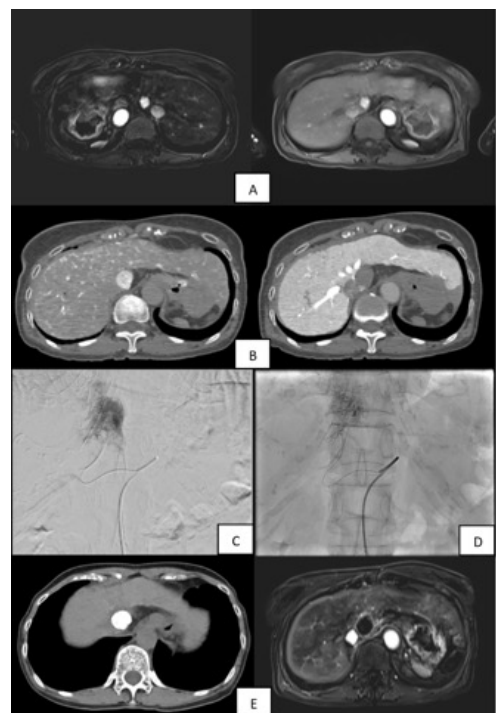
ในการดูแลผู้ป่วยมะเร็งตับได้มีการจัดแบ่งระยะโรคตามระบบ Barcelona-Clinic Liver Cancer (BCLC) classification¹¹ ซึ่งได้รับการยอมรับและใช้เป็นแนวทางในการรักษาทั้งในยุโรป¹² และอเมริกา¹³ โดยประเมินจากลักษณะของก้อนมะเร็ง การทำงานของตับและสภาพของผู้ป่วย ซึ่งนำไปสู่การวางแผนการรักษา

การรักษาด้วยยาเคมีบำบัดเฉพาะที่ผ่านทางหลอดเลือดแดงเข้าสู่ตับหรือ Transarterial chemoembolization (TACE) ใช้ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งตับในระยะ intermediate-stage (BCLC B) หรือผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดในการผ่าตัด¹⁴

การศึกษาของ Goh Eun Chung และคณะ¹⁵ ได้ทำการรวบรวมผู้ป่วยจำนวน 125 ราย ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคมะเร็งตับและมีการลุกลามเข้าสู่หลอดเลือดดำที่วิ่งเข้าสู่ตับโดยแบ่งเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาโดยการให้ยาเคมีบำบัดเฉพาะที่ผ่านทางหลอดเลือดแดงเข้าสู่ตับ (TACE) จำนวน 83 ราย กับผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาแบบประคับประคองตามอาการจำนวน 42 รายพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วย TACE มีอัตราการรอดชีวิตที่ยาวกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในผู้ป่วยในกลุ่ม Child-Pugh Class A (ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการรอดชีวิต, 7.4 เดือน vs 2.6 เดือน; $P = .001$) และ Child-Pugh Class B (ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการรอดชีวิต, 2.8 เดือน vs 1.9 เดือน; $P = .002$)¹⁵

ถึงแม้ว่าการรักษามะเร็งตับด้วยวิธี TACE จะถูกนำมาใช้ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งตับที่ไม่สามารถรักษาได้ด้วยการจี้ก้อนที่ตับด้วยความร้อน การผ่าตัดและการปลูกถ่ายตับ¹⁶ อย่างไรก็ตาม การรักษาโดยวิธี TACE ยังมีข้อจำกัดคือ ในบางครั้งไม่สามารถรักษาจนทำให้ก้อนเนื้อในตับหายไปได้ทั้งหมดภายใน

การทำครั้งเดียวหรือหัตถการเดียว¹⁷ จึงมีการรักษาโดยการจี้ก้อนเนื้อด้วยความร้อนมารักษาควบคู่กันไป จากการศึกษา Hui-Zhou Li และคณะ¹⁷ ได้ทำการศึกษาในการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งตับด้วย TACE ร่วมกับการทำจี้ก้อนเนื้อด้วยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ (MWA) ในผู้ป่วยมะเร็งตับที่ไม่สามารถผ่าตัดได้ตาม Milan criteria จำนวน 231 ราย โดยทำการรักษาด้วย TACE เพียงอย่างเดียวจำนวน 140 ราย และ TACE-MWA จำนวน 91 ราย โดยเริ่มทำการรักษาด้วย TACE ก่อนจากนั้นภายใน 1 เดือน จะมีการประเมินรอยโรคซ้ำโดยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือเครื่องตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อดูลักษณะและตำแหน่งของก้อน และทำการรักษาโดยวิธี MWA ต่อไป การทำ MWA จะสามารถรักษาก้อนมะเร็งได้มากที่สุดครั้งละไม่เกิน 3 ก้อน ก้อนที่เหลือจะถูกรักษาใน 1 สัปดาห์ถัดไป การจี้ก้อนมะเร็งด้วยความร้อนจะสำเร็จก็ต่อเมื่อระยะจี้ด้วยความร้อนนั้นต้องห่างจากขอบของเนื้องอกอย่างน้อย 0.5 เซนติเมตรจากการศึกษานี้พบว่าอัตราการรอดชีวิตหลังจากทำการรักษา (overall survival) ในกลุ่มผู้ป่วยที่รักษาด้วย TACE เพียงอย่างเดียวคือ 552 วัน เทียบกับกลุ่มที่ทำการรักษาด้วย TACE ตามด้วย MWA คือ 1,488 วัน ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาที่ปลอดจากโรค (progression-free survival) ในกลุ่มที่รักษาด้วย TACE เพียงอย่างเดียว เทียบกับกลุ่มที่ทำการรักษาด้วย TACE ตามด้วย MWA คือ 247 วัน และ 380 วัน ตามลำดับ¹⁷ เห็นได้ว่าการให้การรักษาแบบควบคู่กันจะเพิ่มประสิทธิภาพและผลลัพธ์ทางการรักษาได้ดีมากยิ่งขึ้น



รูปภาพที่ 5 การรักษาด้วยยาเคมีบำบัดเฉพาะที่ผ่านทางหลอดเลือดแดงเข้าสู่ตับหรือ Transarterial chemoembolization(TACE) (A)MRI demonstrates arterial enhancing lesion at caudate lobe with wash out in delay phase. (B)CTHA and CTAP demonstrate arterial enhancing lesion at caudate lobe with wash out in delay phase that corresponding with MRI. (C)Selective angiography of the caudate branch from lateral segment of left hepatic artery demonstrates the correlating tumor vascularization. (D)immediate post TACE demonstrates good lipiodol staining at tumor and parenchyma in caudate lobe. (E)MRI and CT after TACE 6 week demonstrate good lipiodol stain tumor at caudate lobe without arterial enhancement representing non-viable tumor.

ที่มา: งานวิจัยร่วมรักษา ศูนย์ภาพวินิจฉัยและร่วมรักษาเพื่อปวงชน โรงพยาบาลจุฬารัตน์

ภาวะเลือดออกจากการบาดเจ็บ

ภาวะการบาดเจ็บเป็นสาเหตุที่นำไปสู่การเจ็บป่วยและเสียชีวิต¹⁸ ภาวะเลือดออกรุนแรงที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตในผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บ¹⁹ ในบางครั้งการผ่าตัดอาจไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีที่มีเลือดออกจากหลอดเลือดภายใน อวัยวะภายในและจากการบาดเจ็บของอวัยวะในช่องท้อง²⁰ ภาพทางรังสีวินิจฉัยและรังสีร่วมรักษาโดยเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับเส้นเลือด (vascular interventions) ไม่ว่าจะเป็นการอุดหลอดเลือด (embolization) การถ่างขยายหลอดเลือดโดยใช้ Balloon (balloon angioplasty) และการใส่บดลวดตาข่าย (stent) มีบทบาทสำคัญในการห้ามเลือดได้²¹

การตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดและการอุดหลอดเลือด (arteriography with angioembolization) ช่วยในการรักษาแบบไม่ต้องผ่าตัดในภาวะการบาดเจ็บหลายชนิด เพิ่มความสามารถในการตรวจสอบหลอดเลือดที่มีการบาดเจ็บ ทั้งในอวัยวะสำคัญ รวมไปถึงหลอดเลือดโป่งพองและการเชื่อมระหว่างเส้นเลือดดำและเส้นเลือดแดงที่ผิดปกติ (arteriovenous malformation:AVM)²²

Hassan Al-Thaniและคณะ²³ ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บจำนวน 175 ราย โดยแบ่งเป็นอวัยวะภายในช่องท้องบาดเจ็บ(solid organ injury) จำนวน 103 รายภาวะอวัยวะภายในบาดเจ็บ(pelvic organ injury)จำนวน 51 ราย และการบาดเจ็บอื่นๆ จำนวน 21 ราย โดยสาเหตุหลักคือการบาดเจ็บจากการกระทบหรือกระแทก (blunt trauma) คิดเป็นร้อยละ 95.4 ของผู้ป่วยทั้งหมด พบว่าความสำเร็จในการหยุดเลือดโดยการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดและการอุดเส้นเลือดทั้งในทางเทคนิคและทางคลินิก คิดเป็นร้อยละ 93.7 และ 95 ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาการทำหัตถการเฉลี่ยอยู่ที่ 320 นาที แล้วยังสามารถลดภาวะเลือดออกซ้ำและภาวะแทรกซ้อนได้

ทั้งนี้ การมีนวัตกรรมเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดระบบเดียวและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบไฮบริด (hybrid angio-CT) จะช่วยให้สามารถดูแลผู้ป่วยที่มีความจำเป็นต้องทำการรักษาโดยการอุดหลอดเลือดฉุกเฉินที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปตรวจวินิจฉัยการบาดเจ็บของหลอดเลือดโดยการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ได้อย่างละเอียดก่อนการทำหัตถการได้เนื่องจากสัญญาณชีพไม่คงที่ อีกทั้งสามารถตรวจภาพวินิจฉัยและรักษาได้พร้อมกัน ซึ่งจากงานวิจัยของ Daiki Wadaและคณะ²⁴ ได้มีการศึกษาผู้ป่วยบาดเจ็บจากการกระทบกระแทกที่มีความจำเป็นต้องรักษาโดยการหยุดเลือดออกอย่างฉุกเฉิน โดยทำการติดตั้งเครื่องระบบการทำงานแบบ Hybrid Angio-CT เพื่อให้ผู้ป่วยได้เข้ารับการรักษาโดยการอุดหลอดเลือดฉุกเฉินได้ภายในห้องฉุกเฉิน โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังห้องผ่าตัด พบว่าผู้ป่วยจำนวน 48 รายได้ทำการรักษาโดยการอุดหลอดเลือดฉุกเฉินโดย Hybrid Angio-CT และเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบเดิม (conventional CT) จำนวน 21 ราย และ 27 ราย ตามลำดับ ระยะเวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยจะได้รับการรักษาโดย Transcatheter arterial embolization นั้นสั้นลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มที่ได้การรักษาโดย Hybrid angiography-CT (time analysis for TAE 54 vs 75 mins;P = 0.002) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่ไม่ต้องทำการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปมา 24 และผู้ป่วยสามารถทำการวินิจฉัยและรักษาได้อย่างรวดเร็วจะสามารถช่วยลดอัตราการเสียชีวิตได้

ภาวะเลือดออกในระบบทางเดินอาหาร

ภาวะเลือดออกในระบบทางเดินอาหารเฉียบพลันเป็นภาวะฉุกเฉินและเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต หากได้รับการรักษาที่ไม่เหมาะสม²⁵ การส่องกล้องทางเดินอาหารถือเป็นวิธีการรักษาเบื้องต้นที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยและรักษา อย่างไรก็ตาม ร้อยละ 10-30 ของผู้ป่วยที่เกิดเลือดออกซ้ำ และในผู้ป่วยที่มีภาวะเลือดออกที่รุนแรงร่วมกับมีภาวะสัญญาณชีพไม่คงที่ จะไม่สามารถทำการรักษาโดยการส่องกล้องทางเดินอาหารได้ จึงจำเป็นต้องทำการรักษาโดยการผ่าตัด หรือวิธีการอุดหลอดเลือด (transarterial embolization หรือ TAE) ซึ่งเป็นทางเลือกทดแทนการผ่าตัด²⁶ มีการศึกษาจำนวนมาก เกี่ยวกับการอุดหลอดเลือดว่ามีประสิทธิภาพในการหยุดภาวะเลือดออกและลดอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยที่มีภาวะเลือดออกในทางเดินอาหาร²⁷⁻²⁸

Muhammad Awais และคณะ²⁹ ได้ทำการศึกษาผู้ป่วยที่มีภาวะเลือดออกในทางเดินอาหารส่วนบนที่ได้รับการรักษาด้วยการอุดหลอดเลือดจำนวน 32 ราย โดยหลอดเลือดที่มีตำแหน่งพยาธิสภาพต่างกันคือ Gastroduodenal artery จำนวน 24 ราย Ileocolic artery จำนวน 3 ราย Left gastric artery จำนวน 2 ราย Right gastroepiploic artery จำนวน 1 ราย และ Branches of superior and middle rectal arteries จำนวน 1 ราย พบความสำเร็จในการหยุดเลือดโดยการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดและการอุดหลอดเลือดทั้งในทางเทคนิคและทางคลินิก คิดเป็นร้อยละ 96.9 และ 71.9 ตามลำดับ โดยมีผู้ป่วย 1 ราย มีภาวะเลือดออกซ้ำหลังการทำการรักษา 2 วันและต้องได้รับการอุดหลอดเลือดใหม่อีกครั้ง ผลข้างเคียงที่พบคือวัสดุที่ใช้อุดหลอดเลือดเลื่อนผิดตำแหน่งไปจำนวน 3 ราย และผู้ป่วยมีจำเลือดใต้ชั้นผิวหนังบริเวณที่ทำหัตถการจำนวน 1 ราย โดยสรุปแล้วการรักษาโดยวิธีการอุดหลอดเลือด เพื่อรักษาภาวะเลือดออกในระบบทางเดินอาหาร มีประโยชน์ในผู้ป่วยที่มีภาวะเลือดออกมากและมีสัญญาณชีพไม่คงที่เพียงพอที่จะทำการรักษาโดยการส่องกล้องทางเดินอาหาร

นอกจากนี้ Federico Fontana และคณะ³⁰ ได้ทำการศึกษาถึงความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำ Trans-arterial embolization (TAE) ในผู้ป่วยที่มีภาวะเลือดออกในทางเดินอาหารทั้งส่วนต้นและส่วนล่าง จำนวน 91 ราย ในช่วง 10 ปีที่

ผ่านมา โดยใช้วัสดุอุดชนิดต่างๆ พบว่าความสำเร็จในการหยุดเลือดโดยการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดและการอุดหลอดเลือดในทางเทคนิค คิดเป็นร้อยละ 81.32 โดยร้อยละ 18.68 ต้องทำการอุดหลอดเลือดใหม่อีกครั้ง อย่างไรก็ตามการประเมินความสำเร็จทางคลินิกซ้ำอีกครั้งคิดเป็นร้อยละ 100 นั่นคือมีประสิทธิภาพในการหยุดเลือดได้ในทุกรายและความสำเร็จทางคลินิก ซึ่งประเมินจากภาพทางรังสีวิทยาและอาการ คิดเป็นร้อยละ 89.01 โดยผู้ป่วยที่เสียชีวิตคิดเป็นร้อยละ 10.9 มีภาวะอวัยวะอื่นๆล้มเหลวจากสาเหตุอื่นที่ไม่ได้เกิดจากการทำหัตถการ ทั้งนี้พบผลข้างเคียงจากการทำหัตถการร้อยละ 21.98 คือไข้ จำเลือดในตำแหน่งที่ทำหัตถการ ท้องอืด รวมไปถึงการทำงานของไตและตับลดลงชั่วคราว การมีเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดระบบเดียวและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบไฮบริด (hybrid angio-CT) จะช่วยทำให้การตรวจหารอยโรคได้แม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น เนื่องจากสามารถฉีดสีผ่านทางสายสวนหลอดเลือดตรงจุดบริเวณที่สงสัย และสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ชัดเจนแม่นยำจากเครื่อง Mutiphase CT ของระบบไฮบริด เพิ่มประสิทธิภาพและอัตราความสำเร็จของการอุดหลอดเลือดผ่านทางการทำ Trans-arterial embolization (TAE) และลดภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการที่สารอุดหลอดเลือดไปโดนอวัยวะสำคัญข้างเคียงอื่นๆ (non-target embolization)

บทสรุป (Conclusion)

Hybrid Angiography-Computed Tomography มีคุณสมบัติพิเศษ คือสามารถนำภาพที่ได้จากทั้งเครื่องเอกซเรย์ระบบหลอดเลือดระบบเดียวและเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ มาทำการวิเคราะห์ภาพเชิงซ้อนเข้าด้วยกันได้โดยไม่ต้องเคลื่อนอุปกรณ์หรือเคลื่อนย้ายผู้ป่วยนอกจากนี้ยังสามารถเข้าถึงข้อมูลได้จากหน้าจอแสดงภาพขนาดใหญ่ในจอเดียว เกิดการสร้างภาพสามมิติของหลอดเลือดและอวัยวะข้างเคียงได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว สามารถนำไปใช้ในการตรวจรักษาทั้งด้านโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดแบบฉุกเฉินได้อย่างหลากหลาย นอกจากนี้การออกแบบห้องปฏิบัติการด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงทำให้สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพื่อใช้ร่วมกันได้ถึงสองห้องโดยใช้งานได้อย่างอิสระต่อกัน ช่วยให้สามารถรองรับผู้ป่วยที่มีความหลากหลาย

หลายตอบสนองต่ออัตราจำนวนผู้ป่วยที่จะเพิ่มขึ้น และนำไปใช้ในการวินิจฉัย วิจัย และรักษาผู้ป่วยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Tanaka T, Arai Y, Inaba Y, et al. Current role of hybrid CT/angiography system compared with C-arm cone beam CT for interventional oncology. *Br J Radiol*. 2014;87(1041):20140126. doi:10.1259/bjr.20140126
2. Lionberg A, Nijhawan K, Navuluri R, et al. Hybrid angiography-CT for transarterial radioembolization: a pictorial essay. *Abdom Radiol (NY)*. 2021;46 (6):2850-2854. doi:10.1007/s00261-020-02914-8
3. Erinjeri JP, Doustaly R, Avignon G, et al. Utilization of integrated angiography-CT interventional radiology suites at a tertiary cancer center. *BMC Med Imaging*. 2020;20(1):114. Published 2020 Oct 15. doi:10.1186/s12880-020-00515-x
4. Knavel EM, Brace CL. Tumor ablation: common modalities and general practices. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2013;16(4):192-200. doi:10.1053/ j.tvir.2013. 08.002
5. Balogh J, Victor D 3rd, Asham EH, et al. Hepatocellular carcinoma: a review. *J Hepatocell Carcinoma*. 2016;3:41-53. Published 2016 Oct 5. doi:10.2147/JHC.S61146
6. Llovet JM, Kelley RK, Villanueva A, et al. Hepatocellular carcinoma. *Nat Rev Dis Primers*. 2021;7(1):6. Published 2021 Jan 21. doi:10.1038/s41572-020-00240-3
7. Philips CA, Rajesh S, Nair DC, Ahamed R, Abduljaleel JK, Augustine P. Hepatocellular Carcinoma in 2021: An Exhaustive Update. *Cureus*. 2021;13(11): e19274. Published 2021 Nov 5. doi:10.7759/cureus.19274
8. Aditya Kale. Hepatocellular Carcinoma: Diagnosis and Surveillance. In: Georgios Tsoulfas, ed. *Hepatocellular Carcinoma*. IntechOpen; 2021:Ch. 4. doi: 10.5772/intechopen.99839
9. Llovet JM, Kelley RK, Villanueva A, et al. Hepatocellular carcinoma. *Nat Rev Dis Primers*. 2021;7(1):6. Published 2021 Jan 21. doi:10.1038/s41572-020-00240-3
10. Hojjat Ahmadzadehfar, Amir Sabet, Hans Jürgen Biersack. Radioembolization for the Treatment of Unresectable *Hepatocellular Carcinoma*. In: Ahmed O. Kaseb, ed. *Hepatocellular Carcinoma*. IntechOpen; 2013:Ch. 3. doi:10.5772/56291
11. Reig M, Forner A, Rimola J, et al. BCLC strategy for prognosis prediction and treatment recommendation: The 2022 update. *J Hepatol*. 2022;76(3):681-693. doi:10.1016/j.jhep.2021.11.018
12. Galle, P., Forner, A, Llovet, J., Mazzaferro, V., Piscaglia, F., & Raoul, J. et al. (2018). EASL Clinical Practice Guidelines: Management of hepatocellular carcinoma. *Journal Of Hepatology*, 69(1), 182-236. doi: 10.1016/ j.jhep. 2018.03.019
13. Marrero JA, Kulik LM, Sirlin CB, et al. Diagnosis, Staging, and Management of Hepatocellular Carcinoma: 2018 Practice Guidance by the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology*. 2018;68(2):723-750. doi:10.1002/hep.29913
14. Müller L, Stoeck F, Mähringer-Kunz A, Hahn F, Weinmann A, Kloeckner R. Current Strategies to Identify Patients That Will Benefit from TACE Treatment and Future Directions a Practical Step-by-Step Guide. *J Hepatocell Carcinoma*. 2021;8:403-419. Published 2021 May 13. doi:10.2147/JHC.S285735
15. Walker, T. (2011). Transarterial Chemoembolization Can Be Safely Performed in Patients with Hepatocellular Carcinoma Invading the Main Portal Vein and May Improve the Overall Survival.

- Yearbook Of Diagnostic Radiology, 2011*, 240-243. doi: 10.1016/j.yrad.2011.02.019
16. Dioguardi Burgio M, Sartoris R, Libotean C, et al. Lipiodol retention pattern after TACE for HCC is a predictor for local progression in lesions with complete response. *Cancer Imaging*. 2019;19(1):75. Published 2019 Nov 15. doi:10.1186/s40644-019-0260-2
 17. Li HZ, Tan J, Tang T, An TZ, Li JX, Xiao YD. Chemoembolization Plus Microwave Ablation vs Chemoembolization Alone in Unresectable Hepatocellular Carcinoma Beyond the Milan Criteria: A Propensity Scoring Matching Study. *J Hepatocell Carcinoma*. 2021;8:1311-1322. Published 2021 Nov 1. doi:10.2147/JHC.S338456
 18. Papakostidis C, Kanakaris N, Dimitriou R, Giannoudis PV. The role of arterial embolization in controlling pelvic fracture haemorrhage: a systematic review of the literature. *Eur J Radiol*. 2012;81(5):897-904. doi:10.1016/j.ejrad.2011.02.049
 19. Geeraedts LM Jr, Kaasjager HA, van Vugt AB, Frölke JP. Exsanguination in trauma: A review of diagnostics and treatment options. *Injury*. 2009;40(1):11-20. doi:10.1016/j.injury.2008.10.007
 20. Zealley IA, Chakraverty S. The role of interventional radiology in trauma. *BMJ*. 2010;340:c497. Published 2010 Feb 8. doi:10.1136/bmj.c497
 21. Ierardi AM, Duka E, Lucchina N, et al. The role of interventional radiology in abdominopelvic trauma. *Br J Radiol*. 2016;89(1061):20150866. doi:10.1259/bjr.20150866
 22. Hoff WS, Holevar M, Nagy KK, et al. Practice management guidelines for the evaluation of blunt abdominal trauma: the East practice management guidelines work group. *J Trauma*. 2002; 53(3):602-615. doi:10.1097/00005373-200209000-00038
 23. Al-Thani H, Abdelrahman H, Barah A, Asim M, El-Menyar A. Utility of Angioembolization in Patients with Abdominal and Pelvic Traumatic Bleeding: Descriptive Observational Analysis from a Level 1 Trauma Center. *Ther Clin Risk Manag*. 2021;17:333-343. Published 2021 Apr 19. doi:10.2147/TCRM.S303518
 24. Wada D, Nakamori Y, Yamakawa K, Fujimi S. First clinical experience with IVR-CT system in the emergency room: Positive impact on trauma workflow. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2012;20(1):52. doi:10.1186/1757-7241-20-52
 25. Ramaswamy RS, Choi HW, Mouser HC, et al. Role of interventional radiology in the management of acute gastrointestinal bleeding. *World J Radiol*. 2014;6 (4):82-92. doi:10.4329/wjr.v6.i4.82
 26. Loffroy R, Estivalet L, Cherblanc V, et al. Transcatheter embolization as the new reference standard for endoscopically unmanageable upper gastrointestinal bleeding. *World J Gastrointest Surg*. 2012;4(10):223-227. doi:10.4240/wjgs.v4.i10.223
 27. Rösch, Josef, et al. "Selective Arterial Embolization." *Radiology*, vol. 102, no. 2, 1972, pp. 303–306., <https://doi.org/10.1148/102.2.303>.
 28. Lang EV, Picus D, Marx MV, Hicks ME. Massive arterial hemorrhage from the stomach and lower esophagus: impact of embolotherapy on survival. *Radiology*. 1990;177(1):249-252. doi:10.1148/radiology.177.1.2399325
 29. Muhammad, Azeemuddin, et al. "Empiric Transcatheter Arterial Embolization for Massive or Recurrent Gastrointestinal Bleeding: Ten-Year Experience from a Single Tertiary Care Center." *Cureus*. 2019, <https://doi.org/10.7759/cureus.4228>.

30. Fontana, Federico, et al. "Transcatheter Arterial Embolization in Acute Non-Variceal Gastrointestinal Bleedings: A Ten-Year Single-Center Experience in 91 Patients and Review of the Literature." *Journal of Clinical Medicine*, vol. 10, no. 21, 2021, p. 4979., <https://doi.org/10.3390/jcm10214979>.

การอ้างอิง

อติญา เฟื่องสุวรรณ, ธีรรัตน์ ศิริพงษ์เสถียร, รุจิรา พัฒนวิชกุล และชนิสรา โชติพานิช. เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดระบบเดียวและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระบบไฮบริด เพื่อใช้ในการตรวจระบบหลอดเลือดและการทำหัตถการของรังสีร่วมรักษาในประเทศไทย. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2566; 5(3): (133-143). <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/255951>

Faungsuwan A., Siripongsatian D., Patanawanitkul R., Chotipanich C. The Hybrid Angiography-Computed Tomography in Thailand: The integration between angiography with computed tomography in hybrid system for vascular angiography and interventional radiology. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2023; 5(3): (133-143). <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/255951>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/255951>

